

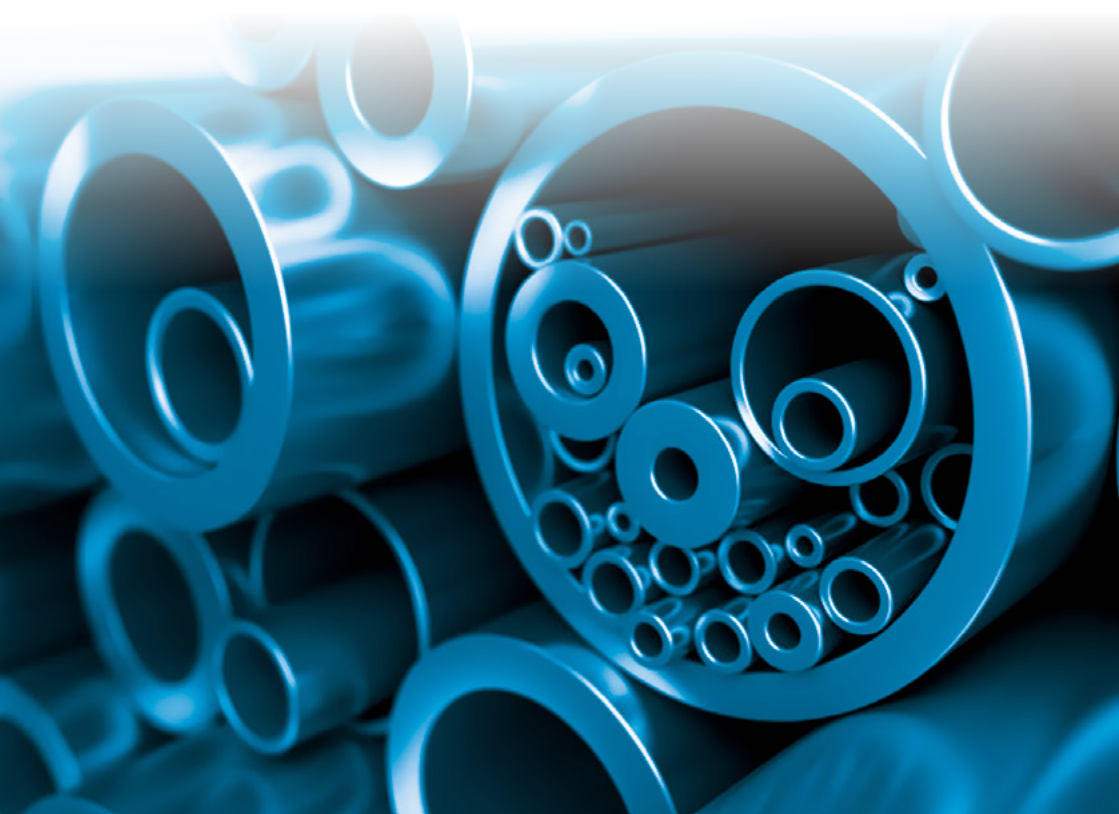


Национальный исследовательский  
технологический университет

# ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ – РОДНОМУ РЕГИОНУ

## СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

X РЕГИОНАЛЬНОЙ МЕЖВУЗОВСКОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
(Г. ВЫКСА, 25 АПРЕЛЯ 2023 Г.)



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Выксунский филиал Национального исследовательского  
технологического университета «МИСИС»

# **ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ — РОДНОМУ РЕГИОНУ**

*Сборник материалов X региональной межвузовской  
научно-практической конференции (г. Выкса, 25 апреля 2023 г.)*

Составитель: К. С. Шибанов

УДК 0/9(063)  
ББК 1/9я431  
Т28

Т28 **Творчество молодых — родному региону** : сборник материалов X региональной межвузовской научно-практической конференции (г. Выкса, 25 апреля 2023 г.) / Выксунский фил. нац. исследовательского технологического ун-та «МИСИС». — Казань : Бук, 2023. — 599 с. — Текст : электронный.  
ISBN 978-5-907753-34-1.

УДК 0/9(063)  
ББК 1/9я431

## Содержание

### СЕКЦИЯ — МЕТАЛЛУРГИЯ

**Д.В. Холодов, А.В. Частухин**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ МНОГОДУГОВОЙ СВАРКИ  
ПОД ФЛЮСОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХОЛОДНОЙ ПРИСАДКИ.....19

**З.Б. Рахимжонов, А.С. Тимофеева**

ВЛИЯНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОНЦЕНТРАТА  
НА ВЫХОД ГОДНОГО КЛАССА ОКАТЫШЕЙ.....24

**А.А. Иванов, С.В. Батов, А.Д. Уткин, В.П. Романенко**

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС  
В РОССИИ..... 28

**А.С. Родяшов, Т.В. Капитанова, В.А. Зиновьев**

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ  
В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ..... 32

**И.И. Сенников, А.М. Панкратов, Н.В. Холодова**

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОКАТА СТАЛИ.....39

**О.М. Веденькин, Д.А. Агеев, В.П. Романенко**

ГЕНЕЗИС СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ..... 42

**А.А. Цыкин, Р.А. Буканов, А.И. Синева**

АНАЛИЗ РАБОТЫ ЛИТЕЙНОГО-ПРОКАТНОГО КОМПЛЕКСА  
Г. ВЫКСЫ..... 47

**А.Н. Бушуева**

ВЫЯВЛЕНИЕ МАСШТАБОВ НЕОДНОРОДНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ  
СТРУКТУР В СТАЛИ 15Х2НМФА..... 50

**А.В. Чернова, А.Н. Бушуева**

ОЦЕНКА НЕОДНОРОДНОСТИ СТРОЕНИЯ СТРУКТУР  
ТРУБНОЙ СТАЛИ.....53

---

<b>Д.Р. Казин, Д.Г. Еланский, О.А. Комолова</b> РАФИНИРОВАНИЕ СТАЛИ И ОСНОВЫ ДЕФОСФОРАЦИИ.....	57
<b>Д.А. Давыдов, В.М. Сафонов, О.А. Комолова, В.А. Мурысев</b> ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ РАЗНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ИСПОЛНЕНИЙ ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ.....	61
<b>М.А. Валюгин, А.Д. Сладков, Д.В. Кудашов, Е.С. Мурсенков</b> ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ НА ТВЕРДОСТЬ И СТРУКТУРУ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА ТРУБ.....	64
<b>Р.И. Грачев, В.М. Сафонов</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ОКИСЛЕННОСТИ МЕТАЛЛА ПЕРЕД ВЫПУСКОМ ИЗ ДСП.....	68
<b>Ю.Д. Молчанова, Д.Г. Еланский</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАМКАХ ОЦЕНКИ МАСШТАБОВ ФЕРРИТНО-ПЕРЛИТНОЙ ПОЛОСЧАТОСТИ.....	73
<b>М.А. Валюгин, А.Д. Сладков, А.С. Кузякин, А.А. Комиссаров</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАРОК СТАЛЕЙ 10ХСНД И 10Х2М.....	76
<b>А.Е. Шаронова, А.В. Кудря</b> ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ КЛАССИЧЕСКОЙ СТАТИКИ ДЛЯ ПРОГНОЗА СВОЙСТВ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ «РАСКОПОК ДАННЫХ» ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ.....	80
<b>А.С. Маслов, А.Р. Солоницын</b> ПРЕИМУЩЕСТВА ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И МАШИНОСТРОЕНИИ.....	84
<b>О.А. Гришина, А.Р. Солоницын</b> АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ОТ КОРРОЗИИ.....	88

---

<b>Е.А Колобаев, Е.А. Паршин</b> ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	93
<b>Е.А. Кокорина, Е.А. Паршин</b> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА ГОРЯЧЕКАТАНОГО РУЛОННОГО ПРОКАТА.....	98
<b>С.О. Шатагин, А.Д. Сладков</b> ИСТОРИЯ И ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕФОРМИРУЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИКЕЛЯ.....	102
<b>С.С. Шаров, А.Д. Сладков, А.В. Зиновьев</b> ИСТОРИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕФОРМИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЯ.....	109
<b>Д.А. Тарасов, А.С. Кузякин</b> ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИИ БРОНЗОВОГО ВЕКА ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ.....	114
<b>А.О. Фильчагов, А.С. Кузякин</b> ИСТОРИЯ И ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ТИТАНА.....	118
<b>Н.С. Демидов, В.М. Сафонов</b> ОБЗОР ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ РОССИИ.....	123
<b>А.С. Кузякин, М.А. Валюгин, А.Д. Сладков, В.А. Белов</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ СТАЛИ 12МХ.....	126
<b>В.Н. Дизерь, В.М. Сафонов</b> СПОСОБЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ.....	131
<b>А.А. Александров, С.Н. Анучкин</b> ТЕРМОДИНАМИКА РАСТВОРОВ КИСЛОРОДА В РАСПЛАВАХ СИСТЕМЫ NI-CO, СОДЕРЖАЩИХ ГАФНИЙ.....	133

**А.Ю. Ем, А.О. Морозов, А.М. Погодин**

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБНЫХ МАРОК  
СТАЛЕЙ.....142

**Б.А. Румянцев, О.А. Комолова, А.К. Гарбер**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ  
СИСТЕМЫ FE-CR-NI ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАЗМОЙ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ.....147

**Е.А. Гладкая, Л.Н. Короткова, А.С. Тимофеева**

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ  
ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ХРАНЕНИИ  
ГОРЯЧЕБРИКЕТИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗА.....155

**К.А. Ермоленко, А.С. Тимофеева**

УСТАНОВКИ ХОЛОДНОГО БРИКЕТИРОВАНИЯ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ.....159

**К.Д. Цынкин, А.Х. Шарипов, А.А. Складов**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ  
КОКСОВОЙ ПЫЛИ.....164

**С.Н. Анучкин, А.А. Александров**

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕТЕРОФАЗНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
НАНЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ С ОЛОВОМ В РАСПЛАВАХ  
ТРИАДЫ ЖЕЛЕЗА.....170

**А.А. Жемков, К.В. Григорович, А.М. Арсенкин**

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ ДЛЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС.....179

**А.А. Каляшина**

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ТЕРМООБРАБОТКИ  
НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МИКРОСТРУКТУРУ  
СТАЛИ 6ХВ2С.....188

**А.М. Погодин, А.О. Морозов, А.А. Жемков**

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ПРОГРАММНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ, МОДЕЛИРУЮЩЕГО ОБРАЗОВАНИЕ  
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ КОВШЕВОЙ  
ОБРАБОТКЕ ТРУБНЫХ МАРОК СТАЛИ.....190

**А.О. Морозов, А.А. Жемков, А.Ю. Ем**

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОВШЕВОЙ ОБРАБОТКИ  
IF-СТАЛИ.....199

**Е.Ю. Лихтина, А.С. Тимофеева**

ВЛИЯНИЕ ФЛЮСУЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ОКАТЫШЕЙ... 208

**А.П. Гришин, Г.А. Митьков**

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ.....211

**В.С. Якимова, Г.А. Митьков**

ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ И СПЛАВОВ В КИСЛОРОДНОМ  
КОНВЕРТЕРЕ..... 214

**М.В. Сиваева, П.А. Зуев**

ОСОБЕННОСТИ МЕЛКОСОРТНОГО ПРОКАТНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА.....217

**Н.А. Обыденнов, Г.А. Митьков**

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БЕСШОВНЫХ  
СТАЛЬНЫХ ТРУБ.....221

**В.Н. Первушкин, Д.Г. Еланский**

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА  
ГОРЯЧЕКАТАНОЙ СТАЛИ.....226

**Е.А. Солоницина, А.В. Колобаева, В.М. Сафонов**

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА  
ЖИДКОЙ СТАЛИ.....229

**К.В. Стручкова, Г.С. Добротин, И.В. Мялкин**

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
СТАЛИ КЛАССА ПРОЧНОСТИ К-52 ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ  
МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ.....233



**Э.В. Майдола**

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ  
СВОЙСТВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ВЯЗКОСТИ  
И ХЛАДОСТОЙКОСТИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ..... 239

## **СЕКЦИЯ — МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

**В.А. Гальцев, С.В. Самусев**

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМЫ  
РАБОЧИХ ВАЛКОВ ПРОШИВНЫХ СТАНОВ.....244

**Е.А. Мурзинов, Н.В. Холодова**

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
К ОБОРУДОВАНИЮ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-  
ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ.....248

**М.А. Хаустова, Д.В. Кудашов**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА  
БЕСШОВНЫХ ТРУБ НА НЕПРЕРЫВНЫХ СТАНАХ..... 253

**С.А. Рожков, Е.А. Волкова**

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ШТАМПОВАННО  
КАТАННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС.....257

**А.М. Панкратов, М.А. Товмасян**

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
КАЛИБРОВКИ ТРУБ.....261

**Д.А. Агеев, А.Н. Фортунатов**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ТРУБНОЙ  
ЗАГОТОВКИ НА ПРЕССЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ФОРМОВКИ  
ТЭСА 1020..... 264

**Д.Д. Крюков, А.Д. Уткин, С.В. Самусев**

АНАЛИЗ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕССА ШАГОВОЙ  
ФОРМОВКИ ЛИНИИ ТЭСА 1420 С ОПТИМИЗАЦИЕЙ  
ПАРАМЕТРОВ ГИДРОПРИВОДА..... 266

**М.В. Шишкин, А.Н. Фортунатов**

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ПРАВКИ СВАРНЫХ ТРУБ  
И КОНСТРУКЦИИ ТРУБОПРАВИЛЬНОЙ МАШИНЫ  
И КАЛИБРОВОЧНЫХ КЛЕТЕЙ ТЭСА 114–245.....271

**Н.А. Лазуткина**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ  
КОЛЕСНЫХ ПАР ВАГОНЕТОК.....274

**Н.А. Обыденнов, Д.Р. Казин**

СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА БЕСШОВНЫХ  
СВАРНЫХ ТРУБ.....280

**А.И. Бочков, А.Н. Фортунатов**

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЭСЦ-3  
АО «ВЫКСУНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД».....285

**А.Н. Силаев, А.С. Кузякин**

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ВИДОВ И ТИПОВ  
РАСКРОЯ МЕТАЛЛА.....287

**Р.А. Буканов, А.Н. Фортунатов**

СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА  
НА АО «ВЫКСУНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД».....291

**А.Д. Уткин, Д.Д. Крюков, М.А. Товмасын**

АНАЛИЗ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ ПРИ ШАГОВОЙ ПОДГИБКЕ КРОМОК.....294

**А.Р. Солоницын, А.Д. Бардовский, В.В. Девятьярова**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ  
НЕРУДНЫХ КАРЬЕРОВ.....297

**Д.Р. Матвеева, Д.А. Батурин, М.А. Товмасын**

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....306

**Т.В. Капитанова, С.В. Самусев**

АНАЛИЗ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЧНОСТНЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК РАБОЧИХ КЛЕТЕЙ ФОРМОВОЧНОГО СТАНА  
ДЛЯ СПОСОБА ФОРМОВКИ СО ЗНАКОПЕРЕМЕННЫМ ГИБОМ.....309

**М.А. Костриков, А.Р. Шамилов, С.М. Горбатиук**

ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА ВАЛКОВ ПРОШИВНОГО СТАНА  
НА ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИ ПРОКАТКЕ ТРУБ.....314

**Д.А. Орлов, А.Р. Шамилов, С.М. Горбатиук**

ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА ВАЛКОВ ПРОШИВНОГО СТАНА  
НА ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИ ПРОКАТКЕ ТРУБЫ  
СОРТАМЕНТА 194,5X23,7 ММ..... 318

**Д.В. Кузнецов, А.П. Коликов, А.Н. Фортунатов**

РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И ЭНЕРГОСИЛОВЫХ  
ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОШИВКЕ ЗАГОТОВОК В ЧАШЕВИДНЫХ  
И ГРИБОВИДНЫХ ВАЛКАХ ВЫПОЛНЕННЫЙ СТУДЕНТОМ.....324

## **ИНФОРМАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ**

**М.А. Якимов, К.С. Шибанов**

ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОЙ  
3D-ПЕЧАТИ..... 334

**П.А. Зуев, Г.А. Митьков, Т.Н. Уснунц-Кригер**

АНАЛИЗ РАБОТЫ ПЛК В СИСТЕМЕ СДВОЕННЫХ  
КРОМКООБРЕЗНЫХ НОЖНИЦ..... 337

**Г.А. Митьков, П.А. Зуев, С.В. Пантелеев**

МОДИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ  
НА УЧАСТКЕ ФИНИШНОЙ ОТДЕЛКИ СВАРНЫХ ТРУБ..... 341

**Д.Д. Чугунов, Д.В. Мазурин, Н.В. Холодова**

РОЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
НА СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....346

---

<b>С.А. Власова, А.И. Синева, Т.Н. Уснунц-Кригер</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВИРТУАЛЬНЫХ ПЛК.....	350
<b>С.В. Сиваев, Г.А. Митьков, П.А. Зуев</b> ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РФ.....	353
<b>А.И. Синева, С.А. Власова, Т.Н. Уснунц-Кригер</b> АНАЛИЗ РАБОТЫ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ “МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ — ВАКУУМНЫЙ ПЕРЕКЛАДЧИК”.....	358
<b>Д.А. Сухарев, К.С. Шибанов</b> АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ И ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	361
<b>Д.В. Колобаева, Л.О. Мокрецова</b> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В TЕСNOMATIX PLANT SIMULATION.....	371
<b>А.В. Зиновьев, А.В. Будруев</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA В ПРОИЗВОДСТВЕ.....	377
<b>П.Ю. Шибанов, Н.В. Холодова</b> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН НА ПРОИЗВОДСТВЕ.....	381
<b>А.Э. Шула, А.Д. Сладков</b> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «ЕЖЕДНЕВНИК».....	387
<b>Д.Н. Мухина, О.И. Кулева</b> РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ «БИБЛИОТЕКА».....	391
<b>А.И. Свербина, Л.В. Макарова</b> НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	394
<b>Е.А. Паршин, С.Е. Гусева</b> МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ УСТАНОВКИ «ПЕЧЬ-КОВШ».....	401

**И.А. Залетин, А.С. Аксенова**

СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-ПЕЧАТИ  
В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ.....407

## СЕКЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН

**С.А. Власова, К.С. Шибанов**

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....412

**В.О. Креков, Ю.В. Мизина**

ИННОВАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА  
УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ АККУМУЛЯТОРОВ..... 418

**Г.А. Митьков, А.А. Князев, А.А. Суслова**

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ УТИЛИЗАЦИИ  
И СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ  
АККУМУЛЯТОРОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....423

**А.С. Аксенова, Е.С. Чалышева, Ю.Н. Жук**

СВОЙСТВО ДИСПЕРСИИ НА ПРИМЕРЕ ИЗВЕСТНЫХ  
СВЕТОВЫХ ЯВЛЕНИЙ..... 429

**А.О. Тришкин, Д.А. Калачев, А.Н. Авдошин**

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ  
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....433

**Е.О. Бубнов, П.А. Зуев**

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ  
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ  
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ.....437

**И. Р. Коршунов, В. А. Щеклеина**

ИССЛЕДОВАНИЕ УСАДКИ ABS-ПЛАСТИКА.....443

**М.А. Недрик, М.А. Товмасян**

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ЛАЗЕРА И ЕГО СОВРЕМЕННОЕ  
ПРИМЕНЕНИЕ..... 446

---

## СЕКЦИЯ ГУМАНИТАРНЫХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

<b>Д.В. Грушин, Д.Д. Крюков, С.А. Маслова</b> ВЛИЯНИЕ ФИЗКУЛЬТУРЫ НА ЗДОРОВЬЕ И МОЗГ ЧЕЛОВЕКА.....	450
<b>Е.А. Ульянов, М.В. Шишкин, С.В. Теребикина</b> ЗНАЧЕНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОБЛЮДЕНИЯ ПРАВИЛ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕ.....	456
<b>С.М. Ганин, В.В. Грошев</b> ИСТОРИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРАВЛЕНИЯ БОРИСА ГОДУНОВА ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОСТИ.....	459
<b>В.Е. Райхман, К.С. Шибанов</b> ЗНАЧЕНИЕ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ НА ПРЕДПРИЯТИИ.....	461
<b>Д.В. Соколов, К.С. Шибанов</b> ПОТРЕБНОСТИ РЕГИОНА В УПРАВЛЕНЧЕСКИХ КАДРАХ: ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ.....	465
<b>Ю.А. Комарова, К.С. Шибанов</b> ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ КОНКУРЕНТНОЙ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	471
<b>В.О. Креков, К.С. Шибанов</b> ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....	482
<b>С.Н. Власов, К.С. Шибанов</b> АНАЛИЗ СЕБЕСТОИМОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ.....	485
<b>А.Д. Боницкая, С.А. Власова, В.В. Грошев</b> РАЗВИТИЕ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ.....	490
<b>А.А. Авдоница, А.Ф. Лещинская</b> РОЛЬ ЛИНЕЙНОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ.....	493

---

<b>А.А. Демичева, А.Ю. Горина, Т.Е. Тарловский</b> АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ «ВЫТАЛКИВАЮЩЕГО» И «ВЫТЯГИВАЮЩЕГО» ТИПОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ.....	500
<b>И.Д. Норкин, Д.Н. Андриянов, Т.Е. Тарловский</b> УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ.....	506
<b>А.В. Галкин, Л.А. Симонова, В.В. Грошев</b> ОСОБЕННОСТИ И ЗНАЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕВОЛЮЦИЙ.....	518
<b>В.А. Казаков, И.Д. Норкин, Т.Е. Тарловский</b> АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА.....	527
<b>С.В. Батов, А.М. Зуев</b> ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НИТУ «МИСИС».....	537
<b>А.В. Зудин, С.В. Масленников, В.В. Грошев</b> «ПРОСВЕЩЕННЫЙ АБСОЛЮТИЗМ» В УСЛОВИЯХ ПРАВЛЕНИЯ ЕКАТЕРИНЫ II.....	542
<b>А.М. Подкустов, Н.В. Холодова</b> ОЦЕНКА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ.....	546
<b>Г.Н. Маякова, Т.Е. Тарловский</b> ПРОБЛЕМА БЕДНОСТИ В СССР И В РОССИИ.....	551
<b>В.Д. Чуркин, И.В. Мялкин</b> АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ.....	556
<b>П.А. Шаныгин, К.С. Шибанов</b> ПРИМЕРЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ.....	561
<b>Ю.Н. Комарова, В.В. Грошев</b> ESG-ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РОССИИ.....	567
<b>К.С. Манахов, Т.Е. Тарловский</b> СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ В РФ.....	576

---

<b>Е.А. Паршин, С.П. Орлов, А.А. Шиков</b> РОЛЬ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	579
<b>В.Е. Райхман, Д.А. Сафронова, А.С. Сафронов</b> АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МИРОВОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	584
<b>К.С. Манахов, Т.Е. Тарловский</b> АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ТЕКУЧЕСТИ КАДРОВ И СПОСОБОВ МИНИМИЗАЦИИ ИХ ПОТЕРЬ.....	589
<b>С.А. Копылов, В.В. Грошев</b> ИСТОРИЯ «ВЫКСУНСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА».....	594



## **Организационный комитет**

Председатель организационного комитета — Д.В. Кудашов — директор Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС», кандидат технических наук

Зам. председателя организационного комитета —

Н.Ф. Илюшкова — начальник управления образования администрации городского округа города Выкса

И.В. Мялкин — кандидат химических наук, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС»

### ***Состав организационного комитета:***

Т.Ю. Горовая — зам. директора по учебно-методической работе Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС»

В.М. Сафонов — доктор технических наук, профессор кафедры электрометаллургии Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС»

М.А. Товмасян — кандидат технических наук, доцент кафедры ТМиО Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС»

О.В. Баранова — начальник отдела по внеучебной и воспитательной работе Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС»

## **Программный комитет**

Председатель программного комитета — Д.В. Кудашов — директор Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС», кандидат технических наук

Зам. председателя программного комитета — И.В. Мялкин — кандидат химических наук, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС»

---

**Состав программного комитета:**

Н.Ф. Илюшкова — начальник управления образования администрации городского округа города Выкса

Л.И. Эфрон — доктор технических наук, научный руководитель ИТЦ АО «ВМЗ», профессор кафедры электрометаллургии Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС»

П.П. Степанов — кандидат технических наук, директор инженерно-технического центра АО «ВМЗ»

В.М. Сафонов — доктор технических наук, профессор кафедры электрометаллургии Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС»

С.В. Самусев — доктор технических наук, профессор кафедры технологий и оборудования обработки металлов давлением Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС»

А.Ф. Лещинская — доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой гуманитарных и социально-экономических дисциплин Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС»

А.П. Вельмузов — кандидат химических наук, старший научный сотрудник в ФГБУН Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девятовых РАН

А.Н. Варнавский А.Н. — кандидат технических наук, доцент департамента компьютерной инженерии Московского института электроники и математики им. А.Н. Тихонова НИУ ВШЭ

Olena Volkova — директор института технологии производства железа и стали Фрайбергская Горная академия, Германия

**Технический секретарь конференции:**

К.С. Шибанов — старший преподаватель кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин Выксунского филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСИС»



### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ МНОГОДУГОВОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХОЛОДНОЙ ПРИСАДКИ

*Д.В. Холодов, А.В. Частухин*

*АО «Выксунский металлургический завод», г. Выкса*

***Аннотация.** Одним из основных технологических процессов в цепочке производства труб большого диаметра (ТБД) является автоматическая многодуговая сварка под флюсом. Благодаря высокой производительности и стабильному качеству швов этот вид сварки до настоящего времени остается единственным эффективным способом производства ТБД. Однако, по мере увеличения свариваемых толщин и класса прочности стали влияние сварочного нагрева на исходную дисперсную структуру и свойства металла усиливается, в результате чего достижение в сварном соединении трубы высоких механических свойств становится сложной практической задачей. В качестве основного подхода к минимизации негативного влияния сварочного нагрева на исходную микроструктуру металла рассматривается возможность снижения погонной энергии сварки.*

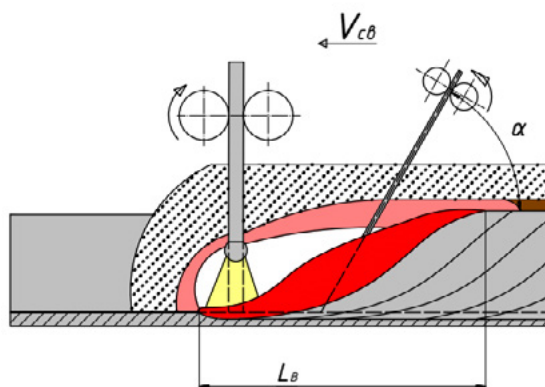
***Ключевые слова:** дуговая сварка, сварка труб большого диаметра, «холодный» электрод.*

В общем случае снижение погонной энергии сварки может быть обеспечено за счет увеличения коэффициента расплавления электродной проволоки (уменьшение диаметра и/или увеличения вылета электродной проволоки). Альтернативным способом воздействия на тепловые процессы, протекающие при сварке, является не «прямое» снижение погонной энергии сварки, а «косвенное», когда часть тепловой энергии дуги (либо жидкой ванны) расходуется на нагрев и плавление присадочного материала.

Целью данной работы являлась разработка и реализация различных вариантов технологии сварки продольных швов труб, обеспечивающей стабильный процесс сварки и качественное сварное соединение. В рамках работы также было проанализировано влияние способа подачи холодной присадки на форму и геометрические параметры шва, структуру и свойства сварного соединения.

Сварка с применением холодной присадки была осуществлена путем подачи присадки как «холодного» электрода. Данный способ представляет собой технологию, при которой в зону сварки, наряду с активными электродами, вводится дополнительная обесточенная проволока, используемая как присадочный металл и не являющаяся по факту электродом [1] (рисунок 1). Сварка с холодной присадкой позволяет отвести часть тепловой энергии дуги, затрачиваемой на плавление основного металла, направить ее на плавление вводимой присадки и, тем самым, обеспечить повышенную скорость охлаждения сварного соединения. Более того, введение присадки можно рассматривать как дополнительный способ доставки в сварочную ванну склонных к выгоранию легирующих элементов [4].

В настоящее время многодуговая сварка (с количеством дуг более 2) с одновременной подачей холодной присадки практически не исследована [2], в то время как представляет существенный интерес в качестве технологии сварки с низкими тепловложениями, не требующей модернизации оборудования.



**Рисунок 1.** Схема дуговой сварки с «холодным» электродом


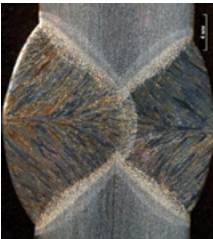

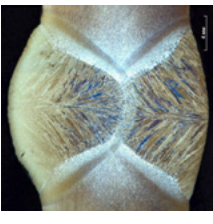

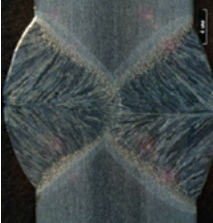

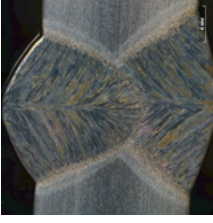
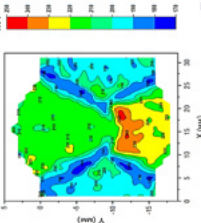
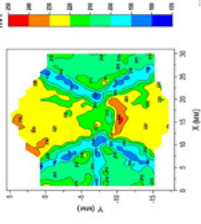
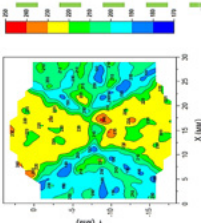
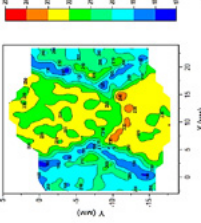
Разработку и исследование особенностей новой технологии проводили на экспериментальном шестидуговом сварочном стенде производства Uhrhan-Schwill (рисунок 2).

В ходе работы были опробованы различные варианты расположения «холодного» электрода в многодуговом тандеме (рисунок 3). Установлено, что использование холодной присадки позволяет как управлять формой сварного соединения, так и эффективно снижать тепловложения при сварке (более чем на 20%). Снижение тепловложений, в свою очередь, существенно сказывается на механических свойствах сварного соединения, таких как твердость и низкотемпературная ударная вязкость, по сравнению со стандартной технологией многодуговой сварки [4].

Стоит также отметить, что кроме возможности управлять формой и свойствами шва, данная технология сварки с «холодным» электродом позволяет при том же объеме наплавленного металла значительно снизить потребление электроэнергии за счет одной отключенной дуги, что также является преимуществом с точки зрения экологии.



*Рисунок 2. Шестидуговой лабораторный сварочный стенд*

							
Q=35,7 кДж/см	Q=31,3 кДж/см	Q=27,5 кДж/см	Q=29,2 кДж/см				
Стандартный	№ 1-ХЭ на 2 позиции	№ 2-ХЭ на 3 позиции	№ 3-ХЭ на 4 позиции				

**Рисунок 3.** а) Разработанные/реализованные схемы многодуговой сварки с внедрением «холодного» электрода на различных позициях; б) Макрошлифы полученных сварных соединений; в) Карты распределения твердости сварных соединений

---

### Список литературы

1. Cold-wire tandem submerged arc welding: A novel technique for pipeline manufacturing. M. Mohammadijoo, S. Kenny, J.B. Wiskel, D.G. Ivey, H. Henein Department of Chemical and Materials Engineering, University of Alberta, Edmonton, AB, Canada T6G 2V4 (Corresponding author: divey@ualberta.ca) 2R&D Division, Evraz Inc. NA, P.O. Box 1670, Regina, SK, Canada S4P 3C7. THE CONFERENCE OF METALLURGISTS hosting AMCAA ISBN: 978-1-926872-32-2
2. Characterization of martensite-austenite constituents and micro-hardness in intercritical reheated and coarse-grained heat affected zones of API X70HSLA steel. M. Mohammadijoo, b, J. Vallotona, L. Collinsb, H. Heneina, D.G. Iveya. Department of Chemical and Materials Engineering, University of Alberta, Edmonton, AB T6G 1H9, Canada b R&D Division, Evraz Inc. NA, P.O. Box 1670, Regina, SK S4P 3C7, Canada. *Materials Characterization* 142 (2018) 321–331
3. Influence of Tungsten Carbide and Titanium Carbide Nanoparticles on the Structure and Properties of the Weld Metal. N. P. Aleshin, V. V. Brovko, N. V. Kobernik, \*, R. S. Mikheev, A. A. Linnik, A. S. Pankratov, A. V. Samokhin, N. V. Alekseev, M. A. Sinayskiy, and S. A. Shtokolov. ISSN 0036-0295, *Russian Metallurgy (Metally)*, Vol. 2018, No. 9, pp. 820–825. © Pleiades Publishing, Ltd., 2018. Published in Russian in *Metally*, 2018, No. 5, pp. 32–38.
4. Нефедов А. В., Новиков Е. Г., Чиченева О. Н. [и др.]. Разработка системы централизованной подачи разделительной смазки на пресс-формы литейных комплексов ЗАО «Рифар» // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия.* — 2022. — Т. 65, № 7. — С. 479–485. — DOI 10.17073/0368-0797-2022-7-479-485.



## ВЛИЯНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОНЦЕНТРАТА НА ВЫХОД ГОДНОГО КЛАССА ОКАТЫШЕЙ

*З.Б. Рахимжонов, А.С. Тимофеева*

*Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова  
(филиал) федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет  
«МИСИС», г. Старый Оскол*

**Аннотация.** В работе исследуется влияние удельной поверхности концентрата на выход годного класса окатышей.

**Ключевые слова:** железорудные окатыши, окатывание, окомкование.

В металлургическом производстве в связи с необходимостью рационального использования естественных пылевидных руд, отходов производств (шламы и пыли металлургии, агрегатов, окалина прокатных цехов и др.) появился процесс окускования. Окускование — это процесс укрупнения рудной мелочи или тонкоизмельченных концентратов с получением кусковых агрегатов различной формы и размеров путем физического, химического, термического или комбинированного воздействия. Выделяют три способа окускования:

1. агломерация — при агломерации получают агломерат крупностью 5–60 мм;

2. брикетирование — получают брикеты различной геометрической формы необходимых габаритов и массы;

3. окомкование (или окатывание) — это метод окускования пылевидной рудной мелочи или тонкоизмельченных концентратов, т.е. получение сырых окатышей крупностью 5–18 мм в результате слипания влажных частиц исходного сырья в грануляторах [1, с. 72].

В данной работе рассматривается вопрос получения качественных железорудных окатышей в лабораторных условиях с использованием магнетитового концентрата и бентонита Азербайджанского происхождения. Для окомкования использовали лабораторный окомкователь (рис. 1) [2].



1 — станина барабанного окомкователя; 2 — колесики для свободного перемещения окомкователя; 3 — барабан, в который засыпается шихта и формируются окатыши; 4 — кнопка включения барабана; 5 — поддон для ссыпания сформированных окатышей; 6 — колесо-рычаг с помощью которого можно управлять углом наклона барабана; 7 — лампа для подсветки

**Рисунок 10.** Лабораторный окомкователь

Окомковывали концентрат с удельной поверхностью: (1220, 1290, 1370, 1410,

1470 и 1540) см<sup>2</sup>/г. Затем определяли выход годного класса для каждого вида концентрата. Результаты представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Данные по выходу годного класса

№ п/п	Уд. поверхн. см <sup>2</sup> /г	Общий выход годного класса, г	Выход годного класса по классам, г		
			(8–9) мм	(10–11) мм	(12–15) мм
1	1220	576,20	208,89	179	188,31
2	1290	616,76	227,81	192,94	206,01
3	1370	768,48	304,76	215,69	248,03
4	1410	1519,05	623,3	416,19	479,56
5	1470	1669,87	823,87	334	512
6	1540	1790,51	845,19	412,98	532,34



*Рисунок 2. Зависимость выхода сырых окатышей от удельной поверхности*

На рисунке 2 и 3 показан выход всех окатышей и годного класса для окатышей с различной удельной поверхностью концентрата.

Выход окатышей из окомкователя определяется по следующей формуле:

$$K = \frac{m_{\text{окат}}}{m_{\text{шихты}}^{\text{нач}}} \cdot 100\%,$$

где  $m_{\text{шихты}}^{\text{нач}}$  — масса шихты перед окомкованием, г;

$m_{\text{окат}}$  — общая масса окатышей после окомкования, г;

$K$  — выход окатышей из окомкователя, %.

По рисункам 2 и 3 видно, что с увеличением удельной поверхности концентрата увеличивается выход окатышей из окомкователя и выход годного класса. Это связано с тем, что при увеличении удельной поверхности концентрата частицы не только измельчаются до нужного уровня, но и получают определенную геометрическую форму. При увеличении удельной поверхности уменьшается размер частиц и, учитывая, что влажность их должна быть не более 8,3% они сильнее взаимодействуют друг с другом. Любой измельченный материал, обладающий очень большой поверхностью и, следовательно, поверх-



**Рисунок 3.** Зависимость выхода годного класса от удельной поверхности

ностной энергией, отличается термодинамической [3] потребностью к укрупнению частиц.

В результате выполненных экспериментов было выяснено, что удельная поверхность концентрата значительно влияет на процесс получения сырых окатышей и на свойства сырых окатышей, чем больше удельная поверхность, тем выше показатели выхода окатышей из окомкователя.

### Список литературы

1. Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья: учебное пособие / А. С. Тимофеева, Т. В. Никитченко, Е. С. Тимофеев. — Старый Оскол: ТНТ, 2014. — с. 304.
2. Студенческий научный форум 2023: сборник статей VI Международной научно-практической конференции. В 2 ч. Ч. 1. — Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». — 2023. — с. 206.
3. Абзалов В.М. Физико-химические и теплотехнические основы производства железорудных окатышей: В.М. Абзалов — Екатеринбург: МИЦ, 2015. — 335 с.

## АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС В РОССИИ

*А.А. Иванов, С.В. Батов, А.Д. Уткин, В.П. Романенко*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В статье выполнен анализ российских предприятий, производящих железнодорожные колеса. Рассмотрены новые технологии, внедряемые в это производство. Выполнен анализ производства гибридных алюминиевых колес с указанием их преимуществ и недостатков.*

***Ключевые слова:** железнодорожные колеса, алюминиевые гибридные железнодорожные колеса.*

Железнодорожный транспорт, как в России, так и за рубежом, играет огромную роль в развитии экономики, осуществляя перевозки грузов, людей, объединяя города и страны. С каждым периодом развития повышаются требования к данному виду транспорта — скорости, безопасности при перевозке, качеству — увеличению ресурса работы составляющих, запчастей [2]. Немалую роль играет и производство железнодорожных колес, чье развитие, в свою очередь также не стоит на месте. Открываются новые предприятия, увеличиваются мощности существующих заводов по производству железнодорожных колес, разрабатываются и внедряются технологии для увеличения качества выпускаемой продукции. Больше значение уделяют влиянию производства на окружающую среду.

ЗАО «Объединенная металлургическая компания» («ОМК»), в 2014 году ввела в эксплуатацию первую в России линию по производству цельнокатаных железнодорожных колес для скоростных и высокоскоростных поездов. Новая линия способна полностью обеспечить потребности отечественного рынка в колесах для скоростного движения. В период 2019–2022 гг. произведена также модернизация существующего колесного производства на «Выксунском металлургическом заводе» («ВМЗ»), что позволило увеличить производство колес на 14% (до 970 тыс. шт. в год) по сравнению с 2018 годом.

«ЕВРАЗ» «НТМК» также ведет постоянное улучшение производства, внедряя новые мощности по механической обработке, контролю качества и расширению сортамента проката транспортного назначения. В 2018 году ТОО «Проммашкомплект» построил новый современный завод по производству железнодорожных колес в Казахстане мощностью 300 тыс. колес в год.

В производстве железнодорожных колес российских и зарубежных предприятий есть ряд отличий, которые в свою очередь имеют свои преимущества и недостатки [5]. К конструктивным параметрам колес, используемых в различных странах, относятся величины смещения оси обода относительно оси ступицы и расположение самой ступицы относительно диска (симметричное либо асимметричное). Наибольшие различия связаны с формой диска колеса. Чаще всего используют колеса с прямым (вертикальным или наклонным) и волнообразным в радиальном направлении диском. Реже применяют колеса, имеющие диск с гофрами в тангенциальном направлении. Колеса с волнообразным диском различаются еще и характером кривой, очерчивающей его контуры [1, 4].

Наиболее широкое распространение за рубежом получили колеса с волнообразным диском. Теоретические и экспериментальные исследования, в которых сопоставляли напряжения, возникающие в колесах с плоскоконическим и волнообразным диском, показали преимущества последних [7].

В результате исследований была разработана усовершенствованная технология литья для производства колес с полномерным ободом. Весьма важным в этой технологии явилось использование графита как основного материала для изготовления литейных форм. Высокая теплопроводность графита в сочетании с низким коэффициентом теплового расширения исключает проблемы, связанные со стойкостью кокилей [3]. Стало возможным охлаждать поверхность катания одновременно с обоими торцами обода.

Для обеспечения кристаллизации диска (после обода) поверхность его соприкасается с песчаной облицовкой по графиту. Эта облицовка, скрепленная натрийкремниевым связующим составом, соединена с графитовой формой. Одним из преимуществ процесса является возможность отливки в одной и той же графитовой форме

колес с различной толщиной обода путем изменения толщины обливки в местах перехода обода в диск.

Некоторые зарубежные фирмы используют также технологию отливки в графитовые формы колес из стали, выплавленной в электропечах, однако разливку проводят под давлением.

Начиная с 2018 года Германия активно развивает новые технологии по производству железнодорожных колес гибридного типа (алюминиевые колеса с звукопоглотителями) «Бохумская ассоциация транспортных технологий» («Bochumer Verein Verkehrstechnik GmbH» (BVV)) в 2019–2021 годах произвела акустический анализ измерения алюминиевых гибридных колес, определив плюсы и минусы технологии производства гибридных колес [8]. Оказалось, что, благодаря конструкции, адаптированной к материалу, при использовании алюминиевой ступицы можно сэкономить вес до 70 кг. Меньшая ускоряемая масса приводит к меньшему потреблению энергии при эксплуатации и обеспечивает более высокую грузоподъемность транспортного средства.

Гибридные колеса оснащены колесными звукопоглотителями, которые адаптированы к колесу и его динамическим свойствам. Они крепятся к внешней стороне колесной шины с помощью болтов. Колесные звукопоглотители имеют многослойную структуру, состоящую из слоев стали и эластомера, которые позволяют им колебаться в соответствии с собственной частотой колеса, тем самым ослабляя тональные шумы при движении на поворотах (визг кривой). Колесные звукопоглотители геометрически адаптированы к форме и динамической деформации, а акустически — к собственным частотам колеса.

Полотно алюминиевого колеса намного толще (в 3 раза) и короче по конструкции, чем на стальных колесах. Это делает компонент более жестким и, таким образом, обеспечивается более низкая амплитуда вибрации в акустическом диапазоне [6, 9]. При использовании гибридных колес акустические измерения на легкорельсовых транспортных средствах, при движении по прямой и при движении в изгибе пути зафиксировали более низкие уровни шумов, чем при использовании обычных железнодорожных колес, изготовленных из стали. Опасения, что на более легких компонентах возникнут большие амплитуды вибрации, что приведет к более высоким уровням акустики, не оправдались. Фактически, больший объем конструкции

алюминиевых колес обеспечивает большую прочность и таким образом, приводит к снижению акустически вибраций.

Основные плюсы и минусы гибридных (алюминиевых) колес:

- + Экономия веса при эксплуатации, до 70 кг с каждого колеса;
- + Мост корпуса алюминиевого дискового колеса толще, что приводит к более высокой жесткости и более низкой амплитуде вибрации в акустическом диапазоне;
- Алюминий обладает другими свойствами, чем сталь, и поэтому требует более прочной конструкции дискового корпуса колеса;
- Использование только на легкорельсовых транспортных средствах.

### **Список литературы**

1. Патент № 2219035 С1 Российская Федерация, МПК В23Р 13/02. Способ обработки железнодорожных колес: № 2002133067/02: заявл. 10.12.2002: опубл. 20.12.2003 / В. С. Фадеев, Б. Я. Мокрицкий, В. С. Щетинин.
2. Патент № 2259279 С1 Российская Федерация, МПК В60В 3/02, В21Н 1/04, В60В 17/00. Цельнокатаное железнодорожное колесо и способ его изготовления: № 2004100876/11: заявл. 15.01.2004: опубл. 27.08.2005 / С. А. Королев, А. М. Волков, А. И. Кондрушин [и др.]; заявитель Открытое акционерное общество «Выксунский металлургический завод».
3. Романенко В. П., Севастьянов А. А., Фомин А. В., Севастьянов А. А. Исследование влияния предварительной деформации литой заготовки в стане винтовой прокатки при производстве железнодорожных колес на уровень их механических свойств // 60 Международная научная конференция «Актуальные проблемы прочности», Витебск, 14–18 мая 2018 года. — Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2018. — С. 469–471.
4. Романенко В. П., Фомин А. В., Севастьянов А. А., Никулин А. Н. Исследование механических свойств железнодорожных колес, полученных из заготовки, прошитой в стане винтовой прокатки.— 2018.— № 6. — С. 73–77.
5. Романенко В. П., Золотарев А. А. Моделирование технологического процесса формовки заготовок для железнодорожного колеса



- методом конечных элементов // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия.— 2013.— № 5. — С. 63–66.
6. Романенко В. П., Фомин А. В., Никулин А. Н. Влияние предварительной деформации литой заготовки на служебные свойства колесной стали.— 2013.— № 4. — С. 63–68.
  7. Романенко В. П., Фомин А. В., Илларионов Г. П. [и др.] Механические свойства колесной стали, деформированной сочетанием винтовой прошивки и свободной осадки.— 2013.— № 4. — С. 18–22.
  8. Фомин А. В., Романенко В. П., Севастьянов А. А. Исследование влияния винтовой прошивки на механические свойства непрерывно литой заготовки из колесной стали // Творчество молодых — родному региону: Сборник материалов VIII Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 23 апреля 2021 года / Сост. К.С. Шибанов, под редакцией И.В. Мялкина. — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 78–81.
  9. Камышный А. Е., Тимаков Р. М., Керенцев Д. Е., Шибанов К. С. Особенности разработки колес для скоростных электропоездов // Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 62–68.

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ**

*А.С. Родяшов, Т.В. Капитанова, В.А. Зиновьев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе выделены особенности и проблемы отрасли черной металлургии в России. Приведена структура потребления металлопродукции и представлена динамика с прогнозом производства, внутреннего потребления, экспорта, импорта металлопро-

*дукции отечественной черной металлургии. Выявлены и описаны характерные тенденции черной металлургии. Предложены конкретные пути развития отрасли.*

**Ключевые слова:** металлургическое производство, черная металлургия, металлопродукция, месторождения руды.

Черная металлургия — огромная отрасль, представляющая собой совокупность различных отраслей по добыче сырья, выплавке стали, чугуна и по производству проката. Именно черная металлургия служит основой развития строительства и машиностроения. Марганец, руды легирующих металлов, железные руды, коксующиеся угли являются сырьем для получения черных металлов [2].

Черная металлургия бывает трех типов:

1. Металлургия полного цикла (характеризующаяся наличием всех без исключения стадий производства на едином предприятии).
2. Передельная металлургия (вид производства, при котором одна из стадий выделяется в отдельное производство или же связана с переработкой металлолома).
3. Малая металлургия (металлургические цеха в составе крупных машиностроительных комплексов).

От типа металлургии зависит географическое размещение предприятий. Так, в центрах крупных машиностроительных баз, как правило, размещается малая металлургия.

Передельная металлургия, как правило, связана с переработкой металлолома, поэтому предприятия этой металлургии находятся или в районах концентрации черной металлургии, или в районах крупных машиностроительных баз, где в процессе производства остается большое количество металлолома.

Ферросплавное производство представляет собой улучшение качества железных изделий с помощью добавления легирующих металлов, чтобы придать этим изделиям необходимые свойства. Производство ферросплавов, в значительной степени, материалоемкое и энергоемкое, поэтому такие предприятия оптимально размещать в тех районах, где недорогая энергия сочетается с ресурсами легирующих металлов.

Металлургия полного цикла отличается топливоемкостью и материалоемкостью (на топливо и сырье приходится 90% затрат на про-

изводство). Поэтому предприятия полного цикла рационально размещать в районах недорогого топлива или доступного сырья.

Топливом для металлургии является черный коксующийся уголь. Основные топливные базы для черной металлургии располагаются в Печорском бассейне (Северный район), на Кузбассе (Западная Сибирь), в г. Шахты (Северный Кавказ), в Южнокутском бассейне (Дальний Восток), в Карагандинском бассейне (Казахстан), на Донбассе (Украина), в Ткварчели и Ткибули (Грузия).

Сырьем для черной металлургии являются железные руды. Главными месторождениями на территории СНГ считаются: Тагило-Кушвинская группа месторождений Свердловской области, Бакальская группа Челябинской, Орско-Халиловская группа Оренбургской области (Урал); Абаканское, Тейское, Ирбинское (Восточная Сибирь); Горная Шория (Западная Сибирь); Керченское, Приазовское, Криворожовское (Украина); Дашкесан (Армения); Соколово-Сарбайское и Лисаковское месторождения (Казахстан); Гаринское, Алданское (Дальний Восток); Оленегорское, Ковдорское, Костомукшское (Северный район).

Уральская металлургическая база — первая и старейшая база в Российской Федерации. На Урале прослеживается два основных принципа размещения металлургических предприятий.

Первый принцип — в районах топлива. Так как на Урале никогда не было угля, в качестве топлива, в основном, использовались лесные ресурсы, а именно древесный уголь. Чусовой, Алапаевск, Невьянск, Нижний Тагил стали первыми центрами металлургии на Урале. В XVIII–XIX вв. были созданы первые металлургические заводы, и до сегодняшнего дня эти центры сохранили металлургическую специализацию.

Второй принцип — размещение предприятий в районах сырья. С разработкой в 30-х гг. XX века горы Магнитной предприятия данной отрасли стали активно размещать поблизости от железорудных месторождений. К этому периоду относится строительство Магнитогорского металлургического комбината, крупнейшего в Европе.

Отметим, что именно металлургия Урала выделяется высоким удельным весом в выплавке стали, чугуна и производстве проката. К металлургии полного цикла относятся следующие комбинаты: Челябинский, Магнитогорский, Нижнетагильский, Орско-Халилов-

ский в г. Новотроицке (Оренбургская область). Крупнейшие в России центры ферросплавного производства расположены на Урале (Челябинск, Серов). Центры трубопрокатного производств — Челябинск, Первоуральск. Заводы Аши, Златоуста, Сатки (все Челябинская обл.), Алапаевска, Чусового, Ревды, Екатеринбургa (все Свердловская область) относятся к передельной металлургии. Малая металлургия хорошо развита в крупнейших машиностроительных центрах Свердловской, Пермской и Челябинской областей. Металлургическая база Урала имеет и свои проблемы: отсутствие топлива и большое истощение сырьевой базы. В основном, руды сюда завозятся с Соколво-Сарбайского месторождения и с КМА, а вот уголь прибывает из Караганды и Кузбасса [1].

Центральная металлургическая база считается второй по величине металлургической базой России. Она расположена на территории Центрально-Черноземного и Центрального экономических районов. Здесь развитие металлургии обосновано уникальным месторождением железных руд КМА (ориентировочные запасы 16,7 млрд тонн). Металлургия Центра РФ специализируется на добыче железных руд и их обогащении. К предприятиям полного цикла относятся два крупных комбината: Новооскольский и Липецкий. Следует отметить, что Новооскольский комбинат построен по лицензии Германии, и его технология заключается в прямом восстановлении железа без использования доменного передела. Передельные заводы располагаются в Электростали, Москве, Орле, Туле. Центральная металлургическая база имеет и свои проблемы, основная из которых — отсутствие топлива. Уголь приходится завозить с Кузбасса, Воркуты, Донбасса.

Третьей металлургической базой нашей страны является Западно-Сибирская база. Здесь развитию металлургии способствует наличие сырья (железные руды Горной Шории) и топлива (Кузбасс) вблизи Транссибирской железнодорожной магистрали. С другой стороны, удаленность базы от главных потребителей в центрально-европейских районах осложняет ее развитие. Именно поэтому здесь доминируют нижние этажи отрасли, которые предоставлены добычей и вывозом каменного угля. К металлургии полного цикла относится Новокузнецкий металлургический комбинат. Новосибирск является центром передельной металлургии, в котором производят ферросплавы.

Череповец является самым большим металлургическим центром в стране. Уникальность комбината полного цикла Череповца заключается в том, что он расположен на пересечении топливной базы (Печерский каменноугольный бассейн) и сырьевой базы (железные руды Кольского полуострова). Главная задача комбината — обеспечить металлом машиностроительные базы Центрального и Северо-Западного экономических районов.

Среди стран СНГ самой крупной металлургической базой является Южная металлургическая база Украины. Основой ее развития служат каменный уголь Донбасса, а также железорудные месторождения Керчи и Кривого Рога. Южная металлургическая база характеризуется высоким уровнем развития верхних этажей отрасли. К металлургии полного цикла относятся комбинаты Днепропетровска, Макеевки, Донецка и Стаханова. Центрами передельной металлургии являются Краматорск, Запорожье и Горловка.

В Казахстане также находится несколько крупных металлургических производств, их развитие обусловлено наличием собственных топливных и сырьевых баз (Карагандинский бассейн, Соколово-Сарбайское, Аятское, Лисаковское месторождения). Металлургическая база Казахстана характеризуется большим удельным весом нижних этажей отрасли, добываемое сырье отправляется преимущественно на Урал. К металлургии полного цикла относится комбинат Темиртау. Крупные центры ферросплавного производства располагаются в Темиртау, Актюбинске, Павлодаре.

Металлургическое производство в Грузии сложилось на основе месторождений каменного угля Ткварчели и Ткибули. На металлургические заводы железная руда поступает с Дашкесана. В городе Рустави находится металлургический комбинат полного цикла. В Зестафони сложился крупный центр ферросплавного производства.

Россия по производству стали занимает четвертое место в мире, уступая Китаю, Японии, США, а по экспорту металлопродукции — третье место в мире после Китая и Японии.

Металлургия одной из первых среди отраслей промышленного комплекса приступила к реализации программ реструктуризации производства и сокращения неэффективных мощностей, что позволило ей увеличить производство конкурентоспособной продукции,

снизить его издержки, уменьшить негативное воздействие на окружающую среду и решить многие социальные проблемы [3].

С 2002 по 2007 г. для российской металлургии были характерны позитивные результаты. Так, производство основных видов металлопродукции за этот период возросло в среднем на 10–20%, а по таким ее видам, как стальные трубы и листовая продукция, — на 52 и 70% соответственно; прибыль увеличилась в 7 раз (в текущих ценах); инвестиции — 52,4 раза (в текущих ценах); экспорт — в 2,8 раза (в стоимостном выражении). Рентабельность продаж в среднем составила 23%, а ежегодный рост заработной платы — порядка 15–20%.

В последние годы изменения происходят в производственно-экономической деятельности отрасли и в ее институциональном оформлении. Внутри отрасли сформировались крупные горизонтально и вертикально, интегрированные структуры, позволяющие металлургическим компаниям концентрировать значительные финансовые средства для модернизации производства. Реализация программ технического перевооружения улучшает состояние основных средств, однако уровень обновления в целом по отрасли вдвое ниже, чем в период плановой экономики. По оценке специалистов, уровень технического перевооружения в 3–4 раза ниже необходимого для обеспечения конкурентоспособности отрасли [4].

В отрасли остается ряд проблем, основными из которых являются:

- незначительность доли продукции с высокой добавленной стоимостью в экспорте: и недоступность внешнего рынка по ряду видов металлопродукции из-за ограничительных мер;
- низкие темпы развития металлопотребляющих отраслей экономики и неразвитая инфраструктура;
- высокие удельные энерго- и ресурсозатраты на фоне низкого уровня производительности труда;
- низкая восприимчивость предприятий к внедрению инноваций;
- недостаточная востребованность металлопродукции на внутреннем рынке;
- неразвитость сети малых и средних предприятий, производящих металлопродукцию в соответствии с требованиями рынка.

В настоящее время основные объемы производства черных металлов в России сконцентрированы на 34 металлургических предприятиях, из которых 9 являются крупными. На их долю приходится

около 85–90% производимой в стране металлопродукции. К разряду сравнительно современных экспертами отнесены пять металлургических предприятий: Магнитогорский, Новолипецкий, Череповецкий, Западно-Сибирский и Оскольский комбинаты. Остальные предприятия отрасли признаны частично или полностью устаревшими. Как следствие, доля металлопродукции высоких переделов в экспорте составляет 15%, а остальные 85% приходятся на сырье, полуфабрикаты и металлолом [5].

Динамичное развитие отечественной металлургии зависит от развития металлопотребляющих отраслей. Крупнейшими потребителями металлов являются машиностроение и металлообработка (около 40% внутреннего, потребления). Однако их доля в экономике страны составляет всего 16–17%, в то время как в развитых странах она достигает 50%. Металлоемкой является строительная индустрия, на долю которой приходится около половины внутреннего металлопотребления [6, 7].

### ***Список литературы***

1. Арканова И. А., Доманцевич Н. Д. Перспективы развития оборотных циклов на предприятиях черной металлургии // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура.— 2021. — Т. 21, № 1. — С. 59–67. — DOI 10.14529/build210108.
2. Лукин Е. В. Черная металлургия Северо-Запада России: тенденции и проблемы развития // ЭКО.— 2021.— № 10(568). — С. 110–132. — DOI 10.30680/ЕСО0131–7652–2021–10–110–132.
3. Сентюрин А. В. Основные тенденции развития черной металлургии России // Сталь.— 2021.— № 6. — С. 62–66.
4. Чернобровин В. П. Черная металлургия России в динамике (1970–2018 гг.) // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия.— 2020. — Т. 20, № 1. — С. 7–17. — DOI 10.14529/met200101.
5. Альпидовская М. Л., Бобков В. Н., Брижак О. В. [и др.]. Глобальное мирохозяйство: проблемы и противоречия. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Перспект», 2021.— 416 с. — ISBN 978–5–392–34241–9.

6. Яшин С. Н., Яшина Н. И., Кошелев Е. В., Иванов А. А. Метаэвристические алгоритмы в управлении инновациями. — Нижний Новгород: Печатная Мастерская РАДОНЕЖ, 2023.— 200 с. — ISBN 978-5-6049219-0-6.
7. Лазуткин С. Л., Лазуткина Н. А. Определение рациональных параметров исполнительных элементов ударной системы адаптивного ударного устройства // Современные наукоемкие технологии.— 2019.— № 5. — С. 58–63.

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОКАТА СТАЛИ

*И.И. Сенников, А.М. Панкратов, Н.В. Холодова*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье исследованы технологии проката стали. Рассмотрены их основные виды, оценены преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** технологии проката стали, прокатное оборудование, сталь.

Прокатное производство металлоизделий, являющееся завершающим этапом металлургического цикла, в последние годы очень широко применяется на машиностроительных и приборостроительных предприятиях. Именно оно является прогрессивным способом металлообработки, позволяющим обеспечить высокое качество продукции, производительность и экономическую эффективность.

Человечество давно научилось обрабатывать металл и сплавы на их основе. Для это используются разные технологии. Прокат — это популярная технологическая операция, с помощью которой изготавливают различные металлические детали. Прокатка — это обработка металла, при которой на материал воздействует повышенное давление. Прежде чем он попадает под катки, он проходит термообработку. Под воздействием высокой температуры металл становится податливее, что позволяет изготавливать из него продукцию разного размера и формы. С помощью этой технологической операции получают трубы, листы, балки, арматура, прутья, швеллера, уголки.



На заводах применяют разные виды проката. Технологии отличаются по используемому оборудованию, этапам проведения работ. Для изготовления деталей из стали используют станки разной конструкции [1, 3]. Прокатка — это популярный вид обработки металла, при котором деталь сначала нагревают, а потом пропускают через вращающиеся валки. При этом технологическая обработка может выполняться двумя способами:

1) Горячекатаная — метод предусматривает нагрев материала до 1700 градусов по Фаренгейту. После нагревания металл становится более пластичным и менее твердым. Однако прокатка при высоких температурах не позволяет точно просчитывать размер готовых изделий после остывания. Кроме того, сильный нагрев способствует образованию окалины, которую необходимо убирать.

2) Холоднокатаная технология подразумевает малый разогрев заготовок перед проведением дальнейших работ. Поверхности деталей очищаются от окалин. После этого их подвергают другим технологическим операциям.

Первый вариант прокатки более экономичный. С его помощью можно работать с листами большой толщины. Второй метод позволяет создавать более точные по размерам детали, но не подходит для работы с листами металла толщиной более 5 мм.

Прокатка выполняется на следующих станках [2, 4]:

- Проволочные механизмы. С их помощью изготавливается проволока диаметром до 10 мм.
- Слябинги — предназначены для обработки длинных прямоугольных изделий.
- Блюминги — используются при изготовлении больших квадратных изделий. Помимо квадратных сечений, механизмы могут делать заготовки разной формы.
- Трубопрокатные — промышленные машины, которые используются для создания металлических труб разного диаметра.

Прежде чем начинать прокатку металл разогревается с помощью промышленных печей и подается через отрезные ножницы к вращающимся валам.

При этом специалистами выделяются два способа прокатки:

1) Металлические слитки разогреваются и подаются к специальным зажимным механизмам. Поверхность заготовки очищается от

образовавшихся дефектов. Заготовки нагреваются повторно, подаются через вращающиеся валы еще раз.

2) Промышленный способ, подразумевающий постоянное литье без перерыва. Расплавленный металл подается под вращающиеся катки. Это метод подходит для обработки цветных металлов [6].

Далее изделия подвергаются токарным работам, шлифовке, фрезеровке, расточке, сверлению, разрезанию.

Прокат — это технологическая операция, с помощью которой изготавливают металлические детали разных форм и размеров. Существует несколько способов обработки. Продукция, которую делают с помощью такой обработки, популярна в различных направлениях промышленности. В некоторых случаях прокатка стали является единственным способом производства изделий, в частности, листов, труб, высокопрочных сортовых профилей. По качеству выпускаемых изделий и производительности прокатка не имеет себе равных среди других способов металлообработки.

### *Список литературы*

1. Бойко А. С., Максаев Е. Н., Сомов С. А. Этапы и методы увеличения производительности литейно-прокатного комплекса // Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 16–21.
2. Гун Г. С. Развитие теории обработки металлов давлением (научный обзор). Часть 1 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallургия.— 2015. — Т. 15, № 2. — С. 34–48.
3. Лукашкин Н. Д., Кохан Л. С.; Лукашкин Н. Д., Кохан Л. С. Обработка металлов давлением: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обработка металлов давлением» направления подгот. «Metallургия»; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования

- Моск. гос. вечер. металлург. ин-т. — Москва: Моск. гос. вечер. металлург. ин-т, 2006. — 423 с. — ISBN 5-94475-028-6.
4. Румянцев М. И., Кинзин Д. И. Теория прокатки; Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. — Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2017. — 188 с.
  5. Хламкова С. С., Шульгин А. В., Волгина Н. И., Белелюбский Б. Ф. Теория и технология прокатки: Учебное пособие. — Москва: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», 2023. — 150 с. — ISBN 978-5-276-02770-8.
  6. Сафонов В. М., Мурысев В. А., Корзун Е. Л., Моров Д. В. Особенности глубокой десульфурации стали в ходе камерного вакуумирования // Металлы. — 2021. — № 4. — С. 76–86.

## ГЕНЕЗИС СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

*О.М. Веденькин, Д.А. Агеев, В.П. Романенко*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье рассматриваются способы и методы обработки металлов и сплавов. Исследована история становления и развития металлургии, неразрывно связанная со способами и процессами обработки металлов давлением. Изучены перспективы развития способов и оборудования для продольной прокатки сталей и сплавов. Оценены перспективы внедрения цифровых технологий в процесс прокатки сталей.

**Ключевые слова:** *способы обработки металлов, ковка, штамповка, продольная прокатка.*

Тысячи лет назад люди открыли металлургию, создали разнообразные способы обработки металлов и сплавов, воплощая их в жизненно необходимые орудия труда, оружие, предметы домашнего обихода и художественные произведения прикладного искусства. Металлические орудия труда ускорили социальный прогресс человеческого общества. Появившиеся в начале медные и бронзовые

орудия труда, с которых начался процесс замены каменных орудий труда металлическими, не могли оказать большого влияния на хозяйственную сторону жизни первобытного общества.

История становления и развития металлургии неразрывно связана со способами и процессами обработки металлов давлением, зарождение которых относится к появлению первых металлических изделий на земле. Наиболее ранним и важным способом былаковка, появление которой совпало с периодом перехода человечества от каменного века к бронзовому. Ковка была первым процессом, которым люди начали пользоваться для обработки самородной меди до того, как ими была освоена ее выплавка из руды. Этот вид обработки служил первобытным металлургам единственным и надежным средством повышения твердости меди, что оказало большое влияние на повышение механической прочности и твердости орудий труда и оружия [2].

Техника, процессы обработки металлов давлением в течение многих столетий были органическим звеном металлургических производств, определяя в конечном счете прогресс самой металлургии, возможности широкого использования металлов и сплавов для выделки орудий труда, оружия и предметов бытового назначения. Распространение металлов на этапе их освоения стало возможным именно благодаря открытию первого и важнейшего процесса обработки металлов давлением —ковки, позволившей сообщить металлу повышенную твердость и прочность, т.е. свойства и качества, обеспечивающие эффективную эксплуатацию орудий труда и технических средств в материальном производстве.

К числу древнейших способов обработки металлов давлением относятся также штамповка и волочение металлов, получивших широкое распространение еще в период рабовладельческого способа производства. Эти первые способы обработки металлов давлением непрерывно совершенствовались. На их основе создавались ковочные молоты, чеканочные и штамповочные машины, волочильные станы, все более широко распространявшиеся в различных областях материального производства. С накоплением технических знаний и производственного опыта, изобретательная мысль неустанно работала над созданием новых способов и процессов обработки металлов давлением. В результате, в период мануфактуры появился

высокоэффективный процесс прокатки металлов, ставший в условиях машинно-фабричного производства одним из основных в металлургической и металлообрабатывающей технологии.

Прокатка металлов принадлежит к крупнейшим достижениям рассматриваемого периода. Сущность способа прокатки состоит в обжатию металла между вращающимися валками, придающими изделию требуемую форму и размеры [1]. Появление прокатки не было случайным, а обуславливалось потребностью производства в равномерных по толщине металлических листах. До XVI в. единственным доступным способом получения листов была свободная ковка, которую применяли в листобойном деле еще античные и особенно средневековые кузнецы. Однако достигнуть ковкой строго определенной толщины листа по всей его площади было нелегко. Эту серьезную техническую проблему удалось успешно разрешить применением прокатного стана с плоскими валками. В XVI веке прокатные станы применялись для выделки полуфабрикатов и изделий из олова, свинца, золота, серебра и меди.

В результате промышленной революции конца XVIII — начала XIX вв. начался процесс перехода от мануфактуры к капиталистическому машинно-фабричному производству, характеризующемуся распространением в производстве рабочих машин и универсального парового двигателя. Началось техническое перевооружение машиностроения, позволившее производить машины машинами. Машиностроение, оснащенное разнообразными рабочими машинами и опирающееся на паровую энергетику, дало возможность создавать разнообразное оборудование для всех отраслей промышленности. В числе важнейших изобретений в области техники прокатки необходимо отметить создание универсального прокатного стана [4].

Особенность универсального стана состоит в том, что в нем, наряду с парой горизонтальных валков, предусмотрена пара вертикальных валков, предназначенная для обжатия металла с боков. Эти станы применяются в тех случаях, когда затруднена кантовка изделия. Универсальный прокатный стан был изобретен в 1848 г. Деленом — директором сталелитейного завода «Херде» в Вестфалии (Германия). Этот стан, обладающий рядом больших преимуществ перед обычными станами, дал возможность изменять в сравнительно широких пределах размеры изделий без замены валков, что обусловило

его более высокую производительность и экономичность. На универсальном прокатном стане изготавливали достаточно широкий ассортимент изделий, в том числе полосы и рельсы.

Несмотря на преимущества непрерывных прокатных станов, их распространение сначала шло сравнительно медленно [3]. Перелом произошел после того как пудлинговое железо уступило место бесемеровской и мартеновской сталям. Быстрый рост объемов производства литой стали был вызван крупнейшими техническими преобразованиями в черной металлургии в результате перехода от традиционных способов получения сварочного железа пудлингованием и кричным переделом к новым, высокопроизводительным способам выплавки литой стали.

Революционирующим фактором стала вычислительная техника, использование которой в прокатных производствах позволило автоматизировать основные и вспомогательные участки технологических линий, оптимизировать режим работы прокатных станов, повысить производительность труда. Компьютерам передаются функции: оперативного учета производства и слежения за прокатываемым металлом; программного управления нажимным устройством и манипуляторными линейками; автоматического управления скоростными режимами главного привода и транспортно-кантующих механизмов; оптимизации скоростных режимов. Рассматриваемый период характеризовался интенсивным развитием техники прокатного производства, увеличением видов и групп прокатных станов, повышением их мощности и скоростных параметров.

Огромное влияние на развитие техники обработки металлов давлением оказали преобразования в черной металлургии, и, в частности, переход в 50–70-х годах XIX в. от производства пудлингового и кричного сварочного железа к выплавке литой стали. Появление бесемеровского и мартеновского способов получения литой стали сделало возможным изготавливать более крупные и более качественные слитки. Это, в свою очередь, поставило перед конструкторами кузнечнопрессовых и прокатных машин новые задачи, связанные с необходимостью повышения их мощности, разработкой новых типов оборудования и рационализации основных технологических процессов. Продолжались поиски новых методов и способов обработки металлов давлением [5].

Таким образом, современная техника обработки металлов давлением, воплощенная в сложных машинах и агрегатах, функционирующих в системе комплексно-механизированных и автоматизированных производств стала итогом творчества ученых, инженеров и изобретателей разных стран, народов и эпох.

### *Список литературы*

1. Авторское свидетельство № 749459 А1 СССР, МПК В21В 1/02. Способ винтовой прокатки заготовок сплошного круглого профиля: № 2581464: заявл. 15.02.1978: опубл. 23.07.1980 / И. Н. Потапов, В. Я. Зимин, Е. А. Харитонов, В. П. Романенко; заявитель МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ СТАЛИ И СПЛАВОВ.
2. Борисенко Н. Р. Влияние режимов прокатки на структуру и свойства готовой полосы // Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 21–27.
3. Золотухин П. И., Володин И. М. Теория обработки металлов давлением: Учебное пособие для СПО; Рецензенты: Сидельников С.Б. — д-р техн. наук, проф. кафедры «Обработка металлов давлением» Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета; Сосенушкин Е.Н. — д-р техн. наук, проф. кафедры «Системы пластического деформирования» ФГБОУ ВО МГТУ «Станкин». — 2-е издание, исправленное. — Липецк, Саратов: Липецкий государственный технический университет, Профобразование, 2020. — 198 с. — ISBN 978–5–88247–957–1. — DOI 10.23682/92837.
4. Румянцев М. И. Исследование основных закономерностей продольной прокатки: Лабораторная практикум — Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2016. — 52 с.
5. Фастыковский А. Р. Современные тенденции развития обработки металлов давлением // Металлургия: технологии, инновации, ка-

чество: Труды XXI Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Новокузнецк, 23–24 октября 2019 года / Под редакцией Е.В. Протопопова. Том Часть 1. — Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2019. — С. 14–20.

## **АНАЛИЗ РАБОТЫ ЛИТЕЙНОГО-ПРОКАТНОГО КОМПЛЕКСА Г. ВЫКСЫ**

*А.А. Цыкин, Р.А. Буканов, А.И. Синева*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности «Литейно-прокатного комплекса» г. Выксы. Выполнен анализ его технологии производства. Изучен ассортимент выпускаемой продукции.

**Ключевые слова:** сталь, выплавка стали, внепечная обработка стали, непрерывная разливка стали.

«Литейно-прокатный комплекс» (ЛПК) г. Выксы — уникальное предприятие, построенное по самым передовым технологиям. Строительство ЛПК началось 11 июня 2005 года в Выксунском районе Нижегородской области. «Литейно-прокатный комплекс» состоит из двух основных цехов: электросталеплавильного (ЭСЦ) и листопрокатного (ЛПЦ). Продукция ЛПК — горячекатаный стальной плоский прокат в рулонах, лист и штрипс для производства труб малого и среднего диаметра (21–530 мм) с высокими потребительскими свойствами [2].

Основные агрегаты, используемые для производства стали, а также вспомогательное оборудование электросталеплавильных цехов, предназначенное для обслуживания этих агрегатов, выбрано в зависимости от заданного объема производства и сортамента сталей, а также от заданного вида продукции электросталеплавильного цеха (слитки или литые заготовки). От этого зависит и выбор метода разливки стали: в изложницы или на установках непрерывной разливки.

Литейно-прокатный цех ЛПК состоит из: участка подготовки лома (отделение подготовки лома (ОПЛ), отделения по подготовки



шредированного лома (ОПШЛ)), электросталеплавильного производства, прокатного производства. Электросталеплавильное производство представляет собой закрытое неотапливаемое здание с шагом колонн 12,0 м, состоящее из 5-ти пролетов: печного, сыпучих и ферросплавов, раздаточного, разливочного и отделения ремонта и настройки оборудования МНЛЗ. Категория цеха по взрывопожарной и пожарной опасности — «Г» [3].

Сырье является важнейшим элементом всякого технологического процесса. Им являются вещества природного и синтетического происхождения, используемые в производстве промышленной продукции. В качестве сырья для производства стали в ЛПЦ используется привозной стальной лом категорий 2А, 3А, 3АН, 3А1, 3АЖД, 5А, 5АЖД, 6А, 8А, 12А, 3А2Н, который поставляется на филиал АО «ОМК-Сталь» железнодорожным транспортом и автомобилями таких поставщиков, как «ПК Втормет», «Экопром», «Мет-Профит», «Балтекспром», «Ферротек», «ПК Ресурс», а также с выксунской площадки — «Эко-Металл». Обратный лом — собственного производства — брак, обрезь слябов МНРС и проката ЛПЦ — также используется в завалке в ДСП. Известково-обжигательная печь участка подготовки производства филиала АО «ОМК-Сталь» поставляет в ЛПЦ известь для наведения шлака в ДСП. Используемое в ДСП ГБЖ — продукция «Лебединского ГОКа» [1, 5, 6].

ЛПК — это первый в мире мини-завод, способный выпускать трубные марки стали, в том числе для высокопрочных и коррозионностойких труб, используемых в суровых климатических условиях и в условиях агрессивной среды: специальные технологические решения обеспечивают производство проката из марок сталей класса Х65, для выпуска труб, используемых при температурах до минус 60 градусов.

Благодаря гибкой технологической схеме Литейно-прокатный комплекс наряду с производством проката для труб сможет выпускать ультратонкий горячекатаный прокат толщиной 0,8 мм, который может использоваться в различных отраслях промышленности. В перспективе на ЛПК планируется освоение выпуска высококачественного проката для автомобильной промышленности, судостроения, мостостроения и других отраслей.

ЛПК первым в России освоил производство горячекатаного проката из тонких слябов (толщиной 70 и 90 мм) по наиболее экономич-

ной технологии на основе совмещения непрерывной разливки и прокатки в едином технологическом процессе.

«Литейно-прокатный комплекс» является одним из первых в России промышленных объектов, экологические характеристики которого полностью соответствуют требованиям Евросоюза. Показатели выбросов от деятельности ЛПК в атмосферу составляют менее 5 мг на 1 кубический метр, что значительно ниже существующих экологических норм.

### *Список литературы*

1. Физико-химические основы металлургических процессов (фхомп 2022): сборник трудов международной научной конференции имени академика А.М. Самарина, посвященной 120-летию со дня рождения выдающегося ученого-металлурга, академика АН СССР Самарина А.М., 265-летию со дня основания Выксунского металлургического завода и 20-летию Выксунского филиала НИТУ «МИСиС», Выкса, 10–14 октября 2022 года. — Выкса: АО «Выксунский металлургический завод», 2022. — 549 с.
2. Ем А. Ю., Комолова О. А., Погодин А. М., Григорович К. В. Формирование неметаллических включений при ковшовой обработке трубных сталей // *Металлы*. — 2021. — № 4. — С. 65–75.
3. Бойко А. С., Максаев Е. Н., Сомов С. А. Этапы и методы увеличения производительности литейно-прокатного комплекса // *Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции*, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 16–21.
4. Шибанов К. С. Анализ стратегии литейно-прокатного комплекса «Объединенной металлургической компании» // *Russian Journal of Management*. — 2018. — Т. 6, № 1. — С. 2–6. — DOI 10.29039/article\_5b06a2de64be08.86680040.
5. Гринберг Р. С., Комолов О. О. Политика протекционизма в России: новые тенденции в контексте проблемы импорта институ-

тов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз.— 2022. — Т. 15, № 2. — С. 44–54. — DOI 10.15838/esc.2022.2.80.3.

- Бурденко Е. В., Быкасова Е. В., Мудрова С. В. [и др.]. Теория, история и практика циркулярной экономики в концепции устойчивого развития. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2021.— 259 с. — ISBN 978–5–4497–1200–4.

## **ВЫЯВЛЕНИЕ МАСШТАБОВ НЕОДНОРОДНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУР В СТАЛИ 15X2НМФА**

*А.Н. Бушueva*

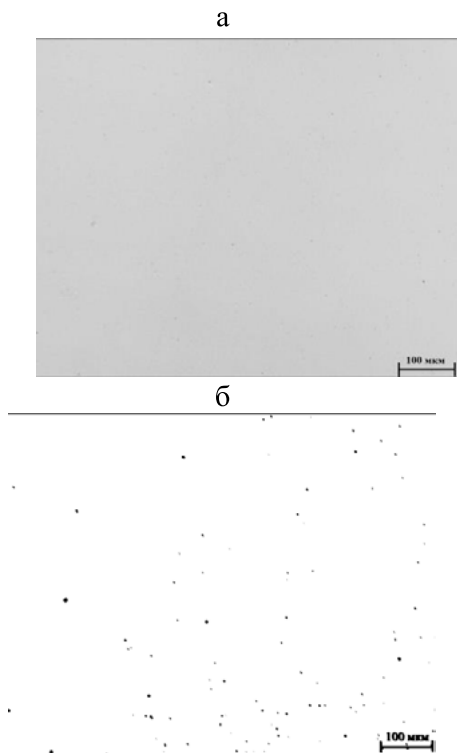
*Выксунский металлургический колледж им. А.А. Козерадского, г. Выкса*

**Аннотация.** В работе исследуются изображения неметаллических включений стали 15X2НМФА, изображения микроструктуры стали 15X2НМФА; изображения серных отпечатков сталей, 15X2НМФА и 38ХНЗМФА и их полиэдров Вороного. Применены возможности цифровых алгоритмов для обработки изображений микроструктур и неметаллических включений, серных отпечатков. Осуществлен анализ геометрических характеристик исследуемых элементов структуры. Проведен количественный анализ изображений.

**Ключевые слова:** неоднородности структур стали, количественный анализ изображений, микроструктура стали.

Работа состояла из нескольких этапов, первый этап — оценка загрязненности стали неметаллическими включениями. Для этого необходимо было сделать количественную оценку изображений, а именно найти площадь, плотность и коэффициенты эксцесса и асимметрии. Следующий этап заключался в анализе изображений серных отпечатков при построении полиэдров Вороного. Заключительный этап заключался в исследовании изображений микроструктуры, по которым были найдены следующие данные: диаметры зерен, коэффициент вариации и средний коэффициент анизотропии [2, 4].

Исходное изображение представлено на рисунке 1 — а, бинаризованное на рисунке 1 — б.



*Рисунок 1. Исходное изображение — а, после бинаризации — б*

В работе с использованием цифровых процедур были проанализированы изображения типичных структур конструкционных улучшаемых сталей 15Х2НМФА и 38ХН3МФА: неметаллические включения, серный отпечаток по Бауману и микроструктура [1].

Количественный анализ неметаллических включений показал, что гистограмма распределения площадей объектов имеет асимметричный характер, коэффициент асимметрии варьируется от 1,64 до 2,41, а эксцесс варьируется в пределах от 2,6 до 7,36 [3, 5].

Для анализа неоднородности размещения пятен на серных отпечатках по Бауману использовалась методика построения полиэдров Вороного. Количественная оценка проводилась по площади пятен, количеству соседей, расстоянию между центрами полиэдров и пло-

щади полиэдров. В результате сравнения двух серных отпечатков сталей 38ХНЗМФА и 15Х2НМФА по плотности распределения темных пятен (0,06 и 0,003 шт/мкм<sup>2</sup> соответственно) вытекает, меньшая загрязненность стали 15Х2НМФА сульфидами.

Анализ микроструктуры при увеличении 100 крат дал значение среднего диаметра зерна в стали 15Х2НМФА  $28,42 \pm 6,72$  мкм. Гистограмма распределения диаметров зерен является асимметричной. Структура стали 15Х2НМФА неоднородна, коэффициент вариации распределения зерна по размерам варьируется в пределах от 0,22 до 0,39.

### **Список литературы**

1. Кудашов Д. В., Михалева А. Ю., Еланский Д. Г., Волкова Е. А. Стойкая сероводородному растрескиванию сталь с низким содержанием углерода и марганца // Творчество молодых — родному региону: Сборник материалов VIII Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 23 апреля 2021 года / Сост. К.С. Шибанов, под редакцией И.В. Мялкина. — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 14–20.
2. Зисман А. А., Золоторевский Н. Ю., Петров С. Н. [и др.] Локальный текстурный анализ неоднородностей структуры в низкоуглеродистой высокопрочной стали после закалки с прокатного нагрева // Вопросы материаловедения.— 2020.— № 3(103). — С. 9–16. — DOI 10.22349/1994-6716-2020-103-3-09-16.
3. Ливанова Н. О., Тюфтяев А. С., Филиппов Г. А. Неоднородность структуры и склонность к замедленному хрупкому разрушению высокоуглеродистой стали // Перспективные материалы и технологии. — Минск: Белорусский государственный университет, 2021. — С. 331–344.
4. Кармазина Л. А., Кротов В. Н., Дзядзя А. А. Влияние неоднородностей структуры высокоуглеродистых сталей на образование продольных контактно-усталостных трещин // Транспорт: наука, образование, производство: труды Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 25–27 апреля 2022 года. — Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2022. — С. 67–71.

5. Сыч О. В., Коротовская С. В., Хлусова Е. И. [и др.] Исследование неоднородности структуры и механических свойств по толщине до 100 мм листового проката из низколегированной судостроительной стали с пределом текучести не менее 420 МПа // Вопросы материаловедения.— 2021.— № 3(107). — С. 9–27. — DOI 10.22349/1994–6716–2021–107–3–09–27.

## ОЦЕНКА НЕОДНОРОДНОСТИ СТРОЕНИЯ СТРУКТУР ТРУБНОЙ СТАЛИ

*А.В. Чернова, А.Н. Бушueva*

*Выксунский металлургический колледж им. А.А. Козерадского, г. Выкса*

**Аннотация.** *Целью исследования является разработка оптимальных компьютеризированных процедур программной обработки изображений для объективного измерения параметров неоднородных структур.*

**Ключевые слова:** *структура трубной стали, обработка изображений.*

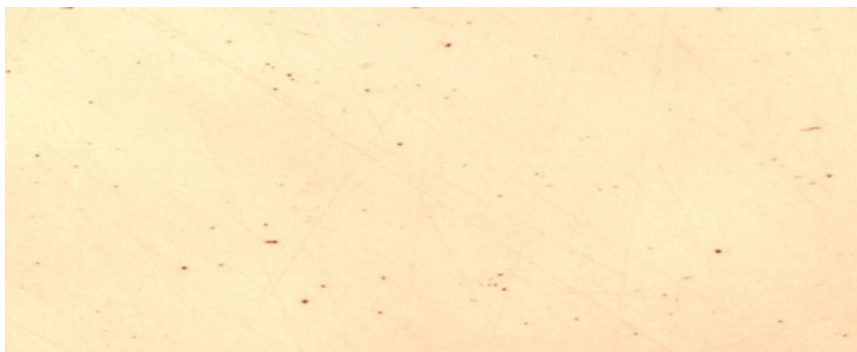
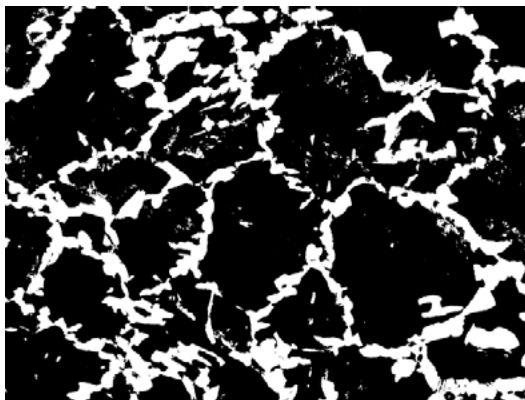
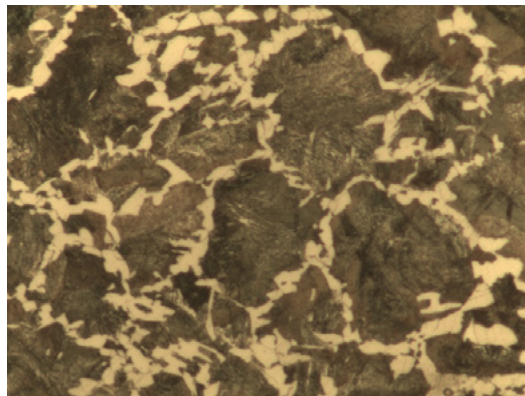
В настоящее время в современных лабораториях оценку влияния неоднородности структуры производят методом балльной оценки по ГОСТам.

Недостаток балловой оценки — ее субъективность.

Поэтому использование компьютеризированных методов, которые позволяют добиться высокой точности и скорости обработки получения результатов, является актуальным

Задачи исследования включают в себя:

- провести бинаризацию изображений;
- изучить влияние неоднородности освещения на результат бинаризации;
- провести выбор необходимой области для бинаризации;
- изучить влияние неоднородности освещения на результат бинаризации;
- выполнить количественный анализ неметаллических включений;
- оценить влияние структурной неоднородности строения трубной стали.



*Рисунок 1. Исходное изображение (А), после бинаризации (Б),  
неметаллические включения (В)*

В данной работе исследованы 3 изображения структуры стали 36Г2С и 5 изображений неметаллических включений [1, 3].

Исходное изображение представлено на рисунке 1 а, бинаризованное на рисунке 1 б, изображение неметаллических включений на рисунке 1 в.

Обоснованы алгоритмы подготовки изображений микроструктуры и неметаллических включений стали 36Г2С для последующего измерения геометрии структур. Они включают в себя перевод исходного изображения в формате «bmp» в изображение в 256 оттенках серого (программа «XnView»), и перевод его в матричное представление (программа «Mathcad 15»); бинаризацию; фильтрацию шумов, где был обоснован ее оптимальный уровень (на бинарном изображении) — площадью  $\leq 3,14 \text{ мкм}^2$  [2].

Для оценки загрязненности стали неметаллическими включениями определяли их количество, средние значения площадей, стандартные ошибки, коэффициенты асимметрии и эксцесса, плотности частиц в среднем на шлифе и по направлениям (программа ImageJ). Среднее значение площадей неметаллических включений варьируются от 12,8 мкм<sup>2</sup> до 16,8 мкм<sup>2</sup> в зависимости от поля зрения [4]. Также значения стандартных ошибок указывают на большое отклонение значений площадей [5]. Во всех случаях коэффициент асимметрии положителен, значит на изображениях присутствуют в большей степени включения с маленькой площадью [6]. После этого был произведен сравнительный анализ значений плотностей по направлениям — среднее значение плотности в горизонтальном направлении 3 включения; среднее значение плотности в вертикальном направлении 15 включений — из которого можно сделать вывод о том, что значения различаются, значит, исследуемая структура неоднородна.

### *Список литературы*

1. Ахметова Г. Е., Еркин К., Смагулов Д. У., Нурумгалиев А. Х. Влияние электролитно-плазменной обработки на структуру и свойства трубной стали 40Г // Технология машиностроения и материаловедение.— 2017.— № 1. — С. 108–110.
2. Терещенко Н. А., Табатчикова Т. И., Яковлева И. Л. [и др.] Влияние структуры на статическую трещиностойкость и характер раз-



- рушения сварных соединений из трубных сталей класса прочности К60 // Физика металлов и металловедение.— 2017. — Т. 118, № 7. — С. 743–751. — DOI 10.7868/S0015323017070117.
3. Деревягина Л. С., Гордиенко А. И., Почивалов Ю. И., Смирнова А. С. Модификация структуры низкоуглеродистой трубной стали методом поперечно-винтовой прокатки и повышение ее характеристик прочности и хладостойкости // Физика металлов и металловедение.— 2018. — Т. 119, № 1. — С. 89–98. — DOI 10.7868/S0015323018010114.
  4. Косырев К. Л., Еланский Д. Г., Бараненко М. А. Итоги XVI Международного конгресса сталеплавателей // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации.— 2021. — Т. 77, № 8. — С. 869–875. — DOI 10.32339/0135-5910-2021-8-869-875.
  5. Рингинен Д. А., Частухин А. В., Эфрон Л. И. Контроль эволюции структуры при ТМКП для повышения хладостойкости микрелегированных трубных сталей // Прочность неоднородных структур — ПРОСТ 2018: Сборник трудов IX-ой Евразийской научно-практической конференции, Москва, 24–26 апреля 2018 года. — Москва: ООО «Студио-Принт», 2018. — С. 189.
  6. Мишетьян А. Р., Шабалов И. П., Филиппов Г. А., Чевская О. Н. Влияние неоднородности структуры на хладостойкость и склонность к деформационному старению трубных сталей // Прочность неоднородных структур — ПРОСТ 2018: Сборник трудов IX-ой Евразийской научно-практической конференции, Москва, 24–26 апреля 2018 года. — Москва: ООО «Студио-Принт», 2018. — С. 194.

## РАФИНИРОВАНИЕ СТАЛИ И ОСНОВЫ ДЕФОСФОРАЦИИ

*Д.Р. Казин, Д.Г. Еланский, О.А. Комолова*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье рассмотрены основы рафинирования и методы дефосфорации.

**Ключевые слова:** электрометаллургия, рафинирование стали, дефосфорация, методы дефосфорации.

В последние годы наблюдается тенденция увеличения спроса на стали с низким содержанием примесей, особенно фосфора в высоколегированных сталях (0,01% и ниже). Вредное влияние фосфора и других вредных примесей на свойства металла хорошо известно, поэтому все большее внимание уделяется вопросу его удаления при выплавке стали. Одним из важных процессов при выплавке стали является рафинирование.

Рафинирование стали — это процесс удаления из жидкой стали вредных и нежелательных примесей. Процесс рафинирования стали может осуществляться как в печи, так и вне печи (внепечное рафинирование стали), в ковше, а также в специальных агрегатах (например — вакууматор). Рафинирование стали могут проводить добавлением окислителей и восстановителей, продувкой расплава стали инертными газами [2].

Процесс рафинирования стали включает в себя целый комплекс операций, направленный на очищение стали от лишних примесей. В случае необходимости применяют комбинированные методы обработки, включающие в себя сразу несколько способов рафинирования стали, например раскисление, модифицирование и/или удаление неметаллических включений, десульфурация, дефосфорация, дегазация (удаление азота и водорода).

Внепечное рафинирование стали — рафинирование стали вне сталеплавильного агрегата. Так как затруднительно проведение рафинирования стали в крупных и высокопроизводительных сталеплавильных агрегатах, то многие технологические операции рафинирования стали проводят за пределами агрегата (печи). Внепеч-

ное рафинирование стали технологически осуществляется гораздо легче. При непрерывной разливке стали также удобнее использовать методы внепечного рафинирования. Рафинирование стали в установках печь-ковш обеспечивает массовое производство металла особо высокого качества. В результате внепечного рафинирования сталь имеет однородный состав, высокие характеристики пластичности и вязкости [3].

Фосфор, содержащийся в готовой стали, чаще всего является вредной примесью и ухудшает свойства стали. При кристаллизации слитков или отливок фосфор сильно ликвирует и выделяется в межзеренном пространстве. Образовавшаяся при этом неоднородность плохо ликвидируется методами термической обработки. Богатые фосфором хрупкие прослойки в межзеренном пространстве снижают пластические свойства стали, особенно при низких температурах (явление, получившее название хладноломкость).

Основным источником поступления фосфора в конвертерную ванну является чугун, некоторое количество фосфора может попадать из лома и ферросплавов. В зависимости от содержания фосфора передельные чугуны разделяют на классы: класс А — чугун, содержащий  $\leq 0,15\%$  Р, класс Б —  $\leq 0,20\%$  Р, класс В —  $\leq 0,30\%$  Р. Содержание фосфора в стали ограничивается пределами 0,015–0,035%. Более высокое его содержание допускается в сталях, в которых он является легирующим элементом. Так, фосфор вводят в автоматную сталь (0,08–0,15%) для обеспечения ее хорошей обрабатываемости. В сталях с повышенным содержанием углерода вредное влияние фосфора проявляется сильнее. Для этого содержание фосфора в готовой электростали не должно превышать 0,035... 0,040%; а в высококачественных сталях — 0,020%. Поэтому снижения содержания фосфора в расплаве является одним из главных операций для получения качественной стали [1].

Дефосфорация — это совокупность физико-химических процессов, способствующих удалению фосфора из металла. Как правило, дефосфорация, происходящая во время плавления обуславливается щелочностью и температурой шлака. Удаление фосфора из стали производится в дуговой сталеплавильной печи (ДСП). Дефосфорация всегда является основной, но сложной задачей в процессе производства стали. Флюсы на основе СаО широко используются в процес-

сах предварительной обработки горячего металла и выплавки стали с использованием основного кислорода для образования шлаков дефосфорации, которые состоят из систем  $\text{CaO-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-FeO}$  —  $(\text{MgO}, \text{MnO}, \text{Al}_2\text{O}_3, \dots)$ . Реакция дефосфорации в процессе выплавки стали и фосфорное равновесие между жидким железом и расплавленным шлаком широко изучались с 1940-х годов (Assis et al., 2015). На основе исследований взаимосвязи между распределением фосфора и составом шлака, а также температурой были получены различные уравнения распределения фосфора. Поскольку физико-химические эффекты сосуществующей твердой и жидкой фазы в шлаке еще не выяснены, шлак рассматривался как гомогенная жидкая фаза [5].

Хорошо известно, что трикальцийфосфат ( $3\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5$ ) является основным продуктом реакции дефосфорации в сталеплавильном процессе, а также  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  является основным силикатом кальция в сталеплавильном шлаке на основе  $\text{CaO}$ . Согласно фазовой диаграмме системы  $\text{CaO-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$  твердый раствор может быть легко образован  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  ( $\text{C}_2\text{S}$ ) и  $3\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5$  ( $\text{C}_3\text{P}$ ) в широком диапазоне состава при определенной температуре [4]. Поскольку наблюдается большое соотношение разделения фосфора между твердым раствором  $\text{C}_2\text{S-C}_3\text{P}$  и жидким шлаком важность твердой фазы в шлаке для дефосфорации привлекает все большее внимание японских исследователей.

В общем случае условиями для быстрого и успешного проведения дефосфорации стали являются:

- наличие окислительной атмосферы в печи;
- наличие жидкоподвижного основного окислительного шлака, высокая активность оксидов железа и кальция в шлаке;
- быстрое формирование такого шлака;
- большая поверхность контакта металла и шлака;
- относительно невысокая температура ванны;
- небольшая активность соединений фосфора в шлаке, получаемая путем обновления шлака;
- оптимальное количество шлака.

В настоящее время рассматриваются в основном два направления дефосфорации: с помощью специальных флюсов (этому направлению уделяется наибольшее внимание) и удаление фосфора в газовую фазу (весьма ограниченное количество публикаций). В свою очередь

дефосфорация специальными флюсами в зависимости от окислительного потенциала системы  $P_2O_5$  подразделяется на: окислительную, слабоокислительную и восстановительную. Для легированных металлов соответствует только слабоокислительные условия и восстановительные условия, так как флюсовая дефосфорация в окислительных условиях увеличивает риски потери легирующих элементов.

Таким образом, проблемы дефосфорации стали и изучения новых технологий дефосфорации различных сталей остаются актуальными и по сей день.

### **Список литературы**

1. A Review of Multi-phase Slag Refining for Dephosphorization in the Steelmaking Process — Wenhui Lin, Shuqiang Jiao, Kaixiao, Jiankun Sun — November 2020.
2. Исследование дефосфорации сложнелегированных расплавов никеля в условиях вакуумной индукционной плавки. — В.Т. Бурцев, С.Н. Анучкин, В.В. Сидоров, В.Е. Ригин.
3. Ефимова В. Г. Анализ рафинирования стали в промежуточном ковше // *Сталь*.— 2020.— № 6. — С. 17–20.
4. Стомахин А. Я., Еланский Д. Г., Еланский Г. Н. Основные достижения и пути дальнейшего повышения технического уровня электросталеплавильного производства.— 2009.— № 4. — С. 12–16.
5. Погодин А. М., Комолова О. А., Григорович К. В. [и др.] Разработка математических моделей и программного обеспечения, для расчета образования неметаллических включений при ковшевой обработке стали // *Физико-химические основы металлургических процессов (фхмп 2022): сборник трудов международной научной конференции имени академика А.М. Самарина, посвященной 120-летию со дня рождения выдающегося ученого-металлурга, академика АН СССР Самарина А.М., 265-летию со дня основания Выксунского металлургического завода и 20-летию Выксунского филиала НИТУ «МИСиС», Выкса, 10–14 октября 2022 года.* — Выкса: АО «Выксунский металлургический завод», 2022. — С. 492–497.

## ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ РАЗНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ИСПОЛНЕНИЙ ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ

*Д.А. Давыдов, В.М. Сафонов, О.А. Комолова, В.А. Мурысев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе рассмотрена роль кальция как модификатора неметаллических включений. Проиллюстрирована эффективность применения кальция, полученного электролитическим способом.

**Ключевые слова:** кальций, Са-проволака, неметаллические включения.

Обработка стали кальцием и кальцийсодержащими материалами (порошковыми или монолитными проволоками) получила широкое распространение в мире, как один из эффективных способов снижения загрязненности стали неметаллическими включениями (НВ) и повышения качества стали. Она является важнейшим элементом в условиях современного сталеплавильного производства, в частности ковшевой обработки [3].

Кальций эффективно применяется для управления составом и морфологией неметаллических включений с целью:

- трансформации включений глинозема в глобулярные, не деформируемые при прокате алюминаты кальция в раскисленных алюминием сталях;
- управление формой и составом сульфидных включений;
- получения включений, которые остаются пластичными при температурах прокатки в стали.

При рассмотрении вопроса модифицирования этих включений кальцием необходимо отметить следующее. Общий алюминий, который является неотъемлемой частью трубных марок стали, состоит, как известно, из растворимого и нерастворимого в кислоте алюминия. Нерастворимый алюминий состоит почти полностью из алюминия во включениях глинозема и, в отдельных случаях, нитридов. Количество вводимого кальция должно зависеть от содержания алюминия в стали перед обработкой [1, 4].

Установлено, что крупные первичные включения продуктов раскисления, содержащие до 97% глинозема, удаляются из жидкой стали в течение первых 2–3 мин, вынося с собой до 80% кислорода [3]. После интенсивного удаления крупных включений, количество которых, по-видимому, связано с окисленностью металла, в расплаве остаются диспергированные, относительно мелкие включения глинозема, количество которых мало зависит от исходного количества кислорода и остаточного алюминия.

Вместе с тем, повышенное содержание остаточного алюминия в стали затормаживает развитие реакции трансформации алюминатных включений, увеличивает концентрацию алюминия в алюминатах кальция, создает предпосылки для усиления процессов повторного окисления в процессе разливки, а также для образования глинозема при охлаждении и затвердевании стали (вследствие смещения растворимостей и равновесий), что в совокупности приводит к дополнительному загрязнению стали оксидами.

Известно также определяющее влияние присадок алюминия на характер сульфидов — в зависимости от концентрации алюминия в растворе образуются или эвтектические, выделяющиеся по границам зерен сульфиды, или при более высоком содержании алюминия — сульфиды, выделяющиеся из жидкого расплава в форме остроугольных кристаллических частиц MnS [5].

Механизм модифицирования неметаллических включений кальцием предусматривает трансформацию глиноземных включений в алюминаты кальция, остающиеся жидкими при температурах разливки. Как видно из диаграммы состояния системы CaO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (рис. 1), алюминаты становятся жидкими, когда доля CaO в соединениях достигает 40–60%, что соответствует составу 3CaO Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 12CaO 7Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [2]. В диапазоне 45–55% CaO температура плавления соединений приближается к 1400 °С. Получение соединений такого состава обеспечивается, прежде всего, соотношением общих концентраций алюминия и кальция в стали [6].

В настоящее время на литейно-прокатном комплексе используются и испытываются несколько дизайнов кальциевой проволоки:

- кальциевая проволока с порошковым наполнителем СК40 (стандартно-используемая проволока);

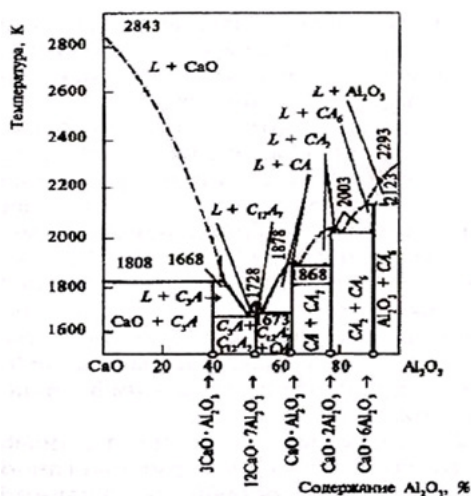


Рисунок 1. Диаграмма состояния системы  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$

- кальциевая инъекционная проволока с монолитным сердечником (КИП);
- комбинированная кальциевая монолитная проволока (ККИП).

Все кальциевые проволоки состоят из внешней металлической оболочки, в которой находится наполнитель в виде дробленого силикокальция с содержанием кальция до 40% или монолитный кальциевый пруток с содержанием кальция 98,8%.

К эффективности применения кальциевых материалов можно отнести ряд показателей, основным из которых является коэффициент усвоения.

В данной работе рассматривается усвоение от введения проволоки типов СК-40, КИП (Са-инжекционная) и ККИП в условиях ЛПК АО «ВМЗ».

Таблица 1

Параметр	Вид проволоки		
	СК-40	КИП	ККИП
Масса кальция, г/м	102,4	66,6	68,7
КФ заполнения,%	58	21	69
КФ усвоения,%	12–15	15–23	18–20



### *Список литературы*

1. Кудрин В. А. Теория и технология производства стали. Учебник для вузов. — М.: «Мир», ООО «Издательство АСТ», 2003.
2. Дюдкин Д.А., Кисленко В.В. Производство стали. Том 1. — М.: «Теплотехник», 2008.
3. Дюдкин Д.А., Бать С.Ю., Гринберг С.Е., Кисленко В.В., Онищук В.Л. Внепечная обработка расплава порошковыми проволоками. Донецк, ООО «Юго-Восток», 2002.
4. Хорошилов А.В., Григорович К.В. «Анализ и разработка технологии ковшевой обработки сверхнизкоуглеродистых сталей с целью повышения качества поверхности автолиствого проката». Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук. Москва, 2022 г.
5. Шешуков О. Ю., Сафонов В. М., Мурысев В. А. [и др.] Корректировка шлакового режима в сталеразливочном ковше при внепечной обработке стали для получения гомогенного высокоосновного шлака в условиях Выксунского металлургического завода.— 2022.— № 3. — С. 28–32. — DOI 10.52351/00260827\_2022\_03\_28.
6. Стомахин А. Я., Еланский Д. Г., Еланский Г. Н. Основные достижения и пути дальнейшего повышения технического уровня электросталеплавильного производства.— 2009.— № 4. — С. 12–16.

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ НА ТВЕРДОСТЬ И СТРУКТУРУ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА ТРУБ**

*М.А. Валюгин, А.Д. Сладков, Д.В. Кудашов, Е.С. Мурсенков*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

*Аннотация.* В статье рассматривается влияние термической обработки (закалки и отпуска) при различных температурах на сталь внутренней марки АО «ВМЗ». Особое внимание уделяется влиянию

процесса на структуру и свойства материала. Сделаны выводы о воздействии закалки и отпуска на твердость и прочность стали.

**Ключевые слова:** прокат, труба, закалка, отпуск, водородное растрескивание.

Цель данной работы — изучить влияние различных режимов термической обработки в лабораторных условиях на твердость и структуру основного металла труб, изготовленных из проката, произведенного по антикоррозионной технологии без микролегирования ниобием (система легирования ванадий+молибден), в условиях литейно-прокатного комплекса.

Материал для исследования: патрубки от труб, не проходивших объемную термическую обработку, стали внутренней марки АО «ВМЗ» К52–21 с требованием по стойкости в  $H_2S$ -содержащей среде [2, 4].

Химический состав исследованной стали внутренней марки К52–21 представлен в таблице 1.

*Таблица 1. Химический состав стали*

Массовые доли химических элементов, %											
C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Cu	N	V	Mo
0,05	0,22	0,62	0,004	0,001	0,023	0,55	0,09	0,17	0,005	0,065	0,11

Методика проведения исследования заключалась в следующем:

1. Оценка микроструктуры основного металла труб в исходном состоянии.
2. Проведение закалки проб от основного металла труб при температурах 900 °С, 950 °С, 980 °С, с выдержкой в печи 15 минут.
3. Проведение отпуска образцов основного металла труб, закаленных по режиму в пункте 2, при температурах 300 °С, 500 °С, 680 °С, 800 °С, с выдержкой в печи 40 минут.
4. Оценка микроструктуры основного металла труб после проведения термической обработки по режимам в пунктах 2 и 3 (закалка+отпуск).
5. Построение кривых изменения твердости для каждой температуры закалки в зависимости от температуры отпуска для основного металла [1].

Опробование различных режимов термической обработки (закалка+отпуск) образцов от труб, произведенных из проката ЛПК стали внутренней марки К52–21, произведенной с заменой ниобия на молибден и ванадий, с требованием по стойкости против водородного растрескивания продемонстрировало следующие результаты:

1. С увеличением температуры нагрева труб (с 900 до 980 °С) и последующей закалки в воду объемная доля феррита постепенно уменьшается, а бейнитные участки, увеличиваются [5].
2. С повышением температуры отпуска (0; 300; 500; 680; 800 °С) закаленных труб происходит понижение твердости основного металла. При температуре отпуска 300 °С твердость основного металла снижается незначительно, и микроструктура не претерпевает заметных изменений по сравнению с закаленным состоянием [3]. При данной температуре в результате активизации отпускных процессов взамен бейнита образуется троостит отпуска. При температурах отпуска 500 и 680 °С замечено дальнейшее снижение твердости и образование сорбита отпуска различной морфологии. После отпуска при 500 °С еще сохраняется речное строение кристаллов  $\alpha$ -фазы, характерное для закаленного состояния, а после отпуска при 680 °С, в результате развития первичной и собирательной рекристаллизации  $\alpha$ -фазы, в микроструктуре появляются равноосные ферритные зерна различной дисперсности. Также после отпуска при 680 °С происходит выделение глобулярного дисперсного цементита. В результате протекания рекристаллизации  $\alpha$ -фазы и сфероидизации цементита после отпуска при 680 °С происходит заметное снижение твердости. Увеличение температуры нагрева до 800 °С приводит к формированию ферритной или феррито-перлитной структуры с присутствием мартенситно-аустенитных участков. Помимо зерен 10, 11 номера по ГОСТ 5639 наблюдаются очень крупные зерна ~ 6 номера, появившиеся в результате собирательной рекристаллизации, протекающей при высоких температурах. Подтверждением протекания рекристаллизации феррита является снижение твердости металла [6].
3. Для исследуемой стали класса внутренней марки К52–21 возможно изменять уровень прочностных характеристик в широком диапазоне от К42 до К65 варьированием температуры отпуска.

---

### Список литературы

1. Assimilation of Pipe Steel Extra-Furnace Treatment and Casting Technology with Specification for Resistance to H<sub>2</sub>S Media Under Casting and Rolling Complex Conditions / D. V. Kudashov, E. S. Mursenkov, P. P. Stepanov [et al.] //.— 2017. — Vol. 61, No. 7–8. — P. 656–665. — DOI 10.1007/s11015–017–0547–0.
2. Галкин А. В., Эфрон Л. И. Влияние вредных примесей на качество трубных марок стали // Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 36–41.
3. Изучение влияния температуры закалки на процессы, протекающие при отпуске углеродистых сталей / И. Л. Полянская, Л. В. Белова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета.— 2016. — Т. 1, № 4(28). — С. 97–103.
4. А. Н. Завалищин, М. И. Румянцев, Е. В. Кожевникова. Влияние закалки и отпуска на структуру и свойства горячекатаного проката из сталей трубного сортамента категорий прочности K60 и K65 // *Металловедение и термическая обработка металлов.*— 2023.— № 1(811). — С. 13–18. — DOI 10.30906/mitom.2023.1.13–18.
5. Лукашевич Р. В., Арефьева С. А. Влияние процессов термической обработки на свойства и структуру углеродистой и легированной стали // Модернизация, инновации, прогресс: передовые технологии в материаловедении, машиностроении и автоматизации — MIP: ENGINEERING-IV-2022: сборник научных статей по материалам IV Международной научной конференции, Красноярск, 28–30 апреля 2022 года. — Красноярск: Общественное учреждение «Красноярский краевой Дом науки и техники Российского союза научных и инженерных общественных объединений», 2022. — С. 30–35. — DOI 10.47813/mip.4.2022.4.30–35.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ОКИСЛЕННОСТИ МЕТАЛЛА ПЕРЕД ВЫПУСКОМ ИЗ ДСП

*Р.И. Грачев, В.М. Сафонов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье выполнен анализ способов снижения окисленности стали в ДСП. Исследована история становления и развития металлургии, неразрывно связанная со способами и процессами обработки металлов. Изучено влияние кислорода на качество стали, рассмотрена технология окислительных процессов.

**Ключевые слова:** способы снижения окисленности металла в ДСП, система шлак-металл, программа Gibbs-равновесие.

Первые исследования, позволившие создать индустриальные электросталеплавильные установки, появились еще в XVIII–XIX веках. В конце 1799 г. Алессандро Вольта сконструировал электрическую батарею, ранний «вольтов столб» был создан из кружочков медных и цинковых пар, разъединенных сукном, промоченным соленой водою. Это предоставило возможность ученым проводить изучения на стабильном источнике электрического тока.

В 1801 году Л. Тенар выяснил, что платиновая проволока греется под действием электрического тока, а через год, в 1802 г. В. Петров обнаружил электрическую дугу и первый раз продемонстрировал возможность применения электричества с целью проведения и изучения технологических процессов. С помощью электрической дуги ему удалось достичь нагрева и плавления различных металлов, а также их восстановления из оксидов.

В половине XIX века разрабатываются лабораторные дуговые электросталеплавильные печи Сименса и Пишона, но до конца XIX века дуговые печи, (было предложено около десятка конструкций), так и не нашли применения из-за отсутствия мощных источников электричества [2].

Прообразом нынешних электропечей печей принято считать печь, созданную в 1899 г. французом Полем Эру. Электросталеплавильная печь с парой вертикальных электродов, опущенными к ме-

таллической ванне. Конструкция данной печи выделялась простотой, в прямоугольную металлическую ванну через отверстие в крышке свода входила пара электродов, закрепленных в механизме электрододержателях, перемещающихся по вертикали вдоль стоек, для регулирования горения дуги. Загрузка печи осуществлялась через торцевые двери, металл сливался через летку при наклоне электропечи. Ток замыкался через ванну, а дуга горела между парой электродов и шлаком, металлом.

Первый опытный образец печи Эру появился в октябре 1900 г. на заводе Жа Пра во Франции. Электропечь использовалась для выплавки высококачественной стали. Основным недостатком печи стало малое рабочее напряжение и, как следствие, малая удельная мощность, что являлось причиной длинного периода нагрева и расплавления металла. Результаты исследований, ученых Андрес и Рикке, работавших над изучением электрических характеристик, была возможность использовать новый электрический режим работы электропечи. Раньше работы проводили на низком питающем напряжении, около 90–130 В, благодаря исследованиям рабочее напряжение у печных трансформаторов удалось повысить до 180–230 В. Данное усовершенствование позволяло при таких же размерах электропечи и токопроводящих частей сильно увеличить удельную объемную мощность, что позволило значительно снизить время нагрева и расплавления металла, уменьшить тепловые потери и увеличить КПД первых ДСП.

Результатом после этих усовершенствований стало то, что печь Эру очень быстро заняла лидирующую позицию, и обошла печь основного конкурента, которая была более сложной конструкции. Данной электропечью являлась печь Жиро, которая имела подовые электроды. Считалось, что они улучшали перемешивание ванны жидкого металла при выплавке стали [4].

Главной задачей электросталеплавильного процесса считается получение жидкой стали требуемого химического состава и с определенными физико-химическими, литейными свойствами, при минимальных затратах времени, материалов и энергоресурсов. При работе сталеплавильного агрегата в нем протекают физико-химические процессы между металлом, шлаком и атмосферой внутри печи. Данные процессы, как правило не достигающие равновесия, в суще-

ственной степени устанавливают основные направления реакций и технико-экономические характеристики производства.

Современные металлургические заводы используют ДСП только для плавления шихты и получения полупродукта, а рафинирование, легирование, доводка по химическому составу осуществляются агрегатами внепечной обработки. Стальной лом считается самым легкодоступным шихтовым материалом. Для снижения содержания цветных металлов в готовой стали вместе с металлическим ломом в шихту печей добавляют железо прямого восстановления — горячебрикетированное железо (ГБЖ) [1].

Обычно выплавка полупродукта в ДСП проходит методом полного окисления при использовании одношлакового процесса. Различают два варианта ведения плавки:

- завалка шихты на «сухую» подину, расчищенную от фрагментов шлака и металла, сохранившихся от прошлой плавки. Обычно этот вариант используется после ремонта подины или эркера, или при необходимости осмотра состояния подины;
- завалка шихты на «болото», когда завалка осуществляется на оставшийся шлак и небольшую часть металла от прошлой плавки.

В современном мире тяжело представить науку без использования компьютерных программ, применяемых для более легкого математического расчета различных объектов изучения. Целью математического моделирования является замена реальных систем на его виртуальные образы при помощи математических моделей с целью дальнейшего их изучения на компьютере. При этом появляется возможность экспериментировать над моделью системы, когда это невозможно на реальном объекте исследования [2].

Выплавка стали — сложный непредсказуемый технологический процесс, в котором необходимо учитывать множество различных факторов, в разной степени влияющие на проведение плавки. Как правило, человек не может предсказать ход процесса, это возможно только при большом опыте работы с агрегатом. Для этого необходим не один год, чтобы человек смог правильно управлять металлургическим агрегатом, а если завод начинает плавку не свойственного ему сортамента, то нужен период, для того чтобы приспособиться к новым условиям.

Также следует учесть, что в условиях современной плавки человек не всегда успевает следить за изменением процессов. Когда проходит быстрая плавка, сталевар может успеть справиться с управлением агрегата, но времени на управление процессами и на расчеты необходимого количества ферросплавов и шлакообразующих, возможности нет.

Программа «Gibbs» рассчитывает равновесие в системах шлак-металл-газ при выплавке стали [1]. Заданными параметрами являются количество исходных материалов, их химический состав, температура, давление и различные варианты расчета шлака и металла. Компьютер высчитывает равновесный состав трех фаз: металла, шлака, газа по параметрам, задаваемыми пользователями. Определяющими факторами отличия технологии выплавки низкоуглеродистой и среднеуглеродистой стали являются расход кислорода, фактическое содержание его в металле и стремление к достижению равновесного состояния [4]. Также программа рассчитывает температуру ликвидус при заданных составах металла и шлака и параметрах температуры и давления. При вычислении равновесия можно следить за изменениями в массах металла и шлака и анализировать количество материала, которое переходит в газовую фазу.

Основным назначением системы «ГИББС» является проведение виртуальной плавки стали или ферросплава по заданным количествам взятых материалов и их химическому составу. Компьютер рассчитывает равновесие состава металла, шлака и газовой фазы при заданной температуре и давлении. Так как в реальности во время плавки меняются различные параметры, расчет необходимо разбивать на периоды, когда условия более стабильны, и проводить расчет для каждого такого периода отдельно. Современную высокопроизводительную дуговую печь применяют преимущественно как агрегат расплавления шихты и получения жидкого углеродистого полупродукта, который затем доводят до нужного состава и степени чистоты при помощи ковшевой обработки [2].

Так, например, во время восстановительного периода в ванну добавляют раскислители и легирующие. При расчете к металлу можно добавить все материалы сразу, а можно просчитать и проследить изменение состава металла при добавке каждого материала по отдель-



ности. Таким образом, полная имитация плавки будет состоять из отдельных расчетных фрагментов.

Для снижения концентрации кислорода в металле и оксида железа в шлаке рекомендуется заканчивать плавку на большем содержании углерода в полупродукте [3]. Рекомендуется также продувать металл через донные пробки при небольшой выдержке. При этом протекают реакции окисления углерода.

### ***Список литературы***

1. Сафонов В. М., Мялкин И. В., Авдоница Д. Н., Саленков Ф. А. Термодинамические расчеты оценки равновесной активности кислорода со шлаковой фазой с применением программы «Гиббс» // Девятая международная научная конференция «Химическая термодинамика и кинетика»: Сборник научных трудов, Тверь, 20–24 мая 2019 года. — Тверь: Тверской государственный университет, 2019. — С. 295–296.
2. Румянцев М. И. Исследование основных закономерностей продольной прокатки: Лабораторная практикум. — Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2016. — 52 с.
3. Аксенова В. В., Сафонов В. М. Исследование равновесия системы «шлак-металл» перед выпуском из ДСП-160 // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Старый Оскол, 23–25 ноября 2016 года. Том 1. — Старый Оскол: Старооскольский технологический институт (филиал) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 2016. — С. 15–18.
4. Сафонов В. М., Мялкин И. В., Авдоница Д. Н. Активность кислорода в металле при выплавке низко- и среднеуглеродистой стали в ДСП-160 // Четвертый междисциплинарный научный форум с международным участием «новые материалы и перспективные технологии», Москва, 27–30 ноября 2018 года. Том III. — Москва: ООО «Буки Веди», 2018. — С. 659–660.

5. Сафонов В. М., Мялкин И. В., Авдоница Д. Н. Активность кислорода в металле при стали в ДСП-160 // Актуальные вопросы современного химического и биохимического материаловедения: Материалы V Международной молодежной научно-практической школы-конференции, Уфа, 04–05 июня 2018 года / Башкирский государственный университет; отв. ред. О.С. Куковинцев. — Уфа: Башкирский государственный университет, 2018. — С. 252–253.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАМКАХ ОЦЕНКИ МАСШТАБОВ ФЕРРИТНО-ПЕРЛИТНОЙ ПОЛОСЧАТОСТИ**

*Ю.Д. Молчанова, Д.Г. Еланский*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

***Аннотация.** В работе выполнено сравнение результатов определения балла полосчатости шлифов из стали 09Г2С при помощи цифровых технологий и редактирования изображения в программном пакете MathCade Prime 8.00.*

***Ключевые слова:** ферритно-перлитная полосчатость, микроструктура стали.*

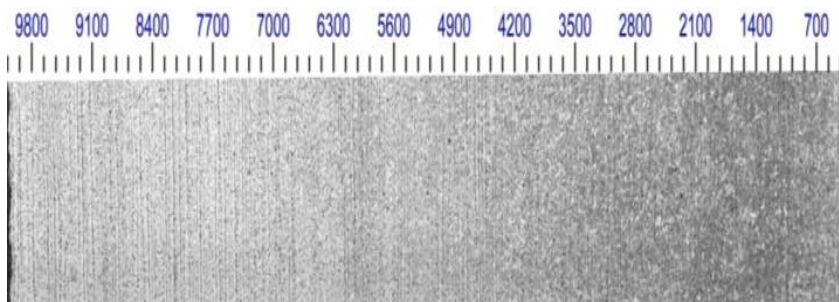
Производство проката из стали 09Г2С — многостадийный и многофакторный процесс. Сложная производственная траектория обуславливает явление структурной наследственности, которая, в свою очередь, приводит к многообразию формируемых структур, их неоднородности и сложности описания ее морфологии [2, 4].

В настоящее время оценка балла полосчатости производится «на глаз», путем сравнения с эталонными картинками, что, несомненно, вносит долю субъективизма в конечный результат [3].

Возможным решением данной проблемы является использование цифровых технологий, позволяющих ввести статистически обоснованные единые критерии определения структурных параметров

В данной работе было произведено сравнение результатов определения балла полосчатости шлифов из стали 09Г2С при помощи цифровых технологий и редактирования изображения в программном пакете MathCade Prime 8.00 [1].

Для различных участков изображения (рис. 1) были построены гистограммы распределения значений интенсивности яркости. Методами параметрической и непараметрической статистики было произведено сравнение выборок значений уровня серого для изображений, визуально соответствующих одному баллу полосчатости, и показана их статистически значимое различие [5, 6].



*Рисунок 1. Микроструктура стали 09Г2С*

Методом построения С-образной кривой был получен искомый порог бинаризации, что в конечном итоге позволило оценить геометрические параметры ферритно-перлитной полосчатости различных участков панорамного изображения на рис. 1. Полученные результаты указывают на масштаб неоднородности микроструктур в стали 09Г2С и ее возможное влияние на разброс вязкости как в пределах одного, так между отдельными листами (партиями).

### **Список литературы**

1. Кудря А. В., Соколовская Э. А., Скородумов С. В., Траченко В. А. Возможности цифровой световой микроскопии для объективной аттестации качества металлопродукции //Металловедение и термическая обработка металлов.— 2018.— № . 4

2. Штремель М. А. Прочность сплавов // Часть II. Деформация. М.: МИСиС.— 1997.
3. Efron L. I., Kudashov D. V., Ringinen D. A. [et al.] Formation of Structure and Properties of Low-Carbon Pipe Steel with Ultralow Manganese Content during Thermomechanical Treatment.— 2021. — Vol. 65, No. 3–4. — P. 277–293. — DOI 10.1007/s11015–021–01180–3.
4. Иосилевский И. Л., Чигвинцев А. Ю., Ногинова Л. Ю., Зорина И. Г. Аномалии профиля пространственного заряда и фазовые переходы в модифицированных моделях однокомпонентной плазмы // Теплофизика высоких температур.— 2021. — Т. 59, № 6. — С. 836–843. — DOI 10.31857/S0040364421060077.
5. Фарафонов С. А., Плехович С. Д. Исследование реакции взаимодействия нитросоединений с олефинами в триплетном состоянии методами квантовой химии // XXV Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием): Тезисы докладов, Нижний Новгород, 19–21 апреля 2022 года. — Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2022. — С. 257.
6. Мяскин И. В. Расчет энтальпии процесса получения полимерной композиции на основе полибутилметакрилата // Химическая термодинамика и кинетика: Сборник материалов Десятой Международной научной конференции, Великий Новгород, 25–29 мая 2020 года. — Великий Новгород: Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2020. — С. 161–162.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАРОК СТАЛЕЙ 10ХСНД И 10Х2М

*М.А. Валугин, А.Д. Сладков, А.С. Кузякин, А.А. Комиссаров*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе исследованы свойства строительных марок сталей 10ХСНД и 10Х2М.

**Ключевые слова:** сталь 10Г2ФБЮ, огнестойкие стали, огнестойкие характеристики деформационно-прочностных параметров материала при нагреве.

В настоящее время во всех развитых странах придается большое значение исследованиям огнестойкости строительных конструкций, разработке новых материалов, обладающих повышенной огнестойкостью, а также разработке новых методов и материалов для защиты конструкций от пожара.

Прочностные свойства стали, из которых изготавливаются каркасы зданий и сооружений, существенно зависят от температуры. Строительными нормами предусматривается защита открытых частей металлических конструкций различными огнестойкими материалами на случай внезапного пожара с тем, чтобы предотвратить их нагрев до температуры, после которой начинается серьезное разупрочнение стали. Однако применение этого дорогостоящего огнезащитного материала приводит не только к увеличению себестоимости строительства, но и увеличивает сроки сооружения здания.

Учитывая эти обстоятельства, ведущие фирмы мира, занимающиеся производством, стали для строительных конструкций, занялись разработкой стали способной сохранять свои прочностные свойства при высоких температурах на непродолжительное время без существенного увеличения количества легирующих элементов. Эти разработки завершились образованием нового подкласса сталей — пожаростойкая (огнестойкая) сталь для строительных конструкций [2, 4].

Специфика требований, предъявляемых к огнестойким сталям, заключается в том, что указанные материалы должны обеспечить

работоспособность металлоконструкций как при обычных условиях (в том числе и при отрицательных температурах), так и в условиях кратковременного разогрева металлоконструкций при возникновении пожара. В связи с этим, огнестойкие стали должны в том числе обладать полным комплексом механических и технологических свойств, необходимым строительным сталям и включающим нормированные прочностные, пластические характеристики, определяемые при нормальной температуре (+20 °С), ударную вязкость, определяемую при отрицательных температурах, иметь достаточную технологическую пластичность, гарантированную свариваемость.

Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения огнестойкости стальных строительных конструкций, совершенствования методов обеспечения огнестойкости, путей ее регулирования и увеличения эксплуатационной надежности стальных строительных конструкций при пожаре.

Поскольку основным требованием огнестойкости является повышенное сопротивление пластической деформации при повышенных температурах, то для обеспечения этого необходимо создание условий, затрудняющих ее развитие, или повышения предела текучести стали. Согласно современным представлениям, пластическая деформация осуществляется за счет движения и размножения дислокаций. В связи с этим, для повышения сопротивления пластической деформации необходимо создание в структуре стали эффективных барьеров, препятствующих движению дислокаций. Однако, при этом следует иметь в виду, что повышение сопротивления движению дислокаций приводит к снижению, сопротивления стали хрупкому разрушению [2, 3].

Требуемое сочетание высокого сопротивления деформации и пластичности может быть получено созданием определенных структурных состояний. Для стали это достигается в основном за счет измельчения зерна и дисперсионного упрочнения частицами других фаз.

Однако механизмы упрочнения не исчерпываются только этими двумя. Имеются другие факторы, повышающие сопротивление движению дислокаций. В общем случае любые неоднородности состава и структуры могут служить барьерами для развития деформации. К таким неоднородностям можно отнести следующие: твердые растворы, локальные флуктуации состава, дислокации,

границы зерен, метастабильные зоны типа зон Гинье-Престона, предвыделения, когерентные и некогерентные частицы фаз, смесь нескольких фаз и др.

Обобщая литературные данные, можно сказать, что огнестойкая сталь должна удовлетворять определенные требования:

- Предел текучести при достижении температуры 600°C и выше должен составлять от 2/3 до 1/3 от величины предела текучести, который был определен при комнатной температуре;
- Механико-эксплуатационные при комнатной и низкой (до -60°C) температурах должны быть аналогичны свойствам обычных сталей, которые используются в строительной сфере;
- Технологические свойства (свариваемость и пр.) должны быть такие же, как и у конструкционных строительных сталей;
- С экономической точки зрения себестоимость новой стали не должна критично превышать себестоимость конструкционных строительных сталей.

Проблемы, связанные с разработкой и применением огнестойких сталей, были актуальны и ранее. Данным вопросом занимались такие ученые, как В.П. Бушев, М.Я. Ройтман, Р.А. Яйлиян и другие.

А.И. Яковлевым были достигнут определенные результаты: были разработаны и систематизированы номограммы, которые показали время, необходимое для разогрева пластин, изготовленных из стали, защищенные различными материалами от нагрева. Эти номограммы имеют большое прикладное значение: благодаря им стало возможно определение предела огнестойкости стальных материалов; автор вывел формулу, которая позволила оценить изменение деформационно-прочностных параметров материала при нагреве. К сожалению, автором не был учтен качественный состав стали и параметры устойчивости в более жестких условиях пожаров.

Такие ученые, как В. А. Пчелинцев и В. П. Бушев благодаря своим экспериментам разработали комплекс методов, позволяющие испытывать строительные конструкционные изделия (железобетонные и стальные) на огнестойкие характеристики, а также особенности поведения их при воздействии высоких температур [5].

В результате исследования химического состава образцов было выявлено, что химические составы всех образцов соответствуют маркировке.

Испытания на растяжение показали, что наибольшими значениями пределами прочности и пределами текучести обладают стали марок 05ГНДБ и 10Г2ФБЮ. Наименьшим пределом прочности обладает сталь марки 10Х2М. Также сталь 10Х2М является самой пластичной из всех анализируемых (относительное удлинение = 31,5%)

Исследования твердости образцов показали, что наибольшими значениями твердости обладают образцы из сталей 05ГНДБ и 10Г2ФБЮ. Наименьшим значением твердости обладает сталь марки 10Х2М

В работе были проведены исследования микроструктур образцов огнестойких сталей марок 05ГНДБ, 10Х2М, 10Г2ФБЮ, 10ХСНД. Установлено, что во всех случаях имеет место мелкозернистая феррито-перлитная структура. Практически во всех сталях наблюдается полосчатость не наблюдается, кроме стали 10Г2ФБЮ. Количественный анализ элементов структуры изучаемых образцов показал, что балл зерна равен 11, 8, 9, 10 для сталей 05ГНДБ, 10Х2М, 10Г2ФБЮ, 10ХСНД соответственно.

### *Список литературы*

1. Галкин А. В., Эфрон Л. И. Влияние вредных примесей на качество трубных марок стали // Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 36–41.
2. Голованов В. И., Пехотиков А. В., Павлов В. В. [и др.] Исследование механических свойств основных марок строительных сталей при повышенных температурах // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы Международной XXXIV научно-практической конференции, посвященной 85-летию образования ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Балашиха, 23–24 августа 2022 года. — Москва: Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обо-



- роны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2022. — С. 365–370.
3. Комиссаров А. А., Тихонов С. М., Тен Д. В. [и др.] Факторы огнестойкости низколегированного строительного проката // *Сталь*. — 2022. — № 7. — С. 30–34.
  4. Голованов В. И., Крючков Г. И., Стрекалев А. Н. [и др.] Исследование механических свойств современного металлопроката строительного назначения при повышенных температурах // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2022. — Т. 31, № 2. — С. 52–62. — DOI 10.22227/0869-7493.2022.31.02.52-62.
  5. Удод К. А., Науменко В. В., Мурсенков Е. С. [и др.] Прокат классов прочности К52-К56 с пониженным содержанием хрома в хладостойком и коррозионностойком исполнениях // *Творчество молодых — родному региону: Сборник материалов VIII Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 23 апреля 2021 года / Сост. К.С. Шибанов, под редакцией И.В. Мялкина*. — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 83–87.

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ КЛАССИЧЕСКОЙ СТАТИКИ ДЛЯ ПРОГНОЗА СВОЙСТВ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ «РАСКОПОК ДАННЫХ» ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ**

***А.Е. Шаронова, А.В. Кудря***

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** Прогнозирование изменения надежности интеллектуальной информационно-измерительной системы является актуальной задачей при определении теплофизических свойств теплоизоляционных, композитных, строительных и других материалов на производственных предприятиях. Отказ интеллектуальной измерительной системы заключается в превышении погрешности измерений компонентов системы, что приводит к неточности контроля*

*теплофизических свойств материалов и снижению качества выпускаемых материалов на производстве. Оценка надежности системы на основе созданных информационной и математических моделей прогнозирования надежности позволит своевременно поддерживать работоспособность структурных компонентов измерительной системы, повысить точность измерительной информации для расчета параметров теплофизических свойств материалов и, следовательно, улучшить качество выпускаемой продукции.*

**Ключевые слова:** *разрушение металла, пластичность, вязкость, прогнозирование надежности, измерительная система, физико-химические методы улучшения качества стали.*

Прогноз разрушения материалов важен на стадии конструирования и при оценке остаточного ресурса. Риск прогноза зависит от нескольких факторов, среди которых, в частности, выбор оптимальной схемы испытаний материала, адекватно воспроизводящей его поведение в конструкции. Материал представляет собой среду со структурой, масштабы неоднородности строения которой могут быть весьма велики (даже в рамках отлаженного промышленного производства), это вносит определенные сложности при проведении прогноза разрушения [1, 2].

Неоднородность геометрии структур определяет не только разброс прочности, пластичности и вязкости материалов от изделия к изделию, но и возможность различий в механизмах протекания разрушения в пределах одного изделия. Решение задачи, связанной с получением объективного прогноза поведения материала в конструкции, достижимо, но для этого требуется необходимое понимание закономерностей разрушения среды с неоднородной структурой. Для этого необходимы метрологически обеспеченные процедуры измерения неоднородности строения структур и разрушения. Это может быть реализовано в рамках цифровизации такого рода измерений.

Дополнительная информация, необходимая для объективного прогноза свойств металлопродукции, может быть также получена на основе анализа закономерностей протекания технологического процесса (по результатам «раскопок данных» производственного контроля процесса и продукта). Однако при этом важно учитывать

статистическую природу анализируемых объектов. Существенное значение при использовании алгоритмов Big data для анализа баз данных заводского контроля также имеет учет явления технологической наследственности (закономерностей протекания эволюции структур и дефектов в рамках широкого поля допуска технологии).

Из описания микроскопических составляющих структур и морфологии изломов реален прогноз свойств неоднородной структуры и возможность конструирования оптимальных структур под заданные свойства. Последовательное накопление необходимой статистики результатов открывает возможность внесения в оценку структур и изломов количественных мер и разработки принципиально иной линейки соответствующих стандартов для оценки качества материалов, правил, обеспечивающих получение объективного прогноза риска преждевременного разрушения. Выявление закономерностей взаимосвязей между вариацией управляющих и выходных параметров технологии обеспечит не только объективный прогноз разрушения материала на основе стандартной схемы аттестации металлопродукции, но и обоснованные рекомендации по управлению технологией для повышения однородности качества продукта.

Для достижения высокого качества стали применяется широкий спектр методов обработки жидкого металла. Выбор метода зачастую определяется технологическими возможностями конкретного производителя металлопродукции. Выполнен анализ различных физико-химических методов улучшения качества стали, позволяющий делать выбор способа обработки жидкого металла в зависимости от поставленных задач и имеющихся технологических возможностей. Показано, что физико-химические методы улучшения качества металлопродукции наряду с другими способами внепечной обработки дают дополнительные возможности для влияния на свойства стали.

В ряде случаев эти методы позволяют отказаться от сложного технологического оборудования, существенно сократить расходы на внепечную обработку жидкого металла и повысить качество продукции. Осуществлен сравнительный анализ внепечных методов обработки стали. Приведены данные по поведению активных элементов в расплавах на основе железа. Описан механизм процессов модифи-

цирования, инокулирования и микролегирования стали. Приведены данные по промышленному применению этих процессов для получения качественной металлопродукции [3].

Показано, что процесс модифицирования расплава позволяет изменить структуру металла, снизить его загрязненность неметаллическими включениями, изменить природу, форму и характер их распределения в металле. Влияние микролегирования носит длительный и устойчивый характер воздействия легирующих элементов и позволяет влиять на свойства стали, изменяя ее химический и фазовый состав. Инокулирование позволяет значительно повысить способность к зародышеобразованию и повлиять на параметры кристаллизации металла за счет создания готовых центров кристаллизации в затвердевающем сплаве. По результатам анализа сделан вывод о том, что физико-химические методы воздействия на сталь позволяют оказывать целенаправленное влияние на свойства металлопродукции, снижать стоимость обработки металла и повышать его качество.

### *Список литературы*

1. Кудря А. В. Прогноз разрушения материалов // Физическое материаловедение. Актуальные проблемы прочности: Сборник материалов X Международной школы, посвященной 10-летию лаборатории «Физика прочности и интеллектуальные диагностические системы» и LXIII Международной конференции, Тольятти, 13–17 сентября 2021 года. — Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2021. — С. 11.
2. Селиванова З. М., Скоморохов К. В. Информационная и математические модели для прогнозирования надежности интеллектуальной информационно-измерительной системы теплофизических свойств материалов // Надежность и качество сложных систем.— 2022.— № 2(38). — С. 61–69. — DOI 10.21685/2307-4205-2022-2-7.
3. Голубцов В. А., Бакин И. В., Токарев А. А. [и др.] Оценка эффективности физико-химических методов улучшения качества стали // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации.— 2019. — Т. 75, № 6. — С. 695–706. — DOI 10.32339/0135-5910-2019-6.

## ПРЕИМУЩЕСТВА ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И МАШИНОСТРОЕНИИ

*А.С. Маслов, А.Р. Солоницын*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье рассматривается процесс производства гнутых профилей, рассматриваются их преимущества перед различными видами сортового проката.

**Ключевые слова:** профильные трубы, гнутые профили, производство гнутых профилей.

В настоящее время производство гнутых профилей в отечественной металлургии получает широкое развитие, поскольку современные потребители из строительной и машиностроительной отраслей все чаще используют их при проектировании и производстве своей продукции. Производство гнутых профилей характеризуется большими преимуществами перед всеми другими способами получения профилей сложной формы. Гнутые профили позволяют получать профили любой конфигурации в поперечном сечении с различными размерами по ширине, толщине и длине из полосовой стали, стали различных марок, цветных металлов и сплавов.

С использованием гнутых профилей создаются условия осуществления в общем технологическом потоке ряда других вспомогательных операций (перфорация, сварка, различные виды покрытия поверхности, окраска и т. д.). Обеспечивается высокое качество поверхности, которое свободно контролируется в процессе формоизменения полосы; высокая точность размеров с любой степенью жесткости допусков по всем элементам профиля.

Простота механического оборудования всего стана, обеспечивающего технологический процесс гибки; малые габариты, незначительная масса всего оборудования. Доступность и благоприятные условия труда, наглядность самого процесса гибки, что упрощает наладку стана на получение профиля высокой точности. Оборудование для гибки профилей обладает малым расходом энергии, высокой стойкостью валков, устойчивостью самого процесса [1].

Производство гнутых профилей характеризуется минимальным расходным коэффициентом металла. Коэффициент использования металла составляет 99,5–99,8%. Этот аспект позволяет достичь высоких технико-экономических показателей работы профилегибочных станов.

Кроме вышесказанного гнутые профили во многих случаях являются законченными деталями или изделиями, не требующими дополнительной обработки.

Процесс получения профилей способом гибки сводится к осуществлению последовательного процесса пластической деформации исходной полосы по оформлению отдельных элементов и всего профиля в целом в соответствующих фасонных калибрах.

С точки зрения технологических возможностей процесса гибки следует отметить, что этим способом можно получать любые профили сложной конфигурации поперечного сечения с выполнением поперечных и продольных ребер жесткости, перфорированные, с элементами двойной толщины, а также плакированные пластиками и т. д.

Все это обуславливает возможность применения заготовок любых размеров по ширине и толщине. Максимальные значения размеров исходной заготовки: по ширине до 600 мм при толщине 2–8 мм и по ширине до 1500 мм при толщине от 1 до 4 мм со специальными техническими, служебными свойствами [2].

Процесс профилирования весьма перспективен и будет значительно развиваться.

Профилегибочные станы классифицируются главным образом по толщине и ширине исходной полосы или листа, необходимых для формирования профилей принятого сортамента. Так, например, в отечественной металлургии установлены станы (агрегаты): 1–4X400–1500; 2–7X80–500; 1–4X50–300; 2–8X100–600 и др.

Как отмечено ранее, предельных границ по размерам исходной полосы для профилегибочных станов практически нет, однако установлено, что предельной шириной исходной полосы следует на сегодня считать ширину 2500 мм, а толщину 20 мм. Эти размеры являются предельно определяющими максимальные силовые параметры процесса [3].

Особенностью процесса профилирования является обязательное изменение формы полосы, тогда как при прокатке форма полосы может не изменяться, а изменяются лишь размеры. При профилировке не изменяется длина задаваемой полосы, ширина (по средней линии полосы) и лишь в отдельных местах перегиба может незначительно измениться толщина полосы. С точки зрения теоретических положений при гибки очаг деформации распространен далеко за пределами прокатных валков на входе и выходе полосы.

В целом процесс гибки может быть бесконечным, поскольку при холодной деформации представляется более реальная возможность осуществления сварки стыков рулонов (отдельных полос).

С другой стороны, при разработке технологических параметров процесса гибки необходимо предусмотреть простоту изготовления валков, которые представляют собой набор отдельных шайб, калибровка которых относится к отдельным элементам профиля, что значительно упрощает изготовление — подготовку к работе профилегибочных валков.

Отметим здесь также установку вспомогательных роликов и калибровку их. Между клетями, как правило, устанавливаются вспомогательные ролики, которые также подвергаются калибровке, ибо они выполняют не только роль направляющих, но и дополнительно осуществляют гибку — получение профиля.

Примерный состав оборудования и технологический процесс получения гнутых профилей способом последовательной холодной гибки полосы можно рассмотреть на примере одного из профилегибочных станков.

Рулоны, поступающие со стана горячей прокатки, в холодном состоянии подаются на одно- или двухпозиционный разматыватель. Передний конец верхнего витка полосы отгибается и задается в правильную машину. Пройдя необходимую правку, полоса поступает к гильотинным ножницам, которые обрезают передний конец перед поступлением полосы к стыкосварочной машине.

На стыкосварочной машине производится сварка полосы встык в случае профилирования простых профилей. Бесконечная полоса скапливается в петлевом устройстве, по выдаче из которого вновь подвергается правке на второй роликовой правильной машине. Далее установлены следящие ролики, которые направляют полосу

соответственно форме калибра с последующим промасливанием поверхности полосы перед задачей ее в стан [4].

Стан представляет собой непрерывный формовочный «агрегат, состоящий из нескольких клетей (число клетей определяется при конструктивной разработке стана), где и производится последовательная гибка полосы до окончательного профиля. За станом установлены летучие ножницы, осуществляющие резку полосы простой конечной формы готового профиля. В линии потока установлены правильные клетки, где профиль окончательно оформляется до полной упруго-технической устойчивости.

Если же профиль имеет сложную форму и его на ножницах резать нельзя, тогда используется дисковая пила. Полученный, таким образом, профиль в потоке подвергается окончательному чистовому промасливанию, пакетированию и взвешиванию в увязанных пачках.

### *Список литературы*

1. Морозов, Ю. А. Исследование деформированного состояния материала при производстве гнутых профилей / Ю. А. Морозов // Российская научно-техническая конференция с международным участием. Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике: Сборник докладов конференции, Москва, 11–12 апреля 2019 года. Том 2. — Москва: МИРЭА — Российский технологический университет, 2019. — С. 288–295. — EDN IFOSTI.
2. Гульшин, В. А. О технологичности изготовления гнутых профилей для военной техники / В. А. Гульшин, С. В. Филимонов, В. И. Филимонов // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем: Сборник научных трудов. Том Выпуск 12. — Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2020. — С. 213–216. — EDN OQMGJG.
3. Патент на полезную модель № 206114 U1 Российская Федерация, МПК E04C 5/07. Композитная арматура: № 2021119750: заявл. 06.07.2021; опубл. 24.08.2021 / О. Ю. Беляев. — EDN RABPAY.
4. Труды XIII конгресса прокатчиков, Москва, 25–27 октября 2022 года. Том I. — Москва: ООО «Грин Принт», 2022.— 254 с. — ISBN 978–5–907286–87–0. — EDN ARDLLN.



## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ОТ КОРРОЗИИ

*О.А. Гришина, А.Р. Солоницын*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В работе рассматриваются способы защиты конструкционных сталей от коррозии в различных средах. Стали, получившие широкое распространение из-за своих высоких механических свойств обладают серьезным ограничением по составу рабочей среды. Низкая коррозионная стойкость требует применения различных защитных покрытий, анализ которых представлен в данной статье.*

***Ключевые слова:** коррозия, сталь, покрытия, обработка металлов.*

В целом под коррозией соединений железа (стали и других) понимают комплекс физико-химических воздействий на поверхность металла, приводящих к изменению и ухудшению эксплуатационных свойств материала. В основе процесса коррозии лежит сложная многокомпонентная химическая реакция между материалом и средой или их составляющими, протекающая на границе раздела фаз. При этом механизм коррозии определяется типом агрессивной среды. В сухих окислительных газах, в том числе в воздухе, при высоких температурах на поверхности конструкционных сталей образуется слой твердых продуктов окисления — окалина. Сплошной слой окалина лимитирует скорость коррозионного процесса скоростью диффузии через него ионов металла к границе раздела фаз или же окислителя (как правило, ионов  $O_2^-$ ) — к границе окалина–металл. Более распространенным является механизм электролитической коррозии. Наиболее активно они протекают в тонких водных пленках на поверхности металла или в капиллярах поверхности. В этих средах, как правило, существует достаточная концентрация электролита, связанная с общим загрязнением окружающей среды (как правило, преобладают сульфат- и хлорид-ионы). Очевидно, что для эффективной защиты от коррозии необходимо создать достаточно прочный пассивный слой или несколько разнородных, инертных к воздействию агрессивных факторов слоев.

Как правило, поверхности конструкционных сталей, предназначенных для внешних строительных работ, легируются цинком. Наиболее надежным и распространенным при заводском производстве является горячее цинкование. В данном случае в результате реакции с расплавом цинка на поверхности стали образуется железо-цинковый сплав с увеличением градиента концентрации Zn к поверхности. Качество такой защиты напрямую зависит от соблюдения технологии процесса и исходного качества стали. Например, высокое содержание кремния в металле может привести к постепенному снижению коррозионной стойкости, несмотря на защиту. На долговечность защитных свойств цинка влияет толщина слоя. При этом для определения срока эксплуатации оцинкованной конструкционной стали следует принимать во внимание, что разрушение пассивирующего слоя (может все-таки — слоя цинка) за год составляет, в зависимости от условий, от 1 до 10 мкм. Для усиления защиты поверхности конструкционных сталей от коррозии рекомендуется, помимо оцинковки, применять дополнительные меры. Наиболее надежным способом сегодня можно считать изоляцию от агрессивных сред при помощи современных полимерных материалов.

На данный момент наиболее распространенным вариантом защиты от коррозии для конструкционных сталей, предназначенных для строительных нужд (металлочерепица, профлист и т.д.), являются специальные полимерные покрытия. В настоящее время базовыми стали несколько их основных разновидностей. Полиэстр (Polyester, полиэфирная смола) — одно из наиболее известных и распространенных полимерных покрытий для стального оцинкованного листа. Полиэстер стоек к механическим и атмосферным воздействиям. Однако по технологическим причинам толщина покрытия не превышает 25...30 мкм, и поэтому стойкость к механическим воздействиям невысока. Для усиления механической устойчивости применяют посыпку кварцевым песком, однако это удорожает продукт и снижает безопасность его транспортировки. Существуют и модификации продукта, например, Polyester matt — покрытие с матовой поверхностью и хорошей формуемостью для наружного применения, ARS polyester — с «сатиновой» поверхностью, разработанное специально для электротехнической и электронной промышленности, а также структурный

Polyester — низкоструктурное и хорошо выдерживающее износ покрытие для внутреннего применения. Пластизоль — семейство коллоидных растворов полимеров на основе поливинилхлорида. Благодаря высокой пластичности покрытия толщина полимерного покрытия, например, для кровельного стального листа, может достигать 200 мкм. Это делает пластизолевое покрытие одним из самых устойчивых к механическим повреждениям. Однако низкая температурная стойкость и низкая стойкость к УФ-излучениям (быстрое старение под прямым солнечным излучением) ограничивает его применение, особенно в Южных районах.

Пурал (Pural) — разработанный в компании Ruukki новый тип полимерного покрытия на полиуретановой, модифицированной полиамидом основе. Этот материал имеет хорошую химическую устойчивость, выдерживает солнечное излучение, высокие температуры и большие суточные температурные перепады. Минимальная температура при работе с листами, покрытыми Pural,— 15 °С, максимальная +120 °С. Толщина покрытия составляет 50 мкм. Это покрытие подходит для профилированных листов, так как легко обрабатывается как при профилировании, так и при монтаже. Его пластичность гарантируется даже при низких температурах. Пурал имеет шелковисто-матовую структурную поверхность. Также Ruukki разработала матовую вариацию Пурал — Pural Matt. PVF2 (Полидифторионад) — современный композитный фторполимер, состоящий из поливинилфторида (80%) и акрила (20%). Покрытие стабильно по отношению к механическим повреждениям и агрессивным средам, морозостойко и термостойко. Очень устойчиво к УФ-излучению, не выцветает. PVF2 может быть глянцевым или матовым, имеет широкий цветовой диапазон, включающий металлик (при дополнительной обработке лаком). При этом покрытие относительно более дорого, чем аналоги. Его применение оправдано Техническими характеристиками полимерных покрытий (по материалам лабораторных испытаний компании RUUKKI).

Результаты лабораторных испытаний различных полимерных покрытий представлены в таблице. Нанесение полимерных покрытий на оцинкованную сталь является сложным многокомпонентным процессом и состоит из ряда автоматизированных этапов: предварительной обработки, включающей в себя процессы фосфатации,

грунтования и лишь в дальнейшем нанесения полимера с последующей сушкой в специальной камере. В результате стальной оцинкованный лист с полимерным покрытием имеет многослойную структуру: стальной лист, слой цинка, пассивирующий слой, слой грунта, защитная краска с нижней стороны листа и слой окрашенного полимера с наружной стороны. Нанесением полимерного покрытия занимаются только крупные металлургические предприятия, специализирующиеся на производстве оцинкованного стального проката.

Различают эксплуатационные, натурные и лабораторные коррозионные испытания. Эксплуатационные испытания состоят в наблюдении за реальными механизмами или деталями в реальных условиях. Натурные испытания исследуют поведение образцов материалов в конкретных климатических условиях. Лабораторные коррозионные испытания проводятся в искусственно созданных и жестко контролируемых условиях. Преимущество подобных исследований — в возможности оперативного изменения условий и их лабораторного воспроизводства. Также такие испытания позволяют существенно сократить время исследования образцов и удешевить весь процесс, что особенно важно при разработке новых материалов. Базовой методикой лабораторных испытаний является создание условий, провоцирующих быстрое возникновение коррозионных разрушений вследствие агрессивности среды. Главное правило при этом — механизм воздействия должен воспроизводиться для разных образцов. Ускорение коррозии достигается усилением соответствующего натурального компонента воздействия. Например, вариантом воздействия является повышение содержания в среде агрессивных факторов [1]. Основные среды для лабораторных коррозионных испытаний — растворы электролитов (может быть, электролитические растворы), влажная атмосфера, содержащая коррозионные агенты (например, NaCl в соляных камерах), высокотемпературные газовые среды, расплавы солей и др. В любом случае изменения скорости коррозии определяют по потере или увеличению массы образца, количеству выделившегося водорода или кислорода, по времени до появления первого очага и т.д. Сегодня лабораторные коррозионные испытания — неотъемлемая часть работы крупных металлопроизводящих и металлообрабатывающих компаний. Как правило, такие лаборатории производят контроль всех партий товарного металла. Например, подобное подразделение

(одно из крупнейших в Европе) существует на заводе компании Ruukki в г. Вимпеле (Финляндия). «Каждая партия изготовленной там продукции (металлочерепица из конструкционной оцинкованной стали с полимерным покрытием), — рассказала Наталья Большевикова, менеджер компании Ruukki, — проходит базовые лабораторные испытания — воздействие проливным дождем, соляным туманом в соляной камере, резкими температурными перепадами в климатической камере. Допуск к дальнейшей обработке и отгрузке материалов дается только при положительном исходе испытаний — соответствии партии разработанным в компании нормам» [2].

В зависимости от назначения металлические покрытия должны удовлетворять различным требованиям, которые обычно оговариваются в технических условиях. Однако, независимо от назначения, все покрытия, как защитные, так и декоративные, износостойкие и специальные, должны удовлетворять общему требованию — они должны быть прочно сцеплены с основным металлом изделий. Покрытия не должны отставать от изделий при любых воздействиях. Такое требование может быть удовлетворено при соответствующей подготовке поверхности изделий перед нанесением на них покрытий. Это особенно существенно при нанесении покрытий гальваническим методом. Не менее важно, чтобы металлопокрытие имело мелкокристаллическую структуру. Процесс образования гальванического покрытия должен протекать таким образом, чтобы невооруженным глазом нельзя было различить в покрытии отдельные кристаллы.

Металлические покрытия должны отличаться минимальной пористостью. Особенно это важно при нанесении так называемых катодных гальванических покрытий, так как в порах происходит коррозия основного металла. Наряду с этими требованиями в ряде случаев к покрытиям предъявляются некоторые частные требования, например, повышенное сопротивление механическому износу, повышенные оптические свойства, повышенная электропроводность, обеспечение прочного сцепления резины при горячем пресовании, повышенные антифрикционные свойства и др. Кадмиевые покрытия обладают устойчивостью в среде морских испарений, тумана и морской воды. Благодаря дополнительному хроматированию такие покрытия сохраняют товарный вид более длительное время. Кадмий относится к электроотрицательным металлам. В гальвани-

ческой паре с железом вследствие малой разности потенциалов кадмиевые покрытия выполняют функции анода и катода в зависимости от условий эксплуатации. Так, в растворах, содержащих хлориды и сульфиды (морская вода), кадмий является анодным покрытием для стальных изделий и хорошо защищает их от коррозии не только механически, но и электрохимически [3].

### *Список литературы*

1. Исследование CO<sub>2</sub>-коррозии трубных сталей для добычи нефти / А. Р. Солоницын, И. В. Мялкин, Д. В. Кудашов, К. А. Удод // Инновационные материалы и технологии-2022: Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, Минск, 23–24 марта 2022 года. — Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2022. — С. 222–223. — EDN FCWSXW.
2. Гришина Е. Полимерные покрытия для стали: эффективная защита // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты).— 2009.— № 2(43). — С. 36–38. — EDN KNUOQL.
3. Ефремов А. Н., Юдин С. В. Применение статистических методов для анализа дефектов кадмиевого покрытия на стали // Известия Тульского государственного университета. Технические науки.— 2021.— № 12. — С. 332–337. — DOI 10.24412/2071–6168–2021–12–332–338. — EDN HSBWTW.

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Е.А Колобаев, Е.А. Паршин*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В работе рассмотрена история электросталеплавильного производства — первого и самого длительного периода в развитии данного производства.*

*Ключевые слова:* ДСП, дуговая сталеплавильная печь, электрометаллургия, шихта.

Промышленное получение металлов и сплавов с помощью электрического тока в специальных агрегатах (в сталеплавильных электропечах, в рудотермических печах, в агрегатах электрохимических производств и др.) относится к технико-технологической отрасли, называемой общим понятием «электрометаллургия». По существу, в электрометаллургическом производстве используют сложные электротермические и электрохимические процессы. Электротермические процессы используются для извлечения металлов из руд и концентратов, производства и рафинирования черных и цветных металлов и сплавов на их основе (плавка стали в дуговых и индукционных печах, спецэлектрометаллургия, рудовосстановительная плавка, включающая производство ферросплавов, выплавку чугуна в шахтных электропечах, получение никеля, олова и других металлов). Электрохимические процессы распространены в производстве черных и цветных металлов на основе электролиза водных растворов и расплавленных сред (процессы осаждения металлов на поверхность металлических и неметаллических изделий) [3].

Возможность использования электрической дуги для плавления металлов была показана еще в 1803 году В.В. Петровым, получившим впервые дугу с помощью большой батареи гальванических элементов. Первые дуговые печи прямого действия для плавки стали были построены Эру в 1899 году. Первая печь Эру была построена в Савойе, в предгорьях Альп. Этот город на юго-востоке Франции и поныне является одним из центров французской электрометаллургии. Их конструкция была проста: в прямоугольную вытянутую ванну сверху через отверстие в съемном своде входили два электрода, закрепленных в электрододержателях, перемещающихся вверх и вниз вдоль вертикальных стоек — так регулировался ток дуги. Печь загружали через торцевые дверки, металл сливали при ее наклоне через летку. Основными недостатками этих печей были невысокое рабочее напряжение и, следовательно, малая удельная мощность. Это удлиняло период плавки, увеличивало тепловые потери и расход электроэнергии. Тем самым основные преимущества печей прямого действия — возможность концентрации больших мощностей и уско-

рение плавки — использованы не были. В 1900 г. в Швеции была пущена первая индукционная электропечь конструкции Челлина.

Важнейшее преимущество индукционной печи по сравнению с другими электроплавильными и нагревательными агрегатами состоит в том, что тепловая энергия возникает в самом нагреваемом материале за счет энергии электрического тока, проходящего по первичной обмотке. В индукционных печах обеспечивается наиболее равномерный прогрев металла и исключается вредное воздействие газов, образующихся в обычных печах от сгорания топлива или угольной дуги. Большое значение для развития дуговых сталеплавильных печей имело появление в 1910–1920 годах свинчиваемых непрерывных угольных, а затем и графитированных электродов. Одним из серьезных факторов, снижающих показатели работы печей, была ручная завалка печи [2].

Средняя продолжительность простоя печи, если считать от выпуска из нее металла до следующего включения тока, составляла для 3-тонной печи 40 мин, для 6-тонной — 60 и для 15-тонной — 120 мин. Каждая минута простоя между плавками увеличивает тепловые потери излучением и расход энергии при расплавлении завалки. Загрузка печи сверху явилась одним из важнейших событий в развитии ДСП. Загрузка скрапа продолжается 3...5 мин, что в 5...10 раз быстрее (в зависимости от емкости печи), чем загрузка мольдами. Загрузка шихты через верх позволяет также значительно лучше использовать объем печи. При загрузке через верх заполняется весь объем печи до верхнего края стен, а при загрузке мольдами через рабочее окно — только до 60% этого объема. В результате уменьшается число дополнительных подвалок при загрузке легковесного скрапа.

В начале 40-х годов XX века в ДСП было внедрено несколько принципиальных новшеств, которые позволили существенно повысить их техникоэкономические показатели. В целях интенсификации процесса плавки стал широко внедряться метод ввода кислорода в жидкий металл. Введение кислорода позволило повысить производительность ДСП примерно на 15%. В 90-е гг. XIX в. проекты электропечей постоянно совершенствовались. Французский химик, иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук Анри Муассан (1852–1907) в 1892 г. приступил к исследованию тугоплавких металлов и неорганических соединений при высоких тем-



пературах. В этом же году он сконструировал, а затем ввел в исследовательскую практику электродуговые печи для изучения свойств твердого тела в области высоких температур. Муассан синтезировал множество карбидов, боридов и силицидов металлов, изучил их механические, физические и химические свойства. Впервые он синтезировал гидриды ряда металлов. Электротермическим путем он получил в чистом виде молибден (1895), уран (1896), вольфрам (1897) и другие тугоплавкие металлы. Он также доказал, что в электрической дуге любые металлы не только плавятся, но и испаряются. Изобретение в 1891 г. российским ученым-электротехником Михаилом Осиповичем Доливо-Добровольским (1862–1919) трехфазного электрического тока сделало возможным строительство трехфазных электрических печей. В 1901 г. российский инженер-металлург, профессор Василий Петрович Ижевский (1863–1926) в процессе ряда экспериментов создал «русскую печь» для плавки металлов (сначала электропечь лабораторного типа для плавки металлов и термообработки, а затем электропечь сопротивления).

Эффективное развитие и применение электрических печей, как электротехнологических установок, стало возможным лишь с переходом от химических источников питания к источникам питания, основанным на законе электромагнитной индукции, т.е. с созданием мощных генераторов и увеличением производства электроэнергии в конце XIX — начале XX вв. С этого времени стали развиваться различные виды электротехнологических установок для осуществления разнообразных технологических процессов, в частности для получения и обработки качественных сталей, цветных и тугоплавких металлов и других материалов. К началу XX в. были созданы прототипы современных электродуговых печей, которые нашли свое применение при производстве высококачественных металлов. Недостаток и дороговизна электроэнергии сдерживали развитие электрометаллургии.

В течение длительного времени электропечи использовались главным образом для производства высококачественных высоколегированных марок стали. 1909 г. можно считать началом промышленного производства электростали в России. В этом году на дуговой печи П. Эру, пущенной на Обуховском заводе в Петербурге, было выплавлено 192 т высококачественной стали. В 1911 г. эта печь дала уже 1122 т металла. В 1913 г. на русских заводах работали 4 электрические печи,

выплавлявшие в год 3500 т стали. В 1915 г. на Мотовилихинском заводе в Перми была пущена первая сталеплавильная однофазная печь сопротивления с нагревом ванны от расположенных над ней угольных стержней, накалявшихся электрическим током. Эта печь была сконструирована русскими инженерами С. С. Штейнбергом и А. Ф. Грамолиным. В дальнейшем аналогичные печи емкостью 0,75–1 т были установлены на Златоустовском, Надеждинском и других уральских заводах и успешно выполняли военные заказы во время первой мировой войны. Основоположником создания электрометаллургии качественных сталей в нашей стране следует считать видного металлурга Н. И. Беляева. В 1916 г. на небольшом литейном заводе близ г. Богородска он получил первую легированную электросталь. Под руководством Н. И. Беляева началось строительство крупного завода качественных сталей с четырьмя дуговыми печами прямого действия. В ноябре 1917 г. первая электропечь емкостью 1,5 т вступила в строй.

Завод «Электросталь» стал первым крупным предприятием, пущенным при Советской власти. В 1910 г. во всех странах мира работали 114 электрических печей. В 1915 г. их было уже 213, а к началу 1920 г. выплавляли сталь 1025 электропечей и 362 агрегата находилось в стадии монтажа и наладки. В развитых странах, богатых электроэнергией, производство электростали росло особенно быстрыми темпами. В США, например, производство, стали в электропечах только за 4 года, с 1914 по 1918 г., возросло с 24 до 800 тыс. т, т. е. в 33 раза. Аналогичная картина наблюдалась в Германии и Канаде. В этот же период электропечи нашли широкое применение для получения ферросплавов, выплавки цветных металлов, а также в химической промышленности — для производства карбида кальция, фосфора и других продуктов [1]. Из-за довольно высокой стоимости электросталеплавильного процесса в этот период дуговые печи использовали в основном для производства легированной стали специального назначения и лишь в литейных цехах в них выплавляли простую углеродистую сталь. Удельная мощность трансформатора у дуговых печей составляла 200...300 кВ·А/т и в течение всего первого этапа изменилась незначительно. Наибольшая мощность используемых в этот период трансформаторов достигла 50 МВ·А, вторичное напряжение — 560 В, сила рабочего тока — 60 кА. Для питания ДСП использовали первичное напряжение 6, 10 и 35 кВ [2].

### Список литературы

1. Шухардин С. В., Ламан Н. К., Федоров А. С. Техника в ее историческом развитии (70-е годы XIX — начало XX в.). — М: Наука, 1982.— 511 с. — С. 130–133.
2. Электрические промышленные печи. Дуговые печи и установки специального нагрева: учебник для вузов по спец. «Электротермические установки» / А. Д. Свенчанский [и др.]; под ред. А. Д. Свенчанского. — М., 1981.— 296 с.: ил.
3. История развития электросталеплавильного производства // elar.urfu.ru URL: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/35709/1/gpis\\_2015\\_07.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/35709/1/gpis_2015_07.pdf) (дата обращения: 26.02.2023).
4. Белых Д. В., Клименко А. А. Современные электросталеплавильные печи для производства ферросплавов//Технологии металлургии, машиностроения и материалообработки.— 2021.— № 20. — С. 221–226.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА ГОРЯЧЕКАТАНОГО РУЛОННОГО ПРОКАТА

*Е.А. Кокорина, Е.А. Паршин*

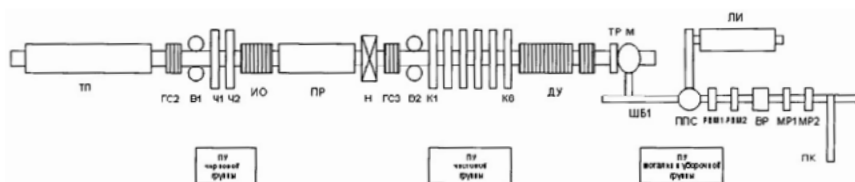
*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В статье рассмотрен технологический процесс производства горячекатаного рулонного проката в условиях Литейно-прокатного комплекса «Выксунского металлургического завода». По сравнению с традиционной технологией прокатки толстых слябов новая технология, применяющаяся на ЛПК, обладает многочисленными преимуществами, касающимися как капитальных затрат, так и расходов по переделу, и эксплуатационных расходов.*

***Ключевые слова:** прокатка, технологический процесс, горячекатаный рулонный прокат, производство стальных листов.*

Прокатная часть литейно-прокатного комплекса может быть размещена с одной или двумя МНЛЗ в зависимости от номинальной производительности цеха. По сути ЛПК представляет собой хорошо

гармонизированную и автоматизированную систему, состоящую из тонкослябовой МНЛЗ, участка подогрева (выравнивания температуры) сляба и очистки его от окалины, и прокатного стана для получения горячекатаного листа заданной толщины [1]. Схема расположения основного оборудования показана на рисунке 1.[4]



**Рисунок 1.** Схема расположения основного оборудования стана

ТП — туннельная печь; ГС — гидросбив; В — вертикальная клетка; ПР — подогреваемый рольганг; ИО — интенсивное охлаждение; Ч — черновая клетка; К — чистовая клетка; Н — барабанные ножницы; ДУ — душирующая установка; ПК — передаточный конвейер; ТР — тянущие ролики; М — Моталка; ШБ — шагающая балка; ЛИ — линия инспекции; ППС — подъемно-поворотный стол; ОМ — обвязочная машина; ВР — весы; МР — маркировщик; ПУ — пост управления.

Непрерывно литые слябы разрезают на мерные длины и транспортируют в туннельную печь. Сляб поступает в печь при температуре 900–1050 °С в зависимости от скорости (ширины и марки стали). Туннельная печь сконструирована с длиной в 200 метров. В печи помещаются до 5 слябов максимальной длины до 37,5 м. Нагрев сляба внутри печи происходит до требуемой температуры (1050–1150 °С в зависимости от марки стали и конечной толщины) и выдача его на рольганг перед задачей в валки. Там же происходит удаление окалины, образовавшейся при нагреве [2].

Перед задачей металла в черновую группу клетей происходит обжатие боковых кромок сляба на вертикальной клетке черновой группы с целью улучшения качества кромок и обеспечения сохранения ширины сляба в пределах величины допусков.

Прокатка исходного сляба в промежуточный раскат на двух непрерывных клетях кварто черновой группы клетей осуществляется в соответствии с выбранными режимами обжатий. На черновых кле-

тях слябы обжимаются с исходного размера в 90 мм (или 105 мм) до промежуточной толщины (20–45 мм), требуемой при входе на чистовую группу клетей.

Для обеспечения снижения температуры раската на входе в чистовую группу клетей раскат подстуживают на установках для охлаждения. Далее происходит выравнивание температуры по длине раската, сведение к минимуму разницы температуры головы и хвоста раската в подогреваемом передаточном рольганге и транспортировка его к чистовой группе клетей.

На выходе из подогреваемого рольганга раскат через направляющие линейки попадает на летучие ножницы барабанного типа с максимальной толщиной реза 45 мм, предназначенные для обрезки головного и хвостового концов раската, а также установка для гидросбива окалины.

На входе в чистовую группу расположена вертикальная клеть для обжатия боковых кромок раската с целью улучшения качества боковых кромок листа и обеспечения сохранения ширины сляба в пределах величины допусков.

Прокатка промежуточного раската, поступившего из черновой группы клетей, в готовую полосу требуемой толщины осуществляется в чистовой группе клетей. Чистовая группа состоит из шести клетей «кварто», оборудованных гидроцилиндрами с длинным ходом в системе автоматической регулировки толщины и месдозами для контроля давления металла на валки, обнуляющимися при каждой смене валков. Клетки стана оборудованы петлеобразующими устройствами с гидроприводом для регулировки натяжения между клетями и межклетевым охлаждением для управления температурой на выходе, упрощая работу по окончательному регулированию температуры металла на отводящем рольганге.

Охлаждение готовой полосы происходит до температуры смотки со скоростью охлаждения, необходимой для получения требуемой микроструктуры стали и обеспечения необходимых характеристик готовой продукции. Для охлаждения предназначен отводящий рольганг, на котором установлена система ламинарного охлаждения, состоящая из 20 основных коллекторов типа водяная стена плюс 3 аналогичных, предназначенных для тримминга (тонкого регулирования) температуры смотки полосы [3].

Смотка готовой полосы в рулон происходит на роliko-барабанной моталке. Одна нижняя моталка оборудована тремя формирующими роliками с гидроприводом для регулирования отскоков (НЖАС). Барабан выполнен с расклиниванием, вставная конструкция обеспечивает простоту демонтажа при техобслуживании. Для предотвращения прогиба барабана при смотке рулона предусмотрена опора с выносным подшипником. Для отклонения полосы в формирующие роliки и ее захвата барабаном предусмотрены верхний и нижний тянущие роliки. На случай неисправности в конце линии установлен один уловитель полосы [4].

После смотки рулона одна рулонная тележка снимает рулоны с барабана нижней моталки и передает их на один промежуточный стенд.

Один манипулятор (экстрактор) загружает рулоны с промежуточного стенда на участки погрузки с шагающими балками. Шагающие балки снимают рулоны непосредственно с манипулятора (экстрактора) и проводят их через:

- одну комплектную линию проверки качества;
- одну машину для обвязки рулонов по окружности;
- одну машину для радиальной обвязки рулонов;
- одни весы для взвешивания рулонов;
- две машины для маркировки рулонов.

Обработка рулонов производится на полностью автоматизированном оборудовании, что гарантирует оптимальное качество готовой продукции.

### ***Список литературы***

1. Еланский Г.Н., Линчевский Б.В., Кальменев А.А. Основы производства и обработки металлов: учебник. М.: МГВМИ, 2019.
2. Столяров А.М., Бигеев В.А., Отливка тонких слябов на машине непрерывного литья заготовки: Учебное пособие с грифом УМО в области металлургии. Магнитогорск: изд-во Магнитогорск, гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2019.
3. Поволоцкий Д.Я. Основы технологии производства стали; Учебное пособие для вузов. Челябинск: ЮУрГУ, 2017.
4. Ерыгин В. А., Мунтин А. В., Панов А. В. Патент № 2679159 С1 Российская Федерация, МПК В21В 1/46. Способ производства особо

тонких горячекатаных полос на широкополосном стане литейно-прокатного комплекса: № 2018108647: заявл. 07.03.2018: опубл. 06.02.2019; заявитель Акционерное Общество «Выксунский металлургический завод».

## **ИСТОРИЯ И ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕФОРМИРУЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИКЕЛЯ**

*С.О. Шатагин, А.Д. Сладков*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация:** В статье рассмотрена история производства деформируемых изделий из никеля, а также технология их производства.*

***Ключевые слова:** деформируемые детали из никеля, никель, деформируемый жаропрочный никелевый сплав.*

Основой современной техники являются металлы и металлические сплавы. Разнообразные требования к металлическим материалам возрастают по мере развития новых отраслей техники. Как элемент никель был открыт в 1751 г. шведским химиком Акселем Кронстедтом, обнаружившем его в минерале никели-30, который в то время назывался иначе — купферникель («медный дьявол»). Дело в том, что еще в Средние века саксонские рудокопы часто встречали минерал красноватого цвета. Из-за своей окраски камень был ошибочно принят ими за медную руду, однако попытки выплавить из него медь так и не увенчались успехом. А. Кронстедт сумел все-таки получить из купферникеля металл, но не медь, а какой-то новый элемент, который он назвал никелем.

В 1865 г. крупные месторождения никелевых руд были обнаружены в Новой Каледонии. Начальником горного департамента этой французской колонии незадолго до описываемых событий был назначен Жюль Гарнье, обладавший исключительной энергией и глубокими знаниями. Он тотчас развил бурную деятельность, надеясь найти на острове полезные ископаемые. Вскоре его поиски увенча-

лись успехом — недра острова оказались богаты никелем. В честь энергичного француза новокаледонский никельсодержащий минерал назвали гарниеритом. Спустя почти два десятилетия в Канаде при прокладке Тихоокеанской железной дороги рабочие натолкнулись на громадные залежи медно-никелевых руд.

Эти два открытия послужили мощным импульсом к освоению промышленной добычи никеля. Приблизительно в те же годы было открыто и важное свойство этого элемента — улучшать качество стали. Правда, еще в 1820 г. знаменитый английский ученый Майкл Фарадей провел несколько опытов по выплавке сталей, содержащих никель, но тогда они не смогли заинтересовать металлургов.

В конце XIX в. Обуховский завод (Санкт-Петербург, Россия) получил ответственное задание военно-морского ведомства — освоить производство высококачественной корабельной брони.

Сейчас число никелевых сплавов, находящих широкое применение в технике, быту и ювелирном деле, превысило 3000. Монель-металл, например, успешно применяется в химическом машиностроении и судостроении. Нихромовые спирали используют в нагревательных приборах и электропечах сопротивления, нейзильбер — в конструировании различных приборов и аппаратов. В точной механике для изготовления калибров и эталонов применяют инвар — сплав с очень малым коэффициентом расширения: при нагреве от 0 до 40 °С его объем увеличивается всего на одну миллионную долю по сравнению с первоначальным. Платинит служит заменителем дорогостоящей платины в тех случаях, когда нужно впаять металл в стекло (шприцы, электролампы и т. п.). Упругий сплав элинвар — отличный материал для пружин, в частности часовых. Высокими магнитными свойствами обладают такие сплавы, как мишима, альнико, альни. Пермаллой после специальной термомеханической обработки приобретает необычайно большую магнитную проницаемость, легко намагничивается и размагничивается даже в слабых полях. Этот сплав находит применение в телефонии и радиотехнике. Для изготовления термпар используют хромель и алюмель. Из сплавов на основе никеля изготавливают турбинные лопатки реактивных авиалайнеров.

Но, пожалуй, наибольший интерес в научном и промышленном мире вызвал сплав никеля (55%) с титаном — нитинол, созданный в Лаборатории морской артиллерии США в начале 1960-х гг. Доста-



точно легкий, прочный, пластичный и коррозионностойкий, он считался неплохим сплавом и не более того. Однако его создатели продолжали проводить различные эксперименты, в ходе которых сплав проявил совершенно уникальную способность — «помнить» свое прошлое. Во время одного из многочисленных опытов нитиноловую спираль после определенной обработки нагрели до 150 °С и охладили, а затем подвесили к ней груз, который растянул ее и превратил в совершенно ровную проволоку. Чудеса начались, когда эту проволоку опять нагрели (до 95 °С): на глазах изумленных исследователей она превратилась в... спираль. Эксперимент ставили снова и снова, придавая металлу все более сложные формы, но он продолжал демонстрировать блестящую «память», принимая свой первоначальный облик.

После ВОВ в СССР возводятся крупнейшие ГОКи и металлургические заводы, многие из которых продолжают работать и сейчас. Кризис 90-х годов негативно отразился на состоянии данной отрасли, однако уже в 2000 г. производство цветных металлов в стране значительно выросло.

Предприятия по производству никеля размещены возле месторождений. Наиболее крупные из них — на Кольском полуострове, а также севере Сибири.

### ***Применение никеля и его сплавов в промышленности***

Никелевая труба [1] — вид металлопроката, который нашел широкое применение в различных промышленных отраслях. Трубы из никеля изготавливаются двумя основными способами: горячая и холодная прокатка. За счет того, что никель и его сплавы обладает отличной тягучестью и плавкостью, в процессе производства трубам придают нужную длину и диаметр. В составе такой продукции количество никеля — не ниже 80–90%. Это наделяет никелевые трубы повышенной прочностью, высокой температурой плавления, повышенной коррозионной устойчивостью, включая агрессивные среды. Для повышения прочностных характеристик в состав никелевых труб добавляют цинк, медь, алюминий и др. элементы. Некоторые виды труб могут проходить дополнительную обработку для защиты от соленой воды и абразивных веществ.

Никелевая труба особенно востребована для [1]:

- организации систем передачи жидкостей и газообразных веществ;
- конденсаторов;
- теплообменников;
- судостроения;
- перекачки щелочей в химической промышленности;
- научно-исследовательских опытов;
- изготовления медицинских инструментов.

Никелевые фитинги и фланцы [1] — вид соединительной арматуры из сплавов никеля — чаще всего это медно-никелевый сплав (Ni — 68%). Легирующими веществами также могут выступать железо и цинк. Изготавливаются штамповкой, отливкой и сваркой. Никелевые фланцы и фитинги характеризуются высокой степенью сопротивления коррозии, включая морскую воду, щелочи, кислоты, химические пары и т.п. Никелевая трубопроводная арматура отличается длительным сроком эксплуатации и не подвержена окислению, ржавчине, образованию трещин и сколов. Главное применение — обеспечение герметичного соединения никелевых труб. Помимо этого, фланец и фитинг из никеля используют для производства: паровых конденсаторов; химической аппаратуры; пищевого оборудования; медицинских приборов и инструментов; технологического оборудования.

Листы из никеля [1] — универсальная продукция, которая отличается отличными рабочими характеристиками. Весь листовой прокат из никеля обладает высокой устойчивостью к коррозии в солевых и кислотных средах, в том числе к нитратам, ацетатам, карбонатам и оксидам. Никелевые листы имеют высокую устойчивость к подогретым растворам щелочей и жирным кислотам. Также никелевый лист оптимален для применения в условиях образования галогенной и солевой коррозии. Поэтому применение листа из никеля так востребовано в пищевой, химической, водоочистительной промышленности, а также при изготовлении измерительных электроприборов.

Никелевая полоса [1] — материал, который используется в машиностроительной отрасли для электронагревательных элементов, способных сохранять постоянные электрические показатели. Также полоса из никеля используется в производстве электротехники

и электронагревателей, в изготовлении резистивных элементов со стабильными электрическими параметрами.

Полосы из никеля по способу изготовления делятся на горячекатаные и холоднокатаные, а по состоянию — твердые и мягкие. Эти изделия из никеля характеризуются жаропрочность, высоким сопротивлением и коррозионной стойкостью.

Никелевый прутки [1] применяется в электровакуумном и машиностроении. Однако, основное применение никелевого прутка — химическая промышленность и лаборатории. Основные свойства прутка из никеля — повышенная коррозионная стойкость в любой агрессивной среде, прочностью и пластичностью, а также высокой стойкостью к воздействию повышенных температур. Главная особенность никелевых прутков — способность покрываться защитной антикоррозионной оксидной пленкой на открытом воздухе. Прутки из никеля по способу изготовления могут быть горячекатаными или тянутыми. Изделие из никеля легко поддается различным видам обработки: ковка, объемная и листовая штамповка, прокатка, прессование.

Технология производства деформируемых изделий из никеля

В настоящее время известны способы производства изделий из жаропрочных никелевых сплавов, позволяющие добиться высокого уровня их свойств и надежности. Для дисков ГТД используют технологии с применением слитка или компактированной заготовки, полученной гранульной металлургией, включающие:

- производство слитков вакуумно-индукционной выплавкой;
- плазменную плавку и центробежное распыление заготовок на гранулы;
- рассев гранул по крупности;
- сепарацию их от инородных частиц;
- дегазацию гранул и герметизацию в капсулах;
- горячее изостатическое прессование;
- термическую обработку изделия (Г.Гарибов, А.Казберович «ВИЛС: технологии XXI века», АВИА панорама, 2001, № 5–6, с. 38–39).

Способ получения изделия из деформируемого жаропрочного никелевого сплава, включающий вакуумно-индукционную выплавку, получение заготовки под деформацию, гомогенизирующий отжиг, предварительную деформацию, окончательную деформацию

с получением изделия, в котором гомогенизирующий отжиг проводят в четыре ступени [2,5]:

I-я ступень — нагрев при температуре  $T_{\text{пр}'}-(500\div 600)^\circ\text{C}$  с выдержкой не менее 2 часов,

II-я ступень — нагрев со скоростью не более  $60^\circ\text{C}/\text{час}$  до температуры  $T_{\text{пр}'}-(5\div 10)^\circ\text{C}$ , с выдержкой не менее 2 часов,

III-я ступень — нагрев до температуры  $T_{\text{пр}'}+(20\div 30)^\circ\text{C}$ , с выдержкой не менее 3 часов,

IV-я ступень — охлаждение со скоростью не более  $30^\circ\text{C}/\text{час}$  до температуры  $T_{\text{пр}'}$  с выдержкой не менее 3 часов, нагрев под предварительную деформацию проводят в две ступени:

I-я ступень — нагрев до температуры  $T_{\text{пр}'}-(225\div 245)^\circ\text{C}$  с выдержкой не менее 3 часов,

II-я ступень — нагрев до температуры  $T_{\text{пр}'}$  со скоростью не более  $60^\circ\text{C}/\text{час}$ , с выдержкой не менее 4 часов, предварительную деформацию проводят с суммарной степенью деформации  $25\div 30\%$ , нагрев под окончательную деформацию осуществляют в две ступени:

I-я ступень — нагрев до температуры  $T_{\text{пр}'}-(225\div 245)^\circ\text{C}$  с выдержкой не менее 2 часов,

II-я ступень — нагрев до температуры  $T_{\text{пр}'}$  со скоростью не более  $60^\circ\text{C}/\text{час}$ , с выдержкой не менее 2 часов, окончательную деформацию проводят с суммарной степенью деформации  $30\div 50\%$ , где  $T_{\text{пр}'}$  — температура полного растворения  $\gamma'$ -фазы.

Слиток сплава ЭК151, содержащий 43–45%  $\gamma'$ -фазы с температурой ее полного растворения  $1140^\circ\text{C}$  ( $T_{\text{пр}'}$ ), получали вакуумно-индукционной выплавкой с последующим вакуумно-дуговым переплавом, подвергали четырехступенчатому гомогенизирующему отжигу: нагрев при  $1140-500=640^\circ\text{C}$ , выдержка 3 часа (скорость нагрева ограничивается техническими возможностями печи), нагрев со скоростью  $40^\circ\text{C}/\text{час}$  до  $1140-5=1135^\circ\text{C}$ , выдержка 2 часа, нагрев до  $1140+20=1160^\circ\text{C}$ , выдержка 4 часа, скорость нагрева ограничивается техническими возможностями печи, охлаждение со скоростью  $30^\circ\text{C}/\text{час}$  до  $1140^\circ\text{C}$ , выдержка 5 часов. После проведения гомогенизирующего отжига проводили предварительную деформацию при температуре  $1140^\circ\text{C}$  с суммарной степенью деформации 25%, нагрев под предварительную деформацию проводили в две ступени: I-ая ступень — нагрев до  $1140-225=915^\circ\text{C}$ , выдержка 5 часов, ско-

рость нагрева ограничивается техническими возможностями печи, II-я ступень — нагрев со скоростью 40 °С/час до 1140 °С, выдержка 4 часа. Окончательную деформацию проводили с нагревом в две ступени: I-ая ступень — нагрев до 1140–225=915 °С, выдержка 4 часа, скорость нагрева ограничивается техническими возможностями печи, II-я ступень — нагрев со скоростью 40 °С/час до 1140 °С, выдержка 2 часа. Суммарная степень окончательной деформации 50%. Примеры 2 и 3 аналогичны вышеизложенному, параметры способа приведены в таблице 1.

Предлагаемый способ получения изделия из деформируемого жаропрочного никелевого сплава позволяет повысить выход годного на 11÷15% от слитка с понижением на 42÷45% напряжения течения.

Изделия, полученные предлагаемым способом, имеют повышенный ресурс и надежность и могут быть использованы в перспективных газотурбинных двигателях. Способ обеспечивает возможность получения крупногабаритных изделий горячего тракта ГТД из больших слитков, предотвращает оплавление слитка в процессе непрерывного нагрева на температуру гомогенизации и уменьшает энергетические затраты за счет снижения усилия прессования, определяемого более низким напряжением течения металла при деформации.

### **Список литературы**

1. Выбор и применение материалов. В 5 томах. Т. 4. Выбор и применение цветных металлов и сплавов: учебное пособие / Н. А. Свидунович, П. А. Витязь, И. В. Войтов [и др.]; под редакцией Н. А. Свидуновича. — Минск: Белорусская наука, 2020. — 617 с
2. Патент RU 2387733 Способ получения изделия из деформируемого жаропрочного никелевого сплава. Авторы патента: Б.Р. Некрасов Б; Е.Н. Каблов; В.В. Кучеряев; М.В. Бубнов.
3. Теоретические и экспериментальные исследования процессов пластической деформации сталей и сплавов / А. В. Зиновьев, В. А. Трусов, В. К. Потемкин [и др.].— 2007.— № 4. — С. 7–14.
4. Патент № 2622470 С Российская Федерация, МПК С22С 19/05, С22F 1/10. Термообработки сплава на основе никеля, сплавов на основе никеля и изделий, содержащих сплавы на основе никеля:

№ 2014126345: заявл. 02.11.2012; опубл. 15.06.2017 / Э. Т. Макдевитт; заявитель ЭйТиАй ПРОПЕРТИЗ ЭлЭлСи.

5. Патент № 2186144 С1 Российская Федерация, МПК С22С 19/05. Никелевый жаропрочный сплав для монокристалльного литья и изделие, выполненное из этого сплава: № 2000128501/02: заявл. 16.11.2000; опубл. 27.07.2002 / В. Н. Толораия, Н. Г. Орехов, Е. Н. Каблов, Е. Н. Чубарова; заявитель Государственное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов».

## ИСТОРИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕФОРМИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЯ

*С.С. Шаров, А.Д. Сладков, А.В. Зиновьев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье рассмотрена технология производства деформируемых алюминиевых сплавов и их применение. Выделены преимущества и недостатки их производства. Рассмотрена история производства алюминия в России.

**Ключевые слова:** алюминий, история производства алюминия; деформируемые алюминиевые сплавы, технологический процесс получения алюминия.

Алюминий — химический элемент III группы периодической системы Менделеева (атомный номер 13, атомная масса 26,98154). В большинстве соединений алюминий трехвалентен, но при высоких температурах он способен проявлять и степень окисления +1. Из соединений этого металла самое важное — оксид  $Al_2O_3$ . Алюминий — серебристый-белый металл, легкий (плотность 2,7 г/см<sup>3</sup>), пластичный, хороший проводник электричества и тепла, температура плавления 660°С. Он легко вытягивается в проволоку и прокатывается в тонкие листы. Алюминий химически активен (на воздухе покрывается защитной оксидной пленкой — оксидом алюминия. Оксид алю-

миния ( $Al_2O_3$ ) надежно предохраняет металл от дальнейшего окисления. Но если порошок алюминия или алюминиевую фольгу сильно нагреть, то металл сгорает ослепительным пламенем, превращаясь в оксид алюминия. Алюминий растворяется даже в разбавленных соляной и серной кислотах, особенно при нагревании. А вот в сильно разбавленной и концентрированной холодной азотной кислоте алюминий не растворяется [2].

Промышленное производство алюминия в России началось в начале 30х годов XX века. Для организации промышленного производства алюминия требовалось сырье и дешевая электроэнергия. В то время в России было известно лишь Тихвинское месторождение бокситов. В 1928–1930 годы в Санкт-Петербурге были проведены исследования по отработке технологии переработки этих бокситов на глинозем и по выбору оптимальной конструкции электролизера для первых алюминиевых заводов. Результаты этих работ были заложены в основу для проектирования Волховского алюминиевого завода.

Важнейшее значение для организации отечественного производства алюминия имело принятие и реализация плана ГОЭЛРО, что позволило обеспечить дешевой электроэнергией строящиеся заводы. В 1931 г. образованы отраслевой институт алюминиевой и магниевой промышленности (ВАМИ) и в последующие годы Всероссийского института легких сплавов (ВИЛС).

Первая промышленная партия алюминия была получена на Волховском алюминиевом заводе 14 мая 1932 г. Этот день считается днем рождения алюминиевой промышленности России. В 1933 г. был пущен в эксплуатацию Днепровский алюминиевый завод на Украине. В 1938 г. на базе Тихвинского месторождения бокситов построен Бокситогорский глиноземный завод. В 1931 г. на Урале были открыты месторождения бокситов в совокупности образующих Северо-Уральский бокситовый район, который в дальнейшем стал сырьевой базой алюминиевой промышленности Урала. В 1939 г. состоялся пуск Уральского алюминиевого завода мощностью 70 тыс. т глинозема и 25 тыс. т алюминия [4].

В годы Великой Отечественной войны, для обеспечения возросших потребностей оборонной промышленности, было принято решение об увеличении мощностей по производству алюминия на

Уральском заводе, а также о строительстве Богословского и Новокузнецкого алюминиевых заводов. В июле 1942 г. мощности Уральского завода по производству алюминия были увеличены в два раза. 7 января 1943 г. страна получила первый сибирский алюминий на Новокузнецком алюминиевом заводе. Первый глинозем на Богословском заводе получен 3 мая 1943 г., в 1944 г. начал выдавать продукцию Каменск-Уральский металлургический завод, а в день Победы — 9 мая 1945 г., Богословский завод выплавил свой первый алюминий [3].

В послевоенный период алюминиевая промышленность России продолжала интенсивно развиваться за счет ввода новых и расширения действующих мощностей.

В пятидесятые годы введены в эксплуатацию: Кандалакшский, Надвоицкий и Волгоградский алюминиевые заводы, Белокалитвинское металлургическое производственное объединение и Самарский металлургический завод, специализирующиеся на выпуске полуфабрикатов из алюминиевых сплавов, а так же Пикалевский глиноземный завод — комплексное предприятие по переработке Кольских нефелиновых концентратов.

В шестидесятые и семидесятые годы в непосредственной близости от источников дешевой электроэнергии, крупнейших ГЭС, были построены Иркутский, Красноярский и Братский алюминиевые заводы. В этот же период были введены в эксплуатацию Красноярский металлургический завод, Павлодарский алюминиевый завод, Ачинский глиноземный комбинат и «Дмитровский опытный завод алюминиевой консервной ленты». В 1983 г. и в 1985 г. вступили в строй Николаевский глиноземный и Саянский алюминиевые заводы, оснащенные современными технологиями и оборудованием.

В 1995 г. начал выдавать продукцию завод «Саянская фольга». В настоящее время алюминиевая промышленность России является крупнейшим в мире производителем и экспортером алюминия. В 1996 г. в отрасли начались структурные преобразования по созданию интегрированных компаний. В настоящее время в отрасли действуют три алюминиевые компании: «РУСАЛ — Управляющая компания», «СУАЛ — холдинг» и Алко Россия [1].

Технологический процесс получения алюминия состоит из двух стадий: получения глинозема ( $Al_2O_3$ ) из руды и производства алюминия из глинозема. В зависимости от состава и свойств исходного



сырья применяют различные способы получения глинозема: химико-термические, кислотные и щелочные.

Широкое распространение получили щелочные способы. Этим способом перерабатываются бокситы с низким содержанием кремнезема (2–3%). Боксит при этом сушат, дробят, размалывают в шаровых мельницах и обрабатывают концентрированной щелочью для перевода гидрата окиси алюминия, в алюминат натрия

Алюминат натрия ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) переходит в водный раствор, а другие примеси, не растворимые в щелочах, выпадают в осадок и отфильтровываются. Одна часть кремнезема также переходит в осадок, а другая растворяется в щелочи и загрязняет водный раствор. В связи с этим для очищения раствора требуется повышенный расход едкого натра.

Отфильтрованный водный раствор алюмината натрия поступает в специальные аппараты — самоиспарители, где происходит гидролиз алюмината натрия и выделение гидроокиси алюминия.

Полученная гидроокись алюминия направляется на фильтрование, а затем промывается и поступает в печи, где при температуре  $1200^\circ$  прокаливается. В процессе прокаливания получают чистый глинозем [5].

Глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) представляет собой прочное химическое соединение, температура его плавления  $2050$ , кипения —  $2980^\circ\text{C}$ . В этих условиях восстановление алюминия углеродом или его окисью весьма затруднительно, так как этот процесс заканчивается образованием карбида алюминия ( $\text{Al}_3\text{C}_4$ ).

Не представляется возможным получить алюминий с помощью электролиза водного раствора солей, так как в этом случае на катоде выделяется только водород. Поэтому алюминий получают электролизом из глинозема, растворенного в расплавленном криолите. Процесс происходит в специальных электролизных ваннах. На дне ванны (катоде) собирается жидкий алюминий, который периодически откачивается с помощью вакуумного ковша, соединенного с вакуумным насосом, по мере необходимости электрод обновляется. Суточная производительность ванны составляет около  $350$  кг алюминия. Длительность непрерывной работы ванны — 2–3 года. Для производства одной тонны алюминия расходуется около — 2 т глинозема, 0,7 т анодной массы, 0,1 т криолита и других фторидов и 16–18 тыс. кВт•ч

электроэнергии. В структуре себестоимости 1 т алюминия затраты на электроэнергию составляют более 30%, около 50% приходится на сырье и основные материалы. В этих условиях рациональное и экономное использование сырья и электроэнергии является одним из путей снижения себестоимости алюминия.

Российские алюминиевые сплавы прошли блистательный путь развития. Трудно себе представить, какой из конструкционных материалов может сейчас успешно конкурировать с алюминием. Неслучайно он является основой большинства конструкций в ведущих областях техники — в авиации, ракетах, атомной промышленности. Он применяется также в строительстве, преимущественно в виде сплавов алюминия с другими металлами, электротехнике (заменитель меди при изготовлении кабелей и т.д.), пищевой промышленности (фольга), металлургии (легирующая добавка), алюмотермии и т.д.

Созданы алюминиевые сплавы с прочностью среднелегированной стали, криогенные сплавы высокой пластичности для температуры жидкого водорода, сверхлегкие алюминиевые сплавы слитием — все, что в 1950-х годах считалось невозможным, стало действительностью. Новые сплавы рождались на базе теоретических открытий и обобщений, их применение становилось возможным после преодоления сложных технологических трудностей и в жесткой борьбе с многочисленными оппонентами, призывающими использовать то, что хорошо проверено практикой, и не подвергать себя опасностям, связанным с освоением нового неизведанного материала. Накопленный опыт показывает, что только постоянный и мощный прогресс алюминиевых сплавов обеспечил важнейшим изделиям авиационной, ракетной и ядерной техники лидирующее положение в мире.

Хоть в нынешний век на смену алюминиевым изделиям приходится пластик и выявляются все новые материалы для массового производства, алюминий никогда не потеряет своей ценности во всех сферах промышленности.

### *Список литературы*

1. Филатов, Ю. А. Сплавы системы Al-Mg-Sc как особая группа деформируемых алюминиевых сплавов / Ю. А. Филатов // Технология легких сплавов.— 2014.— № 2. — С. 34–41.

2. Авторское свидетельство № 724600 А1 СССР, МПК С22F 1/04, С22F 1/053. Способ изготовления изделий из деформируемых алюминиевых сплавов: № 2546126: заявл. 21.11.1977; опубл. 30.03.1980 / С. Т. Басюк, Г. И. Медведева, В. И. Елагин [и др.]; заявитель ПРЕДПРИЯТИЕ П/Я В-8601, ПРЕДПРИЯТИЕ П/Я Г-4361.
3. Производство деталей методом 3D-печати в ООО «Гранком» / Е. С. Новикова, А. И. Демченко, А. А. Максимов, А. А. Тихонова // Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 91–95.
4. Ермолаева В. А., Козлова Я. Ю. Исследование технологического процесса получения алюминия электролизом глинозема // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности.— 2016.— № 4(30). — С. 10–14.
5. Modelling of cooling and recrystallization kinetics during self-annealing of aluminium coils / A. Nam, E. Aryshenskii, R. Kawalla [et al.] // Materials Science Forum.— 2018. — Vol. 918. — P. 110–116. — DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.918.110.

## **ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИИ БРОНЗОВОГО ВЕКА ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ**

*Д.А. Тарасов, А.С. Кузякин*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

***Аннотация.** В работе изучена история металлургии бронзового века Южного Зауралья.*

***Ключевые слова:** металлургия, бронзовый век Южного Зауралья, история металлургии.*

Урал издревле известен своими богатыми ресурсами, которые были необходимы для развития металлургии в древности. Метал-

лургия включает в себя следующие этапы: горное дело — происходит добыча руды и ее обогащение; выплавка металла из руд; металлообработка — отливка и ковка металлических изделий. Исходя из этого, в работе представлена история изучения металлургии в зависимости от отдельных стадий металл производства и методов исследования.

Свидетельства существования горного дела в древности на Южном Урале были известны еще в XVIII в., но более подробное их изучение началось в XX в. Сначала это были лишь упоминания, краткие заметки и описания местонахождений. К середине XX в. появляются полевые методы исследования, выполняется топография местности вокруг рудников и составляется их картографирование в Пластовском районе Челябинской области.

В 70-х гг. XX в. археолог Е.Н. Черных, наряду с полевыми археологическими методами, начинает использовать в своих исследованиях методы естественных наук. После проведенного рентген флуоресцентного анализа руд, шлаков и корольков меди с рудников Еленовского и Ушкаттинского, автор пришел к выводу, что руды с этих рудников имеют схожий химический состав. Автор провел раскопки на месторождениях Бакр-Узяк, Вознесенское, Никольское. Он разделил известные месторождения на Южном Урале на три категории по следующим критериям: данные геологических обследований и характер руд, наличие выходов окисленных медных минералов на поверхность. Подробно описал каждую из категорий: месторождения, безусловно эксплуатировавшиеся в древности; месторождения, возможно разрабатывавшиеся в древности; и месторождения, не эксплуатировавшиеся в древности.

В разведке он исследовал зауральские месторождения Еленовка и Уш-Катта, на месте возможно использовавшихся месторождений (Бакр-Узяк и Камышлы-Узяк) заложил разведывательные траншеи, собрал окисленную руду и сделал выводы о представленной минерализации на этих месторождениях. С помощью спектрального анализа Е.Н. Черных составил гистограммы распределения концентраций примесей в медной руде. После анализа руд, шлаков и медных корольков он пришел к выводу, что химические составы ушкаттинских и еленовских руд в целом близки. Кроме того, он выделил химические группы металлов в зависимости от примесей в них.

Также были проведены исследования других древних медных рудников в степной зоне Южного Урала — Ишкининского, Дергамышского, Ивановского и Еленовского, составлены схемы их геологического строения и строения отвалов. На основании геологических и минералогических данных был сделан вывод о том, что Ишкининское месторождение было важным источником руд для поселений Синташта и Аркаим. В ходе проведенных исследований было выявлено количество добывавшихся руд, проведены различные геофизические исследования, тахеометрическая и георадарная, магнитометрическая съемки; прослежены этапы разработки древних рудников. Был констатирован факт, что время функционирования рудника Воровская Яма приходится на конец средней — начало поздней бронзы и совпадает со временем существования синташтинской и алакульской культур. По данным геофизических исследований была выстроена 3D-модель рудника Воровская Яма. Получена информация о составе хромитовых руд Варшавского рудного поля, расположенного в северной части микрорайона.

В полевых сезонах 2017–2018 гг. экспедицией ЮУрГГПУ совместно с ИМин УрО РАН был исследован рудник Новотемирский [2]. О принадлежности данного рудника к эпохе бронзового века свидетельствует сходство морфологии выработки с рудником Воровская Яма и фрагмент керамики бронзового века под отвалами карьера.

Рассмотрим, какие исследования были посвящены изучению выплавки металлов из руд в бронзовом веке. В середине XX в. археологи пользовались методом визуальной фиксации свидетельств выплавки на месторождениях, поселениях и могильниках. Обнаружение кусочков руды, шлаков, сплесков, мелких слитков меди, фрагментов ошлакованной ке рамики и специальных мест для плавления (ямы и вымостки из камней) помогло сделать вывод о том, что металл выплавлялся непосредственно на поселениях

Следующим этапом стало применение экспериментальных и геолого-минералогических методов в конце XX — начале XXI вв. С.А. Григорьев изучал шлаки, руды и металлургические печи из материалов раскопок синташтинских городищ с помощью визуальной фиксации в культурном слое и экспериментального моделирования

древних технологий выплавки металла. Он использовал следующие лабораторные методы: исследование анализов шлака под микроскопом в отраженном свете, рентгеноструктурный, оптико-минералогический и спектральный анализы, с помощью которых можно определить источники, формировавшие рудную базу какой-либо археологической культуры. Автор разделил печи на две категории: однокамерные и двухкамерные. Для определения объема загрузки печей и выхода конечного продукта основным методом является световая микроскопия, но в ряде случаев необходимо дублировать ее результаты данными рентгеноструктурного анализа. В результате минералогического анализа поливок шлака, образцы были разбиты на различные минералогические группы: по памятникам и культурным группам [4].

На ранних этапах изучения изделий из металла преобладал сравнительно-типологический метод и работы, посвященные классификации орудий. Б.Г. Тихонов составил полную классификацию и типологию металлических изделий и нанес на карту территории распространения металлических изделий на Южном Урале.

Е.Н. Черных [1970] провел спектральный анализ металлических изделий культур бронзового века из материалов раскопок на Южном Урале. Были проанализированы 905 изделий, как из культурных слоев памятников, так и случайных находок, металл подразделен на химические и металлургические группы. Кроме того, он произвел подробное разделение металлического инвентаря на типы и выделил 4 фазы в металлургии Южного Урала: кавказский, западный, восточный и уральский импульсы.

Археолог Н.А. Аванесова [1991] составила карту распространения изделий из металла, провела типологический и химический анализы, классифицировала металлические изделия и украшения. Анализируя весь металлический инвентарь андроновской культуры, автор попыталась проследить общий ход развития материальной культуры и технологические процессы. Был сделан вывод о том, что металлургия андроновских племен представляет собой самостоятельно сложившееся на местной основе производство, чему способствовал тот факт, что металлообработка андроновских племен базировалась на собственных рудных источниках.

### *Список литературы*

1. Аванесова Н.А. Культура пастушьих племен эпохи бронзы азиатской части СССР. Ташкент: Фан УзССР, 1991. 200 с.
2. Алаева И.П., Медведева П.С., Анкушев М.Н. Шахта раннего железного века на древнем руднике Новотемирский // Этнические взаимодействия на Южном Урале. Сарматы и их окружение: мат. VII Всерос. (с междунар. участием) науч. конф. / ред. кол.: В.И. Богдановский (предс.) и др.; отв. ред. А.Д. Таиров. Челябинск, 2017а. С. 7–13.
3. Алаева И.П., Рассомахин М.А., Медведева П.С., Анкушев М.Н. Свидетельства металлургического производства в коллекциях поселений бронзового века Южного Зауралья // Геоархеология и археологическая минералогия-2017. Миасс: ИМин УрО РАН, 2017б. С. 139–146.
4. Григорьев С.А. Металлургическое производство в Северной Евразии в эпоху бронзы / Челябинск: Цицеро, 2013. 660 с.
5. Дегтярева А.Д. История металлопроизводства Южного Зауралья в эпоху бронзы. Новосибирск: Наука, 2010. 162 с.
6. Епимахов А.В., Молчанов И.В. Свидетельства металлопроизводства бронзового века укрепленного поселения Каменный Амбар: каменные плавильные чаши // Вестник археологии, антропологии и этнографии. Археология. 2013. № 1 (20). С. 4–9.

## **ИСТОРИЯ И ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ТИТАНА**

*А.О. Фильчагов, А.С. Кузякин*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

*Аннотация. В работе выполнен анализ истории и основ технологий производства титана.*

*Ключевые слова: титан, производство титана, история производства титана, сплавы титана, основа технологического производства титана.*

Первооткрывателем титана считается 28-летний английский монах Уильям Грегор. Для своего времени, а это был конец XVIII в., он был весьма образованным человеком. В 1790 г., проводя минералогические изыскания в своем приходе, он обратил внимание на распространенность и необычные свойства черного песка в долине Менакэна на юго-западе Англии и принялся его исследовать. В песке священник обнаружил большое количество мелких зерен черного блестящего минерала, притягивающегося обыкновенным магнитом. Грегор стал производить с найденным магнитным минералом несколько опытов:

- растворил его сначала в соляной, затем в серной кислоте;
- упарил раствор и получил белый порошок, который при прокатке желтел, а при спекании с углем приобретал голубой цвет.

Исследованное природное образование черного цвета Грегор принял за новый, неизвестный ранее минерал, а выделенный из него белый порошок за новый элемент. Минералу и элементу дали название по местности, где они были найдены: минерал «менакэнит» и элемент «менакин». По сегодняшним представлениям открытый в 1790 г. «менакэпит» был титаномагнетитом — смесью твердых растворов ильменита и магнетита, а белый порошок «менакин» — диоксидом титана.

Титан был получен в чистом виде (всего лишь несколько килограммов) только в 40-х гг. XX в., а промышленное производство его началось в 1957 г. После Грегора и Клапрота, исследовавших минералы и двуокись титана в 1791–1795 гг., соединениями титана, выделяемыми, из титаномагнетитовых руд, занимался русский химик-металлург Товий Егорович Лониц. В 1821 г. немецкий химик Генрих Розе синтетическим путем в лабораторных условиях получил двуокись титана, а еще через год, в 1822–1823 гг., английский химик Волластон, исследуя черные кристаллики, выделенные им из металлургических шлаков сталеплавильного завода «Мертир-Гидвиль», открыл в них, как он уверял, «металлический титан». В этом его поддержал знаменитый шведский химик Йене Якоб Берцелиус, который в 1825 г. также выделил титан, как он считал, в чистом виде, восстановив фтортитанат калия. Но образцы титана Волластона и Берцелиуса были довольно далеки от чистого металла, так как содержали большое количество различных примесей (более 5%) и были хрупкими, не-



ковкими, непластичными; по существу, как было установлено позднее, представляли собой нитриды и карбиды титана. Поэтому после исследований Волластона и Берцелиуса почти полвека существовало мнение, что титан — элемент бесполезный, так как сделать из него «что-либо» практически невозможно.

Титан и сплавы на его основе обладают высокой коррозионной стойкостью и удельной прочностью. Недостатками титана являются его активное взаимодействие с атмосферными газами, склонность к водородной хрупкости. Титан плохо обрабатывается резанием, удовлетворительно — давлением, сваривается в защитной атмосфере. Широко распространено вакуумное литье.

Титан имеет две модификации:

- низкотемпературную (до 882 С) — титан с ГПУ решеткой;
- высокотемпературную — титан с ОЦК решеткой.

Титановые сплавы классифицируют также по технологии производства (деформируемые, литейные, порошковые), по физико-химическим, в том числе механическим, свойствам (высокопрочные, обычной прочности, высокопластичные, жаропрочные, коррозионностойкие).

Титановые сплавы термической обработкой не упрочняются. Широкое применение нашел сплав ВТ5–1, обладающий хорошей свариваемостью, жаропрочностью, кислотостойкостью, пластичностью при криогенных температурах. Обрабатывается давлением в горячем состоянии, термически стабилен до 450 С. Добавки олова в сплав улучшают его технологические и механические свойства.

Титановые сплавы упрочняются термической обработкой, состоящей из закалки и старения. Они хуже свариваются. Типичным представителем этой группы является сплав ВТ6, характеризующийся оптимальным сочетанием технологических и механических свойств. Уменьшение содержания алюминия и ванадия в сплаве (модификация ВТ6С) позволяет его использовать в сварных конструкциях.

Псевдотитановые сплавы характеризуются высоким содержанием стабилизаторов и вследствие этого — отсутствием мартенситного превращения.

Сплавы характеризуются высокой пластичностью в закаленном состоянии и высокой прочностью — в состаренном. Они удовлетворительно свариваются аргонодуговой сваркой.

Из сплавов титана изготавливают следующее: обшивку самолетов, морских судов, подводных лодок; корпуса ракет и двигателей; диски и лопатки стационарных турбин и компрессоров авиационных двигателей; гребные винты; баллоны для сжиженных газов; емкости для агрессивных химических сред.

Таким образом мы можем доказать, что титан и его сплавы часто применяются в плавке разных деталей, которые важны для различных отраслей.

Титан отличается высокой механической прочностью, коррозионной стойкостью, жаропрочностью ( $T_{пл} = 1660 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) и малой плотностью ( $4,51 \text{ г/см}^3$ ). Его применяют как конструкционный материал в самолетостроении, а также при постройке сосудов, предназначенных для транспортирования концентрированной азотной и разбавленной серной кислот.

Качества титановых сплавов, благодаря которым они находят широкое применение — малая плотность в сочетании с высокой прочностью и сопротивляемостью коррозии.

В настоящее время титановые сплавы широко применяются в ракетно-космической технике, в авиации, судостроении и транспортном машиностроении. По удельной прочности в интервале  $300\text{--}600 \text{ } ^\circ\text{C}$  титан не имеет себе равных. Ниже  $300 \text{ } ^\circ\text{C}$  — уступает алюминиевым сплавам; выше  $600 \text{ } ^\circ\text{C}$  — сплавам на основе железа и никеля [4].

Оборудование для химической промышленности из титановых сплавов характеризуется высокой долговечностью и низкими затратами на текущий ремонт.

Благодаря высокой стойкости к хлоридному воздействию титановые контейнеры целесообразно использовать для захоронения радиоактивных отходов в специальных подземных шахтах и галереях.

Высокая коррозионная стойкость в различных средах позволяет применять титановые сплавы в пищевой промышленности. Некоторые пищевые продукты могут портиться от контакта со сталью, тогда как титан не придает им постороннего запаха, цвета или вкуса. Благодаря пластичности и вязкости при низких температурах, титановые сплавы применяются в криогенной технике.

Титан используется в медицине благодаря полной биологической совместимости с тканями человеческого организма. Титан не оттор-

гается костной и мышечной тканями и легко обрастает ими. В ортопедической хирургии титановые сплавы используют в качестве протезов плечевых, тазобедренных и коленных суставов, а также для соединения и сращивания переломов. Их применяют для изготовления сердечно-сосудистых клапанов и электронных стимуляторов, а также в качестве зубопротезных имплантантов.

В России и других странах появились монументальные сооружения из титана. В Москве — монумент покорителям космоса и памятник Ю. Гагарину. В Японии широко используется листовая титан для наружной обшивки крыш, внутреннего интерьера.

Ювелиры заинтересованы в титане главным образом потому, что оксидные пленки на его поверхности окрашиваются во все цвета радуги.

### ***Список литературы***

1. Аникеев С.Г., Кафтаранова М.И., Ходоренко В.Н., Артюхова Н.В., Гарин А.С, Гюнтер В.Э. Влияние добавок титана на структурные особенности пористых материалов на основе никелида титана, полученных методом диффузионного спекания//Национальный исследовательский томский государственный университет, Томск, Россия. Год: 2020 Страницы: 968–974.
2. Akimenko A.A., Belousov O.V., Borisov R.V.I, Grabchak E.F. Study of chemical stability of titanium in model hydrochloric acid solutions of refining production//institute of chemistry and chemical technology of the siberian branch of the russian academy of sciences, Krasnoyarsk. Год: 2021 Страницы: 46–52.
3. Костыгова Л.А., Ракова Н.Н., Хотинский А.А. Перспективы развития производства и потребления металлопродукции из титана// МИСиС, вэб лизинг. год: 2009 страницы: 17а-21
4. Бубнов В. А., Князев А.Н. Титан и его сплавы в машиностроении// Курганский государственный университет, Кварк-Привод. Год: 2016 Страницы: 92–96.

## ОБЗОР ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ РОССИИ

*Н.С. Демидов, В.М. Сафонов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *В статье рассмотрено текущее состояние отрасли черной металлургии России.*

**Ключевые слова:** *черная металлургия, металлургия России.*

Черная металлургия — отрасль тяжелой промышленности, объединяющая технологически и организационно предприятия по добыче и обогащению рудного и нерудного сырья, по производству огнеупоров, продуктов коксохимической промышленности, чугуна, стали, проката, ферросплавов, стальных и чугунных труб, а также изделий дальнейшего передела (рельсовых скреплений, белой жести, оцинкованного железа), металлических порошков черных металлов. Основным исходным сырьем для получения черных металлов являются железная руда, коксующиеся угли и руды легирующих металлов.

К черным металлам относятся сплавы железа с углеродом — чугуны, сталь и полуфабрикатные изделия из них — прокат, а также марганец и хром, используемые как легирующие элементы. Основные запасы железных руд России сосредоточены в пределах Центрально-Черноземного района в крупнейших месторождениях Курской магнитной аномалии (более 60 млрд тонн) и Карелии, на Урале (около 15 млрд тонн) и в бассейнах Западной и Восточной Сибири. География железорудных месторождений в основном совпадает с географией производства черных металлов.

Производством черных металлов занимаются крупные предприятия с комбинированным циклом производств — так называемые комбинаты полного цикла (КПЦ). В России они дают примерно 90% чугуна, стали и проката. Есть заводы, выпускающие только чугун и изделия из него (доменные заводы); только сталь и прокат (предельные заводы); трубный прокат (трубопрокатные заводы) или металлические изделия из него (метизные заводы). Добычей железной руды занимаются горно-обогатительные комбинаты (ГОКи). Производство стали и проката на машиностроительных заводах относится к категории малой металлургии.

Исходное сырье для производства черных металлов — железные руды. Они различаются по происхождению, содержанию железа, количеству полезных и вредных примесей. Содержание железа может изменяться в широких пределах — от 16 до 60%. Различают богатые (> 50% Fe), рядовые (25–50%) и бедные (< 25%) железные руды.

Основные промышленные виды железной руды:

- бурые железняки (лимониты)— содержание Fe 55–30% и менее. Требуется обогащение. Они относятся к числу легкоплавких руд;
- красные железняки (гематиты)— содержание Fe 50–60%, иногда наблюдается значительное количество марганца (до 18%). Относятся к легкоплавким рудам;
- магнитные железняки (магнетиты)— содержание железа от богатых до бедных руд.
- шпатовые железняки (сидериты) — содержание Fe 30–35%. Руда легкоплавкая.

Россия хорошо обеспечена сырьем для черной металлургии. Общие запасы оцениваются в 256 млрд тонн (26% мировых), в том числе подтвержденные только 57 млрд тонн (27%). Это первые места в мире. Среднее содержание железа в рудах — 36%. Это скромные показатели.



Рис. 1. Использование стали в России

Этому процессу подвергается около 80% руд. Доменное производство — процесс получения чугуна в доменных печах. Чугун — сплав железа с углеродом (более 2%). Он обладает высокими литейными свойствами, твердостью при застывании, но хрупок при механической обработке. Сущность процесса доменной плавки состоит в восстановлении железа из окислов.

Сталь — сплав железа с углеродом, содержание которого не превышает 2%. Исходным сырьем в производстве стали является литейный чугун и металлический лом. Важные характеристики стали: ковкость, способность менять механические свойства в результате быстрого охлаждения. На этом основано широкое применение металла в различных отраслях экономики.

### *Список литературы*

1. Родионова, И. А. Промышленное производства регионов России: Структурные сдвиги / И. А. Родионова. — Региональная экономика: теория и практика.— 2009.
2. Стрелецкий, В. Н. Научно-технический прогресс как фактор развития территориальной структуры промышленности [Текст] / В. Н. Стрелецкий. — Территориальная структура староосвоенных районов. — М.: Наука.— 1995.
3. Арканова И. А., Доманцевич Н. Д. Перспективы развития оборотных циклов на предприятиях черной металлургии // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура.— 2021. — Т. 21, № 1. — С. 59–67. — DOI 10.14529/build210108.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ СТАЛИ 12МХ

*А.С. Кузякин, М.А. Валюгин, А.Д. Сладков, В.А. Белов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье влияния термической обработки на структуру стали 12МХ.

**Ключевые слова:** сталь 12МХ, термическая обработка, тепловое воздействие на АЭС, ВВЭР=1000, ядерный реактор, ловушка расплава.

Ядерная энергетика (Атомная энергетика) — отрасль энергетики, занимающаяся производством электрической и тепловой энергии путем преобразования ядерной энергии. Атомная энергетика является одним из основных источников энергии в мире. Она доказала свою безупречность в области экологии по сравнению с другими доминирующими источниками энергии.

Ядерная энергия производится в атомных электрических станциях, используется на атомных ледоколах, атомных подводных лодках. Удельный энергетический потенциал ядерного топлива, используемого в атомной энергетике, значительно превышает потенциал других альтернативных источников энергии. Использование атомной энергетике невозможно без введения системы безопасности высочайшего уровня. Одной из современных разработок российских ученых в области повышения безопасности эксплуатации ядерных реакторов является устройство локализации расплавленного топлива (УЛР), основным назначением которого является локализация и удержание кориума — расплава компонентов активной зоны в случае запредельной аварии с разрушением корпуса ректора. В таком случае корпус УЛР подвергается длительному высокотемпературному воздействию (до 1200 °С), высоким ударным и статическим нагрузкам [3].

Для изготовления корпуса УЛР в настоящее время используется конструкционная углеродистая качественная сталь 22К, которая обычно применяется при изготовлении деталей ответственного назначения, работающих при температурах до 450 °С без ограничений

по давлению [1]. В связи с высокой вероятностью разрушения УЛР из-за колоссальных термических нагрузок в случае аварии к конструкционным материалам данного устройства предъявляются высокие требования в отношении их механических свойств в условиях воздействия повышенных температур и ударных нагрузок. Поэтому разработка, исследование и модификация материалов корпуса УЛР, удовлетворяющих эксплуатационным требованиям, на сегодняшний день является актуальной задачей

Сталь 12МХ (хромомолибденовая) является жаропрочной и низколегированной. Содержит 0,25–0,3% С и легирующие элементы: хром, молибден. Структура: легированный феррит и равномерно распределенные в нем частицы карбидов (пластинчатой формы). Широкое применение получила при изготовлении труб пароперегревателей, трубопроводов и коллекторных установок высокого давления; поковок для паровых котлов и трубопроводов; деталей цилиндров газовых турбин; в качестве основного слоя при изготовлении горячекатаных двухслойных коррозионностойких листов [6].

Указанная сталь обладает удовлетворительным сопротивлением истиранию за счет значительного содержания в ней дорогостоящего молибдена. Содержание хрома в рассматриваемой стали придает устойчивость к коррозии, также содержание хрома способствует повышению износостойкости, преданию твердости и снижению пластичности материала. Прочностные показатели отличные, так как в металле есть маленькая доза углерода. Введенный молибден, который сочетают с никелем и хромом, создает эффект мелкого зерна, а также гарантирует свойства жаростойкости, красностойкости. Полный химический состав по ГОСТ 20072–74 приведен в таблице 1 [4]. Технологические и механические свойства приведены в таблицах 2 и 3 [5].

12МХ перлитная жаропрочная сталь. Применяется при температурах до 510–530 °С. При температуре 570 °С происходит интенсивное образование окалины. Термическая обработка направлена на создание максимально стабильной структуры, так как эксплуатироваться изделия в атомной энергетике должны годами. Сталь подвергают нормализации при 910–930 °С и высокому отпуску при 670–690 °С (воздух) в течение 2–3 часов.



При ТО сталь 12МХ имеет следующие критические точки:

$A_{c_3}$  — критическую точку полной перекристаллизации феррита в аустенит стали. Температура ее определяется по линии GS в зависимости от содержания углерода в стали и составляет 885 °С.

$A_{c_1}$  — критическую точку перлитного превращения, при температуре 723 °С, соответствующей эвтектоидной линии перлитного превращения PSK. При этой температуре происходит перекристаллизация перлита в аустенит.  $A_{r_3}$  — критическую точку при охлаждении от температуры 803 °С, где происходит начало выделения феррита из аустенита и критическую точку  $A_{r_1}$  на линии PSK при температуре 715 °С, где происходит превращение аустенита в перлит.

В случае возникновения тяжелой аварии, связанной с разрушением ядерного реактора и выпадением из него ядерного топлива (кориума), обеспечивается надежное и неограниченное по времени удерживание расплава ядерного топлива устройством локализации расплава, тем самым повышается безопасность эксплуатации атомной электростанции, что ведет за собой технико-экономический эффект.

Важной задачей при проектировании устройства локализации расплава является требование обеспечения прочности его стального корпуса, который должен выдерживать массу поступающего расплава 250 т, температура которого достигает  $\approx 2000\div 2500$  К.

Структура жаропрочного материала должна быть крупнозернистой (с меньшей протяженностью границ), с однородным распределением мелких упрочняющих частиц внутри зерен и на границах. Дисперсные частицы повышают жаропрочность эффективнее, чем твердый раствор. Чем мельче частицы и меньше расстояния между ними, тем эффективнее упрочнение. Недопустимые изменения структуры — появление зернистого перлита, рост карбидов, образование графита. Все эти изменения ведут к снижению прочности и развитию ползучести.

Термическая обработка направлена на создание максимально стабильной структуры, так как эксплуатироваться изделия в атомной энергетике должны годами. Стали подвергают нормализации при 1000 °С и высокому отпуску при 650–750 °С в течение 2–3 часов.

Литературные исследования показывают, что предлагаемая сталь 12МХ для создания стального корпуса УЛР при работе на примере тру-

бопроводов на максимальных значениях давления и температуры практически не повреждается процессом ползучести. Это дает возможность прогнозировать достаточно большие сроки остаточного ресурса после того, как трубопроводы отработали свой паспортный срок службы.

1. Видманштеттова структура стали 12МХ после термической обработки, представляет собой феррито-перлитную структуру, в которой ее составляющие (феррит и перлит) располагаются в виде геометрически упорядоченных игл. Эта аномалия связана с образованием крупных зерен в первичном аустените.
2. При сравнении ферритных и перлитных зерен структуры стали 12МХ по полученным изображениям после термической обработки и в состоянии поставки с помощью металлографического микроскопа следует, что провоцирующая термическая обработка приводит к росту зерен.
3. После термической обработки сталь 12МХ в структуре имела размеры зерен феррита ( $76,6 \pm 31,9$ ) мкм и перлита ( $109,9 \pm 57,5$ ) мкм.
3. Микротвердость стали 12МХ после термической обработки составляет от 120 до 250 НВ.

### *Список литературы*

1. Assimilation of Pipe Steel Extra-Furnace Treatment and Casting Technology with Specification for Resistance to H<sub>2</sub>S Media Under Casting and Rolling Complex Conditions / D. V. Kudashov, E. S. Mursenkov, P. P. Stepanov [et al.].— 2017. — Vol. 61, No. 7–8. — P. 656–665. — DOI 10.1007/s11015–017–0547–0.
2. Галкин А. В., Эфрон Л. И. Влияние вредных примесей на качество трубных марок стали // Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 36–41.
3. Абдуллин Т.З., Ибрагимов И.Г., Файрушин А.М., Рахматуллина И.Р. Модернизация технологии изготовления сварных корпусов аппаратов из стали марки 12МХ //Уфимский государственный

- нефтяной технической университет Том: 9. Номер: 1. Год: 2011. Страницы: 60–63.
4. Горчаков Л.Н., Добротворский А.М., Романова Л.М., Вальковская С.А. Влияние давления водорода на механизм водородной коррозии низколегированных сталей // Общество с ограниченной ответственностью «Маркет Скиппер» 2016. — с. 10.
  5. Исследование механических свойств основных марок строительных сталей при повышенных температурах / В. И. Голованов, А. В. Пехотиков, В. В. Павлов [и др.] // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы Международной XXXIV научно-практической конференции, посвященной 85-летию образования ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Балашиха, 23–24 августа 2022 года. — Москва: Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2022. — С. 365–370.
  6. Исследование механических свойств современного металлопроката строительного назначения при повышенных температурах / В. И. Голованов, Г. И. Крючков, А. Н. Стрекалев [и др.] // Пожаровзрывобезопасность.— 2022. — Т. 31, № 2. — С. 52–62. — DOI 10.22227/0869–7493.2022.31.02.52–62.
  7. Факторы огнестойкости низколегированного строительного проката / А. А. Комиссаров, С. М. Тихонов, Д. В. Тен [и др.] // Сталь.— 2022.— № 7. — С. 30–34.
  8. Федосеев Александр Константинович, Горелов Владимир Николаевич, Скоробогатых Владимир Николаевич. Использование феноменологического подхода для оценки остаточного ресурса объектов теплоэнергетики // Самарский государственный технический университет, Самара, Россия-2020. — С. 60–66.
  8. Рудников Л.С. Оценка современного теплового воздействия Калининской АЭС на водоем-охладитель ядерных реакторов // Тверской государственный университет. 2022. — С. 45–49.
  9. Бикеев А.С., Дайченкова Ю.С., Летов С.Ю., Прохоров Д.Н. Исследование чувствительности расчетной радиационной нагрузки корпуса ввэр-1000 к неопределенности исходных данных // НИЦ «Курчатовский институт» 2021. — С. 15–16.

## СПОСОБЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ

*В.Н. Дизерь, В.М. Сафонов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** Работа посвящена анализу и сравнению способов непрерывной разливки стали.

**Ключевые слова:** машины непрерывной разливки стали, процесс кристаллизации черного металла, металлургия.

Непрерывная разливка стали — процесс получения из жидкой стали слитков-заготовок (для прокатки,ковки или прессования), формируемых непрерывно по мере поступления жидкого металла с одной стороны изложницы-кристаллизатора и удаления частично затвердевшей заготовки с противоположной стороны. В настоящее время более 90% выплавленного металла отливается в машинах непрерывного литья заготовок МНЛЗ — этот способ был запатентован в советском союзе «ВНИИМЕТМАШ» академиком Целиковым Александром Ивановичем с сотрудниками.

Первоначально (50-е и 60-е годы прошлого столетия) МНЛЗ имели вертикальную архитектуру, включая участок порезки заготовки на мерные длины. Преимущества таких МНЛЗ заключаются в том, что все процессы формирования заготовки происходят в вертикальной плоскости (так же, как и у слитка). Это обеспечивает получение высокого качества внутренней структуры заготовки и упрощает конструкцию машины в целом. Между тем вертикальные МНЛЗ имеют достаточно серьезные ограничения по скорости разливки (а, следовательно, производительности), поскольку ее повышение предполагает увеличение технологической длины машины и существенное удорожание оборудования. Однако развитие кислородно-конвертерного процесса, бурно происходившее именно в 60-е и 70-е годы прошлого века, обусловило существенное увеличение удельной производительности конвертеров как за счет уменьшения цикла плавки, так и за счет повышения ее массы. Стремление снизить высоту привело к созданию машин с расположением технологических узлов по криволинейной оси [4].

В вертикальных установках с изгибом слитка, слиток после выхода из тянущих валков изгибается на  $90^\circ$ . После изгиба специальный правильный механизм выпрямляет его и слиток разрезается на заготовки. Установки с изгибом — меньше по высоте, чем вертикальные. Однако заметное уменьшение высоты установки возможно только при небольшом сечении слитка. С увеличением сечения увеличивается минимальный радиус изгиба. Кроме того, установки с изгибом труднее размещаются в сталеплавильных цехах, даже в сравнении с вертикальными машинами. В радиальных МНЛЗ на выходе из кристаллизатора слиток движется по дуге с постоянным радиусом. После прохождения нижней точки дуги полностью затвердевший слиток разгибают, переводя его в горизонтальное положение. В криволинейных машинах слиток вначале движется по дуге, определяемой радиусом кривизны кристаллизатора, а затем еще в зоне вторичного охлаждения радиус кривизны дуги увеличивается, т. е. происходит постепенное разгибание слитка с жидкой сердцевиной с последующим переводом в горизонтальное положение. Рассредоточение деформации имеет целью снизить возникающие при этом в корке слитка напряжения и вероятность возникновения трещин [3].

Основные преимущества этих машин по сравнению с вертикальными: меньшая высота, что снижает стоимость сооружения МНЛЗ и здания цеха; возможность повышения скорости разливки, поскольку газорезку можно установить далеко от кристаллизатора и благодаря этому допустимо существенное увеличение глубины лунки жидкого металла в слитке; возможность резки слитка на куски большой длины. Отличительными признаками МНЛЗ горизонтального типа (ГТ) являются горизонтальная или наклонная (до  $5^\circ$ ) к горизонту технологическая ось и герметичная стыковка металлоприемника с кристаллизатором, при этом мениск металла выведен в металлоприемник [2].

По сравнению с МНЛЗ других типов МНЛЗ ГТ имеют следующие преимущества. С технологической точки зрения: отсутствие вторичного окисления металла в кристаллизаторе; отсутствие изгиба и разгиба слитка в зоне вторичного охлаждения; высокая теплоотдача в кристаллизаторе. С конструктивной точки зрения: высота и металлоемкость; отсутствие системы регулирования уровня металла в кристаллизаторе и отсутствие шибера на металлоприемнике.

С экономической точки зрения: возможность литья качественных мелкосортных заготовок; меньшие капитальные затраты [1].

При непрерывном литье в кристаллизаторе ограниченной протяженности получают отливки или литые заготовки неограниченной длины. В полости кристаллизатора в его различных частях одновременно происходит охлаждение расплава, затвердевание и охлаждение отливки, причем все ее части последовательно проходят одни и те же зоны кристаллизатора и, следовательно, формируются в одинаковых условиях. Высокий градиент температур по сечению отливки, находящейся внутри кристаллизатора, и постоянное пополнение расплава в полости кристаллизатора создают предпосылки для направленного затвердевания и непрерывного питания отливки, поэтому отливки получаются плотными.

### *Список литературы*

1. 60 лет научно-конструкторской и производственной деятельности ВНИИМЕТМАШ. Отв. ред. Н.В.Пасечник. М.: Наука. 2005. 509 с.
2. Академик Александр Иванович Целиков. Очерки. Воспоминания. Избранные статьи. Отв. ред. Н.В.Пасечник. М.: Наука. 2003. 613 с.
3. Металлургия стали. Учебник Явойский В.И., Кряковский Ю.В. Григорьев В.П. и др. — М.: Металлургия, 1983. 584с.
4. <http://www.elibrary.ru/item.asp?id=37912314>

## **ТЕРМОДИНАМИКА РАСТВОРОВ КИСЛОРОДА В РАСПЛАВАХ СИСТЕМЫ NI-CO, СОДЕРЖАЩИХ ГАФНИЙ**

*А.А. Александров, С.Н. Анучкин*

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова  
РАН, г. Москва*

***Аннотация.** Проведен термодинамический анализ растворов кислорода в расплавах системы Ni-Co, содержащих гафний. Определены константы равновесия реакций взаимодействия гафния с кислоро-*

дом, коэффициенты активности при бесконечном разбавлении и параметры взаимодействия в расплавах различного состава при 1873 К. Рассчитаны зависимости растворимости кислорода в изученных расплавах от содержания кобальта и гафния. Определены значения содержаний гафния в точках минимума на кривых растворимости и соответствующие им концентрации кислорода.

**Ключевые слова:** никель-кобальтовые расплавы; гафний; термодинамический анализ; параметры взаимодействия; растворимость кислорода.

В настоящее время в современной технике нашли широкое применение сплавы на основе системы Ni-Co [1–3]. Одной из вредных примесей в этих сплавах является кислород, который находится в металле, как в растворенном виде, так и в виде неметаллических включений. Присутствие кислорода в этих сплавах приводит к снижению их служебных характеристик. Как правило, к таким сплавам предъявляются повышенные требования по содержанию примесей и неметаллических включений, отрицательно влияющих на эксплуатационные свойства изделий. При выплавке сплавов в качестве раскислителей и легирующих используют элементы, характеризующиеся сродством к кислороду более высоким, чем сродство к кислороду элементов, образующих основу сплава, в данном случае никеля и кобальта. Одним из таких элементов является гафний. Гафний является сильным карбидообразующим элементом, его введение в жаропрочные никелевые сплавы позволяет одновременно повысить как их прочность, так и пластичность. Легирование им приводит к повышению рабочих характеристик сплавов. Добавки гафния до 2% могут снижать скорость роста усталостной трещины. Оптимальная концентрация гафния в современных сплавах находится на уровне 0,25–0,75% [3, 4].

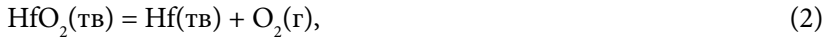
Для практики производства никель-кобальтовых сплавов представляет значительный интерес изучение термодинамики растворов кислорода в расплавах этой системы, содержащих гафний. Наличие данных о термодинамике растворов гафния и кислорода в жидких никеле [5, 6, 7] и кобальте [6, 8, 9] позволяет оценить влияние гафния на растворимость кислорода в расплавах системы Ni-Co.

Термодинамический анализ. Процесс взаимодействия гафния с кислородом в расплавах системы Ni-Co может быть описан реакцией



$$K_{(1)} = \frac{([\% \text{Hf}] \cdot f_{\text{Hf}})([\% \text{O}] \cdot f_{\text{O}})^2}{a_{\text{HfO}_2}}. \quad (1a)$$

Реакцию (1) можно представить как сумму реакций



$$\Delta G_{(2)}^\circ = 1102259 - 174,25T, \text{ Дж/моль [6]; } \text{Hf}(\text{ТВ}) = [\text{Hf}]_{1\%(\text{Ni-Co})}, \quad (3)$$

$$\Delta G_{(3)}^\circ = RT \ln \left( \frac{\gamma_{\text{Hf}(\text{Ni-Co})}^\circ M_{\text{Ni-Co}}}{M_{\text{Hf}} \cdot 100} \right); \text{O}_2(\text{Г}) = 2[\text{O}]_{1\%(\text{Ni-Co})}, \quad (4)$$

$$\Delta G_{(4)}^\circ = 2RT \ln \left( \frac{\gamma_{\text{O}(\text{Ni-Co})}^\circ M_{\text{Ni-Co}}}{M_{\text{O}} \cdot 100} \right),$$

где  $\gamma_{i(\text{Ni-Co})}^\circ$  — коэффициент активности компонента  $i$  в расплаве при бесконечном разбавлении;  $M_i$  — молекулярная масса компонента  $i$ .

Молекулярная масса расплавов системы Ni-Co рассчитана по формуле  $M_{\text{Ni-Co}} = M_{\text{Ni}} X_{\text{Ni}} + M_{\text{Co}} X_{\text{Co}}$  [10], где  $X_i$  — мольная доля компонента  $i$ , а коэффициенты активности  $\gamma_{\text{Hf}(\text{Ni-Co})}^\circ$  и  $\gamma_{\text{O}(\text{Ni-Co})}^\circ$  — по уравнению [11]

$$\ln \gamma_{i(\text{Ni-Co})}^\circ = X_{\text{Ni}} \ln \gamma_{i(\text{Ni})}^\circ + X_{\text{Co}} \ln \gamma_{i(\text{Co})}^\circ + X_{\text{Ni}} X_{\text{Co}} \left[ X_{\text{Co}} \left( \ln \gamma_{i(\text{Co})}^{\text{Ni}} - \ln \gamma_{i(\text{Ni})}^\circ + \varepsilon_{i(\text{Co})}^{\text{Ni}} \right) + X_{\text{Ni}} \left( \ln \gamma_{i(\text{Ni})}^{\text{Co}} - \ln \gamma_{i(\text{Co})}^\circ + \varepsilon_{i(\text{Ni})}^{\text{Co}} \right) \right],$$

где  $\varepsilon_i^j$  — параметр взаимодействия первого порядка при выражении концентрации компонентов в мольных долях [12].

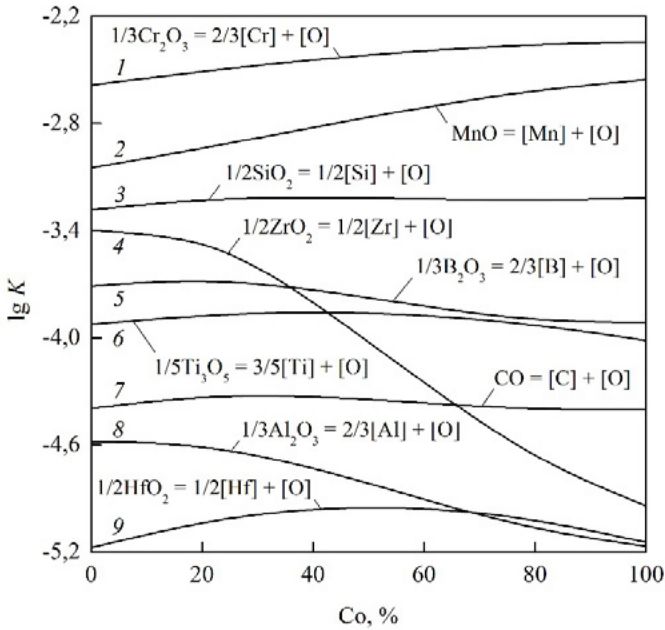
Энергию Гиббса реакции (1) рассчитывали по уравнению  $\Delta G_{(1)}^\circ = \Delta G_{(2)}^\circ + \Delta G_{(3)}^\circ + \Delta G_{(4)}^\circ$ , а константу равновесия — по формуле  $\ln K = -\Delta G_T^\circ / RT$ . Рассчитанные значения константы равновесия реакции (1), значения коэффициентов активности  $\gamma_{\text{Hf}}^\circ$  и  $\gamma_{\text{O}}^\circ$  для никеля и кобальта и рассчитанные для никель-кобальтовых сплавов коэффициенты активности  $\gamma_{\text{Hf}(\text{Ni-Co})}^\circ$  и  $\gamma_{\text{O}(\text{Ni-Co})}^\circ$  и параметры взаимодействия при 1873 К приведены в таблице 1. В расчетах величины  $\gamma_{i(\text{Ni-Co})}^\circ$  использовали следующие значения параметров взаимодействия:  $\varepsilon_{\text{Hf}(\text{Ni})}^{\text{Co}} = -2,09$  [13];  $\varepsilon_{\text{Hf}(\text{Co})}^{\text{Ni}} = -4,10$  [14];  $\varepsilon_{\text{O}(\text{Ni})}^{\text{Co}} = -1,159$  [15];  $\varepsilon_{\text{O}(\text{Co})}^{\text{Ni}} = 0,164$  [15].



**Таблица 1.** Значения константы равновесия реакции (1), коэффициентов активности и параметров взаимодействия для расплавов системы Ni-Co-Hf-O при 1873 К

Параметр	Co, %					
	0	20	40	60	80	100
$M_{\text{Ni-Co}}$	58,69	58,738	58,787	58,836	58,884	58,933
$X_{\text{Ni}}$	1	0,801	0,601	0,401	0,201	0
$X_{\text{Co}}$	0	0,199	0,399	0,599	0,799	1
$\gamma_{\text{Hf}}^{\circ}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$ [7]	$7,70 \cdot 10^{-6}$	$7,94 \cdot 10^{-6}$	$1,06 \cdot 10^{-5}$	$1,80 \cdot 10^{-5}$	$3,74 \cdot 10^{-5}$ [6]
$\gamma_{\text{O}}^{\circ}$	0,337 [5]	0,271	0,224	0,191	0,171	0,161 [8]
$\lg K_{(1)}$	-10,350	-10,047	-9,895	-9,889	-10,021	-10,287
$e_{\text{Hf}}^{\text{Hf}}$	0,038 [6]	0,0368	0,0356	0,0344	0,0332	0,032 [9]
$e_{\text{O}}^{\text{Hf}}$	-0,58 [6]	-0,552	-0,524	-0,496	-0,468	-0,44 [6]
$e_{\text{Hf}}^{\text{O}}$	-6,51 [6]	-6,200	-5,889	-5,577	-5,264	-4,95 [6]
$e_{\text{O}}^{\text{O}}$	0 [5]	0	0	0	0	0 [8]

Зависимость константы равновесия реакции (1) от содержания кобальта в расплаве при 1873 К приведена на рисунке 1, где также представлены для сравнения аналогичные данные для реакций раскисления расплавов системы Ni-Co хромом, марганцем, кремнием, бором, титаном, углеродом, цирконием и алюминием при 1873 К [10, 16]. Значения констант равновесия приведены для реакции взаимодействия раскислителя с одним атомом кислорода, растворенного в расплаве, что позволяет сделать сравнение приведенных зависимостей более наглядным. По мере роста содержания кобальта в расплаве до 50–55% константа равновесия реакции (1) сначала возрастает, а затем уменьшается. Такой характер зависимости можно объяснить уменьшением сил связей гафния в расплаве по мере возрастания содержания кобальта ( $\gamma_{\text{Hf(Ni)}}^{\circ} = 1,0 \cdot 10^{-5}$  [7];  $\gamma_{\text{Hf(Co)}}^{\circ} = 3,74 \cdot 10^{-5}$  [6]), с одной стороны, и увеличением сил связей кислорода ( $\gamma_{\text{O(Ni)}}^{\circ} = 0,337$  [5];  $\gamma_{\text{O(Co)}}^{\circ} = 0,161$  [8]), с другой.



**Рисунок 1.** Зависимость константы равновесия реакций раскисления расплавов системы Ni-Co хромом (1), марганцем (2), кремнием (3), цирконием (4), бором (5), титаном (6), углеродом (7), алюминием (8) и гафнием (9) от состава сплава при 1873 К

Концентрация кислорода в расплаве, равновесная с заданным содержанием гафния, исходя из уравнения (1а), может быть рассчитана по формуле

$$\lg[\%O]_{\text{Ni-Co}} = \frac{1}{2} \left\{ \lg K_{(1)} + \lg a_{\text{HfO}_2} - \lg[\%Hf] - \right. \\ \left. - \left[ \dot{a}_{\text{Hf}(\text{Ni-Co})}^{\text{Hf}} + 2\dot{a}_{\text{O}(\text{Ni-Co})}^{\text{Hf}} \right] [\%Hf] - \left[ 2\dot{a}_{\text{O}(\text{Ni-Co})}^{\text{O}} + \dot{a}_{\text{Hf}(\text{Ni-Co})}^{\text{O}} \right] [\%O] \right\}, \quad (5)$$

где  $e_i^j$  — параметр взаимодействия первого порядка при выражении концентрации компонента в массовых процентах [12]. Оксид  $\text{HfO}_2$  при 1873 К твердый ( $T_{\text{пл}} = 3031$  К [17]), поэтому  $a_{\text{HfO}_2} = 1$ . Величину  $[\%O]$  в правой части уравнения (5) можно выразить отношением  $(K_{(1)}/[\%Hf]f_{\text{Hf}}f_{\text{O}}^2)^{1/2}$ . При  $[\%O] \rightarrow 0$  коэффициент активности  $f_{\text{O}} \rightarrow 1$ . В связи с малостью величины  $[\%O]$  можно принять

$(K_{(1)}/[\% \text{Hf}]f_{\text{Hf}}f_{\text{O}}^2) \approx (K_{(1)}/[\% \text{Hf}]f_{\text{Hf}})$ . Такая замена не вносит заметной погрешности и используется в термодинамических расчетах подобного рода [6]. Тогда уравнение (5) примет вид

$$\lg[\% \text{O}]_{\text{Ni-Co}} = \frac{1}{2} \left\{ \lg K_{(1)} - \lg[\% \text{Hf}] - \left[ e_{\text{Hf}(\text{Ni-Co})}^{\text{Hf}} + 2e_{\text{O}(\text{Ni-Co})}^{\text{Hf}} \right] [\% \text{Hf}] - \left[ 2e_{\text{O}(\text{Ni-Co})}^{\text{O}} + e_{\text{Hf}(\text{Ni-Co})}^{\text{O}} \right] \left( K_{(1)}/[\% \text{Hf}]f_{\text{Hf}} \right)^{1/2} \right\}.$$

Равновесные концентрации кислорода в расплавах системы Ni-Co рассчитаны по уравнению (6). Использованные в расчетах величины параметров взаимодействия  $e_{\text{Hf}}^{\text{Hf}}$ ,  $e_{\text{O}}^{\text{Hf}}$ ,  $e_{\text{Hf}}^{\text{O}}$ ,  $e_{\text{O}}^{\text{O}}$  для расплавов системы Ni-Co приведены в таблице 1. Поскольку расплавы системы Ni-Co характеризуются незначительными отклонениями от идеального поведения [18], значения параметров  $\varepsilon_{i(\text{Ni-Co})}^j$  (и соответственно  $e_{i(\text{Ni-Co})}^j$ ) определены по уравнению  $\varepsilon_{i(\text{Ni-Co})}^j = \varepsilon_{i(\text{Ni})}^j X_{\text{Ni}} + \varepsilon_{i(\text{Co})}^j X_{\text{Co}}$  [10].

Рассчитанные зависимости равновесной концентрации кислорода от содержания гафния в расплавах системы Ni-Co приведены ниже:

$$\lg[\% \text{O}]_{\text{Ni}} = -5,175 - \frac{1}{2} \lg[\% \text{Hf}] + 0,561[\% \text{Hf}] + 2,175 \cdot 10^{-5} / [\% \text{Hf}]^{1/2}, \quad (6a)$$

$$\lg[\% \text{O}]_{\text{Ni-20\% Co}} = -5,024 - \frac{1}{2} \lg[\% \text{Hf}] + 0,534[\% \text{Hf}] + 2,936 \cdot 10^{-5} / [\% \text{Hf}]^{1/2}, \quad (6b)$$

$$\lg[\% \text{O}]_{\text{Ni-40\% Co}} = -4,948 - \frac{1}{2} \lg[\% \text{Hf}] + 0,507[\% \text{Hf}] + 3,322 \cdot 10^{-5} / [\% \text{Hf}]^{1/2}, \quad (6в)$$

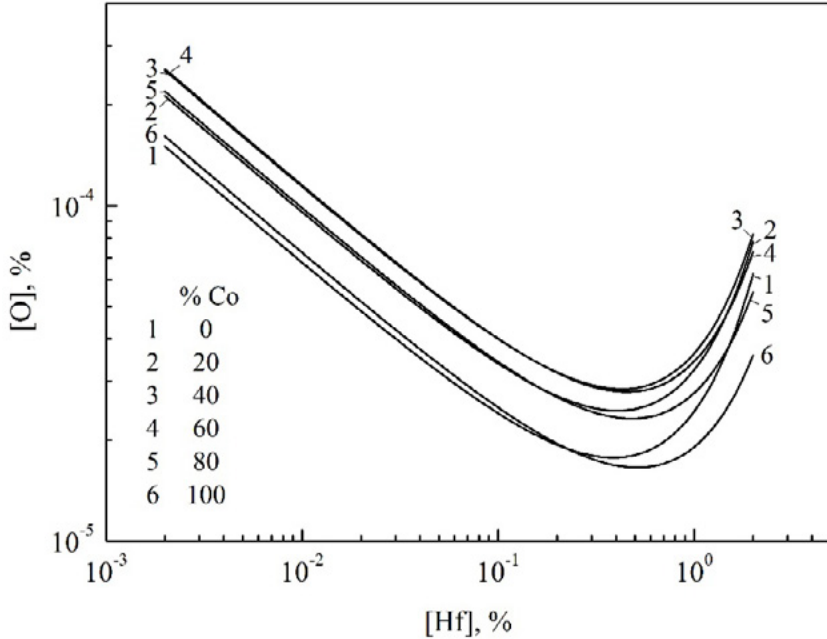
$$\lg[\% \text{O}]_{\text{Ni-60\% Co}} = -4,944 - \frac{1}{2} \lg[\% \text{Hf}] + 0,479[\% \text{Hf}] + 3,170 \cdot 10^{-5} / [\% \text{Hf}]^{1/2}, \quad (6e)$$

$$\lg[\% \text{O}]_{\text{Ni-80\% Co}} = -5,011 - \frac{1}{2} \lg[\% \text{Hf}] + 0,452[\% \text{Hf}] + 2,569 \cdot 10^{-5} / [\% \text{Hf}]^{1/2}, \quad (6d)$$

$$\lg[\% \text{O}]_{\text{Co}} = -5,144 - \frac{1}{2} \lg[\% \text{Hf}] + 0,424[\% \text{Hf}] + 1,179 \cdot 10^{-5} / [\% \text{Hf}]^{1/2}. \quad (6e)$$

Зависимости равновесной концентрации кислорода от содержания в расплаве гафния и кобальта при 1873 К приведены на рисунке 2. Как видно из приведенных данных, в никель-кобальтовых расплавах гафний обладает очень высокой раскислительной способностью.

Раскислительная способность гафния по мере увеличения содержания кобальта в расплаве до 40–60% снижается, а затем вновь возрастает. В чистом никеле раскислительная способность гафния практически такая же, как и в чистом кобальте.



**Рисунок 2.** Зависимость концентрации кислорода в расплавах системы Ni-Co от содержания гафния при 1873 К

Кривые растворимости кислорода в никель-кобальтовых расплавах, содержащих гафний, проходят через минимум (рисунок 2). Содержания гафния, которым соответствуют минимальные концентрации кислорода, могут быть определены по уравнению [9]

$$[\%Hf]' = -\frac{1}{2,3(e_{Hf}^{Hf} + 2 \cdot e_{O}^{Hf})}. \quad (7)$$

Ниже приведены рассчитанные по уравнению (7) значения содержаний гафния в точках минимума и соответствующие им концентрации кислорода:

Co, %	0	20	40	60	80	100
[%Hf]'	0,388	0,407	0,429	0,454	0,481	0,513
[%O] <sub>мин</sub>	$1,77 \cdot 10^{-5}$	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,84 \cdot 10^{-5}$	$2,78 \cdot 10^{-5}$	$2,32 \cdot 10^{-5}$	$1,66 \cdot 10^{-5}$

Как видно из приведенных данных, по мере повышения содержания кобальта в расплаве содержание гафния в точках минимума повышается от никеля к кобальту. Дальнейшие присадки гафния приводят к возрастанию концентрации кислорода в расплаве.

Выводы:

1. В расплавах системы Ni-Co гафний характеризуется очень высоким сродством к кислороду. Раскислительная способность гафния по мере увеличения содержания кобальта в расплаве до 40–60% снижается, а затем вновь возрастает. В чистом никеле раскислительная способность гафния практически такая же, как и в чистом кобальте.
2. При содержании гафния более 0,01% во всех сплавах достигаются концентрации кислорода менее 1 ppm.
3. Кривые растворимости кислорода в никель-кобальтовых расплавах, содержащих гафний, проходят через минимум, положение которого смещается в сторону более высоких содержаний гафния по мере увеличения содержания кобальта в расплаве.

### **Список литературы**

1. Davis J.R. Nickel, Cobalt, and Their Alloys. ASM International: Materials Park, OH, USA, 2000. 422 p.
2. Reed R.C. The Superalloys. Fundamentals and Applications. Cambridge: University Press. 2006. 372 p.
3. Логунов А.В., Шмотин Ю.Н. Современные жаропрочные никелевые сплавы. М.: Наука. 2013. 264 с.
4. Логунов А.В. Жаропрочные никелевые сплавы для лопаток и дисков газовых турбин. Рыбинск: Издательский дом «Газотурбинные технологии». 2017. 854 с.
5. Sigworth G.K., Elliott J.F., Vaughn G., Geiger G.H. The Thermodynamics of Dilute Liquid Nickel Alloys // Metallurgical Soc. CIM. 1977. Annual Volume. P. 104–110.

6. Куликов И.С. Раскисление металлов. М.: Metallurgia. 1975. 504 с.
7. Ban-Ya S., Ishii F., Ohtaki D. Deoxidation Equilibrium of Hafnium in Liquid Iron, Nickel and Iron-Nickel Alloys // *ISIJ International*. 1994. V. 34. No. 6. P. 484–490.
8. Sigworth G.K., Elliott J.F. The thermodynamics of dilute liquid cobalt alloys // *Canadian Metallurgical quarterly*. 1976. V. 15. No 2. P. 123–127.
9. Александров А.А., Дашевский В.Я. Растворимость кислорода в расплавах системы Fe-Co, содержащих гафний // *Электрометаллургия*. 2019. № 10. С. 2–8.
10. Александров А.А., Дашевский В.Я. Термодинамика растворов кислорода в расплавах системы Ni-Co, содержащих хром // *Металлы*. 2016. № 4. С. 71–78.
11. Frohberg M.G., Wang M. Thermodynamic properties of sulphur in liquid copper-antimony alloys at 1473 K // *Z. Metallkd* 1990. V. 81. H. 7. S. 513–515.
12. Люпис К. Химическая термодинамика материалов. М.: Metallurgia. 1989. 503 с.
13. Белянчиков Л.Н. Универсальная методика пересчета значений параметров взаимодействия элементов с одной основы сплава на другую на базе теории квазирегулярных растворов. Часть II. Оценка параметров взаимодействия элементов в никелевых сплавах // *Электрометаллургия*. 2009. № 2. С. 29–38.
14. Белянчиков Л.Н. Оценка параметров взаимодействия, коэффициентов активности и теплот растворения элементов в сплавах на основе кобальта методом пересчета с их значений в сплавах железа // *Электрометаллургия*. 2009. № 4. С. 16–22.
15. Ishii F., Ban-ya S. Deoxidation Equilibrium of Silicon in Liquid Nickel-Copper and Nickel-Cobalt Alloys // *ISIJ International*. 1993. V. 33. No. 2. P. 245–250.
16. Александров А.А., Каневский А.Г. Растворимость кислорода в расплавах системы Ni-Co, содержащих цирконий // *Электрометаллургия*. 2022. № 3. С. 12–17.
17. Tang J., Fabbri J., Robinson R.D., Zhu Y., Herman I.P., Steigerwald M.L., Brus L.E. Solid-Solution Nanoparticles: Use of a Nonhydrolytic Sol-Gel Synthesis To Prepare  $\text{HfO}_2$  and  $\text{Hf}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_2$  Nanocrystals // *Chem. Mater*. 2004. V. 16. No. 7. P. 1336–1342.

18. Hultgren R., Desai P.D., Hawkins D.T., Gleiser M., Kelley K.K. Selected values of the thermodynamic properties of binary alloys. Ohio: Metals Park, Amer. Soc. Metals. 1973. 1435 p.

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБНЫХ МАРОК СТАЛЕЙ**

*А.Ю. Ем, А.О. Морозов, А.М. Погодин*

*Институт металлургии и материаловедения имени А. А. Байкова  
РАН, г. Москва*

**Аннотация.** В работе проведен анализ технологии выплавки и ковшевой обработки трубных сталей (К-56, 09Г2С) с целью определения факторов, влияющих на качество металла и на образование и удаление оксидных неметаллических включений (НВ). Методом фракционного газового анализа (ФГА) и растровой электронной микроскопии с микрорентгеноспектральным анализом проведены исследования проб металла, отобранных по всей технологической цепочке выплавки и внепечной обработки трубных сталей К-56, 09Г2С. Определено общее содержание кислорода и азота в отобранных пробах металла, характерные типы НВ и их количество на каждом этапе внепечной обработки и разливки. Показано, что в образцах стали после разливки преобладают неблагоприятные для трубных марок стали недеформируемые НВ: алюминаты, алюмосиликаты и алюмосиликаты кальция.

**Ключевые слова:** трубные марки стали, фракционный газовый анализ, неметаллические включения, технология производства, качество стали.

Трубные стали обычно используются для транспортировки нефти и природного газа на большие расстояния под высоким давлением и требуют высокой прочности, ударной вязкости, усталостной и коррозионной стойкости.

Одной из главных проблем при производстве трубных марок сталей является загрязненность стали неметаллическими включениями (НВ) и вредными примесями (сера, фосфор, азот, водород и т.д.), ко-

торые оказывают неблагоприятное влияние на механические и эксплуатационные свойства готовой стали [1–3].

Большинство исследователей считают, что неметаллические включения рассматриваются как места инициирования водородного растрескивания, и существует сильная корреляция между восприимчивостью к сероводородному растрескиванию, содержанием серы, MnS и включениями CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [4–6]. Существует взаимосвязь между включениями CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и дефектами внутренней и внешней неравномерности; эти хрупкие неметаллические включения являются основными причинами дефектов и внутренней неоднородности [7, 8].

Одной из основных причин образования НВ в металле является использование раскислителей. С этой точки зрения, наиболее неблагоприятными неметаллическими включениями являются алюминаты. НВ данного типа плохо удаляются из жидкого металла, имеют острые грани, не деформируются при деформации металла, образуют строчки [9,10].

Для определения содержания основных типов НВ, образующихся в трубных сталях К-56, 09Г2С, во время внепечной обработки, был проведен фракционный газовый анализ (ФГА) проб металла, отобранных на всех этапах ковшевой обработки, разливки и от сляба. Исследование проводили на газоанализаторе LECO TC600 [11].

Метод ФГА позволяет определить в образце:

- общее содержание кислорода и азота;
- количество кислорода в различных типах оксидных НВ;
- рассчитать объемную долю различных типов оксидных НВ.

Анализ химического состава включений в пробах проводили на электронном микроскопе Tescan Vega 3SB с приставкой для микро-рентгеноспектрального анализа Oxford Instruments.

В ходе проведения работы были проанализированы методом ФГА образцы двух плавок трубных марок стали К-56, 09Г2С, отобранных по всей технологической цепочке производства. Технологическая цепочка производства трубных сталей на предприятии состоит из следующих этапов: выплавка полупродукта в дуговой сталеплавильной печи (ДСП), обработка металла на агрегате ковш-печь (АКП), обработка металла на ковшевом вакууматоре (ВД), разливка на машине непрерывной разливки стали (МНРС).



Результаты определения в пробах металла, отобранных на всех этапах технологии, общего содержания кислорода, азота и количества кислорода в различных типах оксидных неметаллических включений показаны на рисунках 5, 6. На графиках дополнительно указаны режимы ввода присадок и расходы инертного газа при продувке металла в ковше.

Результаты ФГА проб стали марки К-56 представлены на рисунке 5.

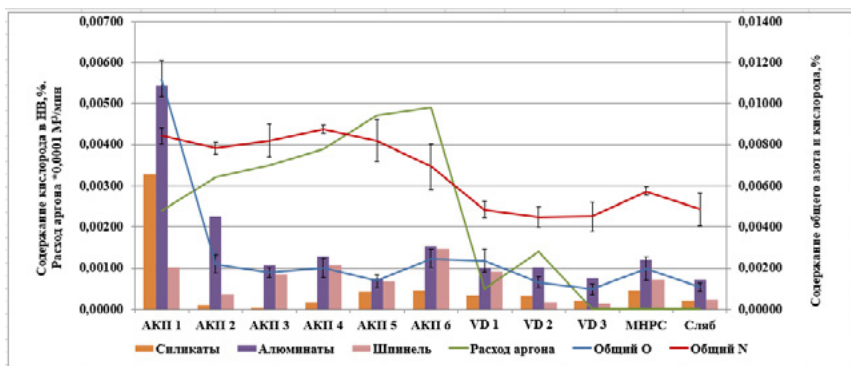


Рисунок 5. Результаты ФГА стали марки К-56

Результаты ФГА проб металла стали марки 09Г2С представлены на рисунке 6.

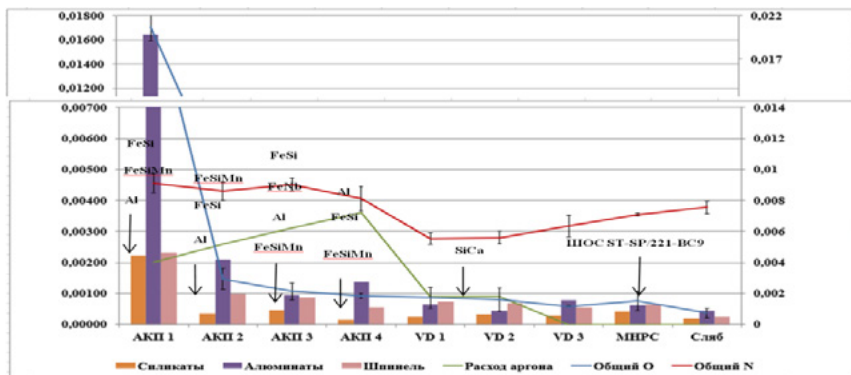


Рисунок 6. Результаты ФГА металла марки 09Г2С

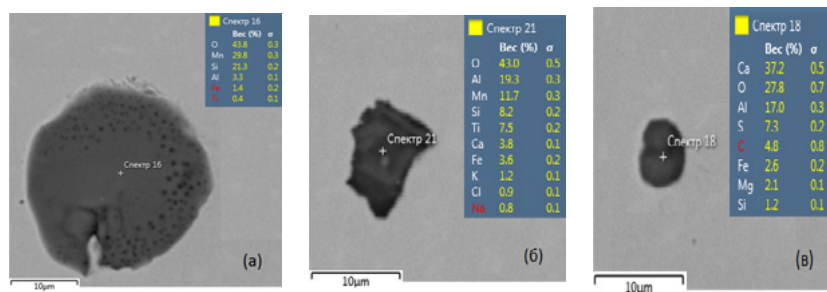
После проведения раскисления и легирования расплава алюминием, ферросиликомарганцем и ферросилицием (проба металла АКП1), во всех исследуемых производственных плавках, было выявлено большое количество НВ, а именно силикатов, алюминатов и шпиннелей (Рис. 5, 6).

Во всех двух производственных плавках в пробах металла с АКП2 и далее в пробах металла на агрегате ковш-печь наблюдается снижение содержания НВ в расплаве.

Увеличение количества шпинелей в пробах металла связано с посадкой раскислителей. Отдача феррониобия и применение интенсивной продувки расплава инертным газом (аргоном) способствует снижению концентрации азота в пробах металла. В составе феррониобия содержится титан, который способен связать азот в нитриды титана, а продувка аргоном приводит к частичному удалению азота и нитридов титана из расплава в шлак.

Во всех двух производственных плавках наблюдается увеличение концентраций общего кислорода и азота в пробах металла с МНРС, что может свидетельствовать о процессе вторичного окисления металла на разливке.

Для подтверждения результатов ФГА были проведены металлографический и микрорентгеноспектральный анализы шлифов отобранных проб (МНРС) металла трубных сталей К56, 09Г2С. По результатам анализов были получены данные об основных типах НВ, их размерах и химическом составе. На рисунке 7 представлены результаты микрорентгеноспектрального анализа образцов металла.



**Рисунок 7.** Основные группы НВ:

(а) — Силикаты; (б) — Алюминаты; (в) — Шпинель

Анализ неметаллических включений подтвердил результаты ФГА по основным группам НВ, находящихся в готовом металле.

### ***Выводы***

В работе проведен анализ технологии выплавки и ковшевой обработки трубных сталей (К-56, 09Г2С,) с целью выявления факторов, которые оказывают влияние на качество металла.

Методом ФГА и растровой электронной микроскопии с микро-рентгеноспектральным анализом проведен анализ неметаллических включений в пробах металла, отобранных по всей технологической схеме выплавки и внепечной обработки трубных марок стали К-56, 09Г2С. Определено общее содержание кислорода и азота в отобранных пробах металла и распределение кислорода в различных типах оксидных НВ.

Показано, что в исследуемых образцах стали преобладают наиболее неблагоприятные для трубных марок стали недеформируемые НВ: алюминаты, алюмосиликаты и алюмосиликаты кальция.

### ***Список литературы***

1. Xue, H. B., and Y. F. Cheng. Characterization of inclusions of X80 pipeline steel and its correlation with hydrogen-induced cracking. *Corrosion Science*, Vol. 53, No. 4, 2011, pp. 1201–1208.
2. Huang, F., J. Liu, Z. Y. Deng, J. H. Cheng, Z. H. Lu, and X. G. Li. Effect of microstructure and inclusions on hydrogen induced cracking susceptibility and hydrogen trapping efficiency of X120 pipeline steel. *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 527, No. 26, 2010, pp. 6997–7001.
3. Kim, W. K., S. U. Koh, B. Y. Yang, and K. Y. Kim. Effect of environmental and metallurgical factors on hydrogen induced cracking of HSLA steels. *Corrosion Science*, Vol. 50, No. 12, 2008, pp. 3336–3342.
4. Liu, Z. Y., X. G. Li, C. W. Du, L. Lu, Y. R. Zhang, and Y. F. Cheng. Effect of inclusions on initiation of stress corrosion cracks in X70 pipeline steel in an acidic soil environment. *Corrosion Science*, Vol. 51, No. 4, 2009, pp. 895–900.

5. Maiti, R., and E. B. Hawbolt. The effect of inclusion parameters on the fracture toughness of two X-70 Pipeline steels. *Journal of Materials for Energy Systems*, Vol. 6, No. 4, 1985, pp. 242–250.
6. Dong, C. F., Z. Y. Liu, X. G. Li, and Y. F. Cheng. Effects of hydrogen-charging on the susceptibility of X100 pipeline steel to hydrogen-induced cracking. *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 34, No. 24, 2009, pp. 9879–9884.
7. Li, B.S., H. Y. Zhu, Z. L. Xue, Z. F. Qin, and J. Sun. Analysis of inner fold and bulge defects on J55 steel for oil casing pipe. *AIP Advance*, Vol. 9, No. 8, 2019, id. 085109.
8. Zhu, H. Y., L. Q. Wang, J. L. Li, J. X. Zhao, and Y. Yu. Effects of metallurgical factors on reticular crack formations in Nbbearing pipeline steel. *High Temperature Materials and Processes*, Vol. 39, 2020, pp. 81–87.
9. D. Spriestersbach, P. Grad, E. Kerscher. Influence of different non-metallic inclusion types on the crack initiation in high-strength steels in the VHCF regime. *International Journal of Fatigue*. 2014, 64, pp. 114–120.
10. C. Mapelli. Non-metallic inclusions and clean steel. *La Metallurgia Italiana*. 2008, Vol. 6. pp. 43–52.
11. Григорович К.В. Фракционный анализ кислорода в металлах — особенности и возможности метода // *Аналитика и контроль*. 2002.Т.6. № 2. С. 151–159.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ FE-CR-NI ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАЗМОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Б.А. Румянцев, О.А. Комолова, А.К. Гарбер*

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова  
РАН, г. Москва*

*Аннотация. Неотъемлемой частью современного металлургического производства является разработка математических моделей. Моделирование позволяет добиваться значительной оптимизации*

производственных процессов: снижения уровня брака, повышения качества металла, уменьшения вредных выбросов в окружающую среду. В данной работе проведено моделирование процессов плазменного обезуглероживания сплава типа Fe-Cr18-Ni10 в условиях лабораторной выплавки на основе законов неравновесной термодинамики, полученные результаты демонстрируют удовлетворительную сходимость с экспериментальными данными. Полученные с помощью моделирования данные позволяют прогнозировать изменения кинетических параметров обезуглероживания в плазменном факеле, что позволит в дальнейшем точнее варьировать соотношение аргона и кислорода при окислительной продувке и избежать значительных потерь ценных легирующих элементов.

**Ключевые слова:** коррозионностойкая сталь, математическое моделирование, плазма.

В современном металлургическом производстве математическому моделированию уделяется огромное внимание. Моделирование процессов, происходящих во всей цепочке металлургических переделов в сочетании с современными MES системами, позволяет добиться значительной оптимизации производства, а именно снижению брака, повышению качества материала, уменьшению вредных выбросов в окружающую среду [1,2].

Сталеплавильный процесс, как объект математического моделирования, представляет собой сложную систему, в которой действуют процессы, подчиняющиеся законам термодинамики, физики, тепло- и массопереноса, кинетики и т. д. Актуальным направлением в развитии данного направления является уход от статистических моделей, обладающих рядом недостатков, к моделям, основанным на балансовых уравнениях и неравновесной термодинамике [3].

Прогнозирование развития процесса выплавки и внепечной обработки является особенно актуальной задачей, если речь заходит о коррозионностойкой стали. Производство сталей данного класса испытывает достаточно серьезные трудности. Так, в 2021 году доля импорта в структуре потребления коррозионностойких сталей на внутреннем рынке РФ составила 73,1%, а в части холодного проката — 99,6% [4]. Не менее сложно складывается обстановка на предприятиях машиностроительного сектора, имеющих собственное литейное производство.

В условиях ограниченности инвестиций предприятиям необходимо искать альтернативные технологии для получения высококачественного металла в условиях производства относительно небольших партий.

В соответствии с вышесказанным, научный интерес вызывает технология плазменной выплавки, и, в частности, возможность математического моделирования процессов, происходящих при взаимодействии высокохромистого расплава и плазменного факела. Использование низкотемпературной плазмы позволяет значительно повысить возможности дуговых сталеплавильных печей, а именно эффективно проводить обезуглероживание и рафинирование высокохромистых расплавов, выплавлять азотистые коррозионностойкие стали или же использовать печь, как агрегат для прокатки металла без использования энергии дуг [5–7]. А возможность адекватного прогнозирования процессов еще больше расширяет перспективы использования агрегата.

Выплавку и обезуглероживание металла в лабораторных условиях проводили на модернизированной лабораторной установке, состоящей из плазменной печи постоянного тока с напряжением холостого хода до 140 В и рабочим током до 300 А, системы подготовки и контроля состава плазмообразующего газа и системы анализа отходящих газов с помощью газоанализаторов Vinos [5].

На данной лабораторной установке моделировали процессы, протекающие в печи в зоне плазменного факела. При этом размер поверхности капли исследуемого металла был соизмерим с активным пятном плазменной дуги.

Химический состав сплавов определялся с помощью атомно-адсорбционного спектрометра тлеющего разряда GDS-850 фирмы «Лесо». Анализ углерода и серы проводили на анализаторе CS-600 фирмы «Лесо».

Методика математического моделирования велась по аналогии с работой [5] с использованием уравнений неравновесной термодинамики, основанных на постулатах Л. Ондзагера. В лабораторной печи реакционной зоной являлась вся поверхность капли металла, так как плазменная дуга накрывает всю поверхность образца. В таких условиях отношение поверхность\объем было равным 0.45 [8]. Также были сделаны следующие допущения:

– происходит мгновенное обновление реакционной зоны;

– кислород в реакционной зоне полностью усваивается металлом.

В случае моделирования рафинирования расплавов низкотемпературной плазмой необходимо учитывать влияние процессов атомизации, ионизации и рекомбинации.

С помощью расчетов в программе «Терра» было установлено, что диссоциация молекулярного кислорода до атомарного начинается с температуры 3400 К. Поскольку время диссоциации молекул в плазме составляет величину порядка  $10^{-11}$  с, а температура столба дуги составляет около 5000К [9], можно говорить о том, что реакция успевает пройти полностью и достичь равновесия.

Учитывая распределение температуры по столбу дуги, оказывается, что достаточно горячая зона для диссоциации кислорода составляет  $\approx 90\%$  ее объема. Однако, в работе [8] было показано что, температура поверхности металла при обработке плазмой составляет 2050–2150 К, следовательно, остается открытым вопрос о содержании атомарного кислорода, принимающего участие непосредственно в окислительных процессах. В соответствии с вышесказанным в основу математического моделирования легли следующие реакции (таблица 1).

Таким образом, задавая различные содержания атомарного кислорода, можно наблюдать изменения кинетических кривых окисления элементов расплава. Затем сопоставляя расчетные данные с результатами реальных экспериментов можно установить содержание атомарного кислорода в плазмообразующем газе, участвующего в процессах окисления при плазменном рафинировании металла.

Для оценки адекватности работы модели и определения количества атомарного кислорода в плазме была проведена серия лабораторных экспериментов. Состав экспериментальных сплавов приведен в таблице 2.

Сплавы с заданным содержанием исследуемых компонентов выплавляли в лабораторной индукционной печи в застойной атмосфере гелия с кристаллизацией слитка при постепенном снятии нагрева. Затем слиток нарезался на бруски массой 10–15 г, которые переплавлялись в плазменной печи в среде аргон + 1,4%об кислорода с различным временем выдержки расплавленной капли металла под плазменным факелом. Переплавленные образцы подвергали анализу на содержание углерода, хрома и других элементов. Затем проводили сравнение полученных результатов с результатами моделирования.

**Таблица 1.** Реакции окисления компонентов ванны в реакционной зоне за счет кислорода. [5,10]

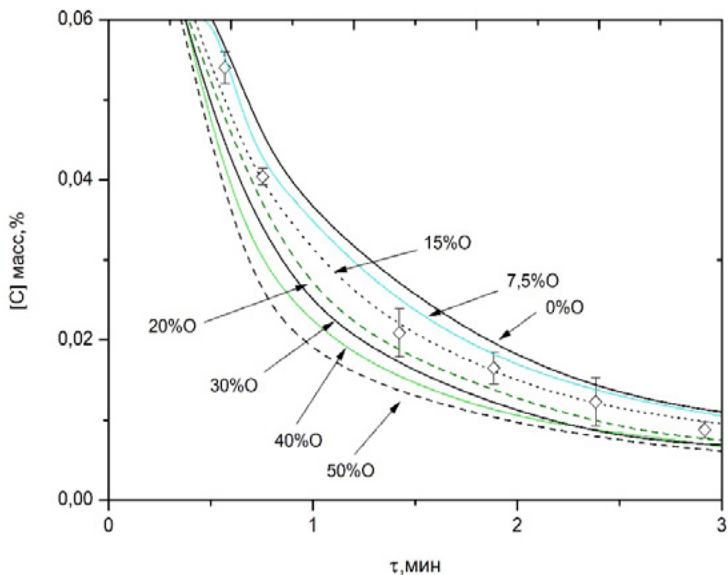
Реакция	Изменение энергии Гиббса, кДж/кмоль
$[Fe] + \frac{1}{2}\{O_2\} = (FeO)$	$\Delta G_{Fe_{-}O_2}^0 = -237950 + 50 \cdot T$
$[Mn] + \frac{1}{2}\{O_2\} = (MnO)$	$\Delta G_{Mn_{-}O_2}^0 = -361560 + 107 \cdot T$
$[C] + \frac{1}{2}\{O_2\} = \{CO\}$	$\Delta G_{C_{-}O_2}^0 = -431260 + 51 \cdot T$
$[Si] + \{O_2\} = (SiO_2)$	$\Delta G_{Si_{-}O_2}^0 = -82773 - 228 \cdot T$
$2[Cr] + \frac{3}{2}\{O_2\} = (Cr_2O_3)$	$\Delta G_{Cr_{-}O_2}^0 = -1864050 + 742.2 \cdot T$
$[Fe] + \{O\} = (FeO)$	$\Delta G_{Fe_{-}O}^0 = -493542 + 123 \cdot T$
$[Mn] + \{O\} = (MnO)$	$\Delta G_{Mn_{-}O}^0 = -617152 + 174 \cdot T$
$[C] + \{O\} = \{CO\}$	$\Delta G_{C_{-}O}^0 = -686852 + 124 \cdot T$
$[Si] + 2\{O\} = (SiO_2)$	$\Delta G_{Si_{-}O}^0 = -593957 - 94 \cdot T$
$2[Cr] + 3\{O\} = (Cr_2O_3)$	$\Delta G_{Cr_{-}O}^0 = -2247438 + 842.7 \cdot T$

**Таблица 2.** Химический состав исходных образцов

Металл	Исходное содержание компонентов, масс%				
	C	S	Mn	Cr	Ni
Fe-Cr-Ni	0,120	0,0097	-	17,80	10,34

Полученные расчетным путем кинетические кривые обезуглероживания сравнивались с экспериментальными данными, с целью выявления содержания атомарного кислорода в плазме наиболее близкого к реально имеющему место в плазменном факеле. Результат сопоставления расчетных и экспериментальных данных на примере одной серии экспериментов представлен на рисунке 1.





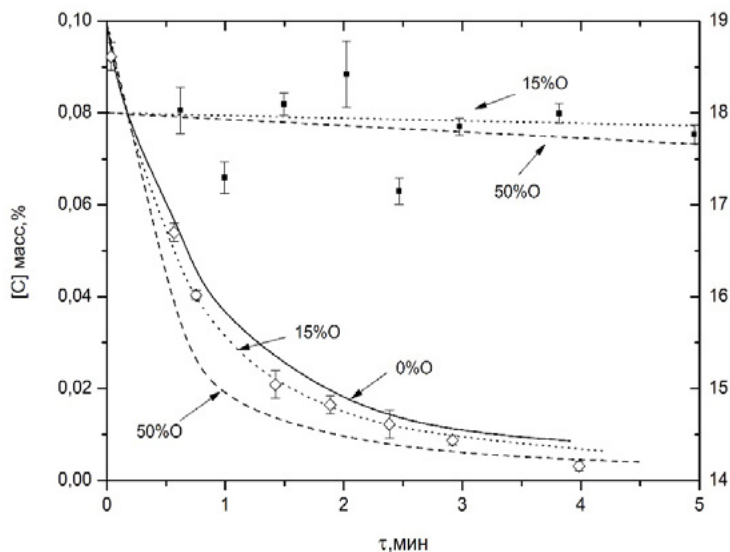
**Рисунок 1.** Сравнение результатов окисления углерода и расчетов по модели с различными содержаниями атомарного кислорода в плазмообразующем газе.

◇ —  $[C]$ , % экспериментальные данные

Поскольку основной задачей являлось селективное обезуглероживание при сохранении хрома, была также описана кинетика изменения его концентрации в металле во время обработки. Сравнительные расчетные кривые совместного окисления углерода и хрома для различного содержания атомарного кислорода в сравнении с экспериментальными данными представлены на рисунке 2.

Из графика видно, что обеспечивается хорошая сходимость расчетных и экспериментальных данных в части обезуглероживания высокохромистого расплава. При рассмотрении окисления хрома сходимость менее выражена в силу большого разброса при определении содержания хрома, что может быть связано с трудностями пробоподготовки.

Графики показывают, что модель позволяет получать хорошую сходимость с экспериментальными данными и достаточно точно описывает процессы взаимодействия металла и плазменного факела



**Рисунок 2.** Кинетика обезуглероживания сплава Fe-Cr-Ni при содержании кислорода в дутье — 1,4%:

◇ — [C], % экспериментальные данные;  
 ■ — [Cr], % экспериментальные данные

в зоне их контакта. А наиболее близкое схождение расчетных и экспериментальных данных достигается при содержании атомарного кислорода в плазмообразующем газе — около 15% об.

## Выводы

1) Разработана математическая модель, описывающая взаимодействие, железо-хром-никелевых расплавов и низкотемпературной плазмы в лабораторных условиях. Проверка адекватности модели показывает, что модель достоверно описывает процессы, происходящие в зоне контакта расплава и плазменной дуги.

2) Эмпирическим путем показано, что в условиях рафинирования расплава в лабораторных условиях аргон-кислородной плазмой происходит диссоциация кислорода с образованием около 15% об атомарного кислорода в плазмообразующем газе.

**Список литературы**

1. Komolova O.A., Grigorovich K.V «Development of LF-software for modeling of refining processes in a ladle — furnace». Journal of Physics: Conference Series 1347(2019).
2. Liu, Q., Shao, X., Yang, J.-P., Zhang, J.-S. «Multiscale modeling and collaborative manufacturing for steelmaking plants». Gongcheng Kexue Xuebao/Chinese Journal of Engineering. 43(12), с. 1698–1712. 2021.
3. Komolova O.A., Grigorovich K.V «Mathematical models, algorithms and software for dynamic simulation of leadle treatment technology» Metallurgia Italiana., № 3 (111), 2019, с. 20–24.
4. Николаев Н. «Итоги года на российском рынке сиали». Металло-снабжение и сбыт. 2022, № 3, с. 18–22.
5. Rumiantsev B.A., Komolova O.A., Grigorovich K.V., Garber A.K., Tabakov Ya. I. «Decarburization of High-Chromium Melts by Argon–Oxygen Plasma». Steel in Translation. 2016. Т 46, № 9: pp. 638–643.
6. Grigorovich K.V, Komolova O.A. «Effect of Nitrogen on the Plasma Decarburization of Chromium-Containing Steel», Russian Metallurgy (Metally) 2020, № 11, pp. 1300–1307.
7. Grigorovich K.V., Komolova O.A., Rumiantsev B.A. «Influence of Sulfur on the Plasma Decarburization and Desulfurization of Corrosion-Resistant Steels» Metallurgy (Metally) 2019, № 11, pp. 1178–1183.
8. Rumiantsev B.A., Komolova O.A., Grigorovich K.V., Garber A.K., «Investigation Of The Evaporation Processes Of Components Of Chromium-Containing Melts By Low Temperature Plasma Treatment» Steel in Translation. Т46, № 11, pp. 788–791.
9. Клюев М.М. Плазменно-дуговой переплав. Москва: Металлургия, 1980. 251 стр.
10. F.A.C.T. (facility for the Analysis of Chemical Thermodynamics): [сайт]. [2010]. URL: <http://www.crct.polymtl.ca/fact/> (дата обращения: 15.03.2023).

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ХРАНЕНИИ ГОРЯЧЕБРИКЕТИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗА

*Е.А. Гладкая, Л.Н. Короткова, А.С. Тимофеева*

*Старооскольский технологический институт  
им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного  
автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет  
«МИСиС», г. Старый Оскол*

**Аннотация.** В статье рассмотрен процесс электрохимического окисления, который может возникнуть при попадании воды на горячебрикетированное железо во время транспортировки морским транспортом. Электрохимическое окисление железа прямого восстановления является опасным видом вторичного окисления. При взаимодействии горячебрикетированного железа с морской водой выделяется водород, температура продукта увеличивается, что приводит к взрывоопасной ситуации.

**Ключевые слова:** горячебрикетированное железо, вторичное окисление, морская вода, водород.

Миллионы тонн железа прямого восстановления ежегодно перевозятся навалом по морю. Хотя большинство этих перевозок осуществляются без аварий, к сожалению, еще имеют место серьезные инциденты, которые приводят к гибели не только судов, но и людей.

Важнейшей задачей успешной перевозки любого груза является обеспечение сохранности перевозимых грузов путем соблюдения оптимальных режимов перегрузочных работ, рационального размещения в грузовых помещениях и создания условий, не ухудшающих качества грузов в процессе транспортировки [1, с. 10].

Горячебрикетированное железо в процессе транспортировки подвержено вторичному окислению. Наиболее опасным видом вторичного окисления является электрохимическое окисление.

Электрохимическое окисление — процесс разрушения металла под действием электролитов (расплавы, и растворы щелочей, солей, кислот), влажного воздуха или растворенного в воде кислорода. Существенным признаком этого процесса является наличие, наряду с разрушением металла, электрического тока, т.е. передвижение электронов от одного участка металла к другому [2, с. 5]. Электролитическое окисление горячебрикетированного железа (ГБЖ) чаще всего происходит при транспортировке по морю или хранении в порту, так как при этих условиях железо взаимодействует с влажным воздухом или морской водой.

Металл никогда не бывает однородным. Он содержит участки, которые отличаются по химическим или физическим свойствам — катодные и анодные участки, образующие короткозамкнутые микрогальванические элементы.

При транспортировке по морю или по реке и при хранении в порту ГБЖ подвергается атмосферной коррозии. Атмосферная коррозия протекает на поверхности металла, покрытого тонкой пленкой влаги. Поэтому важнейшее значение имеет степень и длительность увлажнения металла.

На металле могут образовываться фазовые (видимые) или адсорбционные пленки влаги. Фазовые пленки образуются при влажности около 100% (дождь, другие осадки). Адсорбционные пленки образуются при влажности выше критической (60–70%).

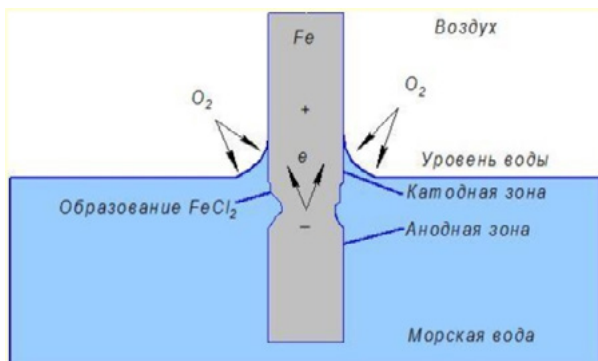
Атмосферная коррозия протекает почти всегда с кислородной деполяризацией. На рисунке 1 представлена схема электролитического окисления в воде [3, с. 55].

В процессе электролитического окисления прямовосстановленного железа с анода на катод переходят ионы железа. Происходит окисление металла:



Вода состоит из положительно заряженных ионов водорода  $2\text{H}^+$  и отрицательно заряженных ионов кислорода  $\text{O}^-$ .

Освободившиеся электроны переходят с анодных участков к поверхности катода. В реальных условиях коррозии встречается 2 вида катодной деполяризации: кислородная и водородная. Кислородная деполяризация протекает в нейтральной и щелочной средах.



**Рисунок 1.** Электролитическое окисление железа в морской воде

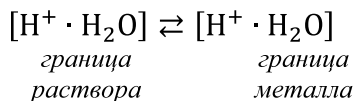
катодный процесс с кислородной депполяризацией:  $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ ,

Водородная депполяризация встречается в кислой среде, а также в нейтральной или (редко) в щелочной среде при отсутствии кислорода. Электроны на катодной поверхности соединяются с имеющимися в растворе ионами водорода, выделяя газообразный водород [4, с. 75]:

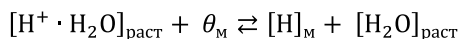
катодный процесс с водородной депполяризацией:  $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

Механизм выделения водорода состоит из четырех сопряженных процессов [2, с. 111]:

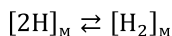
1) При катодной поляризации происходит передвижение ионов водорода из раствора к поверхности металла:



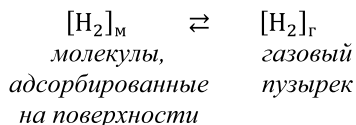
2) Собственно разряд иона и адсорбция атома водорода поверхностью металла:



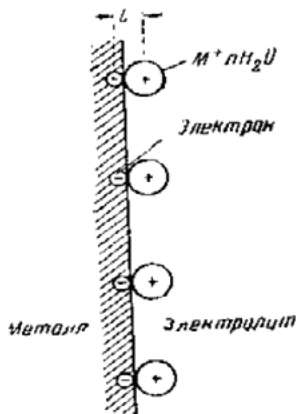
3) Образование молекулы водорода из атомов на поверхности металла



4) Десорбция молекул водорода и образование пузырьков водорода



При попадании на поверхность железа воды, на поверхности металла образуется двойной слой (рис. 2).



**Рисунок 2.** Двойной слой при выходе иона металла в раствор

В раствор обычно переходят не все ион-атомы, а только небольшая их часть, так как уже относительно небольшая плотность зарядов на поверхности раздела «металл-электролит» создает значительные разности потенциалов. При возникновении двойного слоя переход новых ион-атомов в раствор затрудняется, так как взаимодействие между обкладками слоя усиливается и разрыв связи между ион-атомом и электродом делается невозможным [2, с. 57; 3, с 29].

Электрохимическое окисление металлического железа приводит к увеличению содержания окислов железа и снижению степени металлизации горячебрикетированного железа, а также изменению

процентного содержания других химических компонентов. Так же, стоит обратить внимание на то, что в процессе электрохимического окисления выделяется водород. Если в трюме с ГБЖ концентрация водорода достигнет 4%, то может произойти взрывоопасная ситуация.

### *Список литературы*

1. Жуков Е.И., Письменный М.Н. Технология морских перевозок: Учебное пособие для вузов, — Москва: «Транспорт», 1991—336 с.
2. Акимов Г.В. Теория и методы исследования коррозии металлов/ Г.В. Акимов-Москва, Ленинград: Издательство АН СССР, 1945.— 414 с.
3. Авдеенко А.П., Поляков А.Е. Коррозия и защита металлов: Краткий курс лекций/ А. П. Авдеенко, А.Е. Поляков — Краматорск: ДГМА, 2003. — 104 с.
4. Механизмы вторичного окисления горячебрикетированного железа / Е. А. Гладкая, С. К. Бакиров, Т. Х. У. Наринбаев, О. Р. Лазарева // АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ: сборник статей XXVI Международной научно-практической конференции: в 2 ч., Пенза, 25 января 2023 года. Том Часть 1. — Пенза: Наука

## **УСТАНОВКИ ХОЛОДНОГО БРИКЕТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

*К.А. Ермоленко, А.С. Тимофеева*

*Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (СТИ НИТУ «МИСИС»), г. Старый Оскол*

**Аннотация.** В процессе металлургического производства товарной продукции образуется много отходов. Они могут быть представлены в виде металлизированной мелочи, пыли, смыва с прилегающей



*территории и т.д. Отходы хранятся на складах, и только небольшая часть реализуется потребителю. В данной статье представлены способы переработки данных отходов на различных предприятиях, с помощью технологий холодного брикетирования, и перспектива применения данного метода.*

**Ключевые слова:** *холодное брикетирование, технология, брикет, валковый пресс, отходы.*

Объемы производимой продукции металлургическими предприятиями постоянно растут. Это обусловлено тем, что, во-первых, на продукцию металлургов имеется стабильный спрос, во-вторых, сплавы на основе железа с углеродом, и производимая далее из них продукция остается основным конструкционным материалом. Мосты, дороги, дома, автомобили, предметы быта и т.д., везде используется продукция металлургов. Значит, не переработанных отходов будет становиться все больше.

Способ холодного брикетирования заключается в прессовании материалов без связок либо же с применением связующих добавок органического или минерального происхождения [1]. При этом структура брикета создается путем формирования непосредственных контактов между зёрнами шихты или через прослойки связующего агента за счет усилия прессования. Данный способ дает возможность прессования не только однородных, но и неоднородных по составу и структуре материалов в достаточно широком диапазоне крупности и влажности. Процесс позволяет получать прочный кусковый продукт с заданной формой, размерами, плотностью и массой, а также обеспечивает одно из главных преимуществ безобжиговых способов окускования — сохранение неизменными состава и свойств исходного сырья. Холодное брикетирование отличается простотой технических и технологических решений, небольшой энергоёмкостью и экологической безопасностью, возможностью размещения малотоннажных производств в местах образования отходов. Вместе с тем необходимо отметить, что по сравнению с агломератом и окатышами брикеты холодного прессования имеют более высокую истираемость и низкую термостойкость, поскольку при повышенных температурах большинство связующих веществ разлагается, что приводит к разрушению куска и ухудшению газодина-

мики при плавке с использованием таких брикетов. Тем не менее грамотный подбор состава брикетов и организация режима плавки позволяют увеличивать объемы переработки брикетов в низкошахтных печах, доменных печах, кислородных конвертерах и электродуговых печах

В настоящее время одной из самых распространенных реализаций способа холодного брикетирования в металлургическом производстве является процесс брикетирования с использованием валковых прессов. Широкое применение данных агрегатов обусловлено наличием ряда преимуществ: непрерывностью процесса, низкими эксплуатационными расходами, небольшими габаритами, широкими диапазонами достигаемой производительности [2].

Одним из видов холодного брикетирования является технология получения брикетов из мелочи металлизированных окатышей на фабрике окомкования и металлизации (ФОиМ) АО «Оскольский электрометаллургический комбинат им. А. А. Угарова». Сырьем для производства брикетов является мелочь металлизированных окатышей, поступающая от станции грохочения металлизированных окатышей. В качестве связующего вещества применяют мелассу свекловичную, являющуюся отходом свекловичного производства, соответствующую ГОСТ 30561 с плотностью от 1320 до 1400 кг/м<sup>3</sup>, РН от 6,5 до 8,0. Для предотвращения вторичного окисления мелочи в бункер постоянно подают инертный газ. Температуру мелассы поддерживают автоматически от 40 до 50 °С. Подготовленную смесь при помощи ковшевого элеватора и винтового конвейера подают к брикетировочным прессам, которые с усилием 1500 кН брикетируют смесь. Годные брикеты транспортируют на склад.

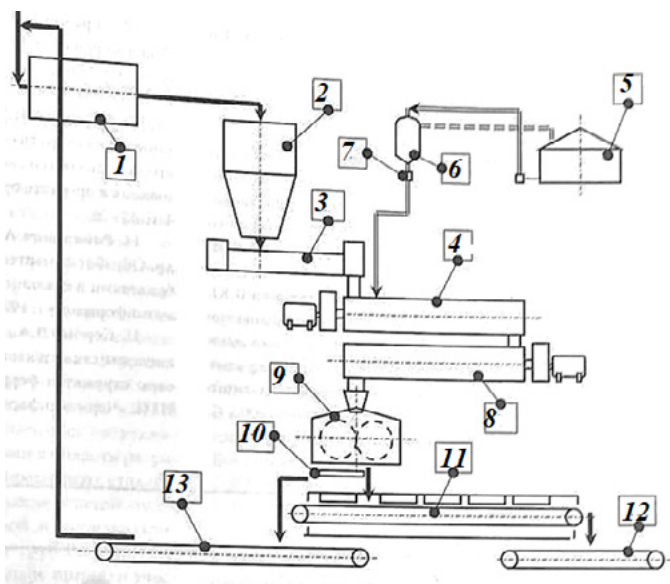
Следующим успешным примером использования технологии холодного брикетирования можно привести Донской горно-обогаительный комбинат (ДонГОК, г. Хромтау, Актюбинская область, Республика Казахстан), который занимается добычей и обогащением хромитовых руд.

На одной из обогащительных фабрик комбината (ДОФ-1) в 2000 году была создана установка брикетирования на основании разработанного НВФ «БРИК-92» технологического задания (ТЛЗ) по проекту ОАО «Энергоцветмет» в беспрецедентно короткие сроки (примерно 9 месяцев от разработки ТЛЗ до приема в эксплуатацию)

и успешно функционирует в настоящее время, и производит около 200 тыс. т брикетов в год.

Технология обеспечивает непрерывность производства брикетов, обладающих достаточной механической прочностью для противостояния динамическим и статическим нагрузкам, возникающим при перегрузках по всей технологической цепочки, а также обладающих достаточными влагостойкостью (устойчивы к действию атмосферных осадков) и термопрочностью (не разрушаются при нагреве до температуры 950–1000 °С). В качестве связующего используется растворимое (жидкое) стекло.

Технология брикетирования имеет в основном типовую инфраструктуру. Предназначенный для брикетирования материал подают на участок подготовки 1 (см. рис. 1).



**Рис. 1.** Технология холодного брикетирования отсевов (10–0мм) и мелких фракций ферромарганца, ферротитана, ферросилиция и их смесей.

1 — участок подготовки, 2 — расходно-дозировочный бункер, 3 — дозатор, 4 — смеситель, 5 — хранилище, 6 — расходно-дозировочная емкость, 7 — насос, 8 — подготовитель, 9 — пресс, 10 — сепарационное устройство, 11 — узел дозревания, 12 — конвейерный тракт

Затем подготовленный материал подают в расходно-дозировочный бункер 2, в котором обеспечивается запас материала для определенного периода времени непрерывной работы. Из накопительного бункера материал поступает на дозатор 3. Далее дозированный поток материала поступает в смеситель 4, куда одновременно из расходно-дозировочной емкости 6 насосом 7 подают связующее. Накопление связующего осуществляют в хранилище 5.

Смесь брикетируемого материала со связующим поступает в подготавливатель 8, где продолжается перемешивание и идет подготовка к наложению давления на смесь. Подготовленную к брикетированию смесь подают в пресс 9, где в калибрах прессующих валков формируются брикеты. На сепарационном устройстве 10 от потока брикетов отделяют облой и мелочь, а брикеты подают в узел дозревания 11 и по конвейерным трактам 12 на склад и в дальнейшее производство.

Технология, разработанная НВФ «БРИК-92», адаптирована к процессам брикетирования отсевов (10–0 мм) и мелких фракций ферромарганца, ферротитана, ферросилиция и их смесей [3].

Технология холодного брикетирования становится все более популярной для переработки металлургических отходов. Таким способом можно получать брикеты извести, угольные брикеты, топливные древесные брикеты и т.д. Многие формы лекарственных средств представлены в виде брикетов, мусор и бытовые отходы тоже брикетируются для удобства дальнейшей переработки.

Технология холодного брикетирования, наиболее эффективный способ переработки накопившихся и образующихся в процессе производства отходов. Он не требует огромных затрат, технологически прост, и очень актуален в сегодняшнее время, может быть реализован полностью на отечественном оборудовании.

### *Список литературы*

1. Производство и применение в доменной печи брикетов нового поколения / Й. К. Далмиа, И. Ф. Курунов, Р.Б. Стил, А. М. Бажанов // Металлург. 2012. № 3 С. 39–41.
2. Брикетирование металлургического сырья. Актуальность и пути развития метода / Б. Н. Маймур, А.Ю. Худяков, В. И. Петренко, С.

- В. Ващенко, К. В. Баюл // Бюллетень «Черная металлургия». 2016. № 1 С. 76.
3. Брикетирование мелкозернистых материалов в ферросплавном производстве: опыт и возможности / В. И. Бабанин, А. Я. Еремин // Металлург. 2006. № 5 С. 45–49.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ КОКСОВОЙ ПЫЛИ

*К.Д. Цынкин, А.Х. Шарипов, А.А. Скляр*

*Старооскольский технологический институт  
им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного  
автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет  
«МИСИС», г. Старый Оскол*

***Аннотация.** Представлены различные варианты переработки коксовой пыли. Рассмотрены примеры переработки коксовой пыли путем производства топливных и железо-углеродных брикетов. Разработана технологическая схема производства топливных и железо-углеродных брикетов с использованием различных побочных продуктов и отходов металлургического производства. Представлен ориентировочный состав шихты для производства производства топливных и железо-углеродных брикетов и ключевые моменты технологии их производства.*

***Ключевые слова:** коксовая пыль, топливные брикеты, железо-углеродные брикеты, брикетирование, брикет-пресс, связующие материалы.*

В настоящее время множество предприятий столкнулось с проблемой реализации побочной продукции, особенной той, которая ранее экспортировалась. Теперь в условиях санкционного давления приходится искать новые рынки для реализации данной продукции что подразумевает в том числе разработку технологий для ее переработки в конкурентоспособную продукцию.

Одним из таких продуктов является коксовая пыль. Коксовая пыль — это твердые частицы, которые образуются в процессе про-

изводства кокса (сортировки валового кокса, сухого тушения кокса, перегрузках кокса и т. д.), который производится путем нагрева каменного угля в отсутствии воздуха, чтобы удалить из него воду, смолы и другие летучие вещества. Эти частицы, называемые коксовой пылью, состоят в основном из угля и могут содержать некоторое количество других веществ, таких как зола и сера. Объемы образования коксовой пыли весьма велики, в среднем в коксохимическом производстве в год образуется около 18–20 тыс. т коксовой пыли. Размер частиц коксовой пыли составляет 0–5 мм. Применения коксовая пыль практически не находит из-за сложности с погрузкой и транспортировкой [1].

Существует несколько технологий переработки коксовой пыли, некоторые из которых включают:

1. Агломерация: коксовая пыль может быть использована в качестве агломерационного агента в производстве агломерата. В этом случае коксовая пыль смешивается с железной рудой и другими составляющими шихты, затем обжигается для образования агломерата.
2. Использование в качестве топлива: например, в цементной промышленности коксовая пыль может быть использована в качестве альтернативного топлива и сырьевого материала. Она может заменять часть каменного угля, использованного в процессе производства цемента.
3. Пиролиз: данный метод переработки коксовой пыли является относительно новым и используется для превращения пыли в сырьевой газ, который может быть использован в качестве топлива или сырья для производства других химических продуктов.
4. Использование в строительной отрасли: коксовая пыль может использоваться в качестве добавки для улучшения свойств бетона и асфальта, таких как прочность и стойкость к воздействию воды, а также как краситель.
5. Использование в качестве активатора сжигания отходов: коксовая пыль может использоваться в качестве активатора сжигания отходов, чтобы увеличить температуру сгорания и ускорить процесс утилизации.
6. Также возможны различные химические процессы такие как сульфатация, восстановление и гидрометаллургическая переработка, направленные на извлечения ценных металлов из пыли.

В целом, переработка коксовой пыли имеет важное значение для снижения ее негативного влияния на окружающую среду и повышения эффективности производства.

Наиболее эффективным, сравнительно простым и недорогим способом переработки коксовой пыли является брикетирование. В этом случае возможно производство как топливных брикетов, так и железо-углеродных брикетов.

Использование топливных брикетов из коксовой пыли рассмотрено в работе [1]. Брикеты изготавливались из концентрата коксовой пыли, в качестве связующего использовался карбамид. Введение данных брикетов до 40% взамен кокса при плавке чугуна в вагранке РМЦ ПАО «Кокс» показало, что плавка идет без отклонения от стандартного режима.

Добавление к коксовой пыли еще и угольной позволят использовать их в качестве горючего вещества для бытовых и производственных целей [2–3].

Еще более эффективной технологией переработки коксовой пыли является ее совместное брикетирование с другой побочной продукцией или отходами металлургического производства. Такие брикеты получили название — железо-углеродные.

Из железосодержащих побочных продуктов металлургического производства, которые состоят преимущественно из оксидов железа, можно производить брикеты в совместной компактированной форме с восстановителем. В результате исследований выяснилось, что использование твердого восстановителя в составе брикетированного материала является более эффективным, чем использование чистого восстановителя (электродного боя, антрацита) отдельно [4].

Брикетированный материал способен выделять CO еще на этапе нагрева шихты и усвоить выделившуюся теплоту окружающим пространством печи, что является основным преимуществом по сравнению с использованием чистого восстановителя для науглероживания [5, 6].

Также железо-углеродные брикеты могут использоваться в сталеплавильном производстве как заменитель жидкого либо чушкового чугуна, углеродистого скрапа, карбюризатора и флюсов [7, 8].

Железо-углеродные брикеты используются и в технологии ОХУ-CUP. Эта технология может обрабатывать металлургические шлаки,

НВІ и лом одновременно. Восстановление оксидов железа осуществляется с помощью дешевой углеродной мелочи, а шлаки и мелочь прессуются в брикеты с цементом в качестве связующего. ОХУСУР успешно используется на заводах в Германии, Мексике и Японии [9].

Эти примеры демонстрируют, что производство коксовых брикетов как в виде топливных, так и железо-углеродных является эффективным способом переработки коксовой пыли. Полученные брикеты могут быть использованы в различных отраслях промышленности.

В качестве исходных материалов для топливных брикетов будет выступать косовая и угольная пыль, а для железо-углеродных брикетов различная железосодержащая побочная продукция металлургических производств (различные шламы и пыли) или концентрат. В качестве связующих материалов можно использовать карбамид, цемент, различные синтетические смолы, органические связующие и т.д.

Примерный предлагаемый компонентный состав шихты железо-углеродных брикетов:

- концентрат железорудный (35–55%);
- различные шламы (25–35%);
- различные железосодержащие пыли (15–17%);
- коксовая и угольная пыль (15–17%);
- цемент или другие связующие материалы, в т.ч. органические (1–7%)

Рассмотрим разрабатываемую технологию производства коксовых и железо-углеродных брикетов. Схема технологической цепочки представлена на рисунке 1.

Предлагаемая технологическая структура производства топливных и железо-углеродных брикетов, состоит из следующих пунктов:

1) Перевозка и доставка сырья. Главные компоненты шихты (коковая, угольная пыль, шламы и пыли металлургического производства, связующие материалы) доставляются каждый в свой отдельный бункер с помощью конвейеров. В случае использования жидкого связующего для него предусматривается отдельная емкость и участок для его подготовки (растворения, смешивания и т.д.).

2) Смешивание основных компонентов для получения смеси. Из расходных бункеров весовыми дозаторами в смеситель подаются коксовую пыль, далее если производятся топливные брикеты, то добав-

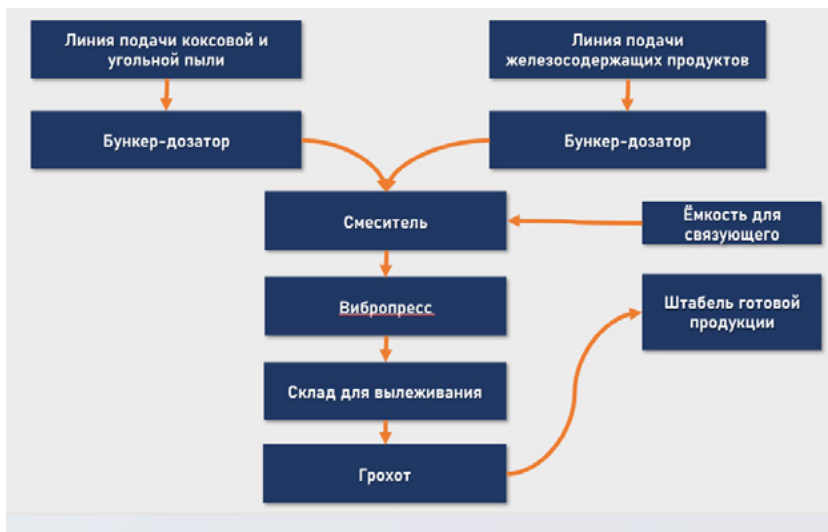


ляют угольную пыль, если производят железо-углеродные брикеты, то добавляют различные железосодержащие материалы или их смесь. После чего, в этот же смеситель, подают связующее. Если связующее сухое, то оно также подается из бункеров, если связующее жидкое, то оно подается с помощью насосов.

3) Формирование брикетов. Готовую смесь транспортируют к вибропрессу для формирования брикетов нужных размеров и формы. Распространенной является шестигранная форма брикетов. В качестве вибропресса можно использовать ГЕВИТ-БЛОК 2.6, который разработан как раз для производственных линий изготовления брикетов в том числе и из металлургического сырья

4) Готовые брикеты отправляются на склад для вылеживания и затвердевания связующего. Время затвердевания будет зависеть от типа связующего материала и составляет от нескольких часов до нескольких суток. В некоторых случаях может потребоваться и термическая упрочняющая обработка/сушка.

5) Мелочь брикетов отделяется на грохоте, готовые брикеты отправляются на склад и дальше потребителю, мелочь возвращается обратно на брикетирование.



*Рисунок 1. Технологическая схема участка брикетирования*

Области применения готовых топливных брикетов: использование в качестве топлива в производстве цемента или стекла, в вагранках для выплавки чугуна, в котлах на твердом топливе, в бытовых печах.

Области применения готовых железо-углеродных брикетов: доменное производство, производство железа прямого восстановления, сталеплавильное производство.

Таким образом, анализ различных вариантов переработки коксовой пыли показал, что наиболее эффективным способом переработки коксовой пыли является ее брикетирование путем производства топливных и железо-углеродных брикетов. В работе разработана технологическая схема производства топливных и железо-углеродных брикетов с использованием различных побочных продуктов и отходов металлургического производства. Представлен ориентировочный состав шихты для производства топливных и железо-углеродных брикетов и ключевые моменты технологии их производства. Данные брикеты могут быть использованы в различных отраслях промышленности.

### *Список литературы*

1. Солодов, В. С., Папин, А. В., Косинцев, В. И., & Сечин, А. И. Технологические аспекты брикетирования мелкодисперсных твердых углеродсодержащих материалов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2013. — № 3. — 110–113 С.
2. Торопова Н.В., Кононова А.С., Игнатова А.Ю., Папин А.В. Топливный брикет из коксовой и угольной пыли // Энергетика и энергосбережение: теория и практика. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 177.
3. Получение топливных брикетов из тонкодисперсных отходов угледобычи и углепереработки / А.В. Папин [и др.] // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 2015. — № 5. — С. 44–50.
4. Дорофеев Г. А. Энергопотенциал углерода в оксидугольных материалах и перспективы их применения в дуговых сталеплавильных печах // Металлург. — 2010. — № 7. — С. 28–32.
5. Дорофеев Г. А. Энергоэффективность углеродсодержащих материалов в дуговых сталеплавильных печах и способы ее повышения // Металлург. — 2010. — № 4. — С. 56–60.

6. Тлеугабулов С. М., Абииков С. Б., Алтыбаева Д. Х. Восстановительная плавка комплексного железорудного сырья // Сталь. — 2015. — № 5. — С. 20–24.
7. Дорофеев Г. А. Перспективы применения синтетических композиционных материалов в электродуговых печах // Сталь. — 2015. — № 10. — С. 13–16.
8. Пат. 2539890 Российская Федерация, МПК C21C5/52. Способ выплавки стали в электродуговой печи / Дорофеев Г. А [и др.]; опубл. 27.01.2015.
9. Varnbüler, C.B.V., Lemperle, M., Rachner, H.-J. Iron & steel making for niches quality products // (2008) ANNALS — 3rd International Meeting on Ironmaking and 2nd International Symposium on Iron Ore, pp. 656–666.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕТЕРОФАЗНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ С ОЛОВОМ В РАСПЛАВАХ ТРИАДЫ ЖЕЛЕЗА

*С.Н. Анучкин, А.А. Александров*

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова  
РАН, г. Москва*

**Аннотация.** Исследовали процессы взаимодействия экзогенных наночастиц тугоплавких фаз  $ZrO_2$  с модельными расплавами  $Fe$ ,  $Ni$  и  $Co$ , содержащими вредную примесь цветного металла — олово. Обнаружили, что введение наночастиц  $ZrO_2$  привело к удалению олова до 25, 21 и 24 отн. % в модельных системах  $Fe-Sn-ZrO_2$ ,  $Ni-Sn-ZrO_2$  и  $Co-Sn-ZrO_2$ , соответственно. Показали, что уменьшение содержания  $Sn$  происходило при двухстадийном процессе удаления наночастиц с оловом из расплава на границу фаз  $Me$ - (керамика, шлак, газ).

**Ключевые слова:** экзогенные тугоплавкие наночастицы, оксид циркония, примеси цветных металлов, олово, расплавы триады железа.

Современная промышленная революция требует повышения качества продукции металлургического комплекса. Все большее количество деталей и конструкций должны отвечать более высоким эксплуатационным свойствам изделий, а также особым требованиям по чистоте. Поэтому с каждым годом все больше возрастает интерес к новым, нетрадиционным способам улучшения свойств металла и достижениям более высоких показателей качества изделий. Развитие наук о наноматериалах, включая различные способы получения тугоплавких наночастиц, позволяет реализовать нетрадиционные способы использования нанопорошков для разработки более эффективных и универсальных способов улучшения металла. Одним из перспективных направлений этого является использование экзогенных наноразмерных частиц тугоплавких фаз (НЧТФ) как реагентов для рафинирования расплавов от вредных примесей, так и для инокулирования в процессах кристаллизации металла.

В настоящее время в металлургии ультрадисперсные или наноразмерные порошки используются в основном либо как модификаторы, влияющие на кристаллизацию расплава, либо при изготовлении дисперсно-упрочненных оксидами (ДУО) сталей, где оксидные частицы являются эффективными добавками для совершенствования сталей для реакторов на быстрых нейтронах. В современной литературе существует большое количество работ, посвященных взаимодействию ультрадисперсных порошков со сплавами на основе железа, никеля и кобальта. Подробно данные исследования рассматривались ранее в работах [1–2]. Например, в серии работ [3–5] рассматривается введение нано и микродисперсных частиц  $ZrO_2$  в сталь 08X18H10T при вакуумно-дуговом переплаве. Исследовали влияние режимов выплавки и размера легирующих частиц на распределение  $ZrO_2$  в слитке металла и показали, что наноразмерные частицы  $ZrO_2$  более равномерно распределены в объеме расплава, чем конгломераты  $ZrO_2$  микронных размеров [3].

При исследовании механических свойств определили, что при концентрациях частиц  $ZrO_2$  до 0,3 мас.% наблюдали повышение значений пределов прочности и текучести по сравнению с исходной сталью, а выше 0,4% происходит снижение механических свойств стали [3]. Обнаружили, что легирование ведет к измельчению зеренной структуры стали с ростом концентрации введенных добавок

ZrO<sub>2</sub> и с незначительным увеличением микротвердости металла. Зафиксировали новый пик внутреннего трения в стали (при 450 °С), связанный с количеством введенного ZrO<sub>2</sub>, и показали взаимосвязь с поведением фосфора в металле [4]. Исследовали усталость на знакопеременный консольный изгиб стали в исходном и модифицированном состояниях. Для последнего случая показали существенное (>30%) увеличение усталостной прочности в области малоциклового усталости и незначительное (~10%) изменение этой характеристики при большом числе циклов нагрузок [5].

Таким образом, обзор научной литературы подтверждает актуальность использования НЧТФ в расплавах триады железа. Однако практически не известно взаимодействие НЧТФ с ПАВ в расплавах и перераспределение НЧТФ в металле в зависимости от времени выдержки. На основании анализа результатов российских и зарубежных исследователей нами [6] предложена и экспериментально подтверждена гипотеза о взаимодействии НЧТФ с ПАВ металлического расплава с последующим адсорбционным механизмом удаления ПАВ из металла. В общем виде механизм удаления ПАВ представили схематично следующим образом: при введении в жидкий металл (дисперсионная система) экзогенных НЧТФ (дисперсная фаза) на образовавшейся межфазной границе частица-расплав (лиофильной или лиофобной) происходит перераспределение ПАВ и их адсорбция на поверхность наночастиц. В результате этого образуются ансамбли Me+(НЧТФ-ПАВ). Благодаря градиенту ПАВ происходят процессы перемещения ансамблей в расплаве, их возможное объединение или деградация и дальнейшее удаление под влиянием сил адсорбционной природы на границы раздела фаз Me-керамика/газ, т.е. реализуется процесс рафинирования металла от вредных ПАВ. На неудалившихся ансамблях будут происходить процессы адсорбции/десорбции ПАВ, и они будут влиять на процесс кристаллизации и улучшать механические свойства металла.

В настоящее время одним из основных источников примесей цветных металлов (ПЦМ) является шихта плавильных агрегатов, которая содержит значительные количества ПЦМ, удаление которых в процессе рафинирования металла представляет сложную физико-химическую и техническую проблемы [7]. Эффективные и экономически оправданные способы рафинирования расплавов

от ПЦМ разрабатываются, однако существующие подходы требуют нестандартного решения. Известно, что ПЦМ, как правило, обладают поверхностно-активными свойствами в расплавах триады железа [8] и это определяет использование этих свойств для рафинирования расплавов от ПЦМ. Таким образом, одним из перспективных направлений рафинирования является использование экзогенных НЧТФ как реагентов для очищения расплавов от ПЦМ по адсорбционному механизму.

Настоящая работа является продолжением цикла исследований по изучению взаимодействия НЧТФ с модельными расплавами триады Fe, и целью работы является исследование гетерофазного взаимодействия оксидных НЧТФ  $ZrO_2$  с ПАВ-ПЦМ(Sn) в модельных системах на основе Fe, Co и Ni и изучение кинетики этого взаимодействия при длительных изотермических выдержках.

Выбор НЧТФ провели на основании существующих термодинамических, межфазных и других свойств взаимодействия оксидных наночастиц с расплавами триады железа. В работе были использованы частицы  $ZrO_2$ , выбор которых объясняется, во-первых, необходимостью новых знаний о поведении оксидов металлов 4 Группы Периодической таблицы элементов Д.И. Менделеева при взаимодействии с жидким металлом и его примесями. Во-вторых, в расширении использования указанных оксидов в практических целях, например, при получении ДУО сталей, материала ячеек для измерения ЭДС компонентов жидких сплавов и т.д. Для выбранных частиц рассчитали стандартную энергию Гиббса реакции диссоциации в расплавах Fe, Ni и Co. Результаты расчета для 1873 К представлены в таблице 1. Проанализировали литературные данные работ по смачиваемости оксида циркония расплавами триады железа и значения угла смачиваемости также представлены в таблице 1.

Из данных таблицы следует, что оксид циркония является термодинамически стабильными и он лиофобен по отношению к расплавам триады железа. Однако заметим ограниченность этого анализа, т.к. он не учитывает влияние размерного фактора из-за отсутствия соответствующих данных, а смачиваемость наноразмерных оксидных частиц жидкими металлами неизвестна.

Для изучения вероятности испарения Sn из расплавов Fe, Ni и Co ранее [1,2,6] были рассчитаны значения парциальных давлений га-

**Таблица 1.** Значения энергии Гиббса диссоциации оксида циркония и их смачиваемость расплавами Fe, Ni и Co.

Реакция	Тпл.(фазы), К	$\Delta G^\circ_{1873\text{ К}}$ , Дж/моль	Ln Kp	$\theta$ град, (°C)
$ZrO_2 = [Zr]_{Fe} + 2[O]_{Fe}$	2988	365 191	-23,46	93 (1550) [9]
$ZrO_2 = [Zr]_{Ni} + 2[O]_{Ni}$		337 700	-21,70	90 (1500) [9]
$ZrO_2 = [Zr]_{Co} + 2[O]_{Co}$		340 375	-21,87	105 (1500) [9]

зовых компонентов над расплавами. По уравнениям зависимостей констант равновесия реакций от температуры определили, что для системы Fe-Sn парциальное давление P<sub>Sn</sub> при 1873 К равно 8,76·10<sup>-2</sup> Па [2]. Для системы Ni-Sn значения P<sub>Sn</sub> и P<sub>SnO</sub> при 1873 К равны 1,05·10<sup>-4</sup> Па и 4,69·10<sup>-3</sup> Па, соответственно. Для системы Co-Sn значения P<sub>Sn</sub> и P<sub>SnO</sub> при 1873 К равны 1,23·10<sup>-2</sup> Па и 1,26·10<sup>-2</sup> Па, соответственно [1]. Таким образом, термодинамический анализ парциальных давлений над расплавами Fe-Sn, Ni-Sn и Co-Sn показал малую вероятность удаления Sn в газовую фазу в условиях эксперимента, поэтому испарение Sn из расплава не может оказать существенного влияния на снижение его концентрации.

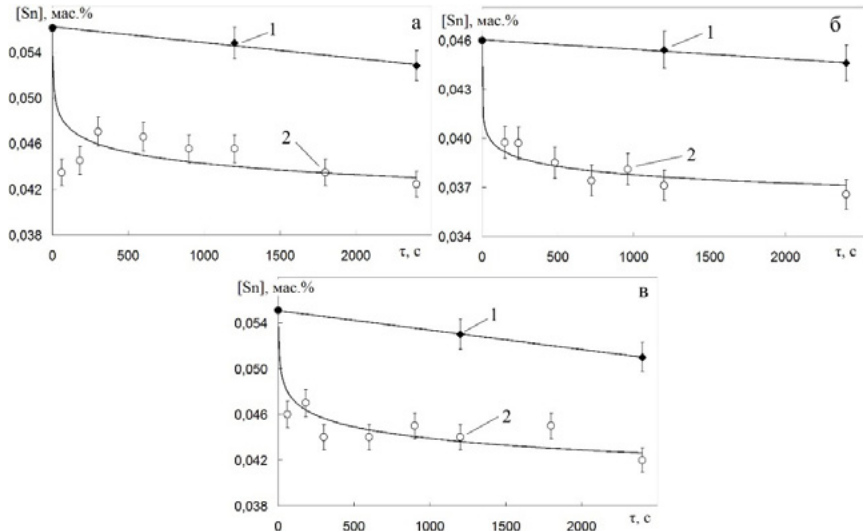
Наночастицы ZrO<sub>2</sub> получали плазменно-химическим методом и исследовали их свойства. Удельную поверхность анализировали методом БЭТ на анализаторе Micrometrics TriStar 3000 и она была равна 12,7 м<sup>2</sup>/г. Средний размер частиц d<sub>ср.</sub> (БЭТ) составил 83 нм. Рентгенофазовый анализ (Rigaku Ultima 4) НЧТФ ZrO<sub>2</sub> показал наличие 80% ZrO<sub>2</sub> (бадделейт) и 20% — ZrO<sub>1,88</sub>. Для введения НЧТФ в модельные расплавы усовершенствовали методику приготовления композиционного материала [6], содержащего микронные частицы Fe/Ni/Co с внедренными в них НЧТФ. Приготовление композиционного материала Me(97,5 мас.%) + ZrO<sub>2</sub>(2,5 мас.%) осуществляли в планетарной мельнице Fritsch Pulverisette 6 в атмосфере Ar в течение 1 часа. Далее смесь порошков подвергли одноосному прессованию и брикет дегазировали и хранили в вакууме при 25 оС. Модельные сплавы Fe-Sn, Ni-Sn и Co-Sn плавляли в вакуумной печи сопротивления при P<sub>He</sub>+P<sub>H<sub>2</sub></sub>=0,1 МПа с вводом

в расплав добавок Sn (марки ОВЧ-000) с 20 минутной изотермической выдержкой и кристаллизацией металла в тигле. Содержание Sn определяли на атомно-эмиссионном спектрографе с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП) Agilent 725-OES в АО «ВНИИПромтехнологии», и оно составило 0,056 мас.% (Fe-Sn), 0,046 мас.% (Ni-Sn) и 0,055 мас.% (Co-Sn). Анализ кислорода проводили методом восстановительного плавления на анализаторе фирмы «LECO» модели TC 436 и его содержание в слитках Fe-Sn, Ni-Sn и Co-Sn составило 0,0049, 0,0051 и 0,0014 мас.%. Эксперименты по изучению гетерофазного взаимодействия НЧТФ с ПЦМ-Sn проводили в вакуумной индукционной печи (ВИП) [10]. Опыты проводили в атмосфере He с 10%-ым содержанием H<sub>2</sub> при давлении 0,2 МПа. Нагрев и плавление металла контролировали оптическим пирометром ЭОП-66 с обработкой данных ПО «Экохром». Ввод брикета, содержащего НЧТФ ZrO<sub>2</sub>, осуществляли без нарушения герметичности печи с последующей изотермической выдержкой от 60 до 2400 с. в зависимости от опыта. Средняя температура составила 1580 °С. Содержание олова после опытов, как и ранее, определяли на АЭС-ИСП.

Всего было проведено 6 серии плавок с системами (мас.%): Fe-Sn (0,056%), Ni-Sn (0,046%), Co-Sn (0,055%), Fe-Sn(0,056%)-ZrO<sub>2</sub> (dcp.=83 нм), Ni-Sn(0,046%)-ZrO<sub>2</sub> (83 нм) и Co-Sn(0,055%)-ZrO<sub>2</sub> (83 нм). Результаты представили в виде зависимостей  $[Sn] = ( )$  (рисунок 1) и степени удаления  $\alpha = (([Sn]_{исх} - [Sn]_{кон}) / [Sn]_{исх})$ , отн.%. Анализ результатов показал, что, во-первых, введение НЧТФ ZrO<sub>2</sub> при изотермической выдержке 60–2400 с. привело к снижению содержания Sn и значения  $\alpha$  составили в системе Fe-Sn-ZrO<sub>2</sub> (83 нм) от 16 до 25 отн.%, в системе Ni-Sn-ZrO<sub>2</sub> (83 нм) от 14 до 21 отн.% и в системе Co-Sn-ZrO<sub>2</sub> (83 нм) — от 14 до 24 отн.%. Во-вторых, уменьшение концентрации Sn в опытах без ввода НЧТФ после 1200 и 2400 с. выдержки в условиях опыта составили для системы Fe-Sn: 2,3 и 5,9 отн.%, для системы Ni-Sn: 1,3 и 3,0 отн.%, и для системы Co-Sn: 3,8 и 7,4 отн.%, соответственно. Таким образом, с учетом термодинамического анализа процессов удаления Sn и опытов без введения НЧТФ, можно заключить, что удаление Sn как примеси цветного металла происходило в результате его гетерофазного взаимодействия с НЧТФ ZrO<sub>2</sub> с образованием ансамблей Fe/Ni/Co+(ZrO<sub>2</sub>-Sn) и удалением их



на границу раздела фаз Ме-керамика/газ. В-третьих, обработка результатов экспериментов методом наименьших квадратов показала, что наиболее достоверно результаты описываются логарифмической зависимостью. Полученные уравнения имели вид: для системы Fe-Sn-ZrO<sub>2</sub>:  $[Sn]=0,054-0,0014 \cdot \ln(\tau)$  с  $R^2 = 0,71$ ; для системы Ni-Sn-ZrO<sub>2</sub>:  $[Sn]=0,043-0,0007 \cdot \ln(\tau)$  с  $R^2 = 0,94$ ; и для системы Co-Sn-ZrO<sub>2</sub>:  $[Sn]=0,054-0,0015 \cdot \ln(\tau)$  с  $R^2 = 0,87$ . Анализ хода кривых на рисунке 1 указывают на двухстадийный процесс удаления ансамблей из расплава. На первой стадии интенсивно идут процессы перераспределения ансамблей в расплаве, их удаления на границы раздела фаз, взаимодействия с огнеупорным материалом и возможный обратный переход ансамблей в расплав. На второй стадии в обеих системах не происходит существенного изменения концентрации ПЦМ в результате гетерофазного взаимодействия, что может быть связано с достижением равновесия распределения ансамблей в объеме металла и на границе раздела фаз, и изменением кластерного строения и структуры металла.



**Рисунок 1.** Зависимость содержания олова от времени изотермической выдержки в системах Fe-Sn (а), Ni-Sn (б), Co-Sn (в): 1 — (Fe/Ni/Co)-Sn; 2 — (Fe/Ni/Co)-Sn-ZrO<sub>2</sub> (83 нм).

Резюмируем, что в лабораторных условиях доказано удаление Sn из модельных сплавов Fe-Sn, Ni-Sn и Co-Sn и показано, что на степень удаления значительное влияние оказывает время взаимодействия НЧТФ с ПАВ-ПЦМ. Удаление ПЦМ (Sn) происходит при двухстадийном процессе удаления ансамблей Fe/Ni/Co+(ZrO<sub>2</sub>-Sn) из расплава на границу фаз Ме-(керамика, шлак, газ). Представленные данные получены впервые и могут быть использованы в дальнейшем для исследования взаимодействия НЧТФ с вредными примесями ПАВ в сплавах триады железа.

Выводы:

1. Впервые изучили гетерофазное взаимодействие НЧТФ ZrO<sub>2</sub> (d<sub>ср.</sub>=83 нм) с Sn как примесью цветного металла в расплавах Fe-Sn, Ni-Sn и Co-Sn и экспериментально подтвердили высказанную ранее гипотезу об адсорбционном механизме взаимодействия НЧТФ с ПЦМ, проявляющих поверхностно-активные свойства в расплавах триады железа.
2. Исследовали кинетику рафинирования модельных сплавов Fe-Sn (0,056 мас.%), Ni-Sn (0,046 мас.%) и Co-Sn (0,055 мас.%) и показали, что значения степени удаления Sn составили в системе Fe-Sn-ZrO<sub>2</sub> до 25 отн.%, в системе Ni-Sn-ZrO<sub>2</sub> до 21 отн.% и в системе Co-Sn-ZrO<sub>2</sub> до 24 отн.% в зависимости от времени изотермической выдержки от 60 до 2400 с. Показали, что удаление Sn происходило при двухстадийном процессе удаления ансамблей Fe/Ni/Co+(ZrO<sub>2</sub>-Sn) из расплава на границу фаз Ме-(керамика, шлак, газ) при взаимодействии с огнеупорным материалом тигля и возможным обратным переходом ансамблей в расплав.
4. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшем для исследования взаимодействия НЧТФ с вредными примесями ПАВ-ПЦМ в сплавах триады железа и для изучения процессов рафинирования данных сплавов от вредных примесей.

### ***Список литературы***

1. Anuchkin S.N., Burtsev V.T., Samokhin A.V. Interaction of Exogenous Aluminum Oxide Nanophases with Tin and Antimony in Cobalt Melts. I. Heterophase Interaction // Russian Metallurgy (Metally). 2022. No. 9. P. 1043–1049.

2. Anuchkin S.N., Burtsev V.T., Samokhin A.V. Interaction of Exogenous Refractory Nanophases with Tin Dissolved in Liquid Iron. // *Russian Metallurgy (Metally)*, 2014, No. 9, P. 697–703.
3. Борц Б.В., Ванжа А.Ф., Короткова И.М., Сытин В.И., Ткаченко В.И. Исследование возможности получения дисперсно-упрочненных оксидами (ДУО) сталей методом вакуумно-дугового переплава // *Вопросы атомной науки и техники*. 2014. № 4(92). С. 117–124
4. Аржавитин В.М., Борц Б.В., Ванжа А.Ф., Короткова И.М., Сытин В.И. Исследование влияния легирования наноструктурными оксидами ZrO<sub>2</sub> на свойства стали X18H10T // *Вопросы атомной науки и техники*. 2013. № 5(87). С. 58–62.
5. Аксенова С.И., Борц Б.В., Короткова И.М., Пахомов А.В., Соколенко В.И. Усталость аустенитной стали, модифицированной оксидами циркония и иттрия // *Вопросы атомной науки и техники*. 2016. № 1(101). С. 160–166
6. Anuchkin S.N., Burtsev V.T., Samokhin A.V. Interaction of refractory compound nanoparticles with a surfactant in a nickel melt: I. Heterophase interaction // *Russian Metallurgy (Metally)*, 2010, No. 11, P. 1014–1020.
7. Гузенкова А.С., Иванов С.С., Исаев Г.А., Кудрин В.А. Производство стали, чистой от примесей цветных металлов. М.: МГВМИ. 2008. 118 с.
8. Ниженко В.И., Флока Л.И. Поверхностное натяжение жидких металлов и сплавов. М.: Металлургия. 1981. 208 с.
9. Durov A.V., Naidich, Y.V., Kostyuk B.D. Investigation of interaction of metal melts and zirconia // *Journal of Materials Science*, 2005, V.40, P. 2173–2178.
10. Глебовский В.Г., Бурцев В.Т. Плавка металлов и сплавов во взвешенном состоянии. М.: Металлургия. 1974. 176 с.

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

*А.А. Жемков, К.В. Григорович, А.М. Арсенкин*

*Институт металлургии и материаловедения имени А. А. Байкова  
РАН, г. Москва*

**Аннотация.** *В работе проведен анализ технологии внепечной обработки и разливки колесной стали, а также анализ изменения содержания оксидных неметаллических включений (НВ) в металле на этапах внепечной обработки и разливки. Методами фракционного газового анализа и сканирующей электронной микроскопии с рентгеновским микроанализом проведены исследования проб металла четырех плавок, отобранных на этапах внепечной обработки, из промежуточного ковша и от непрерывно литых заготовок колесной стали. Определено общее содержание кислорода и азота, количество и основные типы оксидных неметаллических включений (силикаты, алюминаты и шпинели) в отобранных пробах металла.*

**Ключевые слова:** *колесная сталь, внепечная обработка, неметаллические включения.*

Появление усталостных трещин, а также полное разрушение колес и рельсов во время эксплуатации является серьезной проблемой и представляет угрозу безопасности движения. Одним из наиболее значимых факторов, влияющих на качество железнодорожных колес, являются неметаллические включения [1, 2].

Неметаллические включения (оксиды, нитриды, сульфиды и сложные комплексные включения) формируются в процессах рафинирования, затвердевания и охлаждения металла. Термодинамически предотвратить возможность образования оксидов не представляется возможным, поскольку при существующих технологиях производства в металле всегда присутствует кислород и элементы — раскислители, с ним взаимодействующие. На содержание и морфологию образующихся в металле неметаллических включений оказывают значительное влияние процессы раскисления [3]. Раскисление стали алюминием обеспечивает низкую концентрацию растворенного кислорода в металле, но образующиеся продукты раскисле-

ния — корунд и шпинели, служат концентраторами напряжений, способствуют образованию микротрещин в металлической матрице, и снижают свойства готовых изделий [4].

Также из-за повышенного содержания оксидных неметаллических включений, особенно на основе алюминия, резко ухудшается технологичность разливки стали, что выражается в интенсивном за­растании стаканов-дозаторов и погружных стаканов. В зависимости от степени отложений возникают различные проблемы: уменьшение эффективного сечения канала сталеразливочного узла промежуточного ковша, ограничение количества металла, разливаемого через один ручей, полное прерывание процесса [5].

Для снижения содержания в металле образующихся включений алюминатов, чаще всего применяют обработку расплава кальций-содержащими материалами. Использование кальция в качестве модификатора способствует формированию жидких включений, их коаалесценции, укрупнению и последующему удалению из металла в шлак [6, 7].

Целью данного исследования является анализ технологии внепечной обработки и разливки колесной стали и контроль изменения состава и морфологии оксидных НВ в металле на этапах внепечной обработки и разливки.

В работе было проведено исследование проб металла, отобранных на основных этапах внепечной обработки, из промежуточного ковша и от непрерывно литых заготовок колесной стали для четырех промышленных плавков.

Технологическая цепочка производства исследуемой колесной стали включает в себя следующие этапы:

- 1) выплавка стали в дуговой сталеплавильной печи (ДСП);
- 2) обработка расплава на установке ковш-печь (УКП);
- 3) вакуумная обработка на установке вакуумной дегазации (УВД);
- 4) разливка стали на машине непрерывной разливки (МНРС).

Фракционный газовый анализ позволяет определить содержание кислорода в различных типах оксидных неметаллических включений, что соответствует при пересчете объемной доле включений каждого типа. В основе фракционного газового анализа лежит метод восстановительного плавления в тигле из графита в потоке несущего газа при заданной линейной скорости нагрева образца. Принцип ме-

тогда заключается в различии термодинамической прочности оксидов, в которых находится основная часть связанного в металле кислорода. При увеличении температуры насыщенного углеродом аналитического расплава, образовавшиеся оксиды восстанавливаются углеродом, и кислород удаляется из расплава в виде оксида углерода. Газоанализатор фиксирует кривую интенсивности выделения газов из металла в зависимости от температуры расплава. Достоинство метода ФГА заключается в его высокой точности и экспрессности [8,9].

Все пробы металла были исследованы методом фракционного газового анализа на газоанализаторе ТС-600 фирмы LECO. Результаты фракционного газового анализа обрабатывали при помощи оригинального программного обеспечения «OxSer Pro». После обработки эволюграмм ФГА для каждого образца с использованием программного обеспечения OxSeP Pro, были выделены основные типы оксидных НВ:

- 1) силикаты;
- 2) алюминаты;
- 3) шпинели (+ шлаковые включения).

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлена примерная технологическая схема производства одной из исследованных плавок колесной стали с указанием моментов присадки дополнительных материалов и отбора проб.

Во время выпуска металла из ДСП в ковш отдавали шлакообразующие, ферромарганец, карбид кремния и углеродсодержащие материалы.

На этапе обработки металла на УКП проводили операции наведения рафинировочного шлака, раскисления, десульфурации, легирования и модифицирования неметаллических включений. В качестве раскислителей использовали кремний и материалы, содержащие алюминий.

При обработке металла на УВД проводили удаление кислорода, водорода, азота, части неметаллических включений и вводили алюминиевую катанку и силикокальциевую проволоку.

На рисунке 2 представлено изменение содержания общего кислорода и азота (правая ось ординат), а также содержание кислорода в выделенных группах оксидных неметаллических включениях (левая ось ординат). На рисунке показаны моменты ввода присадок,

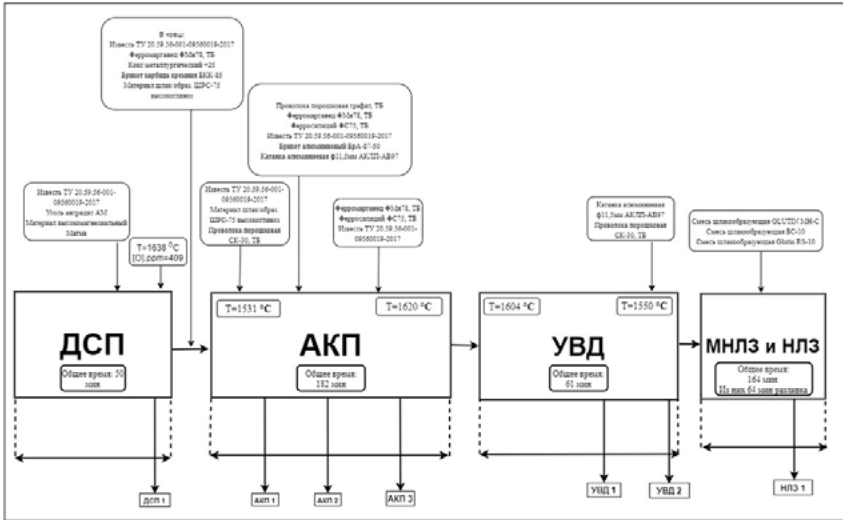


Рисунок 1. Технологическая схема производства колесной стали

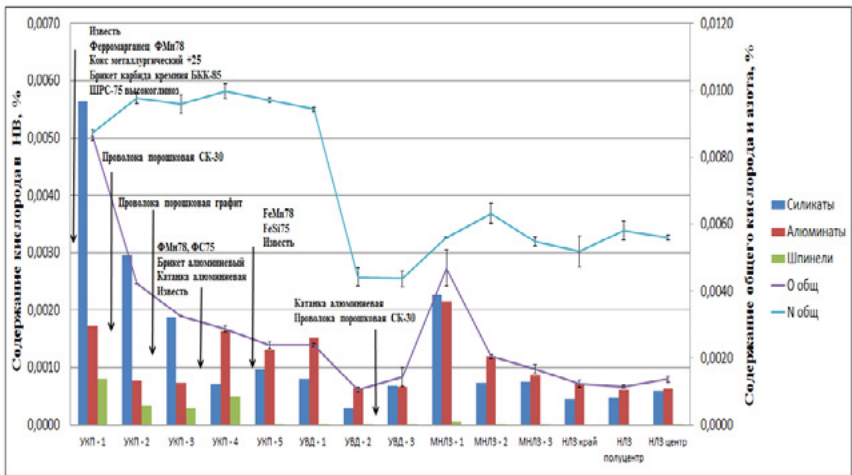
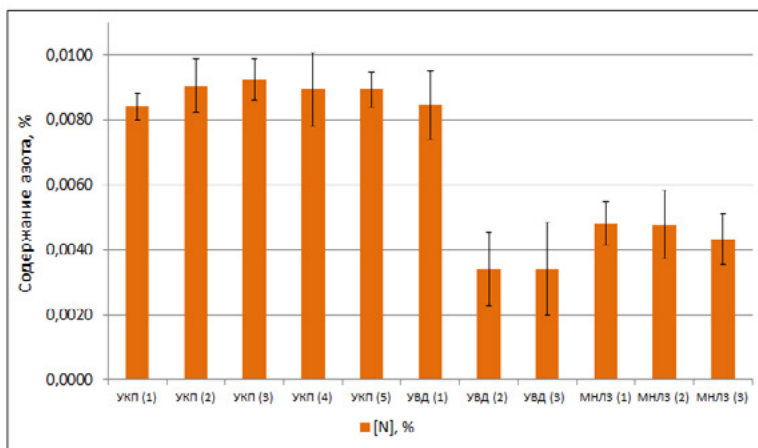
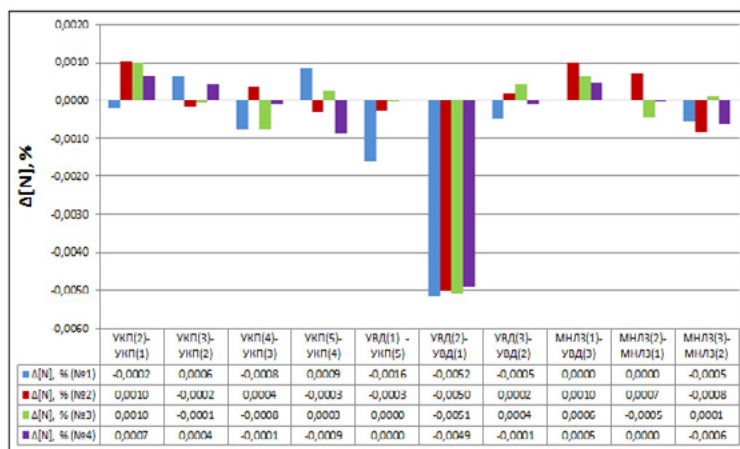


Рисунок 2. Результаты ФГА проб плавки колесной стали

которые оказывали влияние на распределение кислорода между различными типами оксидных неметаллических включений на этапах внепечной обработки и разливки стали.



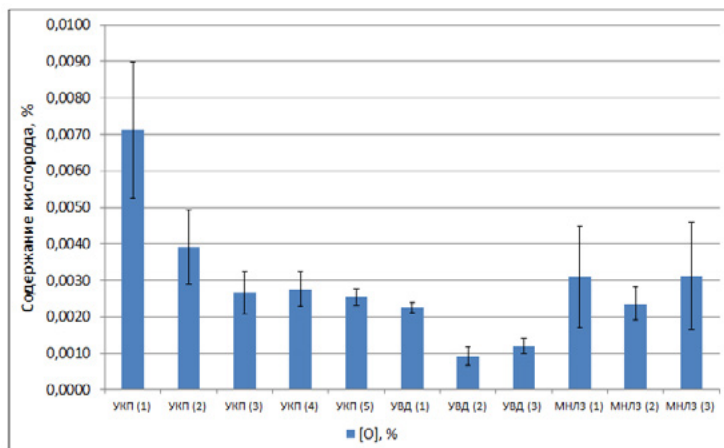
*Рисунок 3. Среднее содержание азота в пробах металла, отобранных на различных этапах производства*



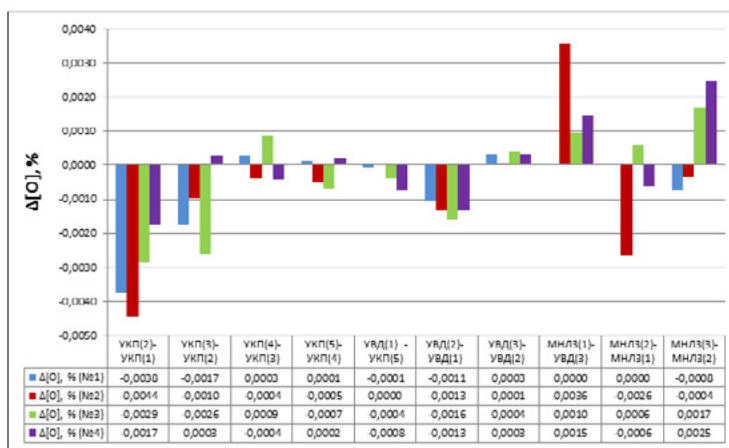
*Рисунок 4. Изменение содержания азота в пробах металла, отобранных на различных этапах производства*



На рисунках 3–6 представлены усредненные значения содержания общего азота и кислорода в пробах четырех плавок, отобранных на различных этапах производства и значения среднеквадратичных отклонений.



**Рисунок 5.** Среднее содержание общего кислорода в пробах металла, отобранных на различных этапах производства



**Рисунок 6.** Изменение содержания кислорода в пробах металла, отобранных на различных этапах производства

На рисунке 2 показано, что после ввода в сталь-ковш во время выпуска металла из ДСП раскислителей и шлакообразующих, содержащих кремний, марганец и алюминий и на первых минутах обработки на УКП, в первой пробе на установке ковш-печь (УКП-1) наблюдали большое количество силикатов, далее наблюдали снижение содержания силикатов за счет ассимиляции их покровным шлаком. После присадки алюминия после пробы УКП-3 наблюдали существенное увеличение содержания алюминатов в металле.

Наименьшее содержание общего кислорода, азота и оксидных неметаллических включений наблюдали в пробах металла после вакуумирования (пробы УВД2) до ввода алюминия, как результат вакуум — углеродного раскисления металла. После ввода алюминиевой катанки и порошковой проволоки с силикокальцием, наблюдали небольшое увеличение количества оксидных неметаллических включений, кислорода и азота (проба УВД3) и последующее увеличение содержания включений в пробах из промковша. Увеличение содержания общего кислорода наблюдали в металле пробы УВД-3 после ввода алюминиевой катанки и порошковой проволоки с силикокальцием, и отобранных из промежуточного ковша МНЛЗ (рисунок 5–6). В пробе УВД-2 среднее содержание азота на четырех плавках составило порядка 35 ppm (рисунок 3). Во время вакуумирования (пробы УВД1-УВД2) наблюдали стабильное удаление из расплава до 50 ppm азота (рисунок 4).

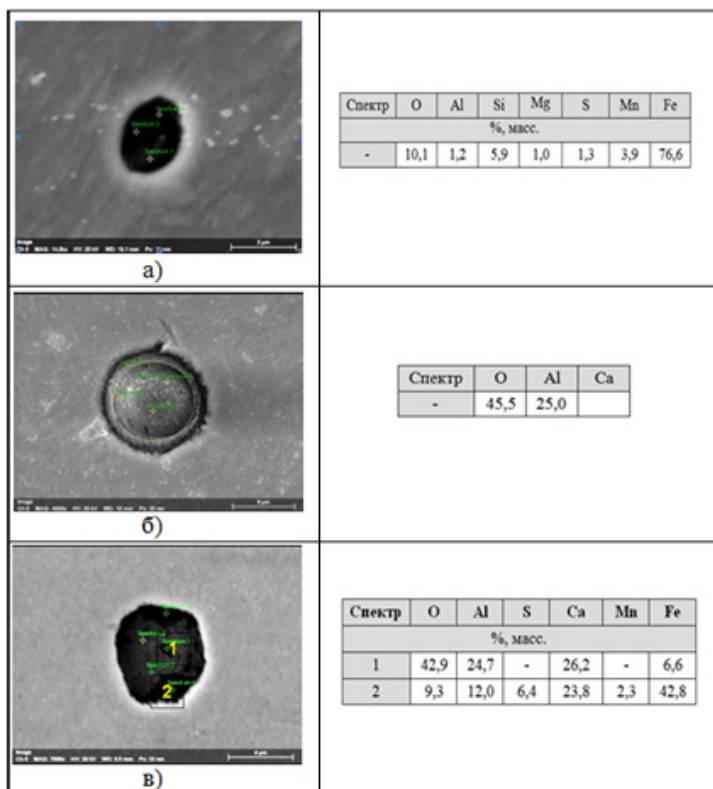
Результаты ФГА отобранных проб металла были подтверждены исследованиями загрязненности образцов колесной стали неметаллическими включениями методом сканирующей электронной микроскопии с рентгеновским микроанализом (рисунок 7).

Результаты металлографического анализа подтвердили наличие в отобранных пробах металла силикатов, алюминатов и шпинелей.

## **Выводы**

Результаты ФГА отобранных проб металла показали, что:

- заметное снижение содержания оксидных неметаллических включений и азота наблюдается на всех плавках после вакуумирования (пробы УВД-2). После ввода алюминиевой катанки и проволоки с силикокальцием, наблюдали увеличение количества



**Рисунок 7.** Основные группы оксидных НВ:  
а) силикат; б) алюминат; в) шпинель

оксидных неметаллических включений, общего кислорода и азота (проба УВД-3);

- увеличение содержания общего кислорода наблюдали в пробах, отобранных из промежуточного ковша МНЛЗ и в пробе УВД-3.

Результаты ФГА отобранных проб металла были подтверждены исследованиями загрязненности образцов колесной стали неметаллическими включениями методом сканирующей электронной микроскопии — рентгеновского микроанализа. Результаты металлографического анализа подтвердили наличие в отобранных пробах металла силикатов, алюминатов и шпинелей.

Увеличение содержания азота и кислорода в пробах металла с МНЛЗ, может говорить о вторичном окислении металла во время разлива, а также о взаимодействии растворенного в металле алюминия с огнеупорами и шлаком.

Увеличение содержания кислорода в пробе металла УВД-3 по сравнению с УВД-2, говорит о возможном загрязнении металла оксидными включениями, вносимыми присадками алюминия и проволоки с силикокальцием. Опираясь на термодинамические расчеты рекомендовано использовать в качестве раскислителя углерод в вакууме, что может позволить получать металл в условиях вакуума с содержанием кислорода ниже 20 ppm без использования алюминия и силикокальция.

### **Список литературы**

1. Григорович К.В., Демин К.Ю., Шибяев С.С., Демин Ю.С., Москвой К.А. Анализ технологии раскисления колесной стали // *Сталь*. № 9. 2007. с. 31–36.
2. Шибяев С.С., Гарбер А.К., Григорович К.В., Арсенкин А.М., Шишов А.А., Демин Ю.С. Демин, Москвой К.А. Улучшение технологии внепечной обработки колесной стали // *Электрометаллургия*. № 12. 2007. с. 2–12.
3. Xingle Fan, Lifeng Zhang, Ying Ren, Wen Yang, Songjie Wu. The Effect of Aluminum Addition on the Evolution of Inclusions in an Aluminum-Killed Calcium-Treated Steel // *Metals*. 2022, № 12, v.181, p.1–14.
4. Г.Д. Экхардт. Механизм очистки стали от неметаллических включений в раскисленных алюминием сталях // *Новые огнеупоры*. 2013. № 4. с. 16–23.
5. Tehovnik F, Burja J, Arh B., Knap M. Submerged entry nozzle clogging during continuous casting of al-killed steel. *Metalurgija*. 2015, vol. 54, no. 2, p. 371–374.
6. José Carlos S. Pires, Amauri Garcia. Modification of oxide inclusions present in aluminum-killed low carbon steel by addition of calcium // *Metalurgia & Materials*. 2004. № 57, p. 183–189.
7. В.П. Турбар, Д.М. Гаркаленко, Л.В. Таболаева, Т.С. Литвинова. Влияние модифицирования кальцием на качество колесной стали. *Металл и литье Украины*, 2009.— № 4–5. с. 55–58.

8. Григорович К.В. Фракционный анализ кислорода в металлах — особенности и возможности метода // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6. № 2. с. 151–159.
9. Григорович К.В. Фракционный газовый анализ — новое направление в контроле качества материалов // Аналитика и контроль. 2000. Т. 4. № 3. с. 244–251.

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ТЕРМООБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МИКРОСТРУКТУРУ СТАЛИ 6ХВ2С**

*А.А. Каляшина*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе представлены результаты оценки влияния режимов термической обработки на механические свойства стали 6ХВ2С, а также результаты исследований микроструктуры после закалки с температур 880 и 970 °С и различных вариантов отпуска. **Ключевые слова:** агрегат продольной резки, нож АПР, закалка и отпуск, механические свойства, 6ХВ2С.

С целью подготовки микроструктуры металла под закалку, для повышения механических свойств на всех образцах был проведен изотермический отжиг 850 °С. Микроструктура металла после отжига из стали 6ХВ2С представлена в основном перлитом разной дисперсности, ферритом и карбидами.

На стали было опробовано два вида закалки: закалка с температуры 970 °С в масло индустриальное и закалка при 880 °С в ту же охлаждающую среду. Микроструктура металла после закалки с 970 °С представлена мартенситом, карбидами, незначительным количеством бейнита и троостита, а также остаточным аустенитом. Микроструктура металла после закалки при 880 °С представлена мартенситом, карбидами и остаточным аустенитом.

Для закалки 970 °С на образце был проведен низкий отпуск при 250 °С. Микроструктура металла после закалки с отпуском представ-

лена отпущенным мартенситом, карбидами, незначительным количеством бейнита и троостита, и остаточным аустенитом.

На образцах после закалки при 880 °С было проведено три вида отпуска: при 250 °С, 300 °С и 600 °С. Микроструктура металла после закалки с отпуском 250 °С представлена отпущенным мартенситом, карбидами и остаточным аустенитом. Микроструктура металла после закалки с отпуском 300 °С представлена отпущенным мартенситом, трооститом и сорбитом, карбидами, незначительным количеством остаточного аустенита. Микроструктура металла после закалки с отпуском 600 °С представлена сорбитом отпуска, карбидами, незначительным количеством остаточного аустенита.

Нож АПР должен обладать твердостью не менее 59 HRC и ударной вязкостью не менее 25 Дж/см<sup>2</sup>, поскольку испытывает лишь незначительные ударные нагрузки. Стоит помнить, что стали только после закалки использовать запрещено, поскольку уровень внутренних напряжений превышает допустимые значения, что может привести к неконтролируемому разрушению изделия.

Состояние образца	Исходные образцы	Отжиг 850 °С	Закалка 970 °С	Закалка 880 °С	970 °С+ 250 °С	880 °С+ 250 °С	880 °С +300 °С	880 °С+ 600 °С
Твердость (HRC)	До 17	24.8	60	58.2	59.5	58.5	1.0	34.5
Ударная вязкость КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	-	-	-	-	30	98	20	28

*Таблица 1. Механические свойства стали 6ХВ2С после различной термической обработки*

Таким образом, микроструктурный анализ и механические испытания образцов, термообработанных по различным режимам, показало, что оптимальным режимом термообработки ножей АПР (агрегат продольной резки) является закалка с температуры 970 °С и отпуск при 250 °С, когда металл приобретает высокую прочность и достаточную ударную вязкость.

### **Список литературы**

1. ГОСТ 5950–2000 «Прутки полосы и мотки из инструментальной легированной стали»
2. Стали и сплавы, Марочник: Справ. Изд. / В.Г. Сорокин и др.; Науч. С77 ред. В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев — М.: «Интермет Инжиниринг». 2001–608 с.: ил.
3. Гуляев А. П. Металловедение. Учебник для вузов. 5-е изд., перераб. И доп. Мл Металлургия, 1986. 544 с.
4. Лахтин Ю.М., Леоньева В.П. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений.— 3-е изд., перераб. И доп. — М.: Машиностроение, 1990–528 с.: ил.

## **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, МОДЕЛИРУЮЩЕГО ОБРАЗОВАНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ КОВШЕВОЙ ОБРАБОТКЕ ТРУБНЫХ МАРОК СТАЛИ**

*А.М. Погодин, А.О. Морозов, А.А. Жемков*

*Институт металлургии и материаловедения имени А. А. Байкова РАН, г. Москва*

**Аннотация.** На основе языка программирования C++ в среде разработки Visual Studio разработана математическая модель расчета количества различных типов оксидных неметаллических включений (НВ) в стали. Методом фракционного газового анализа (ФГА) проведены исследования проб металла, отобранных в начале обработки на агрегате ковш-печь (АКП) для трубных сталей К-56, 09Г2С, КЕ1-55 и коррозионностойкой аустенитной стали 08Х18Н10Т, определены общее содержание кислорода, характерные типы НВ и их количество. Выполнено сравнение результатов расчетов содержания НВ в отобранных пробах металла по разработанной программе с резуль-

татами ФГА. Показана удовлетворительная сходимость расчетных значений с экспериментальными данными.

**Ключевые слова:** неметаллические включения, математическое моделирование, трубные стали, фракционный газовый анализ, качество стали.

Неметаллические включения представляют большую проблему для качества стальной продукции, негативно влияя на ее свойства. При деформации в процессе прокатки,ковки,штамповки кристаллические НВ неправильной формы играют роль концентраторов напряжения и могут вызывать образование трещин, которые являются причиной усталостного разрушения стали [1]. Исходя из этого, одной из главных качественных характеристик стали является количество содержащихся в ней различных типов НВ, и основной задачей в процессе внепечной обработки стали являются мероприятия по минимизации содержания в стали включений.

Стали ответственного назначения требуют строгого контроля содержания НВ. Для повышения качества конечного продукта необходимо понимать механизмы образования включений в процессе выплавки и ковшевой обработки стали, чтобы контролировать их содержание и размерные распределения. В связи с этим разрабатываются методы прогноза образования и удаления НВ при производстве стали, основанные на математическом моделировании. Это также связано с тем, что современный мир находится на переходном этапе от третьей промышленной революции к четвертой. Четвертая промышленная революция характеризуется развитием цифровизации и внедрением киберфизических систем. Одним из главных инструментов цифровизации является создание цифровых двойников. Уже сегодня актуальным становится разработка различных математических моделей металлургических агрегатов, которые описывают связанные с этим агрегатом различные процессы: как внутренние (например, протекание различных химических реакций в ванне жидкого металла), так и внешние (подвод и присадка различных материалов и реагентов). Объединение этих моделей в единый комплекс (так называемый цифровой двойник) позволит разработать программное обеспечение, которое позволит оптимизировать технологии, повысить стабильность производства и снизить себестоимость стали [2].



В данной работе был проведен анализ существующих на сегодняшний день математических моделей образования и удаления НВ [3–10]. Наиболее полными в плане описания процессов зарождения, роста и удаления НВ являются модели [7–10]. Однако на данный момент отсутствуют интегральные математические модели, которые имитируют процессы зарождения, модификации и роста неметаллических включений по всей технологической цепочке производства в зависимости от различных управляющих воздействий. Поскольку ежегодно к качеству выплавляемых сталей предъявляют все более строгие требования, актуальным становится разработка программных комплексов, которые описывают внешние и внутренние процессы, связанные с металлургическими агрегатами. Целью исследования являлась разработка математической модели и программного обеспечения образования НВ во время ковшевой обработки стали. Разработанное программное обеспечение может стать одним из компонентов цифрового двойника для агрегатов внепечной обработки стали.

При создании математического описания взаимодействий между компонентами системы «НВ-металл» учитывалось, что при выплавке и внепечной обработке стали все реакции протекают до наступления состояния равновесия. Химические реакции между компонентами системы «НВ-металл» протекают одновременно, и возможно протекание как прямых, так и обратных реакций. В локальном объеме отсутствуют градиенты химического состава и температуры.

Главной особенностью данной модели является то, что при моделировании образования НВ в ковше учтено перераспределение компонентов системы «НВ-металл». При расчетах образования НВ учитываются уравнения материального баланса, что позволяет получить более точные результаты при расчете образования включений.

При выпуске металла из ДСП (или конвертера) добавляемые в ковш раскислители начинают взаимодействовать с растворенным кислородом в жидком металле, что приводит к образованию первичных оксидных НВ. В таблице 1 в качестве матрицы приведены рассматриваемые в исследовании реакции образования оксидных НВ, которые контролируют перераспределение кислорода между компонентами металлического расплава и оксидными фазами.

Таблица 1. Матрица реакций образования оксидных НВ

	[O]	[Fe]	[Mn]	[Si]	[Al]	[Ca]	[Cr]	[Mg]
[O]		$[\text{Fe}] + [\text{O}] =$ $= (\text{FeO})$	$[\text{Mn}] + [\text{O}] =$ $= (\text{MnO})$	$[\text{Si}] + 2[\text{O}] =$ $= (\text{SiO}_2)$	$2[\text{Al}] + 3[\text{O}] =$ $= (\text{Al}_2\text{O}_3)$	$[\text{Ca}] + [\text{O}] =$ $= (\text{CaO})$	$[\text{Cr}] + [\text{O}] =$ $= (\text{Cr}_2\text{O}_3)$	$[\text{Mg}] + [\text{O}] =$ $= (\text{MgO})$
(FeO)	$(\text{FeO}) =$ $[\text{Fe}] + [\text{O}]$		$[\text{Mn}] + (\text{FeO}) =$ $= (\text{MnO}) + [\text{Fe}]$	$[\text{Si}] + 2(\text{FeO}) =$ $= (\text{SiO}_2) + 2[\text{Fe}]$	$2[\text{Al}] + 3(\text{FeO}) =$ $= (\text{Al}_2\text{O}_3) + 3[\text{Fe}]$	$[\text{Ca}] + (\text{FeO}) =$ $= (\text{CaO}) + [\text{Fe}]$	$2[\text{Cr}] + 3(\text{FeO}) =$ $= (\text{Cr}_2\text{O}_3) + 3[\text{Fe}]$	$[\text{Mg}] + (\text{FeO}) =$ $= (\text{MgO}) + [\text{Fe}]$
(MnO)	$(\text{MnO}) =$ $[\text{Mn}] + [\text{O}]$	$[\text{Fe}] + (\text{MnO}) =$ $= (\text{FeO}) + [\text{Mn}]$		$[\text{Si}] + 2(\text{MnO}) =$ $= (\text{SiO}_2) + 2[\text{Mn}]$	$2[\text{Al}] + 3(\text{MnO}) =$ $= (\text{Al}_2\text{O}_3) + 3[\text{Mn}]$	$[\text{Ca}] + (\text{MnO}) =$ $= (\text{CaO}) + [\text{Mn}]$	$2[\text{Cr}] + 3(\text{MnO}) =$ $= (\text{Cr}_2\text{O}_3) + 3[\text{Mn}]$	$[\text{Mg}] + (\text{MnO}) =$ $= (\text{MgO}) + [\text{Mn}]$
(SiO2)	$(\text{SiO}_2) =$ $[\text{Si}] + 2[\text{O}]$	$2[\text{Fe}] + (\text{SiO}_2) =$ $= 2(\text{FeO}) + [\text{Si}]$	$2[\text{Mn}] + (\text{SiO}_2) =$ $= 2(\text{MnO}) + [\text{Si}]$		$4[\text{Al}] + 3(\text{SiO}_2) =$ $= 2(\text{Al}_2\text{O}_3) + 3[\text{Si}]$	$2[\text{Ca}] + (\text{SiO}_2) =$ $= 2(\text{CaO}) + [\text{Si}]$	$4[\text{Cr}] + 3(\text{SiO}_2) =$ $= 2(\text{Cr}_2\text{O}_3) + 3[\text{Si}]$	$2[\text{Mg}] + (\text{SiO}_2) =$ $= 2(\text{MgO}) + [\text{Si}]$
(Al2O3)	$(\text{Al}_2\text{O}_3) =$ $2[\text{Al}] + 3[\text{O}]$	$3[\text{Fe}] + (\text{Al}_2\text{O}_3) =$ $= 3(\text{FeO}) + 2[\text{Al}]$	$3[\text{Mn}] + (\text{Al}_2\text{O}_3) =$ $= 3(\text{MnO}) + 2[\text{Al}]$	$3[\text{Si}] + 2(\text{Al}_2\text{O}_3) =$ $= 3(\text{SiO}_2) + 4[\text{Al}]$		$3[\text{Ca}] + (\text{Al}_2\text{O}_3) =$ $= 3(\text{CaO}) + 2[\text{Al}]$	$2[\text{Cr}] + (\text{Al}_2\text{O}_3) =$ $= (\text{Cr}_2\text{O}_3) + 2[\text{Al}]$	$3[\text{Mg}] + (\text{Al}_2\text{O}_3) =$ $= 3(\text{MgO}) + 2[\text{Al}]$
(CaO)	$(\text{CaO}) =$ $[\text{Ca}] + [\text{O}]$	$[\text{Fe}] + (\text{CaO}) =$ $= (\text{FeO}) + [\text{Ca}]$	$[\text{Mn}] + (\text{CaO}) =$ $= (\text{MnO}) + [\text{Ca}]$	$[\text{Si}] + 2(\text{CaO}) =$ $= (\text{SiO}_2) + 2[\text{Ca}]$	$2[\text{Al}] + 3(\text{CaO}) =$ $= (\text{Al}_2\text{O}_3) + 3[\text{Ca}]$		$2[\text{Cr}] + 3(\text{CaO}) =$ $= (\text{Cr}_2\text{O}_3) + 3[\text{Ca}]$	$[\text{Mg}] + (\text{CaO}) =$ $= (\text{MgO}) + [\text{Ca}]$
(Cr2O3)	$(\text{Cr}_2\text{O}_3) =$ $2[\text{Cr}] + 3[\text{O}]$	$3[\text{Fe}] + (\text{Cr}_2\text{O}_3) =$ $= 3(\text{FeO}) + 2[\text{Cr}]$	$3[\text{Mn}] + (\text{Cr}_2\text{O}_3) =$ $= 3(\text{MnO}) + 2[\text{Cr}]$	$3[\text{Si}] + 2(\text{Cr}_2\text{O}_3) =$ $= 3(\text{SiO}_2) + 4[\text{Cr}]$	$2[\text{Al}] + (\text{Cr}_2\text{O}_3) =$ $= (\text{Al}_2\text{O}_3) + 2[\text{Cr}]$	$3[\text{Ca}] + (\text{Cr}_2\text{O}_3) =$ $= 3(\text{CaO}) + 2[\text{Cr}]$		$3[\text{Mg}] + (\text{Cr}_2\text{O}_3) =$ $= 3(\text{MgO}) + 2[\text{Cr}]$

За основу методики распределения кислорода, растворенного в металле, между компонентами металла, взята методика, описанная в работе [11]. Для каждой из химических реакций матрицы в таблице 1 определяется возможность образования включений, а затем определяется их количество.

Условие образования неметаллических включений [11]:

$$\ln \frac{K_p}{K_\phi} > 0 \quad (1)$$

где  $K_p$  и  $K_\phi$  — равновесная и фактическая константы реакции.

Скорости взаимодействия компонентов в жидком металле характеризуются величиной  $\ln(K_p/K_\phi)$ . Для того чтобы рассчитать скорости реакций взаимодействий компонентов системы НВ-металл был разработан алгоритм, в котором единица времени (1 секунда) разбита на интервалы. Внутри интервала рассчитывали значения константы для каждой из реакций образования оксидов (Таблица 1). Реакцию, имеющую наибольшее значение  $\ln(K_p/K_\phi)$ , принимали за базовую. Скорость протекания базовой реакции  $V_{\text{баз}}$  за один интервал времени принимали равной 1 моль/интервал. Скорости всех остальных реакций пересчитывали по отношению к базовой по следующей формуле [12]:

$$V_{\text{Me}_x\text{O}_y} = V_{\text{баз}} \ln \frac{K_{p(\text{Me}_x\text{O}_y)}}{K_{\phi(\text{Me}_x\text{O}_y)}} / \ln \frac{K_{p,\text{баз}}}{K_{\phi,\text{баз}}} \quad (2)$$

В конце цикла на основе полученных значений скоростей реакций проводили пересчет материального баланса, химического состава металла и включений и происходил переход с новыми характеристиками состава на следующий интервал времени. Цикл выполняется до тех пор, пока сумма  $\ln(K_p/K_\phi)$  по всем химическим реакциям не примет минимальное значение, что будет говорить о невозможности образования новых оксидов. На выходе алгоритма может быть получена информация о типах оксидных включений, которые могут образоваться при заданных параметрах процесса выплавки стали на агрегатах внепечной обработки и их объемной доле.

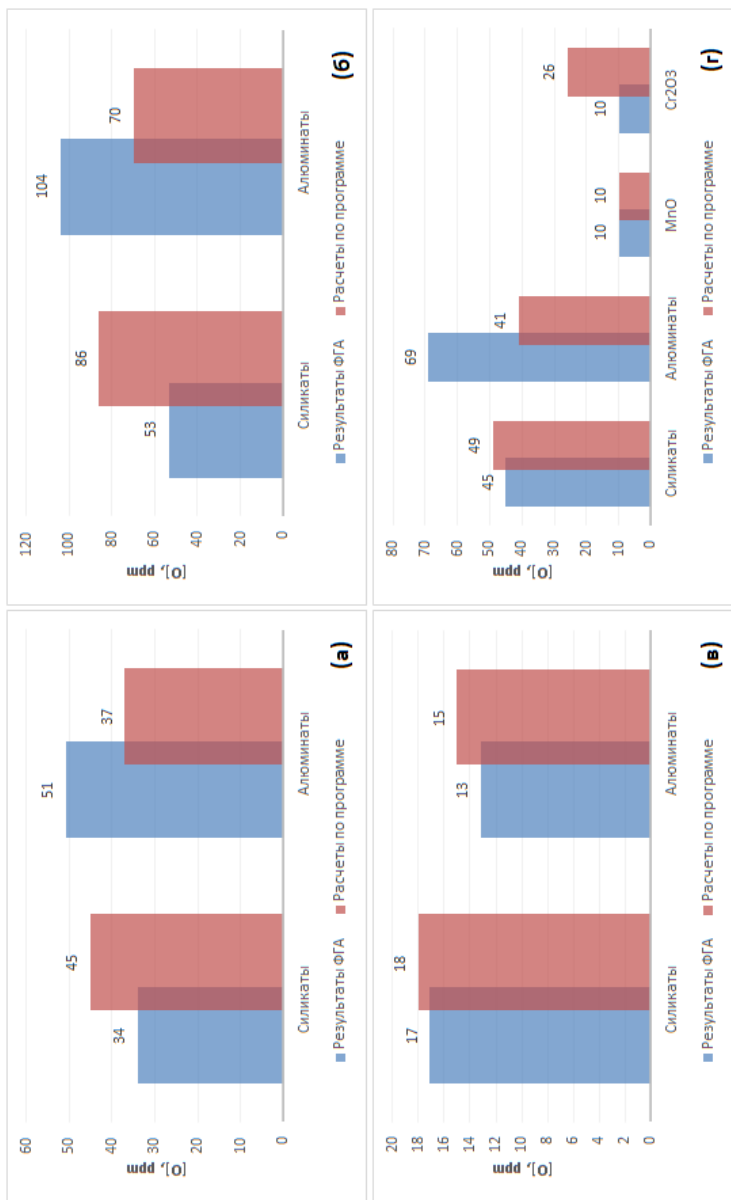
Блок-схема алгоритма образования неметаллических включений представлена на рисунке 1. В качестве исходных данных при расчете образования НВ используются следующие параметры: масса ме-

талла; его температура и химический состав. После ввода исходных данных, программа определяет возможность зарождения каждого типа оксидного неметаллического включения на АКП. Таким образом, удается вычислить количество первичных оксидных включений каждого типа, образующихся во время обработки металла на агрегате ковш-печь.

На основе разработанного математического описания с помощью языка программирования C++ в среде разработки Visual Studio было создано программное обеспечение расчета образования НВ.

Для проверки адекватности разработанной математической модели и программного обеспечения был проведен сравнительный анализ результатов ФГА проб металла трубных сталей К-56, 09Г2С, КЕ1-55 и коррозионностойкой стали 08Х18Н10Т, отобранных на АКП, и результатов расчетов с помощью разработанной программы. Метод ФГА позволяет оперативно получить информацию о содержании общего кислорода и азота в металле, и кислорода, распределенного в различных типах НВ в исследуемых образцах металла [12]. В качестве исходных данных для расчета по программе использовался химический состав металла, его масса и температура по результатам первой пробы на АКП, взятых из паспортов плавки трубных сталей К-56, 09Г2С, КЕ1-55 и коррозионностойкой стали 08Х18Н10Т. В результате расчета было получено общее содержание кислорода в оксидах и содержание кислорода в каждой группе разных типов включений. На рисунке 1 приведено сравнение результатов расчетов с помощью разработанной программы общего содержания кислорода в разных группах оксидов с результатами ФГА для образцов трубных сталей К-56, 09Г2С, КЕ1-55 и коррозионностойкой стали 08Х18Н10Т.

Результаты расчетов показали хорошую сходимость с результатами ФГА, что позволяет сделать вывод об адекватности разработанной математической модели и программного обеспечения. Данное программное обеспечение позволяет определить содержание простых оксидных НВ, образующихся в металле в процессах раскисления при внепечной обработке, и является частью программного комплекса, который имитирует процессы внепечной обработки металла [13].



**Рисунок 1.** Сравнение результатов ФГА для первых проб металла на АКП с расчетами с использованием разработанной программы содержания [O], пррт в разных группах оксидов для сталей: а) K56; б) 09Г2С; в) KEI55; г) 08X18H10Г

## **Выводы**

В ходе исследования был произведен анализ существующих на сегодняшний день материалов, статей и публикаций по процессам зарождения, роста и удаления неметаллических включений.

Разработана физико-химическая модель, математическое описание и, на ее основе, программное обеспечение процесса образования НВ для прогнозирования общего содержания НВ, образовавшихся в процессе внепечной обработки в зависимости от заданных начальных условий (химический состав, температура, окисленность, масса металла и присадок).

Для проверки адекватности разработанной модели и программного обеспечения был проведен сравнительный анализ результатов ФГА для образцов трубных сталей К-56, 09Г2С, КЕ1-55 и коррозионностойкой стали 08Х18Н10Т с результатами расчета по программе по количеству образовавшихся простых оксидных включений в начале внепечной обработки на АКП. Показана хорошая сходимость расчетных значений с данными по ФГА, что свидетельствует об адекватности разработанной математической модели и программного обеспечения.

Разработанное программное обеспечение позволяет определить возможность зарождения простых оксидных неметаллических включений и их количество и будет входить в программный комплекс, имитирующий процессы внепечной обработки металла.

## **Список литературы**

1. Производство стали. Том 1. Процессы выплавки, внепечной обработки и непрерывной разливки / Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В. — М.: Теплотехник, 2008.— 258 с.
2. Григорович К.В., Комолова. О.А. О роли физико-химических исследований и математического моделирования в современной металлургии. Международная научная конференция Физико-химические основы металлургических процессов имени академика А.М. Самарина, 2019, стр. 17.
3. Lifeng Zhang, Qiang Ren, Haojian Duan, Ying Ren, Wei Chen, Gong Cheng, Wen Yang & Seetharaman Sridhar. Modelling of non-metallic

- inclusions in steel. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy*. 2020. Vol. 129. No. 2. pp. 184–206.
4. Joo Hyun Park, Dong-Jin Kim: Formation of inclusions in High Mn-Al steels (HiMAS) and the reaction between calcium silicate slag and HiMAS melts // *Proc. 5th Int. Cong. on Sci. & Technol. of Steelmaking [ICS 2012]*, (2012), pp. 165, ICS 2012, 1–3 October. 2012, Dresden, Germany
  5. Seshadri V., Antônio da Silva C., Alves da Silva I. A physical modelling study of inclusion removal in tundish using inert gas curtain. *Tecnol. Metal. Mater. Miner.*, São Paulo, v. 9, n. 1, 2012. pp. 22–29.
  6. Ling H., Zhang L., Li H. Mathematical Modeling on the Growth and Removal of Non-metallic Inclusions in the Molten Steel in a Two-Strand Continuous Casting Tundish. *Metallurgical and Materials Transactions B*. 2016, 47(5), pp. 2991–3012.
  7. Mapelli C., Barella S., Gruttadauria A., Mombelli D. Prevision of inclusion content in structural steel. // *5th International Congress on the Science and Technology of Steelmaking 2012*, Dresden, Germany. 2012. pp 1–9.
  8. Pérez J. Inclusion Control Model in Ladle Metallurgy Furnace / McMaster University, Master's thesis, Ontario, 2012. pp. 131.
  9. You D, Michelic SK, Presoly P, Liu J, Bernhard C. Modeling Inclusion Formation during Solidification of Steel: A Review. *Metals*. 2017; 7(11):460. pp. 1–31 <https://doi.org/10.3390/met7110460>.
  10. Казаков А.А. Неметаллические включения в стали. Теория и ее приложения. Перспективные материалы, Том VI, 2017. стр. 203–275.
  11. Комолова. О.А., Моделирование взаимодействия компонентов шлаковой и металлической фаз при производстве стали, разработка алгоритмов и программного обеспечения для описания технологических процессов, М.: НИТУ «МИСиС», 2014
  12. Konstantin Grigorovich, Olga Komolova, Darina Terebikina. Analysis and optimization of ladle treatment technology of steels processing. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 50, 6. 2015. pp. 574–580.
  13. Grigorovich, K. Dynamic simulation of ladle treatment process of steel — new software and method for technology optimization / K. Grigorovich, O. Komolova // *Proc. 6th Intern. Congress on the Science and Technology of Steelmaking*. ICS 2015, 2015, pp. 354–357.

## СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОВШЕВОЙ ОБРАБОТКИ IF-СТАЛИ

*А.О. Морозов, А.А. Жемков, А.Ю. Ем*

*Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН, г. Москва*

**Аннотация.** *В работе проведен сравнительный анализ технологий производства IF стали на трех предприятиях. Проведен фракционный газовый анализ, и металлографический анализ образцов металла, отобранных на основных этапах технологии ковшевой обработки при производстве IF стали. Показано изменение содержания углерода и азота, а также количества неметаллических включений в образцах стали по всей технологической цепочке производства. По результатам фракционного газового анализа представлена динамика изменения неметаллических включений и азота в стали. Показано, что основными типами оксидных неметаллических включений в исследованных пробах металла являются алюминаты, силикаты и шпинель.*

**Ключевые слова:** *IF-сталь, вакуумное обезуглероживание, ФГА, углерод, азот, неметаллические включения.*

В настоящее время повышение уровня требований по экономии топлива и безопасности эксплуатации автомобиля требует повышения прочности стального листа для кузовов автомобилей. Для обеспечения уровня технологичности производства металлопродукции сложной формы необходимо использовать лист из сталей с высокой штампуемостью. Для этого используется сверхнизкоуглеродистые марки стали для глубокой вытяжки, из которых методом штамповки производятся детали кузова автомобилей. При изготовлении деталей кузова автомобилей сложной формы, основными требованиями к листовым сталям является высокая прочность, деформируемость и качество поверхности изделий.

С целью обеспечения требований автомобильной промышленности и повышения экономичности производимых автомобилей, было разработано множество различных марок стали с увеличенными прочностными характеристиками. Они включают: стали без свобод-



ных атомов внедрения (IF), высокопрочные IF-ВН стали, многофазные стали (CP), TRIP стали, двухфазные стали (DP). Для всех типов сталей предъявляются особые требования к качеству поверхности холоднокатаного листа, к штампуемости и коррозионной стойкости, в особенности это относится к сталям класса IF, ведь суммарная масса деталей из данной стали в современном автомобиле составляет более 60% [1, 2].

Сталь IF (Interstitial Free) это стали без свободных атомов внедрения, к которым относятся углерод и азот. Высокопластичные IF-стали, структура которых стабилизирована микродобавками титана или/и ниобия, содержат углерода  $\leq 0,004\%$ , который вместе с азотом полностью связан в карбиды, нитриды и карбонитриды. Прочность стали обусловлена упрочнением твердого раствора кремнием, марганцем. Достоинствами данного класса стали является достижение высоких пластических свойств, которые определяются требованиями по химическому составу: сверхнизким содержанием углерода, азота ( $C < 40 \text{ ppm}$ ,  $N < 40 \text{ ppm}$ ) [3, 4, 5].

Промышленное производство сталей из такого листа началось в 1972 г. в Японии на заводах: Кавасаки стил, NSC и NKK. Начиная с первой половины 1980-х годов наблюдается устойчивый рост производства и потребления IF стали и до сих пор разработка технологий, позволяющих производить более совершенные материалы для производства легких и прочных кузовов, является одним из перспективных направлений в современной металлургии. [6, 7].

В ходе производства сталей данного класса для раскисления металла используют алюминий, который так же является основным источником загрязнения металла неметаллическими включениями (НВ). Он образует НВ, которые уменьшают усталостную прочность и пластические характеристики металла. Так же ухудшается коррозионная стойкость металла ввиду особых типов НВ, называемых коррозионно-активными неметаллическими включениями (КАНВ) [8]. НВ являются концентраторами напряжения при деформации, прокатке и штамповке стального листа, что в дальнейшем приводит к поверхностным дефектам, таким как трещины. Негативным эффектом НВ так же является «зарастание» сталеразливочных стаканов, которое сильно снижает скорость разливки, ухудшает технологичность производства [9, 10]. В своей работе [11] Zhou Xiaolei, условно

разделяет НВ по размеру на микровключения и макровключения. Размер микровключений обычно не превышает 50 мкм. Они имеют равномерное распределение в матрице, и слабо влияют на усталостное разрушение. Макровключения, размер которых превышает 50 мкм, распределены неравномерно и их количество гораздо меньше, однако они существенно сильнее влияют на качество готового проката [11, 12]. Поэтому эффективный контроль крупных неметаллических включений очень важен для повышения качества поверхности листа.

Одним из самых распространенных способов количественной оценки содержания НВ в стали является металлографический метод анализа. Для определения химического состава НВ в образце металла используют метод микрорентгеноспектрального анализа. Однако, данные методы исследования не дают полностью достоверную картину о форме и общем содержании НВ в объеме металла [13].

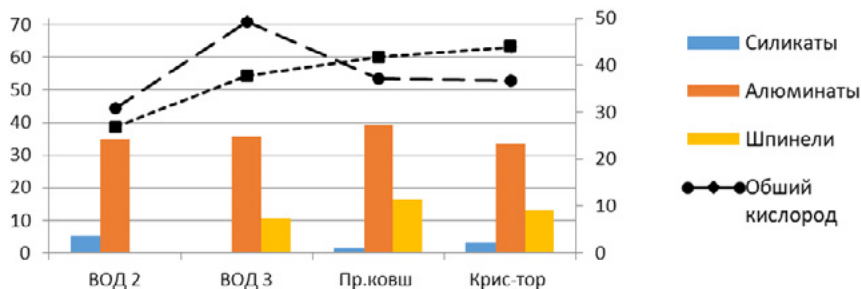
Метод фракционного газового анализа (ФГА) дает возможность определить общее содержание кислорода в различных типах оксидных неметаллических включений и их объемную долю, что обеспечивает более полную картину о содержании различных типов НВ в стали [15]. Метод ФГА основывается на различии температурных зависимостей термодинамической прочности оксидов, в которых находится основная часть связанного в металле кислорода. ФГА позволяет определить общее количество кислорода и азота, а также кислород в различных оксидных НВ, что соответствует их объемной доле в металле [15].

В работе проведен анализ технологий производства IF стали на трех предприятиях. Для этого были отобраны пробы металла по всей технологической цепочке. Предприятие I с технологической цепочкой (кислородный конвертер → установка ковш-печь (УПК) → ковшевой вакууматор (УВС) → УНРС). Предприятие II с технологической цепочкой (кислородный конвертер → установка ковш-печь (УПК) → циркуляционный вакууматор (УВС) → УНРС). Предприятие III с технологической цепочкой (кислородный конвертер → циркуляционный вакууматор (УВС) → установка ковш-печь (УПК) → УНРС).

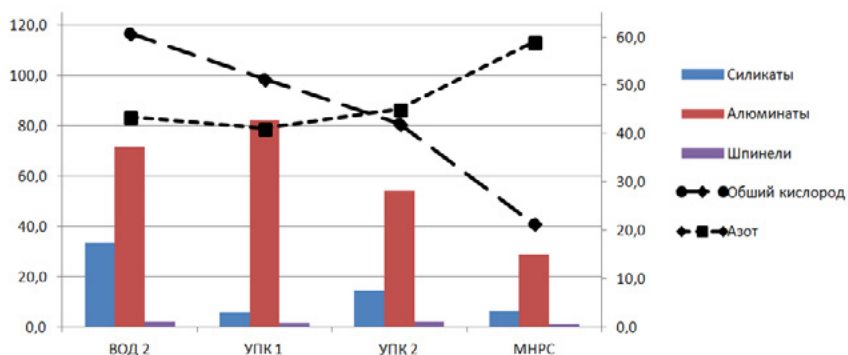
На основе проанализированных данных паспортов плавов видно, что среднее начальное содержание углерода до проведения вакуумного обезуглероживания для все трех предприятий разное и составляет

для предприятия I — 350 ppm, для предприятия II — 270 ppm и для предприятия III — 455 ppm. Однако конечное содержание углерода в пробах металла после проведения вакуумного обезуглероживания для трех предприятий менее 30 ppm. После проведения легирования наблюдается небольшой прирост углерода в среднем на 5 ppm, это связано в первую очередь, с приходом углерода из отдаваемых материалов. Содержание азота во всех пробах металла, отобранных на всех этапах ковшевой обработки после момента выпуска расплава из конвертера уверенно повышалось. В среднем, от момента выпуска металла из конвертера и до момента передачи на разливку прирост составил от 5 до 10 ppm. Причины, по которым происходит увеличение азота в металле, может быть, в присаживаемых в ковш материалах, которые в себе уже содержат азот, а также неудовлетворительной защите металла от атмосферы и в следствии вторичного окисления.

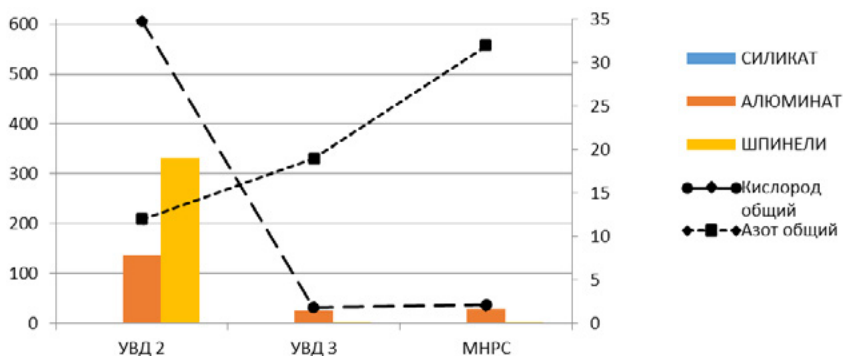
Методом ФГА были проанализированы пробы металла трех предприятий, отобранные по всей технологической цепочке ковшевой обработки. После обработки результатов ФГА с помощью оригинального программного обеспечения OxSeP Pro были выделены основные типы оксидных ВВ и их содержание в металле проб. Содержание кислорода в различных типах оксидных ВВ, полученное методом ФГА, после пересчета соответствует объемной доле оксидов данного типа в металле. Результаты определения содержания кислорода в различных типах оксидных ВВ, общего кислорода и азота в пробах металла, момент ввода основных присадок на различных этапах производства IF-ВН стали представлены на рис. 1–3.



*Рисунок 1. Результаты ФГА проб металла с предприятия I*



*Рисунок 2. Результаты ФГА проб металла с предприятия II*



*Рисунок 3. Результаты ФГА проб металла с предприятия III*

По результатам ФГА проб металла отобранных при ковшевой обработке IF стали на предприятии I видно, что преобладающей частью НВ являются алюминаты. Так же виден прирост азота на протяжении всей ковшевой обработки металла и разливки, что говорит о вторичном окислении металла вследствие плохой защиты металла от атмосферы.

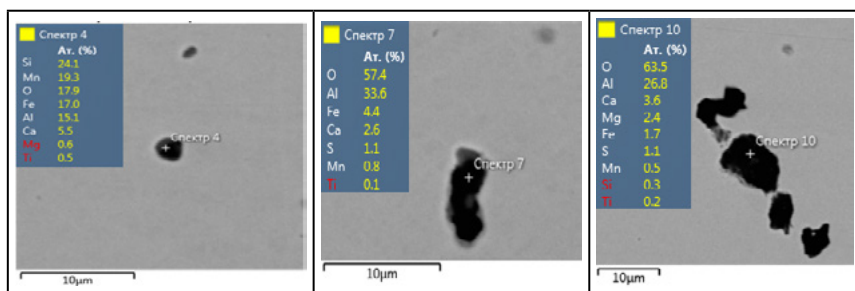
По результатам ФГА проб металла ковшевой обработки на предприятии II, после проведения вакуумирования основным видом НВ являются шпинели, которые образуются из — за разрушения футеровки. После продолжительного перемешивания аргоном содер-

жание шпинелей уменьшается, так как НВ данного вида переходят в шлак и основным типом НВ становятся алюминаты. Содержание азота увеличивается на 5 ppm на этапе УВС 2 — УВС 3 после отдачи легирующих материалов и на 13 ppm на этапе транспортировки стальной ванны от вакууматора до МНРС и после передачи расплава в промежуточный ковш.

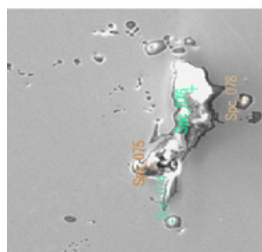
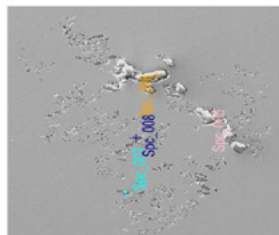
По результатам ФГА проб металла ковшевой обработки предприятия III видно, что основным типом НВ являются алюминаты. На этапе обработки, на УПК наблюдается уменьшение НВ силикатов и алюминатов которые переходят в шлак, содержание шпинелей остается на одном уровне. Азот на всех этапах ковшевой обработки после вакуумирования практически не изменяется. Существенный прирост азота происходит только на этапе разливки.

Для определения основных типов НВ с целью подтверждения результатов ФГА пробы были проанализированы с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega 3SB и на электронном микроанализаторе Jeol JSX ISP 100 EPMA, оснащенных рентгеновскими энерго-дисперсионным (ЭДС) и волно-дисперсионными спектрометрами (ВДС), с получением химического состава неметаллических включений. На основании этих данных было установлено, что основными типами НВ являются оксиды алюминатов типа Mn-Si-Ti-Mg-AlOx.

В результате проведенного исследования образцов металла, отобранных при анализе трех технологий ковшевой обработки и разливки IF стали, методами ФГА и электронной микроскопии, коли-



**Рисунок 4.** Результаты сканирующего электронного анализа НВ на микроскопе Tescan Vega 3SB



Name	O	Mg	Al	Ca	Ti	Fe	Total
Spc_005	45.73		53.24	0.61	0.43		100.00
Spc_006	42.15	10.65	45.73	0.62	0.86		100.00
Spc_007	48.66		49.21		2.12		100.00
Spc_008			100.00				100.00
Average	45.51	10.65	62.05	0.61	1.14		
Standard	2.67		22.07	0.01	0.72		

Name	O	Al	S	Ti	Mn	Fe	Total
Spc_074	56.49	42.75		0.76			100.00
Spc_075	46.21	51.00	0.23	2.56			100.00
Spc_076	45.96	53.25		0.79			100.00
Spc_078	64.76	31.61		3.64			100.00
Average	53.35	44.65	0.23	1.94			
Standard	7.84	8.49		1.22			
							Mass%

**Рисунок 5.** Результаты микрорентгеноспектрального анализа НВ на электронном микроанализаторе Jeol J SX ISP 100 EPMA

чественно определены основные типы неметаллических включений в стали, а также общее содержание кислорода и азота в металле. Отмечено что основными типами НВ в исследуемых пробах металла являются алюминаты, шпинели и силикаты.

Показана динамика изменения различных типов НВ в пробах металла на этапах ковшевой обработки после проведения вакуумного обезуглероживания и разливки IF стали. Установлено, что преобладающим типом НВ на все трех предприятиях являются алюминаты. На предприятии I так же наблюдается прирост включений шпинели на пробе ВОД 3, что в первую очередь может быть связано с отдачей кальция для модификации алюминатов в кальций и магний содержащие шпинели.

По результатам ФГА так же видна динамика изменения азота в металле, в технологии на предприятии I виден значительный прирост азота в период ковшевой обработки, что говорит об вторичном окислении металла. Для предприятий II и III прирост азота при ковшевой обработке незначителен, что говорит о достаточно хорошей защите металла от вторичного окисления. Однако, во все пробах металла трех предприятий наблюдается резкое увеличение азота на этапе разливки от 7 до 13 ppm, причиной чего может быть слабая защита струи металла во время разливки.

### **Список литературы**

1. Линденберг Х.-У. *Металлургические аспекты производства сталей для кузовов автомобилей*//Черные металлы.— 1995, № 3. — С71–77.
2. *Перспективы применения стали для изготовления кузовов автомобилей.* / Блюмель К., Пранге В., Пиль К.-Х., Шнайдер К. // Черные металлы.— 1995, № 3. — С65–71.
3. X. Zhang, Y. Ren, and L. Zhang: *Metall. Mater. Trans. A*, 2018, vol. 49A, pp. 5469–77.
4. L. Zhang and B.G. Thomas: *ISIJ Int.*, 2003, vol. 43, pp. 271–91.
5. Родионова И., Филиппов Г. *Технологические аспекты производства сталей для автомобилестроения* // Национальная металлургия. 2004. № 2. С. 93–97.

6. Высокопрочные IF-стали: параметры производства и свойства. Пихлер А., Гриберинг Г., Пресслингер Г. и др. Пер. с англ. / АО ММК БНТИ. — Магнитогорск: АО ММК, БНТИ, 1997. — С. 14.
7. Линденберг Х.-У. Металлургические аспекты производства сталей для кузовов автомобилей//Черные металлы.— 1995, № 3. — С71–77
8. Зайцев А.И., Родионова И.Г., Мальцев В.В. и др. Природа и механизмы образования в стали коррозионно-активных неметаллических включений. М.: Metallurgizdat. 2005. С. 37–51.
9. J. Z. Zhao, A. K. De and B. C. De Cooman; Metallurgical and Materials Transactions A, Vol — 32A, 2001, 417–423
10. Губенко С.И., Парусов В.В., Деревянченко И.В. Неметаллические включения в стали — д.: Арт-Пресс, 2005.
11. Zhou Xiaolei, Shi Zhe, Zhang Guifang. The evolution of non-metallic inclusions in IF steel. Applied Mechanics and Materials. 2015, vol. 696, pp. 62–65.
12. Зайцев А.И., Родионова И.Г., Хорошилов А.Д., Мезин Ф.И., Семернин Г.В., Мишнев П.А., Жиронкин М.В., Бикин К.Б. Анализ возникновения поверхностных дефектов в холоднокатаных изделиях из IF-сталей. Электрометаллургия. 2012, № 7, с. 36–40.
13. Kanbe Y., Karasev A., Todoroki H., Jönsson P.G. Application of extreme value analysis for two- and three-dimensional determinations of the largest inclusion in metal samples. ISIJ International. 2011, vol. 51, no. 4, pp. 593–602.
14. Manish Marotrao Pande, Muxing Guo. Determination of steel cleanliness in ultra-low carbon steel by pulse discrimination analysis optical emission spectroscopy technique. ISIJ International. 2011, vol. 51, no. 11, pp. 1778–1787.
15. Григорович К.В., Красовский П.В., Исаков С.А., Горохов А.А., Крылов А.С. Обработка и интерпретация результатов фракционного газового анализа // Заводская лаборатория, 2002, № 9, том 68, с. 3–9.



## ВЛИЯНИЕ ФЛЮСУЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ОКАТЫШЕЙ

*Е.Ю. Лихтина, А.С. Тимофеева*

*Старооскольский технологический институт  
им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного  
автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет  
«МИСиС» (СТИ НИТУ «МИСиС»), г. Старый Оскол*

**Аннотация.** *В статье исследованы особенности флюсующих добавок к окатышам и их влияние на свойства получаемых окатышей.*

**Ключевые слова:** *металлургия, флюс, доменная плавка, шихта, окатыши.*

Одной из главных задач предприятий при получении железорудных окатышей и металлизированного продукта является повышение качества готовой продукции и увеличение производительности. Для этого требуется уделять особое внимание со стадий обогащения железных руд, окомкованию и термообработке. А результаты эти будут эффективными только тогда, когда получены сырые окатыши, которые удовлетворяют требованиям. На качество сырых окатышей влияют различные факторы.

Одним из таких факторов являются флюсующие добавки [1]. В качестве флюса в основном применяют основные или известково-магнезиальные породы: известняк, доломит мел, представляющие собой карбонаты кальция и магния. Однако, в ряде случаев, офлюсование окатышей осуществляется с целью улучшения их прочностных характеристик. При этом, в связи с развитием новых технологических процессов восстановления (бездоменная металлургия), для придания окатышам требуемых металлургических свойств в качестве упрочняющей добавки могут использоваться не только основные материалы, так в ОАО «Лебединский ГОК» в шихте окатышей для металлизации используется боксит.

Требования, предъявляемые к флюсующим веществам в АО «Лебединский ГОК» представлены в таблице 1,2 [2, 3].

**Таблица 1.** Боксит измельченный. Технические требования

Показатель	Норма		Метод испытания
	Основное значение	Допуск	
Массовая доля влаги,%	1,5	±1,0	ТИ 00186803–04
Массовая доля контрольного класса — 0,071мм,%	96,0	±2,0	ТИ 00186803–04
Массовая доля СаО,%	6,0	+2,0	НДП М 00186803–31, ГОСТ 2642.7
Массовая доля Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,%	40,0	-2,0	НДП М 00186803–31, ГОСТ 26318.4
Массовая доля SiO <sub>2</sub> ,%, не более	23,0	-	НДП М 00186803–31, 26318.2
Примечание: 1) Не ограничивается нижний предел по массовой доле СаО. 2) Не ограничивается верхний предел по массовой доле Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .			

**Таблица 2.** Известняк измельченный. Технические требования

Показатель	Норма		Метод испытания
	Основное значение	Допуск	
Массовая доля влаги,%	1,0	-	ТИ 00186803–04
Массовая доля контрольного класса — 0,071мм,%	95,5	±1,5	
Массовая доля СаО,%, не менее	46,0	-	НДП М 00186803–31, ГОСТ 21138.5
Массовая доля SiO <sub>2</sub> ,%, не более	5,0	-	НДП М 001896803–31, ГОСТ 23260.4

Для окатышей применяются флюсующие добавки в виде известняка и боксита. Боксит — это алюминиевая руда, которая состоит из гидроксидов алюминия 40–60% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и ряда примесей (оксидов железа Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, кремния SiO<sub>2</sub> и т.д.). В черной металлургии боксит применяется в качестве флюса. Он оказывает положительное влияние на структуру и металлургические свойства окатышей. Окатыши, модифицированные бокситом, имеют улучшенный комплекс свойств, таких как равномерность, прочность и оптимальная пористость [4]. В процессе обжига окатышей при повышении содержания боксита их усадка увеличилась, что свидетельствует об интенсификации процесса спекания и, следовательно, упрочнение окатышей [5].

При изучении возможностей использования карбонатных материалов для процесса офлюсования железорудных окатышей был проведен анализ существующих источников флюсующих добавок на АО «ЛГОК» [6]. В испытаниях по полному замещению известняка в процессе обжига опробованы следующие флюсующие добавки:

- карбонатно-известковая мука (КИМ);
- мел;
- пыль ЦОИ АО «ОЭМК»;
- известь ЦОИ ОЭМК;
- известь 2 сорт АО «Эльдако».

При замещении известняка в шихте окатышей мелом активность флюсующих добавок последовательно возрастает, что связано в основном с его пористой структурой. Замена известняка негашеной известью практически не оказывает влияния на активность флюса. Введение в состав окатышей последовательно гидратной влаги, КИМ, меловой пыли и известковой пыли сопровождается возрастанием скорости снижения активности флюса. При этом добавки негашеной и гидратной извести из них наиболее близки к активности известняка.

Наибольшей влагоемкостью обладают окатыши, полученные с добавками известковой пыли. Аналогичный характер изменения влажности сырых гранул соответствует использованию добавок КИМ и гидратной извести. При замещении известняка кальцийсодержащими добавками, даже на 30%, отмечено снижение показателя пластичности сырых окатышей. Наиболее близкий показатель пластичности, относительно базового опыта, достигнут при применении КИМ, пыли ЦОИ ОЭМК и мела.

Прочность сырых окатышей при замещении известняка мелом сопоставима с базовыми показателями. Применение остальных добавок, частично замещающих известняк, влияют на снижение прочности сырых окатышей. Наиболее низкий показатель прочности сухих окатышей отмечен при добавлении в состав шихты извести, особенно негашеной. Применение мела позволяет сохранить прочность сухих окатышей на базовом уровне, даже при замещении известняка на 90%.

В целом, из полученных данных следует, что замена традиционного известняка wybranными кальцийсодержащими добавками влечет за собой некоторое снижение прочностных свойств сырых окатышей.

### *Список литературы*

1. Тимофеева А.С., Никитченко Т.В., Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья: уч. пособие — Старый Оскол: ТНТ, 2011.— 10; 101 с.
2. СТО 00186803–58–2022 Боксит измельченный. Технические требования.
3. СТО 00186803–56–2022 Известняк измельченный. Технические требования.
4. Шаврин А.В. Исследование и разработка технологических решений по улучшению металлургических свойств окатышей на основе оптимизации их структуры; Министерство образования науки РФ ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет — УПИ». — Екатеринбург, 2006.— 106 с.
5. Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф., Антоненко Л.К. Интенсификация производства и улучшения качества окатышей. М.: Металлургия, 1994.— 240 с.
6. Дудко В.А. Исследование физико-химических и кинетических закономерностей процесса обжига офлюсованных железорудных окатышей: диссертация. — Екатеринбург, 2022.— 10; 69–73.

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ Порошковой МЕТАЛЛУРГИИ**

*А.П. Гришин, Г.А. Митьков*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *В работе рассмотрены возможности, преимущества и недостатки порошковой металлургии.*

**Ключевые слова:** *порошковая металлургия, машиностроение, производство.*

Порошковая металлургия — область, охватывающая совокупность методов изготовления порошков металлов и металлоподобных соединений, полуфабрикатов и изделий из них или их смесей с неметаллическими порошками без распыления основного компо-

нента. Сущность порошковой металлургии заключается в производстве порошков и изготовлении изделий из них или их смесей с неметаллическими порошками.

Принципы процесса порошковой металлургии применяются к керамическим материалам, полимерам, композиционным материалам, состоящим из металлических и неметаллических компонентов. Среди неметаллических компонентов в изделиях порошковой металлургии наиболее широко представлены керамические порошки (оксиды, карбиды, нитриды, бориды и др.). Композиционные порошки — это порошки, частицы которых состоят из химически разнородных компонентов (двух и более) и (или) фаз, разделенных четко выраженной границей.

Наиболее широко применяются в изделиях порошковой металлургии порошки из различных металлов и сплавов. Основными достоинствами порошковой металлургии (как метода изготовления материалов и изделий) являются следующие: изготовление материалов и изделий из этих материалов, которые традиционными металлургическими способами получить крайне затруднительно, а на примере тугоплавких материалов (вольфрам, молибден, тантал) — невозможно; использование отходов металлургического и машиностроительного производства (окалина, стружка, гальванические шламы и т. п.) в качестве исходного сырья для производства порошковых изделий; существенное снижение отходов за счет производства изделий с размерами и формой, близкими к конечным.

К недостаткам порошковой металлургии можно отнести: ограниченность в выборе форм и размеров изготавливаемых изделий и заготовок; сравнительно невысокое рафинирование по примесям, что, например, препятствует использованию методов порошковой металлургии в изготовлении монокристаллов и полупроводников. Однако эти недостатки могут быть устранены за счет изготовления составных изделий или применения комплекса технологических процессов, включающих наряду с порошковой металлургией другие технологии.

Порошковая металлургия является одной из самых интересных и инновационных технологий производства, получивших основное развитие с начала XX века. Несмотря на свое относительно недавнее вхождение в производственный сектор современной экономики,

технологические принципы порошковой металлургии существуют уже на протяжении тысячелетий. Одной из важных характеристик процесса порошковой металлургии является формообразование металлических предметов из порошкообразных материалов без плавления [1].

Порошковая металлургия в Западной Европе, Азии и Северной Америке ориентирована, в первую очередь, на производство деталей и заготовок для автомобилестроения, поэтому заметный рост производства автомобилей в последние 3 года неминуемо ведет к повышению спроса на продукцию порошковой металлургии в этих регионах — до 26% в 2016 г. от мирового объема выпуска в натуральном выражении. Вторым значимым потребителем порошковых изделий стала авиационная промышленность — на ее долю пришлось в том же году 12%.

Следует при этом отметить, что именно авиационная промышленность стала пионером и первопроходцем в применении аддитивных металлургических технологий для производства широкой гаммы изделий из порошков суперсплавов, титановых сплавов, уже используемых в различных агрегатах и узлах современных гражданских и военных самолетов.

Военная промышленность также стала заметным потребителем порошковых изделий — 5% в 2016 г. от мирового объема выпуска. Практически такой же объем продукции порошковой металлургии (4–6%) потребляют: производство изделий медицинской техники (в первую очередь — имплантатов и инструментов); электроника (ферриты, системы охлаждения, детали разъемов, кронштейны); энергетика (корпуса задвижек, вкладыши и опоры генераторов и турбин, коллекторы, высоковольтные контакты); химическая промышленность (носители катализаторов, коррозионно-стойкие элементы, фильтры); инструментальное производство (быстрорежущие и карбид стали, твердые сплавы) [2].

В современной развитой промышленности широко распространено изготовление и использование порошковых деталей, которые успешно внедряются повсеместно. Применение методов порошковой металлургии для изготовления изделий позволяет достигать высокой производительности труда и значительной экономии средств.

### *Список литературы*

1. Кубанова А. Н., Гвоздев А. Е. История развития порошковой металлургии и ее применение в современных технологиях // Чебышевский сборник.— 2021. — Т. 22, № 2(78). — С. 437–448. — DOI 10.22405/2226–8383–2021–22–2–437–448.
2. Витязь П. А., Ильющенко А. Ф., Савич В. В. Порошковая металлургия в Беларуси и мировые тенденции развития // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия.— 2019.— № 1. — С. 98–106. — DOI 10.17073/1997–308X–2019–1–98–106.

## **ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ И СПЛАВОВ В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ**

**В.С. Якимова, Г.А. Митьков**

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В работе рассмотрены особенности производства стали и сплавов в кислородном конвертере.*

***Ключевые слова:** сталь, производство стали, кислородный конвертер.*

Сталь — это сплав железа с углеродом, в котором содержание углерода колеблется от 0,01 до 2%. Кроме углерода, она содержит марганец, кремний, серу и фосфор в незначительных количествах. Вследствие этого стали обладают высокой механической прочностью, сравнительно легко обрабатываются давлением, резанием, хорошо свариваются и являются основным конструкционным материалом в машиностроении.

Чугун и металлолом — основное сырье для производства стали. Передельный чугун, как правило, содержит 3,8...4,4% С, 0,2...2,0% Si, 0,6...3,5% Mn, 0,07...1,6% P, 0,03...0,08% S. Сталь получают окислением избытка С, Si, Mn, S и P.

Для выплавки стали используются следующие шихтовые материалы: чугун (жидкий или твердый), стальной и чугунный лом, железная руда, металлизированные окатыши, ферросплавы, флюсы.

Основу шихты составляют чугуны (55%) и металлолом (45%). В качестве флюсов используются: известняк, известь, боксит, плавильный шпат; окислителями служат железная руда, окалина, кислород, агломерат и др. Применяется газообразное топливо — доменный, коксовый, природный газ; жидкое — мазут, смола; твердое топливо — каменноугольная пыль.

Сталь получают в результате окисления и удаления большей части примесей чугуна — углерода, кремния, марганца, фосфора, серы за счет кислорода, содержащегося в атмосфере, в оксидах железа и марганца или специально вводимого в расплавленную ванну.

В зависимости от степени раскисления различают спокойную, кипящую и полуспокойную стали. Спокойная сталь — это сталь, полностью раскисленная, она застывает спокойно, без выделения газов. Кипящая сталь частично раскислена; при кристаллизации в слитках она бурлит («кипит») в результате выделения пузырьков СО. Полуспокойная сталь по степени раскисления занимает промежуточное место между кипящей и спокойной.

В современной металлургии основными способами выплавки стали являются кислородно-конвертерный и электросталеплавильный [1].

Для производства стали применяют два хорошо отработанных технологических процесса: кислородно-конвертерный, электроплавильный. Согласно статистике, наибольшее количество стали в мире выплавляют, используя кислородный конвертер. На него приходится более 70% всей выплавляемой стали.

В кислородных конвертерах технология выплавки происходит по одному из двух хорошо известных способов. Они носят имя своих создателей: томасовский и бессемеровский. Однако современные технологии шагнули далеко вперед. Так содержание азота в томасовской и бессемеровской стали выше в три раза, чем в конвертерной или мартеновской.

Разница между ними заключается в реализации технологических решений и применяемого огнеупорного материала. В томасовском процессе достаточно сложно производить контроль над протеканием периодов плавки. Бессемеровский процесс позволяет производить продувку воздухом через дно самого конвертера.

Первый способ обеспечивает наилучшие условия следующих технологических процессов: подачи в конвертер кислорода для продув-



ки, более эффективный вывод лишних газовых скоплений, удобную заливку жидкого чугуна, дополнительную загрузку металлического лома и других дополнительных материалов.

Конвертеры с нижней продувкой всегда сделаны с меньшим объемом, по сравнению с конвертерами, обладающими верхней продувкой. Для реализации продувки через дно в нижней части конвертера монтируют от семи до двадцати специальных устройств, называемых фурмами. Их количество зависит от объема конвертера. Монтируют эти устройства в той части дна, которая поднимается над уровнем расплавленного металла в момент наклона конвертера. После освобождения от содержимого осуществляется этап продувки. Существенно повышается скорость движения молекул углерода к поверхности. Это снижает общее содержание химического элемента в расплаве. Таким образом, появляется возможность получать сталь, в которой процент содержания оставшегося углерода очень маленький.

Кроме углерода, удаётся получить лучшее удаление серы. Осуществляя продувку со стороны дна, удаётся повысить на 2% количество получаемого металла.

Последний способ позволяет объединить некоторые достоинства обоих методов и в то же время устранить некоторые имеющиеся недостатки. Продувка мощным потоком кислорода производится сверху вниз. Снизу-вверх производят продувку инертным газом, например, аргоном. Иногда для снижения общей стоимости вместо инертных газов применяют азот.

Применение комбинированной продувки позволяет добиться следующих положительных показателей:

1. Увеличить объем выплавляемого металла;
2. процент добавляемого металлического лома может быть повышен;
3. добиться существенного снижения требуемых ферросплавов;
4. уменьшить требуемое количество кислорода для продувки;
5. снизить содержания различных газовых примесей, что позволяет повысить качество стали [2].

### ***Список литературы***

1. Акбиев М. А., Багрий А. И., Максимов В. И. Авторское свидетельство № 1271888 А1 СССР, МПК С21С 5/28. Способ производства

стали в кислородном конвертере: № 3940878: заявл. 11.06.1985; опубл. 23.11.1986; заявитель КАРАГАНДИНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ.

- Кузнецов С. Н., Протопопов Е. В., Калиногорский А. Н., Ганзер Л. А. Патент № 2641587 С1 Российская Федерация, МПК С21С 5/28. Способ производства стали в кислородном конвертере: № 2017106124: заявл. 22.02.2017; опубл. 18.01.2018; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет».

## ОСОБЕННОСТИ МЕЛКОСОРТНОГО ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*М.В. Сиваева, П.А. Зуев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье рассматривается прокатное производство как комплекс взаимосвязанных технологических переделов, определяющих качество прокатной продукции и технико-экономические показатели прокатных цехов.

**Ключевые слова:** прокатное производство, мелкосортный сортовой прокат.

Развитие прокатного производства базируется на использовании нового, более совершенного нагревательного, прокатного и отделочного оборудования, характеризующегося поточностью ряда технологических процессов и операций, более высокими скоростями и интенсивным режимом работы. Решающим направлением технического прогресса в прокатном производстве является комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, расширение сортамента продукции, повышение ее качества и экономии металла.

С конца XX века расширяется производство сортового проката из непрерывно литых заготовок, которое по сравнению с традиционным способом обеспечивает экономию металла (до 20%), сокраще-

ние численности работающих, уменьшение сроков окупаемости при сооружении новых агрегатов, снижение энергозатрат на 300...400 МДж/т при прокатке с горячего посада (горячие заготовки после МНЛЗ). Совершенствование работы прокатных станов достигается и другими путями.

Так в начале 1990-х гг. на высокопроизводительных прокатных агрегатах начали снижать трудоемкость производства путем внедрения средств механизации, автоматизации, технических измерений, в частности, автоматизировать перенастройку стана на новый размер проката, механизировать и автоматизировать процесс перевалки валков, автоматизировать процесс прокатки. При производстве мелкосортного проката строительного назначения для повышения производительности прокатных станов стали широко применять прокатку-разделение (слиттинг-процесс) арматурных профилей.

В настоящее время для производства мелкосортного проката наибольшее распространение получили непрерывные мелкосортные станы, поскольку данный тип прокатного оборудования обеспечивает широкий диапазон производительности и сортамента прокатываемых профилей. При этом также обеспечивается высокий уровень механизации и автоматизации процесса прокатки, что в конечном итоге повышает эффективность сортового производства [1].

Наибольшее распространена продольная прокатка, которой получают листы, полосы, ленты и сортовой металл разнообразной формы поперечного сечения (круглой, квадратной, шестигранной, фасонной и др.). При продольной прокатке металл обжимается между двумя валками, вращающимися в разных направлениях. Валки устанавливают один над другим с некоторым зазором, а полоса, втягиваемая в этот зазор силами трения, перемещается перпендикулярно плоскости, проходящей через оси валков [2].

В России, как и во всем мире, несмотря на экономический кризис 2008 года наблюдается рост объемов производства и потребления сортового проката. В настоящее время наиболее востребованным видом сортового проката остается прокат мелких и средних сечений. При этом потребление таких профилей превышает, и по прогнозу будет превышать их производство, что приводит к необходимости их импорта. Поэтому одной из актуальных задач, стоящих перед отечественной черной металлургией, является интенсификация

прокатного производства на основе разработки и освоения новых высокоэффективных технологических процессов, обеспечивающих рост объемов производства, снижение материально-энергетических затрат по переделу [3].

Мелкосортный прокат [light sections, merchant bars, small bars & sections] — горячекатаные простые и фасонные профили мелкого размера: круг, сталь диаметром 10–30 мм, квадрат, сталь со стороной 8–10 мм, периодический арматурный профиль № 6–28, угловая сталь с шириной полок 20–50 мм, швеллеры № 5–8, полос, сталь шириной <60 мм, шестигранная сталь < № 30 и разнообразные фасонные профили отраслевого назначения эквивалент, размеров. Арматур., круг, квадрат, и полос, сталь могут поставляться в прутках длиной до 10 м или в бунтах массой до 2 т. Основную массу мелкосортного проката используют как подкат в метизном производстве и других металлообрабатывающих отраслях. Отдельные виды мелкосортного проката — например арматурные профили, подвергающиеся термической (термомеханической) обработке в линии прокатного стана.

При разработке оптимальных технологических процессов производства проката все большее значение приобретает их компьютерное моделирование с помощью специального программного обеспечения. Для этого необходимо иметь научно обоснованные математические модели процессов. В общем объеме сортового проката в стране до 55% составляют арматурные профили мелких сечений, прокатываемые на мелкосортных и мелкосортнопроволочных станах.

К таким станам относится стан 320/150 ОАО «Амурметалл». (г. Комсомольск на Амуре), являющийся основным поставщиком профилей для армирования железобетонных конструкций в Дальневосточном регионе страны. Увеличение производства арматурной стали, которая на этом стане составляет до 70% сортамента продукции, является объективной необходимостью в связи с высокой себестоимостью проката, что снижает конкурентоспособность продукции.

Новый мелкосортно-проволочный стан 150 изготовленный фирмой «Danieli» и установленный в 2008 году на НСММЗ (г. Березовский), предназначен для производства в бунтах межсортной круглой и арматурной стали диаметром до 22 мм и катанки диаметром 5,5–9,0 мм широкого марочного сортамента (от СтО — Ст3 до Св-08Г1НМФАА) и различного промышленного назначения (арма-

турная, канатная, сварочная, кордовая и др.), характеризующихся весьма существенным различием механических свойств. По техническому оснащению стан 150 является одним из наиболее современных мелкосортно-проволочных станов и снабжен устройствами для широкого регулирования скоростных, температурных и деформационных режимов прокатки с целью создания технологий, обеспечивающих получение требуемых, существенно различающихся прочностных и пластических свойств проката.

В качестве заготовки используется непрерывнолитой блюм сечением 125x125 мм длиной 12 м. Прокатка всего сортамента профилей проводится по системе калибров овал — круг. Технически возможная конечная скорость прокатки изменяется в пределах 40–115 м/с. Производственная мощность стана составляет 990 тыс. т. в год.

Процессы термомеханической обработки основаны на фазовых и структурных превращениях при нагреве и охлаждении железоуглеродистых сплавов. Изменяя скорость охлаждения можно получать разнообразные структурные состояния стали и, следовательно, разные ее механические свойства (прочностные и пластические). Комбинируя термические операции с пластической деформацией (прокаткой), создающей несовершенства кристаллической решетки, получают различные виды упрочняющей и разупрочняющей термомеханической обработки.

В заключении можно сказать, что развитие рынка во всех направлениях предполагает активное использование прокатной продукции от отечественных и зарубежных производителей. Металлопрокат находит свое применение в гражданском и промышленном строительстве, в сельском хозяйстве и во множестве других направлений: машино- и судостроение, газовая и нефтяная отрасли, обработка и транспортировка воды, пищевая и медицинская промышленности и прочее.

### ***Список литературы***

1. Гудимова Л. Н., Макаров А. В., Баклушина И. С. К вопросу о создании самоустанавливающихся механизмов в металлургическом производстве // Современные наукоемкие технологии. — 2022. — № 5–1. — С. 83–87.

2. Бабаченко А. И., Тубольцев Л. Г. 80 лет на службе металлургической науке // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации.— 2019. — Т. 75, № 11. — С. 1217–1225. — DOI 10.32339/0135–5910–2019–11–1217–1224.
3. Панковец И. А., Возная В. И., Веденеев А. В., Верещагин М. Н. Исследование условий образования поверхностных дефектов при прокатке прутка на мелкосортно-проволочном стане и методы их устранения // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации.— 2021. — Т. 77, № 10. — С. 1053–1059. — DOI 10.32339/0135–5910–2021–10–1053–1059.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БЕСШОВНЫХ СТАЛЬНЫХ ТРУБ

*Н.А. Обыденнов, Г.А. Митьков*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В работе рассмотрены особенности производства бесшовных стальных труб.*

***Ключевые слова:** бесшовные трубы, производство бесшовных труб.*

Технологические процессы производства горячедеформированных труб можно классифицировать по четырем основным способам получения гильзы, черновой трубы, удержания и типу применяемых оправок раскатного стана, а также окончательного формирования геометрических размеров трубы.

1. Получение гильзы. В зависимости от вида и химического состава применяемой исходной заготовки (катаная, ковая, непрерывно литая, слиток) гильзы производят в станах винтовой прокатки, на прессах либо сочетанием двух процессов: получение толсто-стенного стакана прессованием или пресс-валковой прошивкой с последующей прошивкой доньшка и раскаткой стенки гильзы в стане-элонгаторе.
2. Получение черновой трубы (способ раскатки гильзы). Черновые трубы производят:
  - продольной прокаткой в автоматическом стане (стане тандем);

- непрерывном;
  - периодической прокаткой в пилигримовом стане;
  - винтовой прокаткой преимущественно в трехвалковом стане типа Асселя, реже — в двухвалковом стане типа Дишера или Акку-Ролл;
  - проталкиванием стаканов через уменьшающиеся в диаметре калибры с роликовыми обоймами в реечном стане;
  - выдавливанием металла в кольцеобразную щель в трубо-профильном прессе.
3. Удержание и тип применяемых оправок раскатного стана. В раскатных станах при прокатке черновых труб применяют длинные и короткие оправки. Короткие оправки удерживаются с выходной стороны автоматического стана (стана тандем). Длинные цилиндрические оправки применяют во всех остальных способах раскатки гильз. При этом оправка может быть неударяемая (плавающая), ударяемая и частично ударяемая. Подобного типа оправки применяют в непрерывном стане продольной прокатки или в стане винтовой прокатки типа Асселя, Дишера, Акку-Ролл. На станах периодической прокатки применяют оправки (дорны), имеющие возвратно-поступательное движение, согласованное с частотой вращения пилигримовых валков. Оправки реечного стана имеют принудительное осевое перемещение.
4. Окончательное формирование геометрических размеров трубы. Окончательный размер готовой трубы обычно получают в непрерывных калибровочных или редуцированных станах продольной прокатки, реже — в станах винтовой прокатки. В трубопрокатных агрегатах с автоматическим станом (станом тандем) и реечным указанной операции предшествует обкатка трубы (риллингование в стане винтовой прокатки). В отдельных трубопрокатных агрегатах, специализирующихся по производству бесшовных труб большого диаметра, на финишных операциях возможно применение станов-расширителей [1].

Операции получения гильз (прошивка) и чистовых труб (калибрование или редуцирование) присущи практически всем способам производства горячедеформированных труб, т.е. их можно сочетать с любым из способов получения черновой трубы (раскаткой гильзы в трубу). Поэтому указанные операции в значительной мере характерны

ризируют технологические особенности и возможности трубопрокатного агрегата.

Наиболее полно процесс производства горячедеформированных труб характеризуется способом получения черновой трубы (способом раскатки гильзы в трубу). По указанному способу агрегаты получают соответствующее название. В практике находят применение трубопрокатные агрегаты с автоматическими (станами тандем), непрерывными, пилигримовыми, раскатными станами винтовой прокатки, речными, планетарными станами и труб профильными прессами.

К наименованию трубопрокатного агрегата ТПА обычно добавляют цифры, характеризующие максимальный и минимальный диаметр прокатываемых труб, например, ТПА 140; 250; 400 (цифры указывают максимальный диаметр труб, производимых на агрегате с автоматическим станом) или 4–10, 30–102, 50–200 (цифры — сортамент прокатываемых труб соответственно на агрегатах с пилигримовым (в дюймах), непрерывным и трехвалковым раскатным станом) [2].

Трубопрокатные агрегаты с пилигримовым станом, работающие с применением слитков, в силу недостаточно высокого качества труб и повышенного расходного коэффициента металла находят более ограниченное применение. Использование непрерывно литой предварительно деформированной заготовки в сочетании с прогрессивными способами деформирования, несомненно, повысит область применения станом указанного типа. В настоящее время ТПА с пилигримовым станом специализируется в основном по производству труб нефтяного сортамента (обсадные и бурильные) и труб для нефтепроводов. Последние обычно изготавливают из ковальной заготовки.

Агрегаты с непрерывным станом в силу их значительной единичной мощности весьма перспективны для производства труб массового назначения. Применение таких станом в сочетании с непрерывно литой заготовкой и прогрессивной технологией прошивки расширяет их технологические возможности, повышает конкурентоспособность.

То же самое можно отметить в отношении агрегатов с речным станом. Достоинством таких агрегатов являются металлосберегающая технология и низкие капитальные вложения в осуществление процесса. Трубопрокатные агрегаты с трехвалковым раскатным ста-



ном специализированы по производству толстостенных труб. Указанным способом можно производить высокоточные трубы, что весьма важно для машиностроительных отраслей, в том числе подшипниковой промышленности. Более жесткие допуски по толщине стенки и наружному диаметру на трубы, производимые указанным способом, обеспечивают существенную экономию металла при последующей механической обработке. Дальнейшее совершенствование способа, позволяющее организовать производство труб с более высоким отношением  $DO/SO$  в еще большей мере расширит область применения указанного способа.

Некоторые агрегаты, использующие непрерывно литую круглую заготовку, имеют дополнительный передел на стадии получения гильзы — редуцирование ее по диаметру. Для этой цели устанавливаются сразу же за прошивным станом (или элонгатором) 6–7-клетевой стан продольной прокатки, обеспечивающий уменьшение диаметра трубы на 20–25%. В этом случае удается существенно расширить сортамент готовых труб при использовании непрерывно литой заготовки одного номинального размера (диаметра), что значительно облегчает эксплуатацию машин непрерывной разливки [3].

Основную массу составляют трубы, производимые на агрегатах с автоматическим (стан тандем), пилигримовым и непрерывным станами. Уровень автоматизации и механизации, а также график работы (непрерывный или прерывный) трубопрокатных агрегатов в различных странах неодинаков. Современные отечественные агрегаты имеют, как правило, более высокую часовую и годовую производительность. Это особенно заметно при сопоставлении агрегатов с трехвалковым раскатным и непрерывным станами.

Прессованием производят трубы диаметром от 30–38 мм (с редуцированием) и выше с минимальной толщиной стенки 2,5–3 мм. Достоинством указанного способа можно считать возможность производства труб из трудно деформируемых сталей и сплавов, прокатка которых затруднена или вообще невозможна. Применение современных гидропрессов усилием до 50 МН делает указанный способ конкурентоспособным в сравнении с известными способами производства горячедеформированных труб.

Наиболее нагруженными при производстве бесшовных горячекатаных труб являются раскатные (пилигримовые, непрерывные, трех-

валковые раскатные, реечные, труб профильные прессы). Эти станы, как правило, представляют узкие звенья в технологическом потоке и в дальнейшем, при определении производительности трубопрокатных агрегатов, следует учитывать их пропускную способность. Несколько иное положение занимают агрегаты с автоматическим станом (станами тандем). Основная деформация на указанных агрегатах приходится на прошивные станы, и в ряде случаев при производстве толстостенных (укороченных) труб они могут ограничивать производительность.

### ***Список литературы***

1. Патент № 2690621 С2 Российская Федерация, МПК В21В 17/02, В21В 25/00, В25В 27/00. Способ изготовления металлической трубы, способ эксплуатации установки для изготовления бесшовных труб, реечный стан, а также установка для изготовления бесшовных труб: № 2016119243: заявл. 18.05.2016: опубл. 04.06.2019 / П. Тивен, Х. Дендель; заявитель СМС груп ГмбХ.
2. Патент № 2716438 С1 Российская Федерация, МПК С22С 38/54. Бесшовная высокопрочная труба из нержавеющей стали нефтепромыслового сортамента и способ её изготовления: № 2019126391: заявл. 23.01.2018: опубл. 12.03.2020 / Ю. Камо, М. Юга, К. Егути, Я. Исигуро; заявитель ДжФЕ СТИЛ КОРПОРЕЙШН.
3. Патент № 2745011 С1 Российская Федерация, МПК В21В 17/04, В21В 45/02. Способ изготовления горячекатаных бесшовных труб: № 2020121419: заявл. 29.06.2020: опубл. 18.03.2021 / В. И. Кузнецов, И. Ю. Пышминцев, А. А. Кривошеев [и др.]; заявитель Публичное акционерное общество «Трубная Металлургическая Компания».

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГОРЯЧЕКАТАНОЙ СТАЛИ

*В.Н. Первушкин, Д.Г. Еланский*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе исследована технология производства горячекатаной стали.

**Ключевые слова:** производство стали, прокатка стали.

Основной задачей технологического процесса производства проката является получение прокатанной продукции заданных форм, размеров и качества с минимальными затратами и наибольшей производительностью. Технологическими операциями при горячей прокатке металлов являются следующие:

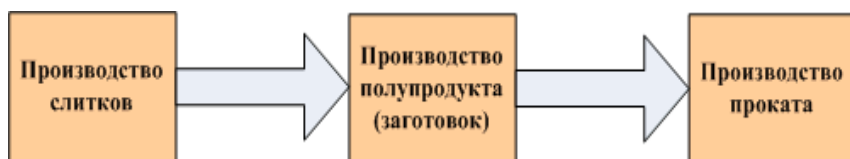
1. Подготовка исходных слитков или заготовок к прокатке;
2. Нагрев металлов перед прокаткой;
3. Прокатка;
4. Охлаждение. термическая обработка и отделка готовой продукции.

В результате проведения технологических операция происходит изменение свойств металла. геометрической формы и размеров.

На металлургических предприятиях с полным металлургическим циклом существуют схема (рис. 1).

Развитие непрерывной разливки стали на металлургических предприятиях внедрило новую схему производства проката (рис. 2).

Использование непрерывнолитой заготовки в прокатных цехах позволяет исключить обжимные и заготовочные станы из технологического процесса проката.



*Рис. 1. Технологическая цепочка производства стали*

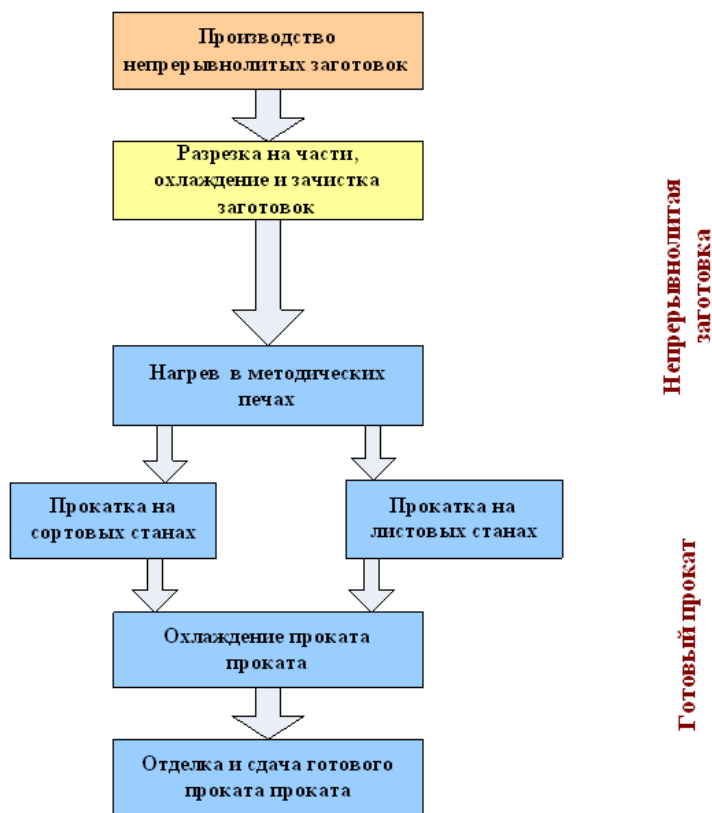


Рис. 2. Усовершенствованная схема производства стали



Рис. 3. Последовательность производства проката из обычного слитка

Использование непрерывнолитых заготовок в прокатных цехах при производстве готового проката является эффективным процессом, позволяющим исключить целый ряд технологических операций.



*Рис. 4. Последовательность операций в технологической схеме производства проката из непрерывнолитой заготовки*

### **Список литературы**

1. Технологическая документация на стан ЛПК г. Выкса фирмы Danieli.
2. Технология процессов обработки металлов давлением / Авт.: Полухин П.И., Хензель А., Полухин В.П., Прудковский Б.А., Савчен-

- ко В.С., Шпиттель Т., Ленерт В., Шпиттель М. — М.: Metallургия, 1988. — 408 с.
5. Прокатное производство / Авт.: Чижииков Ю.М. — Metallургияиздат, Москва, 1952., 512 с.
  6. Прокатное производство / Авт. Полухин П.И., Федосов Н.М., Королев А.А., Матвеев Ю.М. — М., Metallургия, 1982. 374–389 с.

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОЙ СТАЛИ**

*Е.А. Солоницина, А.В. Колобаева, В.М. Сафонов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе выполнен анализ методов исследования движения потока жидкой стали.

**Ключевые слова:** моделирование процессов движения жидкости в кристаллизаторе, физическое и компьютерное моделирование, характер движения металла.

Черная металлургия представляет собой одну из наиболее развитых и важных отраслей промышленного производства, успешное развитие которой определяет индустриальный потенциал и возможности любого государства. Развитие и показатели большинства металлургических процессов, в том числе таких, как выплавка, разливка и кристаллизация стали, теплообмен в печах, зависят от характера движения и взаимодействия металла, шлака и газов. Рост требований к качеству металлопродукции, особенно к ответственным изделиям с необходимой повышенной надежностью в эксплуатации, обуславливает необходимость поиска новых технологических решений, позволяющих производить металл с более высокими свойствами. В связи с многочисленными трудностями, возникающими при проведении исследований на промышленных агрегатах, важное значение для совершенствования металлургических процессов имеет моделирование [1].

За четверть века в мире построено около 60 тонкослябовых МНРС общей производительностью более 80 млн т/год. При практи-

чески равной производительности ручья слябовой и тонкослябовой МНРС последняя отличается высокой удельной скоростью поступления металла в кристаллизатор. Отношение массовой скорости поступления металла к площади поперечного сечения кристаллизатора тонкослябовой МНРС составляет около 15–20 т/(мин·м<sup>2</sup>), что в 2–4 раза выше, чем для традиционной. Данные обстоятельства приводят к возрастанию в 2–6 раз линейной скорости разливки на тонкослябовой МНРС. Как показывает промышленный опыт разливки тонкого сляба, высокая скорость разливки способствует развитию процессов, которые отрицательно сказываются на качестве внутренней структуры и поверхности непрерывнолитого тонкого сляба.

Во-первых, образование стоячей волны на поверхности расплава, амплитуда которой может превышать толщину жидкого шлака, вызывает неравномерное по периметру слитка затекание шлака в зазор между пластиной кристаллизатора и формирующейся коркой сляба.

Во-вторых, нестабильные потоки на поверхности металла приводят к возникновению турбулентных зон и вихреобразованию на границе шлакообразующая смесь (ШОС) — металл. В таких условиях частички ШОС затягиваются с поверхности ванны кристаллизатора в глубинные слои слитка, дальнейшее поведение которых существенным образом зависит от структуры потоков металла в кристаллизаторе МНРС.

В-третьих, асимметрия потоков относительно продольной оси кристаллизатора способствует, например, несимметричному поведению металла на границе с ШОС и возникновению эффекта вихревой дорожки.

В-четвертых, высокая скорость потоков жидкой стали в глубинных слоях слитка приводит к неравномерному затвердеванию корочки слитка [3].

Поэтому для изучения и анализа данных проблем, связанных с поведением металла в кристаллизаторе и промежуточном ковше, используют методы моделирования. Первый из них — физическое моделирование, основанный на том, что на модели реального агрегата проводят эксперименты, причём, в модели вместо стали используется вода и с помощью чернил подкрашивается жидкость перед входом в погружной сталеразливочный стакан и фиксируются движения потоков путем видеосъемки.

Таким путем легко определяются условия, приводящие к возникновению коротких контуров циркуляции, оцениваются объемы «мертвых» зон, исследуются распределение потока по времени пребывания, рациональное положение продувочной фурмы относительно центра сечения ковша и т.п., а также позволяет оценить скорость и направление течения жидкости [2]. Он довольно трудоёмок, менее точен, но весьма привлекателен вследствие простоты реализации. Основной недостаток — это невозможность получения подробной информации о поле скоростей в потоке жидкости. При соблюдении условий подобия между моделью и реальным объектом физическое моделирование позволяет получить достаточно обширные и точные параметры исследуемого процесса. Конечно, учитывая то, что вода отличается от стали и может вести себя немного иначе, нужно использовать ещё и метод компьютерного моделирования. Здесь можно задать параметры уже самой стали и смоделировать эти потоки и их скорость и характер, чтобы наиболее точно приблизиться к реальным данным. Адекватность математического моделирования обычно проверяется на основе сопоставления с результатами физического моделирования поля скоростей и структуры потоков.

В настоящее время признано, что математическое моделирование с помощью компьютеров сложных задач тепломассообмена динамики и жидкости часто оказывается более дешевым и точным, чем экспериментальные исследования. Численные методы, воплощенные в универсальные программные комплексы, становятся инструментом исследователей и инженеров и часто являются одной из составных частей систем автоматизированного проектирования. Следует также отметить другие преимущества компьютерного математического моделирования, которое позволяет получить, например, картину всего течения и графически визуализировать поля скоростей, давлений или температур во всей области течения, а не только нескольких точках, где расположены соответствующие датчики при экспериментальных исследованиях.

При компьютерном моделировании отсутствуют проблемы, связанные с возмущениями исследуемых процессов датчиками, применяемыми в экспериментах; отсутствуют трудности, связанные с очень малыми или большими размерами исследуемых объектов, очень высокими или низкими температурами, огнеопасными или



токсичными веществами, невесомостью или агрессивными средами и т.п.; численное решение можно получить для реальных условий исследуемого процесса, что далеко не всегда возможно при экспериментальных исследованиях. Очевидным недостатком описанного выше подхода к моделированию гидродинамики сталеразливочного ковша является сложность программирования и решения дифференциальных уравнений, что ограничивает возможность приложения результатов моделирования к техническим задачам.

Одним из существенных факторов, определяющих уровень свойств стали, являются неметаллические включения. При действующих технологиях производства в металле всегда присутствует кислород и взаимодействующие с ним элементы, поэтому предотвратить образование оксидных или окисульфидных включений термодинамически невозможно. Другой важный фактор — остаточное содержание в металле вредных примесей, в первую очередь, серы. Как для десульфурации металла, так и для регулирования состава и формы неметаллических включений широко применяется обработка щелочноземельными элементами (кальцием, магнием, иногда барием). Поэтому для анализа неметаллических включений также используют методы моделирования.

### ***Список литературы***

1. Марков Б.Л., Кирсанов А.А. Физическое моделирование в металлургии — М: Металлургия, 1984.— 119 с.
2. Исаев О.Б., Чичкарев Е.А., Кислица В.В. и др. Моделирование современных процессов внепечной обработки и непрерывной разливки стали — Вологда: Инфра-Инженерия, 2008.— 376 с.
3. Сафонов В.М., Борисевич В.Г., Кислица В.В., Мороз Д.В. Физическое моделирование движения жидкой стали в кристаллизаторе тонкослябовой МНРС. ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2019;75(4):454–459.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ КЛАССА ПРОЧНОСТИ К-52 ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

*К.В. Стручкова, Г.С. Добротин, И.В. Мялкин*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация.** *Выявлены наиболее подходящие режимы термической обработки стали класса прочности К-52 для повышения твердости материала.*

**Ключевые слова:** *термическая обработка, закалка, отпуск, материал, сталь, твердость, механические свойства.*

Термическая обработка является одним из наиболее распространенных способов улучшения механических свойств металлов и сплавов. В настоящее время, в связи с увеличением требований к повышенным механическим свойствам материала, стали все чаще подвергаю термической обработке. В этом контексте изучение режимов термической обработки стали класса прочности К-52 имеет большое значение.

Сталь — один из самых распространенных металлических материалов в мире. Она обладает высокой прочностью, твердостью и устойчивостью к коррозии. Сталь широко используется в промышленности для производства различных изделий, начиная от крупных металлоконструкций и заканчивая мелкими деталями машин и приборов.

Однако, чтобы сталь соответствовала требуемым параметрам и свойствам, ее необходимо подвергать различным видам обработки. Одним из наиболее эффективных методов обработки стали является термическая обработка. Она может значительно повысить механические свойства стали, увеличивая ее прочность, твердость, устойчивость к коррозии, а также снижая деформационную пластичность.

Методы термической обработки стали могут быть различными и выбор того или иного метода зависит от требуемых свойств и характеристик стали. Одним из таких методов является закалка и отпуск. Этот метод позволяет получить материал с высокой прочностью, твердостью и устойчивостью к коррозии.

Одним из классов стали, который широко используется в промышленности, является материал класса прочности К-52. Она имеет высокую прочность и деформационную пластичность, что делает ее привлекательной для использования в различных отраслях промышленности. Однако, как и любой материал, К-52 может иметь неоднородную микроструктуру, что приводит к неравномерности механических свойств.

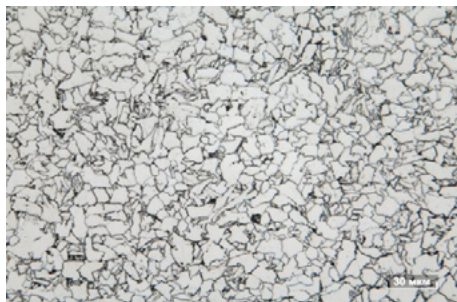
Для повышения механических свойств материал класса прочности К-52 необходимо исследовать возможности ее термической обработки методом закалки и отпуска. При этом требуется определить оптимальные режимы термической обработки, которые позволят получить материал с максимальными механическими свойствами. Для решения данной задачи в работе будут использоваться методы металлографического анализа, испытания на твердость. Результаты исследования позволят получить данные о зависимости механических свойств материала класса прочности К-52 от термической обработки, что позволит определить оптимальные режимы термической обработки, а также проанализировать структуру материала после обработки.

В рамках лаборатории были смоделированы процессы термической обработки с различными температурами отпуска и закалкой для основного металла. После каждой термической обработки была произведена металлографическая обработка образцов, а также измерены значения твердости.

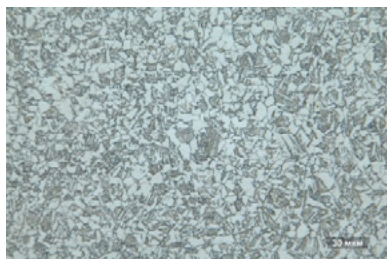
Первым этапом была зафиксирована структура стали класса прочности К-52 до влияния термической обработки. Изначальную структуру сталь имела феррита — перлитную с величиной зерна 10÷12 номера по ГОСТ 5639, и также небольшого количества игольчатого бейнита (рисунок 1).

Вторым этапом была проведена закалка основного металла при различных температурах.

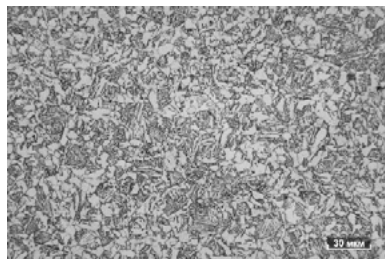
При закалке 900, 950 и 980 °С наблюдается повышение средней твердости, за счет формирования бейнитной структуры, с присутствием М/А-участков, в основном металле. С увеличением температуры нагрева под закалку объемная доля феррита постепенно уменьшается, а бейнитные участки увеличиваются от 10, 11 номера при нагреве 900 °С до 7, 8 номера при нагреве 980 °С. (рисунок 2).



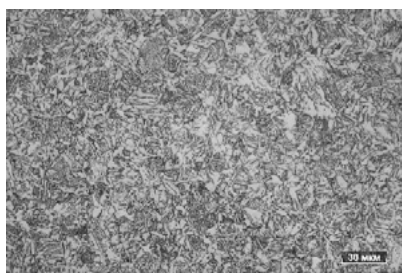
**Рисунок 1.** Микроструктура материала класса прочности К-52 до влияния термической обработки



а.



б.

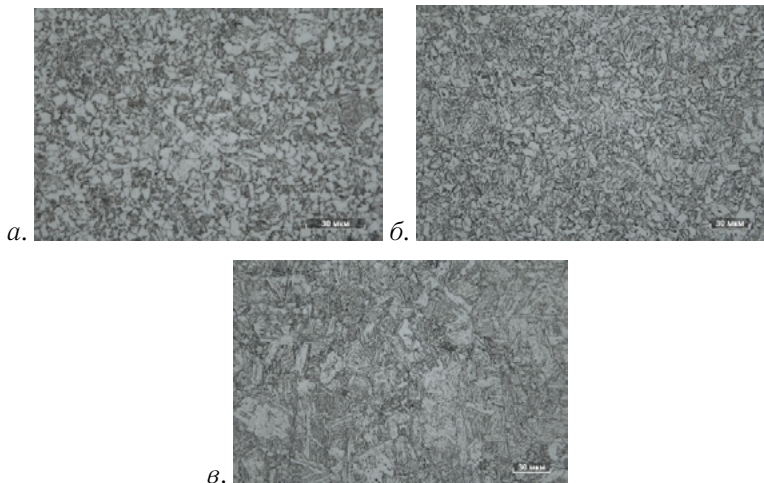


в.

**Рисунок 2.** Микроструктура материала класса прочности К — 52 после закалки при: а) 900 °С, б) 950 °С, в) 980 °С

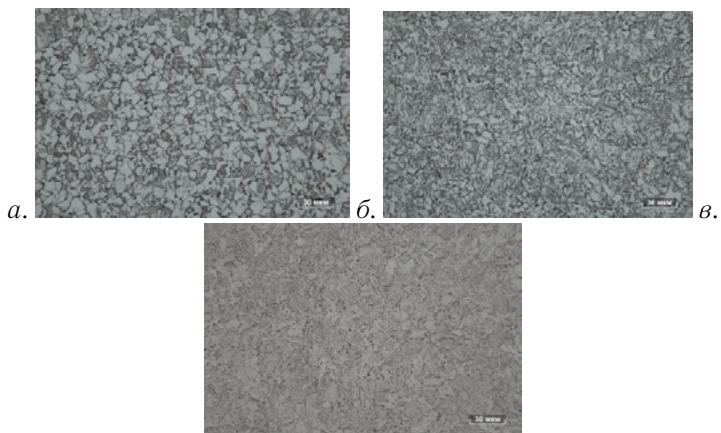
После сталь была подвергнута отпуску при различных температурах и были отмечены следующие моменты:

- При температуре отпуска 300 °С и закалок 900, 950 и 980 °С наблюдается незначительное снижение твердости и образование троостита отпуска. (рисунок 3)



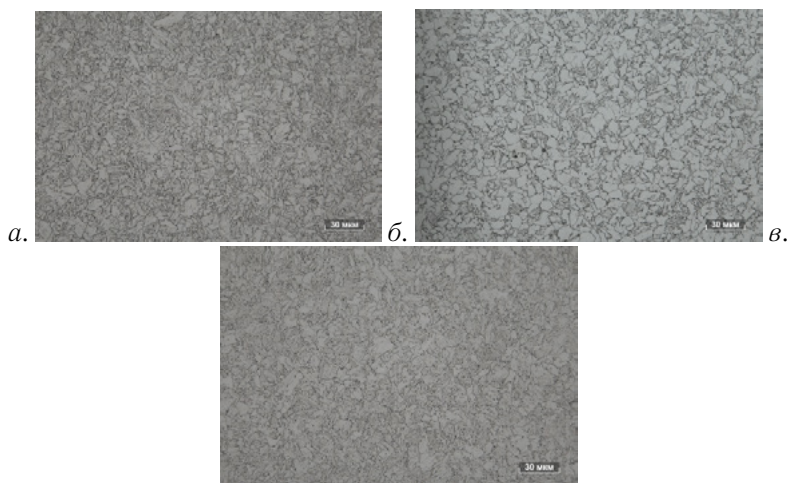
**Рисунок 3.** Микроструктура материала класса прочности К — 52 после отпуска 300 °С при закалке: а) 900 °С, б) 950 °С, в) 980 °С

- При температурах отпуска 500 °С и 680 °С происходит дальнейшее снижение твердости и образование сорбита отпуска различной морфологии. (рисунок 4)



**Рисунок 4.** Микроструктура материала класса прочности К — 52 после отпуска 500 °С при закалке: а) 900 °С, б) 950 °С, в) 980 °С

- При отпуске при 680 °С происходит рекристаллизация ферритной структуры и выделение глобулярного дисперсного цементита, что приводит к заметному снижению твердости. (рисунок 5)



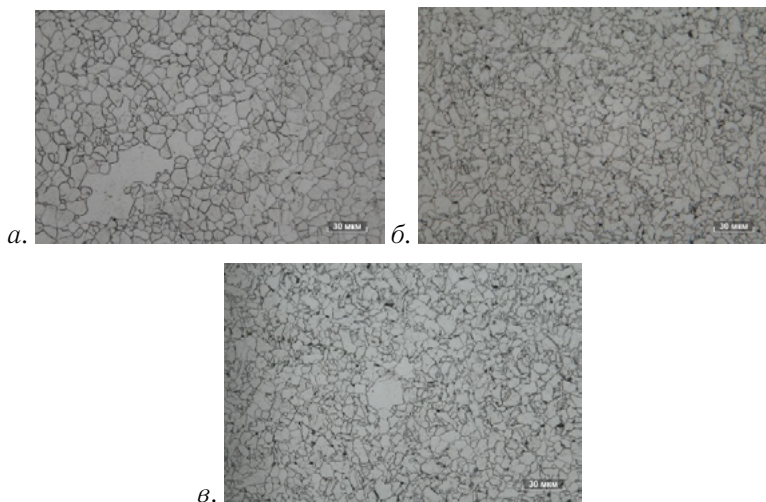
**Рисунок 5.** Микроструктура материала класса прочности К — 52 после отпуска 680 °С при закалке: а) 900 °С, б) 950 °С, в) 980 °С

- При нагреве до 800 °С происходит формирование ферритной структуры с присутствием М/А-участков и собирательной рекристаллизации, что также приводит к снижению твердости металла (рисунок 6).

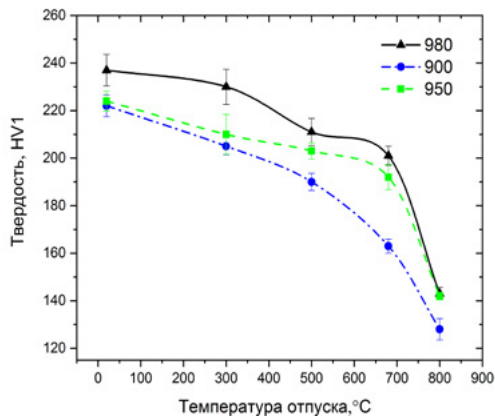
На основании этих данных, можем сказать, что изменение температуры отпуска влияет на свойства стального металла, то есть при увеличении температуры отпуска, происходит снижение твердости. Что доказывает построенный график в координатах твердость от температуры отпуска. (рисунок 7)

На основании из выше всего представленного можно выделить режим термической обработки, который повысил твердость, но не понизил другие показатели механических свойств, является закалка 950 °С + отпуск 680 °С

Таким образом, в ходе исследования влияния термической обработки на твердость К-52 было выявлено, что данная обработка существенно повышает твердость материала. В частности, было уста-



**Рисунок 6.** Микроструктура стали класса прочности К — 52 после отпуска 800 °С при закалке: а) 900 °С, б) 950 °С, в) 980 °С



**Рисунок 7.** График влияние температуры отпуска на твердость основного металла

новлено, что твердость материала увеличивается при повышении температуры закалки и понижается при увеличении температуры отпуска. В ходе работы было выявлен наиболее подходящий режим

термической обработки: закалка 950 °С + отпуск 680 °С. Это позволяет улучшить качество конструкций, в которых используется данный материал

### **Список литературы**

1. Гуляев А. П. *Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп.* М.: Металлургия, 1986. 544 с.
2. Новиков И.И. *Теория термической обработки металлов. 4-е изд., перераб. и доп.* М: Металлургия, 1986. 480 с.
3. Бочвар А.А. *Металловедение. 5-е изд., перераб. и доп.* М.: Металлургиздат, 1956. 495 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СВОЙСТВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ВЯЗКОСТИ И ХЛАДОСТОЙКОСТИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ**

**Э.В. Майдола**

*ИТЦ УТМП АО «Выксунский металлургический завод», г. Выкса*

**Аннотация.** *Повышение требований к конструкционным материалам объясняются совершенствованием инженерных решений с целью эффективной коммерциализацией проектов. Для увеличения транспортируемых объемов газа необходимо повышать рабочее давление в газопроводе, что вызывает необходимость увеличивать прочностные характеристики труб с сохранением эксплуатационных требований и безопасности.*

**Ключевые слова:** *вязкость высокопрочных сталей, хладостойкость высокопрочных сталей.*

На данный момент максимальное рабочее давление сухопутных газопроводов составляет 12 МПа, а освоение новых классов прочности позволит поднять это давление до 14,5 МПа при одинаковой



толщине стенки труб. Увеличение прочностных характеристик труб и повышение давления внутри трубы, формирует условия для экспоненциального роста кинетики развития лавинообразной трещины. Таким образом для труб с регламентируемым минимальным временным сопротивлением более 650 МПа предъявляются самые высокие требования по ударной вязкости KCV-20 °С и доли вязкой составляющей при ИПГ-20 °С.

Цель настоящей работы — исследование особенностей формирования свойств низкотемпературной вязкости и хладостойкости высокопрочных сталей с целью определения технологических инструментов, оказывающих максимальное влияние на исследуемые характеристики.

Материал и методика проведения исследований. В качестве объекта исследований использовали легированную сталь конвертерного производства, разлитую в непрерывнолитую заготовку толщиной 355 мм и прокатанную на реверсивном стане МКС-5000 на конечную толщину 27,7 мм, 31,6 мм и 28 мм (химический состав стали приведен в таблице 1).

*Таблица 1. Концепции химических составов исследуемых марок сталей*

Сталь	Минимальное временное сопротивление, МПа	Толщина, мм	C, %	Si, %	Mn, %	Другие легирующие элементы, %		Микролегирующие элементы, %	
A	650	27,7	0,060	0,20	1,7	Ni+Cr+Cu	0,50	Nb+Ti	0,080
B	700	31,6	0,050	0,15	1,9	Ni+Mo+Cu	0,90	Nb+Ti	0,090
C	800	28,0	0,045	0,15	2,0	Ni+Mo+Cr+Cu	1,20	Nb+V+Ti	0,120

Известна парадигма технологических противоречий в достижении сочетаний свойств в системе «прочность — вязкость (KCV) — хладостойкость (ИПГ)», поэтому на сегодняшний день широкое применение получила технология производства проката классов прочности с минимальным временным сопротивлением 600 МПа и более, для концепции проектирования основанной на деформациях, так же известной как Strain-Based Design. В основу этой технологии поло-

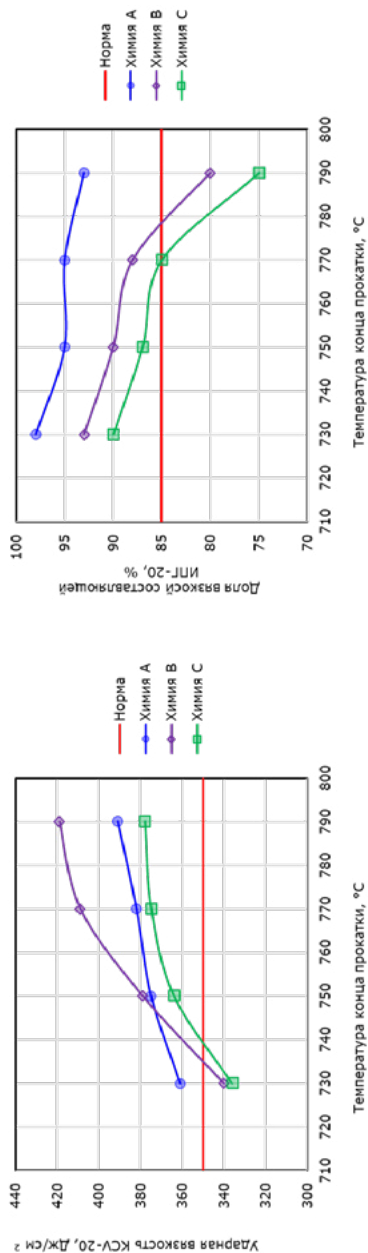
жена термомеханическая обработка листового проката с окончанием деформации в  $\gamma$ -области и охлаждение со скоростью не менее  $17\text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$  до температуры менее  $250\text{ }^\circ\text{C}$ . Данное технологическое решение обеспечивает помимо прочностных характеристик, вязкости и холодостойкости, наилучшие пластические характеристики.

Однако, насыщение химического состава легирующими элементами, с целью повышения прочности, приводит к изменению условий кристаллизации непрерывнолитой заготовки, рекристаллизация микроструктуры в процессе нагрева и деформации, полиморфного превращения в процессе охлаждения, что в свою очередь отражается на показателях вязкости и хладостойкости. Как результат, технологические режимы термомеханической обработки, которые эффективно обеспечивают баланс свойств на стали с минимальным временным сопротивлением  $650\text{ МПа}$ , не могут быть экстраполированы на более прочные стали.

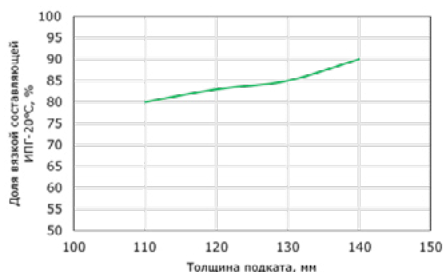
Учитывая критические граничные значения температуры окончания прокатки в чистовой стадии, оказывающей негативное влияние на показатели вязкости, была определена минимальная допустимая температура конца прокатки. Ниже минимальной допустимой температуры конца прокатки не обеспечивается гарантированное значение ударной вязкости KCV, связанное с наклёпом и собирательной рекристаллизацией феррита (рисунок 1). Результаты анализа свидетельствуют о том, что при снижении температуры деформации ниже  $750\text{ }^\circ\text{C}$ , возникает вероятность получения значений ударной вязкости KCV при температуре минус  $20\text{ }^\circ\text{C}$  менее  $350\text{ Дж}/\text{см}^2$  для стали В и С. При этом, превышение температуры конца прокатки более  $770\text{ }^\circ\text{C}$ , повышает вероятность получения доли вязкой составляющей при ИПГ минус  $20\text{ }^\circ\text{C}$  менее  $85\%$ . Технологический ресурс температуры окончания деформации в данном случае исчерпывается.

Для повышения доли вязкой составляющей при ИПГ- $20\text{ }^\circ\text{C}$  в лимитированном диапазоне температур конца прокатки, исследовано влияние суммарной деформации на финальной стадии прокатки (рис. 2).

Сравнение микроструктуры листов сталей А, В и С позволило определить кардинальные отличия — структура проката марки А представлена гранулярным бейнитом, структура проката сталей В и С представлена преимущественно гранулярным бейнитом, но присутствуют регулярные участки речного бейнита. Можно пред-



**Рисунок 1.** Влияние температуры конца прокатки на вязкость и хладостойкость листового проката высокопрочных сталей А, В и С



**Рисунок 2.** Микроструктура

положить, что именно участки речной морфологии формируют расщепления в изломе образцов ИППГ сталей В и С, что снижает результаты оценки, однако исключить появление участков речного бейнита возможно только за счёт совершенствования концепции легирования, так как изменения технологии прокатки не оказывает существенного влияния.

### **Выводы**

1. В рамках исследований выполнен анализ зависимостей влияния особенностей, которые формируют свойства низкотемпературной вязкости и хладостойкости высокопрочных сталей.
2. Определены критические значения температуры окончания деформации для обеспечения ударной вязкости KCV и ИППГ.
3. Продемонстрирована положительная динамика влияния толщины подката на долю вязкой составляющей проката с минимальным временным сопротивлением 800 МПа.
4. Для высокопрочных сталей целесообразно обеспечение равномерной матрицы гранулярного бейнита за счёт совершенствования химического состава путём оптимизации содержания элементов, повышающих устойчивость аустенита.

### **Список литературы**

1. Эфрон Л.И. Металловедение в «большой» металлургии. Трубные стали. — М.: Металлургиздат, 2012 г.— 696 с.
2. В.И. Погоржельский, Д.А. Литвиненко, Матросов, Ю.И. А.В. Иваницкий Контролируемая прокатка.

# СЕКЦИЯ — МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

---

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМЫ РАБОЧИХ ВАЛКОВ ПРОШИВНЫХ СТАНОВ

*В.А. Гальцев, С.В. Самусев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос получения бесшовных полых заготовок (гильз) на прошивных станах для дальнейшего производства бесшовных труб, а также описаны разновидности прокатных станов в зависимости от вида используемых валков.*

***Ключевые слова:** прошивной стан, грибовидные валки, бочковидные валки, дисковые валки, бесшовная труба.*

Первые бесшовные трубы человеку подарила природа — ими являются полые стебли растений — тростника, бамбука и др. Известно, что тростниковые трубочки служили музыкальными инструментами, помогали первым подводным путешественникам и были первыми оружейными стволами для направления в противника стрел. Металлические трубы люди сначала научились изготавливать литыми и сварными. Значительно позднее было освоено производство бесшовных труб сверлением из прутков для оружейных стволов. Это был малопроизводительный, но необходимый способ удовлетворения требований заказчика. Создание промежуточного производства стальных бесшовных труб относится к концу XIX века.

Братья Маннесман (Германия) в 1886 г. при обкатке стальных прутков в валках со смещенными осями (винтовая прокатка) получили внутри прутков, в сердцевине рыхлость, а затем и полость, что позволило им запатентовать оригинальный высокопроизводительный способ производства бесшовных труб — гильз [3]. Позднее ими же были

созданы станы для дальнейшей раскатки полученных полых гильз в трубы требуемого сечения. Данное изобретение великий американский изобретатель Т. Эдисон назвал самым удивительным изобретением XIX века, показанным на Всемирной Парижской выставке [4].

Это изобретение заложило фундамент для создания различных способов изготовления бесшовных труб методом прокатки. Многие последующие способы производства Обыденнов Обыденнов труб вносили лишь конструктивные отличия в процесс получения полой заготовки, не меняя при этом физической сути самого процесса прошивки — возникновение растягивающих напряжений в сердцевине сплошной заготовки при ее обжатии во вращающихся косорасположенных валках.

Так, если первоначально в маннесманновском патенте предлагалось использовать валки бочкообразной формы, то способ Ральфа Чарльза Штифеля предусматривал прошивку в грибовидных валках или вращающихся дисках с последующей раскаткой гильзы в трубу на автоматическом стане. В способе Алоиза Фассля для прошивки заготовки в гильзу использовался стан с бочкообразными валками, однако раскатка гильзы в трубу осуществлялась на непрерывном стане.

В 1932 году Вальтер Дж. Ассел предложил использовать для раскатки прошитой заготовки-гильзы в трубу косовалковый стан, практически аналогичный прошивному (первая экспериментальная апробация стана была настолько успешной, что уже в 1935 году компания «Timken» на заводе «Wooster Plant» пустила в строй промышленную установку с трехвалковым раскатным станом для прокатки труб повышенной точности; этот агрегат успешно проработал около 50 лет практически без существенных реконструкций) [2]. В то же самое время С.Ж. Дишер использовал для тех же целей стан с валками дискового типа. Оба способа раскатки (особенно способ Ассела) получили широкое распространение для изготовления труб повышенной точности, а во время второй мировой войны по предложению Клода А. Виттера повсеместно использовались при изготовлении снарядной заготовки.

Прошивные станы косой прокатки получили широкое распространение при производстве труб на различных трубопрокатных установках автоматических, пилигримовых, непрерывных, с трехвалковым раскатным станом. Назначение прошивных станов заклю-

чается в прошивке круглых заготовок или слитков в полуотрубную заготовку, называемую гильзой, с помощью оправки. В зависимости от формы валков прошивные станы подразделяются на станы с бочковидными, грибовидными и дисковыми валками.

Станы с грибовидными и дисковыми валками применяют обычно для прошивки заготовок диаметром до 160 мм. Наибольшее распространение имеют станы с бочковидными валками, служащие для прошивки заготовок и слитков диаметром 80–700 мм [5].

Очаг деформации прошивных станов обычно ограничен двумя приводными валками и двумя линейками (холостыми валками либо приводными дисками Дишера). Тем самым смещение прошиваемой заготовки ограничивается с четырех сторон, в результате чего ось заготовки при прошивке остается в строго определенном положении. В некоторых станах со смещенной осью прошивки, кроме приводных валков, применяют один холостой валок и одну (нижнюю) линейку.

Бочковидные валки прошивных станов представляют собой два усеченных конуса, сложенных вместе большими основаниями. На таких валках различают три участка: входной конус; пережим; выходной конус. На входном участке происходит подготовка металла к прошивке. Пережим предназначен для сглаживания перехода от входного конуса к выходному. Выходной конус выполняет поперечную раскатку уже прошитой трубы.

В станах с дисковыми валками, выполненными как сочетание конуса с цилиндром, каждый валок имеет консольное крепление. Дисковые валки позволяют получать профили с резкими переходами, кроме того, применение двухопорных валков дает возможность существенно упростить конструкцию рабочей клетки, что обуславливает применение конических валков в станах малых типоразмеров, а дисковых валков — в более тяжелонагруженных станах больших типоразмеров.

Грибовидные валки состоят из двух усеченных конусов (входной и выходной конусы), расположенных так, что диаметр валка возрастает от входа к выходу, что вызывает нарастание продольной скорости, которую валки стремятся придать металлу в том же направлении.

В современном производстве бесшовных горячедеформированных труб применяют такой тип валка, как валок с двойным пережи-

мом. В основу калибровки такого валка положен принцип дробления деформации. В этом случае валок разбивается на участки, в которых осуществляются обжатия, значительно меньшие критических, с последующим прохождением участков, где обжатие не производится. В результате применение валков такого типа позволяет улучшить устойчивость заготовки в валках, а также уменьшить разностенность гильзы [6].

Существуют также станы с комбинированной комплектацией валков стана, где стан винтовой прокатки содержит рабочую клеть с четырьмя валками, образующими очаг деформации с входным и выходным конусами [1]. При этом все четыре валка являются приводными. Два валка выполнены чашевидными и имеют одинаковые размеры, другие два валка выполнены грибовидными и имеют одинаковые размеры. В сечении выхода гильзы из валков вектор геликоидального движения для всех валков одинаков по направлению и величине. В результате обеспечивается повышение технологических возможностей стана, обеспечение его высокой надежности и долговечности, повышение точности прокатываемых изделий и получение более равномерной структуры в объеме прутков и полых трубных заготовок.

Каждый тип этих станов имеет определенные технологические, конструкционные и эксплуатационные преимущества и недостатки, которые очень важно учитывать работникам промышленности и науки.

### **Список литературы**

1. Жанабаева Г. М., Сержанов Р. И., Богомолов А. В. Стойкость оправок прошивного стана // Наука и техника Казахстана.— 2011.— № 3–4. — С. 33–40.
2. Осадчий В. Я., Субботин С. А. Технологические и конструктивные особенности прошивных станов поперечно-винтовой прокатки // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии.— 2013.— № 6(302). — С. 58–62.
3. Патент № 2764066 С2 Российская Федерация, МПК В21В 19/02. Стан винтовой прокатки: № 2020115423; заявл. 06.05.2020; опубл. 13.01.2022 / Б. А. Романцев, В. А. Андреев, В. С. Юсупов, М. М.



- Скрипаленко; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «МИП «Стан».
4. Патент № 2600770 С2 Российская Федерация, МПК В21В 25/06. Инструмент регулирования внутренней поверхности, оправка, стержень, стан горячей прокатки, пресс-валковая прошивная машина и волочильная машина: № 2015105761/02: заявл. 22.08.2013: опубл. 27.10.2016 / К. Ямане, К. Симода, Т. Ямакава, Ю. Иноуе; заявитель НИППОН СТИЛ ЭНД СУМИТОМО МЕТАЛ КОРПОРЕЙШН.
  5. Чиченев Н. А., Горбатюк С. М., Горовая Т. Ю., Фортунатов А. Н. Снижение внеплановых простоев оборудования при проведении ремонтов и модернизации на основе прочностного анализа // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия.— 2021. — Т. 64, № 12. — С. 895–902. — DOI 10.17073/0368–0797–2021–12–895–902.
  6. Самусев С. В., Фадеев В. А., Фортунатов А. Н. Расчет параметров формоизменения трубной заготовки по схеме JSOE // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением.— 2018.— № 2. — С. 37–43.

## **АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ОБОРУДОВАНИЮ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО- ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ**

*Е.А. Мурзинов, Н.В. Холодова*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье рассмотрены требования безопасности к оборудованию термической и химико-термической обработки металлов.

**Ключевые слова:** требования безопасности, охрана труда.

Термической (или тепловой) обработкой металлов называется совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения твердых металлических сплавов с целью получения заданных свойств за счет

изменения внутреннего строения и структуры. Тепловая обработка используется либо в качестве промежуточной операции для улучшения обрабатываемости давлением, резанием, либо как окончательная операция технологического процесса, обеспечивающая заданный уровень свойств изделия.

Существуют различные способы воздействия на сталь с целью придания ей требуемых свойств. Один из комбинированных методов — химико-термическая обработка стали. Суть данной технологии состоит в преобразовании внешнего слоя материала насыщением. Химико-термическая обработка металлов и сплавов осуществляется путем выдерживания при нагреве обрабатываемых материалов в средах конкретного состава различного фазового состояния. То есть, это совмещение пластической деформации и температурного воздействия [1, 2, 4].

Химико-термическая обработка стали подразделяется на основе фазового состояния среды насыщения на жидкую, твердую, газовую. В первом случае диффузия происходит на фрагментах контакта поверхности предмета со средой. Ввиду низкой эффективности данный способ мало распространен. Твердую фазу обычно используют с целью создания жидких или газовых сред. Химико-термическая операция в жидкости предполагает помещение предмета в расплав соли либо металла. При газовом методе элемент насыщения формируют реакции диссоциации, диспропорционирования, обмена, восстановления [3, 5].

Рассмотрим требования безопасности к оборудованию термической и химико-термической обработки металлов.

К работе на нагревательных печах допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и не имеющие противопоказаний, вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте с обучением безопасным методам и приемам ведения работ и оказанию первой доврачебной помощи пострадавшим от несчастных случаев на производстве, профессиональное и специальное обучение, прошедшие стажировку и получившие допуск к самостоятельной работе, аттестованные на вторую группу по электробезопасности.

Проверка знаний на вторую группу по электробезопасности проводится не реже одного раза в 12 месяцев. Повторный инструк-

таж по охране труда должен проводиться не реже одного раза в 3 месяца, а повторная проверка знаний — не реже одного раза в 12 месяцев.

Рабочий должен соблюдать правила внутреннего распорядка предприятия, быть внимательным по отношению к движущемуся транспорту и работающим грузоподъемным машинам и другому производственному оборудованию [6]. Обращать внимание на предупредительные надписи, дорожные знаки и знаки безопасности, размещенные на территории предприятия, в цехах и участках, исполняя их указания.

Термист должен знать устройство печей и вспомогательного оборудования, назначение регулирующей и контролирующей аппаратуры, соблюдать режим работы электропечей, задаваемый технологическим процессом.

Необходимо соблюдать установленный на предприятии режим труда и отдыха. Продолжительность рабочего дня — 8 часов. Суммарное время на отдых и личные надобности в течение рабочего дня — 50 минут. Обеденный перерыв — 30 минут. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Оборудование, которое обслуживает термист, работает круглосуточно. Термист обязан находиться на рабочем месте постоянно.

В течение смены на термиста могут воздействовать следующие опасные и вредные производственные факторы:

- подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся готовые изделия или детали, движущиеся транспортные средства могут привести к травмам;
- повышенная температура может вызвать общий перегрев организма и тепловой удар;
- высокая температура поверхности оборудования, деталей оснастки может привести к ожогам кожного покрова, пожаро- и взрывоопасность — к ожогам и травмам;
- пониженная освещенность рабочего места может привести к ослаблению органов зрения. физическая нагрузка может вызывать заболевания опорнодвигательного аппарата и сердечно-сосудистым заболеваниям;
- повышенный уровень шума — к заболеваниям органов слуха;

- 
- опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание в которой может произойти через тело человека — к электротравме;
  - повышенное содержание окиси углерода, загазованность и запыленность воздуха — к отравлению, заболеванию органов дыхания; При работе необходимо:
  - Надеть и привести в порядок полагающуюся по нормам спецодежду, застегнуть обшлага рукавов, заправить одежду так, чтобы не было свисающих концов.
  - Подготовить инструмент и защитные средства. Защитные очки должны быть подобраны по размеру, стекла не должны вываливаться, иметь сколов, трещин.
  - Выяснить у сменщика и по записям в журнале состояние печей.
  - Проверить работоспособность электроблокировок.
  - Проверить надежность заземления электропечей.
  - Проверить уровень закалочного масла в баке, и, если его мало — долить.
  - Убедиться в исправности терморегулирующей аппаратуры.
  - Проверить достаточность освещения рабочего места.
  - Проверить эффективность работы общей и местной вытяжной вентиляции.
  - Проверить наличие, комплектность и исправность средств пожаротушения.
  - Оформить приемку смены в сменном журнале. После этого термист, принявший смену, полностью несет ответственность за состояние оборудования, чистоту на рабочем месте и культуру производства.
  - Обо всех неисправностях сообщить мастеру смены и без его разрешения к работе не приступать.
  - Содержать рабочее место в чистоте, поддерживать порядок, не загромождать проходы и проезды к оборудованию.
  - Быть внимательным, не отвлекаться посторонними делами и разговорами, не допускать к оборудованию посторонних лиц, соблюдать требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации.
  - При загрузке и выгрузке деталей отключать электропитание печи.

- Следить за работой вентиляции закалочного бака. Закалка деталей при включенной местной вытяжной вентиляции запрещается.
- Следить за температурой и уровнем масла в закалочном баке.
- При пользовании грузоподъемными механизмами соблюдать требования, изложенные в инструкции.
- Всегда помнить, что термическое оборудование является объектом повышенной опасности — постоянно находиться на рабочем месте, контролировать работу оборудования.
- Работать только в спецодежде и с использованием СИЗ.
- Не носить промасленную и неисправную спецодежду.

### ***Список литературы***

1. Агеев Е.В., Чумак-Жунь Д.А., Алтухов А.Ю. *Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.* — Курск: Университетская книга, 2014. — 239 с.
2. Афанасьев М.И. *Термическая обработка сталей и высокопрочных сплавов / Пособие.* — Электросталь, ЭПИ МИСиС, 2012.
3. Береснев Г.А., Синани И.Л., Летягин И.Ю. / *Основы металловедения и термообработки.* — Пермь: Изд-во Пермского гос. техн. ун-та, 2009. — 211 с.
4. Герасимов С.А. (ред.) / *Технология термической и химико-термической обработки*, М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. — 60 с.
5. Золоторевский В.С. (ред.) *Металловедение. Том 2. Термическая обработка / Учебник.* — 2-е изд., испр. — М.: МИСиС, 2014.
6. Чиченев Н. А., Горбатюк С. М., Горовая Т. Ю., Фортунатов А. Н. Снижение внеплановых простоев оборудования при проведении ремонтов и модернизации на основе прочностного анализа // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия.* — 2021. — Т. 64, № 12. — С. 895–902. — DOI 10.17073/0368–0797–2021–12–895–902.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БЕСШОВНЫХ ТРУБ НА НЕПРЕРЫВНЫХ СТАНАХ

*М.А. Хаустова, Д.В. Кудашов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос получения черновой трубы из бесшовных полых заготовок (гильз) на непрерывных станах продольной прокатки, а также описаны разновидности непрерывных станов продольной прокатки с выделением их преимуществ и различий.

**Ключевые слова:** непрерывный стан, оправка, извлечение оправки, двухвалковые станы, трехвалковые станы, обжатие, скоростные режимы.

С каждым годом к горячекатаным бесшовным трубам ужесточаются требования, предъявляемые к точности толщины стенки, предельным отклонениям по внутреннему или наружному диаметрам, овальности и кривизне. Поэтому проблема повышения точности геометрических параметров труб всегда являлась одной из основных в трубопрокатном производстве.

Существует несколько видов станов продольной прокатки для производства бесшовных труб:

- Прокатный стан с плавающей оправкой. В, так называемых, непрерывных прокатных станах, имеющих плавающую (незакрепленную) оправку, оправка свободно перемещается внутри трубы в зависимости от образующихся сил трения, и, следовательно, она естественным образом ускоряется по мере последовательного прохождения заготовки через прокатные клетки. Извлечение оправки из трубы осуществляется вне линии прокатки. В результате достигаются очень короткое время цикла обработки и соответственно высокая производительность, например, 4–5 изделий в минуту [2].

В то же время этот тип прокатного стана имеет ряд недостатков. Ускорение оправки вызывает состояние сжатия в трубе, что отрицательно сказывается на обеспечении точности заданных размеров и приводит к дефектам труб, поскольку горловина, ограниченная

вращающимися валками, закупоривается металлом (состояние, известное как «переполнение») на первых клетях и забивается (состояние, известное, как «недозаполнение») на чистовых клетях.

- Прокатный стан с частично удерживаемой оправкой. Этот вид прокатного стана представляет собой дальнейшее развитие конструкции прокатного стана с подвижной оправкой: скорость перемещения оправки поддерживается на технологически предпочтительном уровне во время прокатки, в то время как оправка освобождается системой крепления и остается в самой трубе в конце прокатки, после того, как хвостовая часть трубы выйдет из последней прокатной клетки. Извлечение оправки из трубы осуществляется в стороне от линии прокатки [3].

В этом случае достигаются короткое время циклов обработки и, соответственно, высокая производительность, например, 3–4 изделия в минуту. Однако в этом случае возникают аналогичные проблемы, как и в предшествующем случае, а именно неравномерность температуры прокатываемой трубы.

- Прокатный стан с удерживаемой оправкой, с устройством извлечения трубы и освобождением в конце прокатки, когда оправка проходит в устройстве извлечения оправки. На этом прокатном стане движение оправки прекращается системой удержания оправки в конце прокатки, труба вытягивается из оправки с помощью прокатного стана для извлечения оправки и затем освобождается системой закрепления оправки, перемещается вперед с помощью тянущих роликов, проходит через устройство извлечения оправки и разгружается вниз по потоку от самого устройства для извлечения оправки [1].

При этом достигается относительно короткое время цикла обработки — 2,5 изделия в минуту. Это техническое решение проблемы включает в себя вытягивание нагретой оправки с помощью тянущих роликов, что вызывает риск повреждения ее поверхности. Однако прохождение оправки через оправкоизвлекательный прокатный стан требует наличия такой конструкции клетки, которая позволяла бы быстро и точно раскрывать и закрывать раствор валков, при этом существует риск неправильной относительной центровки краев двух соседних роликов и, следовательно, появления продольных рисок на прокатываемой трубе.

Обычно во всех перечисленных случаях используется двухклетевой стан, в котором в каждой из двух клеток предусмотрена пара прокатных валков, расположенных напротив друг друга и ориентация обжатия на соседних клетях изменяется на  $90^\circ$  [4].

Рассмотрим еще один способ раскатки гильзы на станах с трехвалковыми клетями:

- Прокатка труб в трехвалковых регулируемых клетях на удерживаемой оправке по технологии PQF. С точки зрения стоимости вложений, эффективности технологии и качества продукции она имеет больше преимуществ по сравнению с общеизвестными двухвалковыми установками МРМ (RMM). Эти преимущества заключаются в следующем:
  - только одна гидравлическая система регулирования раствора валков, что обеспечивает простоту в обслуживании;
  - более низкая степень деформации под ручьем валка в первой клетке, что обеспечивает возможность большего удлинения материала;
  - меньший перепад окружной скорости между основанием ручья и фланцем валков, за счет чего достигается более ровная деформация в калибре, как в устойчивом, так и переходном режиме;
  - сокращение фланцевого участка трубы (не соприкасающегося с валком или оправкой), что позволяет лучше контролировать поток металла по направлению к фланцу — это становится особенно очевидным при прокатке хвостовой части, когда поток металла не сдерживается материалом у входа в клетку, как это бывает при устойчивом режиме работы;
  - повышение срока службы оправки и валков;
  - равномерное распределение температуры по черновой трубе;
  - снижение образования плавников на концах трубы — за счет этого снижается концевых потерь; • сокращение отклонений по допускам на толщину стенок.

Такие технические преимущества приводят к повышению эффективности по сравнению со станом традиционной конструкции (МРМ) [6]. Выбранная конструкция раскатного стана (стан PQF) позволяет выпускать продукцию более высокого качества и при этом с большей рентабельностью, чем на агрегатах с непрерывными станами традиционной конструкции. Поэтому раскатка гильзы в трех-



валковых станах имеет более высокую эффективность по многим техническим, качественным и экономическим параметрам.

### **Список литературы**

1. Семчин Ю.Е., Ком О.И. / Технологический процесс производства высококачественных бесшовных труб на ОАО «Белорусский Металлургический Завод» — управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания» / Поступила в редакцию: 30.06.2014 *Литье и металлургия.*— 2014.— № 3 (76). — С. 70–73.
2. Струин Д.О., Выдрин А.В., Шеркунов В.Г., Шкуратов Е.А., Черных И.Н., Сарафанова О.Е., Мишин С.Н. Совершенствование технологии прокатки труб на непрерывном раскатном стане с удерживаемой прокаткой. // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия.*— 2018. — Т. 18.— № 2. — С. 72–80.
3. Патент на изобретение RU 2500491 C2, 10.12.2013. Способ прокатки и продольный многоклетевой прокатный стан с удержанием оправки для непрерывной прокатки полых заготовок. Заявка № 2012102982/02 от 29.06.2010 / Чернуски Э., Латтанци М.
4. Патент на изобретение RU 2309015 C1, 27.10.2007. Заявка № 2006115563/02 от 07.10.2004. Способ производства бесшовных труб на оправке в стане с трехвалковыми клетями / Инаге Т., Кидани С., Накаике Х.
5. Safonov V. M., Muryshev V. A., Morov D. V., Korzun E. L. Deep Steel Desulfurization during Chamber Degassing.— 2021. — Vol. 2021, No. 7. — P. 874–882. — DOI 10.1134/S0036029521070120.
6. Bardovsky A. D., Valeeva L. M., Basyrov I. I. A plant with a rotary jet grinder to produce small fractions of mineral raw material // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Sevastopol, 07–11 сентября 2020 года.* — Sevastopol, 2020. — P. 052004. — DOI 10.1088/1757–899X/971/5/052004.

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ШТАМПОВАННО КАТАННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

*С.А. Рожков, Е.А. Волкова*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье рассмотрены способы изготовления и виды изготавливаемых железнодорожных колес. Их применение. Плюсы и минусы производства. И так же рассмотреть технологию производства штамповано-катаных колес на предприятие АО ВМЗ «Колесопрокатный цех» города Выкса.

**Ключевые слова:** железнодорожные колеса, литые колеса, штамповано-катаные колеса.

Железнодорожные колеса являются ходовой частью и ответственной деталью железнодорожного состава. В настоящее время при производстве вагонов применяются колеса нескольких типов, отличающиеся способом производства и свойствами в эксплуатации:

- составные колеса (чугунные или стальные катаные центры и стальные прокатанные бандажи);
- чугунные колеса с отбеленным ободом;
- стальные литые колеса (биметаллические или из стали одной марки для обода, диска и ступицы);
- стальные цельнокатаные колеса.

Железнодорожные колеса, применяемые в разных странах, имеют конструктивные различия, связанные с условиями эксплуатации железнодорожных составов, конструкциями вагонов и поездов, а также с традициями, связанными с производственным циклом и работой на железнодорожном транспорте [2].

Колеса можно классифицировать по разным признакам. По конструктиву колеса делятся на цельные и составные [6]. Если у цельных колес единую деталь представляют три основных элемента, то у составных колес бандаж (обод) и центр (ступица с диском) изготавливаются отдельно, а затем собираются вместе [3].

Вместе с тем колесо состоит из трех основных частей: ступицы, диска и обода. Поверхность всех элементов колеса, расположенных со стороны гребня, принято называть внутренней, а с противоположной стороны — наружной. Рабочую поверхность обода, которая соприкасается с рельсом во время перемещения, называют поверхностью катания, а линию, расположенную на этой поверхности — кругом катания [1].

Однако в современных условиях эксплуатации железных дорог из-за существенных недостатков по прочности и надежности, значительной трудоемкости формирования колесной пары и повышенной массы бандажные колеса в нашей стране были заменены безбандажными. Причем наиболее совершенными и надежными в эксплуатации признаны стальные цельнокатаные [4, 5].

По способу изготовления цельные колеса можно разделить на литые, штампованные и штамповано-катаные.

Литые колеса изготавливают двумя способами. В первом случае колеса отливают в песчаную форму через литниковую чашу. Второй способ — отливки в графитовых формах, выплавленные в электропечах. Производство штамповано-катаных колес состоит из семи основных участков:

1. Участок подготовки производства. Металл для производства колес направляется в колесопрокатный цех в виде круглых слитков. Слитки поступают на склад на железнодорожных платформах. С помощью мостовых кранов они выгружаются и укладываются в штабели.
2. Заготовительный участок. На нем установлены пильные комплексы для порезки слитков. Порезка штанг производится согласно схеме раскроя. Предусматривается автоматическая идентификация заготовок, на каждую из которых автоматически наклеивается этикетка. Порезанные заготовки электро-мостовым краном поплавно выкладываются на склад для последующего осмотра и комплектации перед посадом в нагревательные печи.
3. Газопечной участок. На нем установлены кольцевые нагревательные печи диаметром 30 м. Посад заготовок в печи и их выдача производится с помощью машин загрузки и выгрузки. Предусмотрено два возможных режима работы нагревательных печей:

первый — последовательный, при котором каждая из заготовок проходит через две печи. В первой печи осуществляется предварительный нагрев заготовок, а во второй — окончательный до температуры 1250–1320 градусов. Время нагрева заготовок в каждой печи — не менее 2,5 часов.

4. Участок стана. В линии участка стана заготовки деформируются на прессах и раскатываются на колесопрокатном стане. Каждая из заготовок проходит последовательно через 3 прессы: 2000, 5000 и 10000 тонн, затем заготовки оказываются в колесопрокатном стане, где подвергаются очередным этапам обработки. Далее по рольгангу заготовка транспортируется к прессу усилием 3500 тонн. Удаление окалины с торцевых поверхностей заготовок производится водой высокого давления в камере [7].
5. Участок предварительной механической обработки, где выполняется осмотр и контроль колес на стендах черного осмотра, визуальный осмотр поверхностей колеса, и маркировки. Партии колес, прошедшие осмотр на черновых стендах, поплавно задаются в линию механической обработки колес. Обработка производится на токарно-карусельных станках [9].
6. Термический участок. Здесь установлена кольцевая нагревательная печь диаметром 27 м для нагрева под закалку или нормализацию и закалочные машины. Для отпуска используются конвейерные печи, продолжением которых являются камеры охлаждения. После отпуска колеса проходят камеру замедленного охлаждения, после чего транспортируются на линию дробеметных машин и проходят обработку дробью [8].
7. Участок окончательной механической обработки. На нем выполняется механическая обработка колес, приемка, ультразвуковой контроль, контроль твердости, замер геометрических параметров, магнитопорошковый контроль, окончательная приемка железнодорожных колес.

### ***Список литературы***

1. Обработка металлов давлением. МИСиС: Учебное пособие для вузов: С-б статей / А.В. Зиновьев, В.П. Полухин, Б.А. Романцев, В.А. Тусов и др. — М.: Интермет Инжиниринг, 2004.— 784 с.

2. Патент № 2121928 С1 Российская Федерация, МПК В60В 9/12, В21К 1/28, В60В 9/00. Составное железнодорожное колесо и способ его изготовления: № 96110406/28: заявл. 29.05.1996: опубл. 20.11.1998 / Б. Жак, Д. Франсуа.
3. Патент № 2259279 С1 Российская Федерация, МПК В60В 3/02, В21Н 1/04, В60В 17/00. Цельнокатаное железнодорожное колесо и способ его изготовления: № 2004100876/11: заявл. 15.01.2004: опубл. 27.08.2005 / С. А. Королев, А. М. Волков, А. И. Кондрушин [и др.]; заявитель Открытое акционерное общество «Выксунский металлургический завод».
4. Авторское свидетельство № 1537699 А1 СССР, МПК С21Д 9/34. Способ изготовления цельнокатаных железнодорожных колес: № 4348076: заявл. 22.12.1987: опубл. 23.01.1990 / И. Г. Узлов, В. А. Пирогов, Н. Г. Мирошниченко [и др.]; заявитель ИНСТИТУТ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ.  
5. <https://patents.google.com/patent/RU2085323C1/ru>
6. Авторское свидетельство № 841773 А1 СССР, МПК В21К 1/28, В21Н 1/04. Способ изготовления железнодорожных колес: № 2813048: заявл. 23.08.1979: опубл. 30.06.1981 / А. Т. Есаулов, М. И. Староселецкий, М. С. Валетов [и др.]; заявитель НИЖНЕДНЕПРОВСКИЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ ТРУБОПРОКАТНЫЙ ЗАВОД ИМ. К. ЛИБКНЕХТА.
7. Лазуткин С. Л., Лазуткина Н. А. Определение рациональных параметров исполнительных элементов ударной системы адаптивного ударного устройства // Современные наукоемкие технологии.— 2019.— № 5. — С. 58–63.
8. Кудашов Д. В., Эфрон Л. И., Волкова Е. А. [и др.] Формирование структуры и свойств трубной стали со сверхнизким содержанием марганца.— 2021.— № 4. — С. 63–75. — DOI 10.54826/19979258\_2021\_4\_63.
9. Товмасян М. А., Самусев С. В., Фортунатов А. Н. Комплексное исследование процесса формовки прикромочной области плоского проката при производстве труб для магистральных трубопроводов с помощью современных методов расчета и измерений // Металлы.— 2022.— № 4. — С. 89–96.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАЛИБРОВКИ ТРУБ

*А.М. Панкратов, М.А. Товмасын*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье исследованы основные параметры калибровки трубы. Исследованы особенности проведения контроля качества. Определены допустимые нормы экспандирования трубы.

**Ключевые слова:** гидромеханический экспандер, степень остаточной деформации, контроль качества труб.

Калибровка двухшовных и одношовных труб производится раздачей труб на всей длине гидромеханическим экспандером с целью обеспечения требуемой точности по наружному диаметру, величине овальности концов и прямолинейности труб [1].

Механический экспандер является машиной, интегрированной в поток линии по производству труб большого диаметра.

Основные параметры процесса калибрования труб:

- периметр труб;
- степень остаточной деформации;
- овальность концов труб;
- величина отклонения образующей трубы от прямолинейности;
- отклонение формы окружности в зоне сварного соединения.

Контроль качества калибрования труб осуществляется в соответствии с картами контроля К 153–57–19Т-О1–2005, К 153–57–19Т-О1.1–2005 [3].

После калибрования наружный диаметр концов труб на длине не менее 200 мм должен быть равен номинальному с допускаемыми отклонениями.

Контроль наружного диаметра производится при настройке экспандера и периодически, но не реже трех раз в смену путем измерения периметра по наружной поверхности с помощью рулетки Р5УЗП [2].

При измерении периметра необходимо следить, чтобы лента рулетки располагалась в плоскости, перпендикулярной оси трубы, для чего следует измерение периметра в одном сечении выполнить

несколько раз, ослабляя натяжение ленты до ее свободного провисания и снова без рывков стягивая ее вокруг трубы [4]. Из нескольких замеров, выполненных в данном сечении для сопоставления с табличными данными, выбирается тот, при котором получено наименьшее значение периметра. Результаты измерений периметров труб заносятся калибровщиком в электронный журнал.

Журнал контроля труб должен содержать:

- Номер гидромеханического экспандера;
- Дата, смена;
- Номинальный диаметр труб, мм;
- Номер трубы и марка стали;
- Периметр трубы до и после калибрования, мм;
- Степень деформации трубы, %;
- Овальность труб до и после калибрования;
- Отклонения профиля трубы от формы окружности в зоне сварного соединения по дуге окружности.

Овальность концов труб после калибрования, исключая участок сварного шва должна быть не более 1% от номинального диаметра для труб с толщиной стенки до 20 мм и не более 0,8% для труб с толщиной стенки свыше 20 мм [5].

Диаметр измеряется специальной линейкой, нутромером, либо рулеткой. Овальность определяется как отношение разности значения максимального и минимального диаметров к номинальному значению.

Максимальная величина отклонения образующей трубы от прямолинейности, измеренная от наружной поверхности до натянутой струны не должна превышать 1,0 мм на погонный метр, либо 0.2% от длины трубы.

Отклонения профиля трубы от формы окружности в зоне сварного соединения по дуге окружности на длине не менее 200 мм не должны превышать 0,15% от номинального наружного диаметра труб и контролируются специальным шаблоном и щупом.

Степень остаточной деформации металла трубы при калибровании должна находиться в пределах 0,8–1,2%. Величина уточняется в процессе освоения технологии изготовления труб. Величина деформации определяется по формуле:

$$E = \frac{P_3 - P_0}{P_0} \times 100\%$$

где  $P_3$  — периметр трубы после экспандирования, мм;  
 $P_0$  — периметр трубы до экспандирования, мм.

### *Список литературы*

1. Шевакин Ю. Ф., Коликов А. П., Райков Ю. Н. Производство труб: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. 150106 (110600) — «Обработка металлов давлением» Ю. Ф. Шевакин, А. П. Коликов, Ю. Н. Райков; под ред. Ю. Ф. Шевакина. — Москва: Интермет Инжиниринг, 2005. — 564 с. — ISBN 5-89594-127-3.
2. Патент № 2292973 С1 Российская Федерация, МПК В21С 37/30. способ калибровки прямошовных электросварных труб: № 2006103038/02: заявл. 03.02.2006: опубл. 10.02.2007 / С. В. Самусев, Н. Г. Пашков, Л. В. Зелова [и др.]; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный институт стали и сплавов» (технологический университет).
3. Сторожев М. В., Попов Е. А. Теория обработки металлов давлением. — 4-е издание, переработанное и дополненное. — Москва: Научно-техническое издательство «Машиностроение», 1977. — 423 с.
4. Коликов А. П., Звонарев Д. Ю. Моделирование процесса экспандирования сварных труб большого диаметра // Сталь.— 2017.— № 3. — С. 41–43.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021610789 Российская Федерация. Расчет геометрических параметров трубной заготовки в непрерывных ТЭСА для двухрадиусной калибровки МИСиС: № 2020667906: заявл. 29.12.2020: опубл. 19.01.2021 / С. В. Самусев, В. А. Фадеев, А. В. Кондрушин, Т. Ю. Сидорова; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ НА ПРЕССЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ФОРМОВКИ ТЭСА 1020

*Д.А. Агеев, А.Н. Фортунатов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье исследованы и перечислены патенты и аналоги прессы предварительной формовки. Выполнен сопоставительный анализ технического решения с отобранными аналогами и выбор прототипа. Изучена технология производства труб большого диаметра. Исследована конструкция прессы предварительной формовки.  
**Ключевые слова:** способы обработки металлов, пресс, штамповка.

Современные цехи по производству сварных труб большого диаметра отличаются разнообразием технологических схем получения труб и системами контроля качества готовой продукции.

Для получения электросварных труб большого диаметра применяют технологические схемы: прямошовные трубы с формовкой на прессах, на вальцах; двушовные трубы; спиралешовные трубы. Электросварные прямошовные трубы изготавливают на прессах за один проход (схема УОЕ) или на прессе с шаговой формовкой (схема ЈСО). По технологической схеме изготовления прямошовных труб большого диаметра на прессах за один проход (ТЭСА 1020) формовка трубы происходит на 4 прессах [1].

Предварительная U-формовка заготовок, предназначенных для изготовления одношовных труб.

Листы с подогнутыми кромками по роллангу подаются к прессу предварительной формовки П 9045 усилием 31500 КН.

Способ загибания плоского листа используется для формовки шлицевой трубы в загибочном прессе. Верхний штамп сконтурирован соответственно образуемому контуру. Нижний штамп расположен противоположно верхнему с возможностью вертикального перемещения. В одном рабочем шаге сгибают кромочную полосу неподвижно в раме прессы зажатого листа до желаемого кромочного контура.

Изобретение касается способа загибания формуемого в шлицевую трубу листа согласно ограничительной части пункта 1 формулы изобретения и загибочного пресса согласно пункту 5 формулы изобретения [2].

Изготовление электросварных труб большого диаметра. Сущность изобретения: способ включает гибку средней части листа с подогнутыми кромками вокруг пуансона с помощью гибочных роликов, при которой боковые участки изгибаемой части листа приобретают радиус боковых стенок пуансона, а ее донный участок — радиус свободного изгиба, после чего донный участок разгибают при зафиксированном положении заготовки посредством контактирования с двумя опорами и догибают боковые участки. Для формовки используют пуансон с гребнем и двумя плоскими участками, сопрягающимися гребень с боковыми стенками [3]. Разгибку донного участка ведут частично по его длине, спрямляя две противоположные зоны, сопряженные с соответствующим боковым участком, с длиной каждой зоны, равной 0,2–0,6 радиуса готовой трубы, и заканчивают разгибку после обеспечения участку, расположенному между спрямленными зонами, при этом при спрямлении зоны контактируют с опорами по наклонным к вертикальной оси пуансона под углом  $45^{\circ}$ – $85^{\circ}$  плоскостям с длиной каждой плоскости, равной 0,2–1,0 длины спрямляемой зоны [4].

Изобретение относится к обработке металлов давлением и может быть использовано при изготовлении электросварных труб большого диаметра. Цель изобретения — повышение качества формовки заготовок с повышенным пружинением. При формовке заготовки 1 пуансоном 3 донный участок 4 заготовки изгибается по радиусу свободного изгиба К. Выбором оптимального расстояния А между опорами б и вертикальной осью 0–0 пуансона 3 обеспечивают разгиб донного участка 4 заготовки с помощью подвижных опор б в пределах упругих деформаций.

### *Список литературы*

1. Патент № 2339475 С2 Российская Федерация, МПК В21С 37/06. Способ производства трубной заготовки в линии ТЭСА: № 2006146380/02: заявл. 27.12.2006; опубл. 27.11.2008 / С. В. Саму-

- сев, Л. В. Зелова, Е. Ю. Иванова [и др.]; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный институт стали и сплавов» (технологический университет).
2. Шевакин Ю. Ф., Коликов А. П., Райков Ю. Н. Производство труб: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. 150106 (110600) — «Обработка металлов давлением»; под ред. Ю. Ф. Шевакина. — Москва: Интермет Инжиниринг, 2005.— 564 с. — ISBN 5–89594–127–3.
  3. Сторожев М. В., Попов Е. А. Теория обработки металлов давлением.— 4-е издание, переработанное и дополненное. — Москва: Научно-техническое издательство «Машиностроение», 1977.— 423 с.
  4. Товмасын М. А., Самусев С. В. Исследование процесса доформовки трубной заготовки при производстве толстостенных труб большого диаметра // Технология металлов.— 2022.— № 4. — С. 50–56. — DOI 10.31044/1684–2499–2022–0–4–50–56.

## **АНАЛИЗ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕССА ШАГОВОЙ ФОРМОВКИ ЛИНИИ ТЭСА 1420 С ОПТИМИЗАЦИЕЙ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОПРИВОДА**

*Д.Д. Крюков, А.Д. Уткин, С.В. Самусев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В работе выполнен анализ работы оборудования пресса шаговой формовки линии ТЭСА 1420 в условиях АО «ВМЗ». Предложена и рассчитана режимы оптимизации параметров гидропривода.*

***Ключевые слова:** линия 1420, гидропривод, стальные трубы.*

Стальные трубы широко применяются во всех отраслях промышленности. В том числе они используются для сооружения магистральных нефтепроводов. Широкое применение труб обусловлено их разнообразным сортаментом по диаметру и толщине стенки, про-

филю поперечного сечения, материалу, экономичностью их производства. В последние годы прорабатываются крупные ресурсоемкие проекты экспорта Россией энергоносителей, и экспорта газа которые неразрывно связаны с необходимостью прокладки трубопроводов по дну морей и океанов. Одним из таких проектов является «Турецкий поток». Планируется, что он будет состоять из четырех ниток протяженностью 1100 километров, а мощность — 63 миллиарда кубометров топлива в год. Газопровод пройдет 660 км в старом коридоре «Южного потока» и 250 км в новом коридоре в направлении европейской части Турции. При реализации «Турецкого потока» будут использоваться трубы, рассчитанные на рабочее давление 27,73 МПа, в рамках данного проекта был рассмотрен типоразмер трубы диаметром 813 мм с толщиной стенки 39 мм [2].

Наряду с транспортировкой жидких и газообразных веществ, в будущем будет возрастать потребность в трубопроводном транспорте твердых веществ с помощью воздуха или сжатых жидкостей. На сегодняшний день существует лишь небольшое число промышленных методов изготовления труб большого диаметра из листовой или полосовой стали. Эти методы отличаются друг от друга, главным образом, технологией формовки. Дальнейший процесс обработки трубы всегда идентичен. В основе технологии производства труб большого диаметра лежит процесс формовки, во многом определяющий как номенклатуру производимой продукции, выбор марки стали, размеры, так и производительность линии [5].

Формовка трубных заготовок шаговым способом обладает следующими преимуществами: контролируемый загиб (фиксируемый контакт инструмента в зоне формовки); большая (значительная) длина контакта и быстрый (относительно) процесс.

Вместе с этим, при производстве труб толстостенного сортамента, отмечаются существенные недостатки, которые делают невозможным использовать полученную заготовку для дальнейшей сборки и сварки из-за значительной ширины шлица (зазора) в 130–170 мм, а именно:

- высокие напряжения в собранной трубе;
- необходимость обеспечения значительных усилий для сборки трубы, которая практически не реализуется в существующей конструкции деформационного узла ССС;

- определенный риск в разрыве сборочного шва; высокие остаточные напряжения в трубе после сборки;
- полученная форма заготовки, особенно в прикромочной зоне усложнит процесс экспандирования и получения качественной заготовки.

Исходя из вышеизложенного, можно предложить 3 способа формовки черновой заготовки для второго этапа формовки, позволяющих существенно снизить величину шлица заготовки перед сборкой.

В основу первого варианта заложена следующая схема формовки:

- традиционная формовка на  $n$ -коротких шагах гибочным ножом для получения черновой заготовки на прессе шаговой формовки 1;
- отвод инструмента и осуществление 2-х направленных длинных ходовгиба периферийных участков снаружи до завершения процесса формовки на этом же прессе [1].

Определенные комментарии касаются 4-го шага формовки и разворота (ориентации) заготовки перед осуществлением 2-х наружных шагов. Предположительно этот вариант должен позволить снизить величину шлица до 60–80 мм.

Для 1 — го варианта характерны преимущества и недостатки:

Преимущества: уменьшение ширины шлица; повышение продуктивности по сравнению с процессом кантовки.

Недостатки: сложный комплексный процесс (предварительная черновая заготовка); неконтролируемый загиб при наружных шагах формовки (формовка без существенного контакта с инструментом); не определено влияние трения на процесс; кроме этого, нет предположений о геометрических параметрах профиля заготовки по контуру, а, следовательно, сложно прогнозировать процессы сборки, сварки и экспонирования.

В основу второго варианта заложена следующая схема формовки:

- традиционная формовка на  $n$ -коротких шагах формовочным ножом с пуансоном для получения черновой заготовки на прессе шаговой формовки 1, отвод инструмента;
- передача заготовки с помощью транспортных средств на второй пресс шаговой формовки;
- осуществление 2-х направленных длинных хода длягиба периферийных участков снаружи гибочным ножом до завершения процесса на прессе шаговой формовки 2.

Определенные комментарии касаются 3-го шага формовки и разворота (ориентации) заготовки перед осуществлением 2-х наружных шагов. Предположительно этот вариант должен позволить снизить величину шлица до 45 мм.

По третьему варианту, процесс выполняется следующим образом:

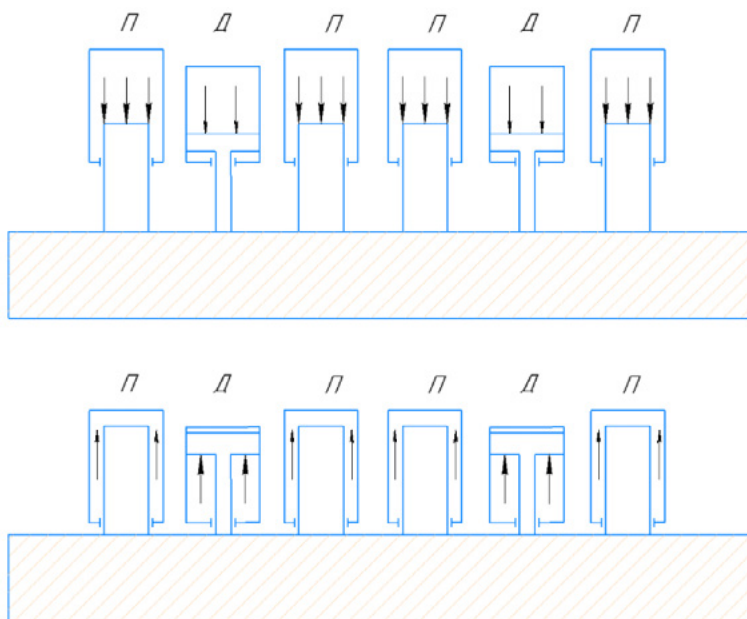
- традиционная формовка на n-коротких шагах формовочным ножом с пуансоном для получения черновой заготовки на прессе шаговой формовки 1, отвод инструмента;
- передача заготовки с помощью транспортных средств на специально спроектированный пресс;
- определение геометрических параметров черновой заготовки с помощью измерительного робота с целью корректировки процесса догибки;
- осуществление 2-х направленных длинных хода длягиба периферийных участков снаружи пуансоном до завершения процесса на прессе 2.

Сравнительный анализ показал, что наибольшими практически и технологическими возможностями обладает третий вариант, поскольку формирование черновой заготовки производится пуансоном со значительной контактной поверхностью, что позволит более качественно сформовать исходный профиль для второго этапагиба (меньшая протяженность плоских, не согнутых участков в черновой заготовке). Так же данный процесс обладает наибольшей производительностью, поскольку оба пресса шаговой формовки смогут производить черновые заготовки для догибочного пресса [4].

Работу верхней балки пресса обеспечивают 4 плунжерных цилиндра и 2 дифференциальных, при этом основное усилиегиба обеспечивается плунжерными цилиндрами (по технической характеристике примерно 75–85% от общего усилия, приходящегося на верхнюю балку). Управление работой балки в соответствии со скоростными режимами, обеспечение необходимого оставшегося усилия формовки заготовки и возврат плунжерных цилиндров в исходное положение обеспечивается дифференциальными цилиндрами [3].

Работа внутренних сил определяется диаграммой напряженно-деформированного состояния для данной марки стали К60. Относительная деформация при напряжении, равном пределу текучести, равна:  $\sigma_t = 550 \text{ МПа}$  — предел текучести металла;  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$  —

модуль упругости первого рода. Напряжение в пластической зоне деформаций равно:  $\Pi=2000$  Мпа — модуль упрочнения металла.



### Список литературы

1. Уткин А. Д., Товмасын М. А. Исследование процесса подгибки кромок на кромкогибочном прессе линии ТЭСА 1420 // Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 166–170.
2. Коликов А. П., Звонарев Д. Ю. Повышение качества сварных труб большого диаметра методом моделирования процессов формоизменения листовой заготовки // Сталь. — 2020. — № 11. — С. 43–49.

3. Нгуен З. К., Ефремов Д. Б. Математическое моделирование для классификации качества труб большого диаметра по степеням неравномерности распределения напряжения-деформации при экспандировании // Теория и технология металлургического производства.— 2020.— № 3(34). — С. 14–20.
4. Патент № 2740368 С2 Российская Федерация, МПК В21С 37/00. Способ шаговой гибки кромок плоского проката, способ и устройство автоматической коррекции режимов гибки на участке кромогибочного пресса: № 2019106103; заявл. 04.03.2019; опубл. 13.01.2021 / М. А. Товмасян.
5. Самусев С. В., Товмасян М. А., Порошков А. В., Кабанов А. В. Математическое и физическое моделирование процесса шаговой формовки по схеме JSOE в центральной лаборатории ОАО «Выксунский металлургический завод».— 2014.— № 11. — С. 16–21.

## **ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ПРАВКИ СВАРНЫХ ТРУБ И КОНСТРУКЦИИ ТРУБОПРАВИЛЬНОЙ МАШИНЫ И КАЛИБРОВОЧНЫХ КЛЕТЕЙ ТЭСА 114–245**

*М.В. Шишкин, А.Н. Фортунатов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В научно-исследовательской работе проанализирована конструкция семивалковой трубоправильной машины и калибровочного стана. Изучена технология и оборудование производства сварных прямошовных труб в линии ТЭСА 114–245. Проведен сравнительный анализ способов правки труб и выявлен наиболее приемлемый для данного производства.

**Ключевые слова:** трубоправильная машина, калибровочный стан, кривизна, валок.

На сегодняшний день, трубное производство отличается большим разнообразием высокоэффективных способов изготовления



продукции, среди которых наивысшее значение имеют способы обработки металлов давлением.

Исходя из физических свойств обрабатываемого металла, требуемого качества и размеров изделия, а также экономичности производства и рациональной загрузки оборудования выбираются технологические схемы и определяются способы обработки.

Стремительное развитие производства сварных труб и, соответственно, повышение доли данных труб на рынке наблюдается в последнее время во многих технически развитых странах мира. Это объясняется высокими показателями технико-экономических характеристик при производстве труб сваркой.

Производство трубы подразумевает минимальные энергетические затраты, благодаря чему уменьшается громоздкость и мощность оборудования, сокращаются удельные затраты и расходы на содержание и эксплуатацию. Сварные трубы, произведенные на непрерывных ТЭСА экономичнее бесшовных. Непрерывность процесса их производства облегчает его механизацию и автоматизацию.

Наиболее перспективными способами производства труб является разработка и внедрение более совершенных технологических процессов с более высокой степенью механизации и автоматизации, с автоматическим контролем качества труб [1].

Калибровочный стан предназначен для выравнивания геометрических размеров труб. Параметрами калибровки труб являются: периметр трубы после каждой клетки и диаметр готовой трубы. Калибровочный стан состоит из трех клеток, которые аналогичны конструкции клеток с закрытым профилем калибра формовочного стана.

Трубы, после калибровочного стана, подвергаются правке в правильной клетке. Правильная клетка состоит из сварной конструкции открытого типа, в которой размещается четырехвалковая кассета. В кассете установлены четыре холостых правильных валка, имеющие свои нажимные механизмы. Кассета имеет механизм с электроприводом для перемещения ее в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Станина клеток представляет собой сварную металлоконструкцию. Калибр образуется четырьмя формирующими валками. Верхний и нижний валки горизонтальные, приводные. Привод от электро-

двигателя через шестеренную клеть и шпиндели. Два боковых валка — холостые, смонтированы в кассетах. Регулировка положения по высоте верхнего валка осуществляется от электродвигателя нажимным механизмом. Регулировка может производиться и в процессе формовки [2].

Трубы после прокатки, сварки и термообработки имеют дефекты, основными из которых являются кривизна по продольной оси и овальность поперечного сечения. Трубы некруглого сечения могут быть также скручены. Для устранения этих дефектов применяют трубоправильные машины. Продольную кривизну труб и круглого проката исправляют посредством многократного упругопластического продольного изгиба или растяжения. Скрученные трубы исправляют упругопластическим раскручиванием. Иногда эти виды правки совмещают, например, раскручивание с растяжением.

Овальность и кривизна труб регулируется путем регулировки относительных положений валков по вертикали. Верхние и нижние валки поднимаются от линии прохода на 100–300 мм и 5 мм соответственно. Величина перемещения показывается индикатором часового типа, установленного для каждого валка (а исключением выходного нижнего валка) на лицевой стороне машины.

Для правки труб в условиях стана ТЭСА 114–245 применяют вертикальную, косовалковую, трубоправильную машину с валками одинаковой длины, так как имеет ряд преимуществ:

- простота изготовления рабочего инструмента, а все валки взаимозаменяемы;
- привод выполнен в виде двух одинаковых узлов, что облегчает обслуживание и ремонт, а также взаимозаменяемость;
- валки выполнены удлиненными и приводными, что позволяет производить правку тонкостенных труб при повышенных требованиях к качеству поверхности [3].

### ***Список литературы***

1. Обработка металлов давлением: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обраб. металлов давлением» направления подгот. «Металлургия» / Н. Д. Лукашкин, Л. С. Кохан; Лукашкин Н. Д., Кохан Л. С.; Федер. агентство по образова-

- нию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Моск. гос. вечер. металлург. ин-т. — Москва: Моск. гос. вечер. металлург. ин-т, 2006. — 423 с. — ISBN 5-94475-028-6.
2. Машины и агрегаты трубного производства: Учебное пособие для вузов — А.П. Коликов, В.П. Романенко, С.В. Самусев и др. — М.: МИСиС, 2007 г.
  3. Технология трубного производства: Учебник для вузов — В.Н. Данченко, А.П. Коликов, Б.А. Романцев и др. — М.: «Интермет Инжиниринг», 2002 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ КОЛЕСНЫХ ПАР ВАГОНЕТОК

*Н.А. Лазуткина*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация.** Для повышения долговечности деталей и улучшения показателей надежности колесных пар можно рекомендовать: уменьшение динамической составляющей нагрузки (проточка бандажей колес по ободу катания, центрирование и устранение эксцентриситета колес); внедрение средств виброизоляции бандажа от ступицы колес; разработка конструкции виброизоляции ободом подшипников. Предлагается разработка специального подшипника скольжения. При совершенствовании подвески колесной пары необходимо устранить свободный ход осей в пазах, что увеличит упругий ход виброизоляторов.

**Ключевые слова:** вибрационные нагрузки, показатели надежности, колесные пары, усталостное разрушение, износ, вагонетки, поезда, долговечность.

Технический уровень локомотивной откатки определяется надежностью работы и долговечностью узлов элементов подвижного состава. Опыт эксплуатации показывает, что наименьшей долговечностью обладают колесные пары, по вагонеткам на долю колесных пар приходится 28,3% от всего числа отказов, а по секционному поезду — 49%.

Причинами отказа колеса являются: разрегулировка или разрушение подшипника; выкрашивание части обода; появление трещин на ребрах жесткости или на задней стенке;

заклинивание подшипников; чрезмерный износ реборды или бандажа [1].

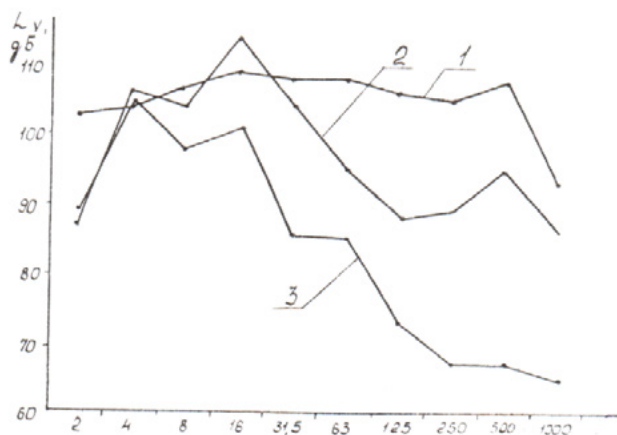
Под действием динамических и вибрационных нагрузок происходит усталостное разрушение деталей колеса и подшипников. На величину динамических нагрузок оказывают влияние качество виброизоляции подвески колеса, подшипника и колесной пары в целом, наличие волнообразного износа и превышения стыков рельс, микро- и макронеровностей на поверхности катания колес, эксцентриситет, дисбаланс и овальность колеса [2,3].

Для оценки влияния некоторых из перечисленных факторов на уровень вибрационных нагрузок были проведены стендовые исследования различных вариантов конструкции колес.

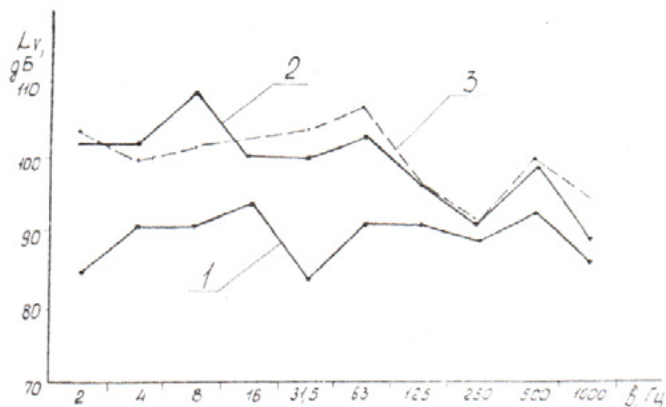
Стенд для колесных пар состоит из приводного устройства, грузовой вагонетки, прицепного устройства и стопоров. Приводное устройство состоит из электродвигателя и трехскоростного редуктора, соединенных роликовой цепью. На выходном валу редуктора установлены приводные катки. С помощью прицепного устройства груженная вагонетка подтягивалась к приводу так, чтобы испытываемая колесная пара наезжала на приводные катки и в таком положении вагонетка фиксировалась с помощью специальных стопоров.

Вибрация измерялась в вертикальном направлении на раме вагонетки вблизи колесной пары, были проведены измерения уровней звукового давления внутри вагонетки.

Результаты измерений и обработки уровней виброскорости представлены на рис. 1 и 2. Наибольшая колебательная энергия генерировалась при испытании колесной пары с новыми серийными колесами (из стали 35Л). Уровни виброскорости в диапазоне частот 2–500 Гц составляли 103–109 дБ (рис. 1, кривая 1). После установки колес, бывших длительное время в эксплуатации, у которых сгладились, прикатались микронеровности, уровень вибрации в среднечастотной области (63–1000 Гц) снизился на 7–18 дБ, но в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 4–16 Гц уровень вибрации возрос на 2–5 дБ за счет появления на ободке катания микронеровностей типа «ползунов» [4].



**Рис. 1.** Уровни виброскорости при испытании:  
 1 — серийных новых колес; 2 — колес, бывших в эксплуатации;  
 3 — виброизолированных колес с проточенным бандажом.



**Рис. 2.** Уровни виброскорости при испытании:  
 1 — проточенных и отбалансированных колес;  
 2 — с неровностью высотой 1 мм; 3 — с неровностью 2 мм.

Для устранения микро- и макронеровностей была осуществлена переточка бандажа колес по ободу катания. По сравнению с новым серийным колесом уровень вибрации в этом случае снижается во

всем диапазоне частот (рис. 2, кривая 1). Для оценки величины снижения вибрации, обеспечиваемой проточкой бандажа, был проведен сравнительный анализ (табл. 1).

**Таблица 1**

Параметр	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Уровни виброскорости (серийные колеса), дБ	103	104	107	109	108	108	106	105	108	93
Уровни виброскорости (проточенные колеса), дБ	85	91	91	94	84	91	91	89	93	80
Снижение вибрации, дБ	18	13	16	15	24	17	15	16	15	13
Отношение виброскоростей	7,94	4,5	6,3	5,6	15,8	7,1	5,6	6,3	5,6	4,5

Как видно из табл. 1, простая технологическая операция, может обеспечить значительное снижение уровней вибрации до 13–24 дБ, а средние квадратические значения виброскоростей уменьшаются в 4,5–15,8 раза. Если дополнительно к проточке бандажей применить средства виброизоляции бандажа от ступицы колеса можно получить дополнительное снижение вибрации, например, с помощью тороидальных резиновых колец круглого или трапециевидного поперечного сечения (рис. 1, кривая 3). Из анализа кривых 1 и 3 (рис. 1) видно, что в этом случае на всех частотах, кроме октавной полосы с  $f_0 = 4$  Гц, будет снижение вибрации на 9–40 дБ, т. е. по средним квадратическим значениям виброскорости в 3–100 раз меньше, чем при установке новых серийных колес. В октавной полосе со среднегеометрической частотой 4 Гц для трех типов колес (рис. 1) наблюдаются высокие и примерно равные уровни виброскорости, что объясняется наличием эксцентриситета колес, так как частота возмущений от вращения колеса равна 4,5 Гц. При проточке колеса и совмещении центров вращения оси и колеса этот эксцентриситет устраняется и обеспечивается снижение вибрации на 13 дБ (в 4,5 раза, см. табл. 1) [5].

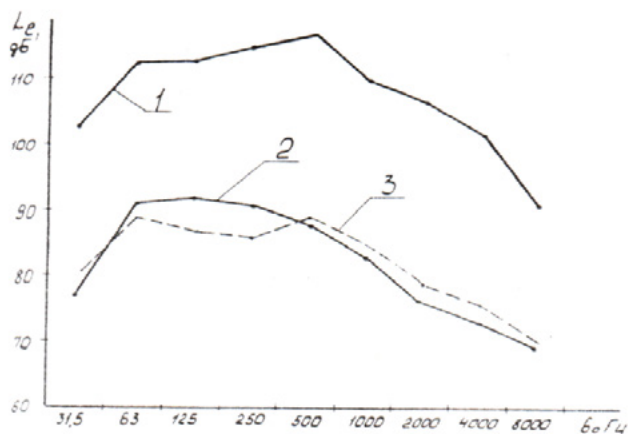
Оценка влияния неровностей проводилась формированием на ободе катания колеса калиброванных выступов и измерения вибра-

ции. На рис. 2 представлены уровни виброскорости при неровностях высотой 1 мм (кривая 2) и 2 мм (кривая 3). Наличие неровностей на ободе катания колеса приводит к увеличению вибрации на 6–20 дБ в диапазоне частот 2–63 Гц и на 2–8 дБ в диапазоне 125–1000 Гц. При этом разница между уровнями вибрации при неровностях 1 и 2 мм невелика и составляет 1–7 дБ.

Уровни звукового давления внутри вагонетки при трех существенно различных конструкциях колес представлены в виде спектрограмм на рис. 3.

При установке виброизолированных и проточенных и отцентрированных колес обеспечивается примерно одинаковое снижение шума по сравнению с серийными колесами, составляющее 22–30 дБ (т.е. в 12,5–31,5 раза уменьшаются средние квадратические значения звукового давления).

Значение колебательной энергии в диапазоне от 2 Гц до 10 кГц, генерируемой при применении серийных колес с необработанным ободом катания приводит к усталостному разрушению подшипников, ребер жесткости и бандажей колес.



**Рис. 3.** Уровни звукового давления внутри вагонетки при испытании:  
 1 — серийных (новых) колес; 2 — проточенных и отбалансированных колес;  
 3 — виброизолированных (тороидальные упругие элементы) колес с проточенным бандажом

Для повышения долговечности деталей колеса и улучшения показателей надежности можно рекомендовать: уменьшение динамической составляющей нагрузки (проточка бандажей колес по ободу казания, центрирование и устранение эксцентриситета колес); внедрение средств виброизоляции бандажа от ступицы колес; разработка конструкции виброизоляции обойм подшипников.

Применяемые типы подшипников и сама конструкция подшипникового узла не удовлетворяют требованиям эксплуатации. Необходимо разработка специального подшипника, так можно рекомендовать применение вместо подшипников качения подшипники скольжения из антифрикционного материала на основе железного порошка.

Следует отметить, что применяемая подвеска колесной пары приводит к возникновению интенсивных колебаний, т.к. оси вагонетки имеют возможность свободного перемещения в пазах. При усовершенствовании подвески колесной пары надо устранить свободный ход осей в пазах, увеличить упругий ход виброизоляторов подвески, обеспечивая этим постоянный контакт колес с рельсами.

### **Список литературы**

1. Гарг В.К., Дуккипати Р.В. Динамика подвижного состава: Пер. с англ. [Текст] // М.: Транспорт, 1988. — 391 с.
2. Марков Д.П. Контактная усталость колес и рельсов [Текст] // Вестник ВНИИЖТ, 2001. — № 6. — С. 8–14.
3. Коган А.Я. Взаимодействие колеса и рельса при качении [Текст] // Вестник ВНИИЖТ, 2004. — № 5. — С. 33–40.
4. Лазуткина Н. А., Змеев Д.А. Вибрационные нагрузки и показатели надежности колесных пар. Успехи современного естествознания. — Москва, 2012. — с. 71.
5. Лазуткина Н. А., Лазуткин С. Л. Исследование вибрационных нагрузок колесных пар // V Всероссийская межвузовская научная конференция «Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России» «Регионы России 2013» Муромский институт ВлГУ — Муром, 2013 — с. 88–90.



## СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА БЕСШОВНЫХ СВАРНЫХ ТРУБ

*Н.А. Обыденнов, Д.Р. Казин*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье рассмотрено производство стальной бесшовной трубы с помощью трубопрокатных агрегатов различного типа.

**Ключевые слова:** бесшовные трубы, изготовление стальных труб, производство бесшовных труб.

В зависимости от физико-химических свойств исходного материала, сортамента труб и требований к их качеству горячую деформацию осуществляют разными способами, каждому из которых присущи свои особенности, достоинства и недостатки. Независимо от способа производства горячедеформированных труб, технологическая схема включает следующие общие элементы:

- нагрев металла;
- получение полой заготовки (гильзы) и черновой трубы (раскатка гильзы);
- окончательное формирование стенки и диаметра трубы (редуцирование или калибрование).

При этом перед каждой технологической операцией при необходимости проводят подогрев трубы.

Технологические процессы производства горячедеформированных труб можно классифицировать по четырем основным способам получения гильзы, черновой трубы, удержания и типу применяемых оправок раскатного стана, а также окончательного формирования геометрических размеров трубы [3].

1. Получение гильзы. В зависимости от вида и химического состава применяемой исходной заготовки (катаная, ковая, непрерывно литая, слиток) гильзы производят в станах винтовой прокатки, на прессах либо сочетанием двух процессов: получение толсто-стенного стакана прессованием или пресс-валковой прошивкой с последующей прошивкой доньшка и раскаткой стенки гильзы в стане-элонгаторе.

2. Получение черновой трубы (способ раскатки гильзы). Черновые трубы производят:
  - продольной прокаткой в автоматическом стане (стане тандем);
  - непрерывном;
  - периодической прокаткой в пилигримовом стане;
  - винтовой прокаткой преимущественно в трехвалковом стане типа Асселя, реже
  - в двухвалковом стане типа Дишера или Акку-Ролл;
  - проталкиванием стаканов через уменьшающиеся в диаметре калибры с роликowymi обоймами в реечном стане;
  - выдавливанием металла в кольцеобразную щель в трубо-профильном прессе.
3. Удержание и тип применяемых оправок раскатного стана. В раскатных станах при прокатке черновых труб применяют длинные и короткие оправки. Короткие оправки удерживаются с выходной стороны автоматического стана (стана тандем). Длинные цилиндрические оправки применяют во всех остальных способах раскатки гильз. При этом оправка может быть неудариваемая (плавающая), удариваемая и частично удариваемая [2]. Подобного типа оправки применяют в непрерывном стане продольной прокатки или в стане винтовой прокатки типа Асселя, Дишера, Акку-Ролл. На станах периодической прокатки применяют оправки (дорны), имеющие возвратно-поступательное движение, согласованное с частотой вращения пилигримовых валков. Оправки реечного стана имеют принудительное осевое перемещение.
4. Окончательное формирование геометрических размеров трубы. Окончательный размер готовой трубы обычно получают в непрерывных калибровочных или редуцированных станах продольной прокатки, реже — в станах винтовой прокатки. В трубопрокатных агрегатах с автоматическим станом (станом тандем) и реечным указанной операции предшествует обкатка трубы (рилингование в стане винтовой прокатки). В отдельных трубопрокатных агрегатах, специализирующихся по производству бесшовных труб большого диаметра, на финишных операциях возможно применение станов-расширителей.

Операции получения гильз (прошивка) и чистовых труб (калибрование или редуцирование) присущи практически всем способам

производства горячедеформированных труб, т.е. их можно сочетать с любым из способов получения черновой трубы (раскаткой гильзы в трубу). Поэтому указанные операции в значительной мере характеризуют технологические особенности и возможности трубопрокатного агрегата.

Наиболее полно процесс производства горячедеформированных труб характеризуется способом получения черновой трубы (способом раскатки гильзы в трубу). По указанному способу агрегаты получают соответствующее название. В практике находят применение трубопрокатные агрегаты с автоматическими (станами тандем), непрерывными, пилигримовыми, раскатными станами винтовой прокатки, реечными, планетарными станами и труб профильными прессами [1].

К наименованию трубопрокатного агрегата ТПА обычно добавляют цифры, характеризующие максимальный и минимальный диаметр прокатываемых труб, например ТПА 140; 250; 400 (цифры указывают максимальный диаметр труб, производимых на агрегате с автоматическим станом) или 4–10, 30–102, 50–200 (цифры — сортамент прокатываемых труб соответственно на агрегатах с пилигримовым (в дюймах), непрерывным и трехвалковым раскатным станами).

Трубопрокатные агрегаты с пилигримовым станом, работающие с применением слитков, в силу недостаточно высокого качества труб и повышенного расходного коэффициента металла находят более ограниченное применение. Использование непрерывно литой предварительно деформированной заготовки в сочетании с прогрессивными способами деформирования, несомненно, повысит область применения станом указанного типа. В настоящее время ТПА с пилигримовым станом специализируется в основном по производству труб нефтяного сортамента (обсадные и бурильные) и труб для нефтепроводов. Последние обычно изготавливают из кованой заготовки.

Агрегаты с непрерывным станом в силу их значительной единичной мощности весьма перспективны для производства труб массового назначения. Применение таких станом в сочетании с непрерывно литой заготовкой и прогрессивной технологией прошивки расширяет их технологические возможности, повышает конкурентоспособность.

То же самое можно отметить в отношении агрегатов с речечным станом. Достоинством таких агрегатов являются металлосберегающая технология и низкие капитальные вложения в осуществление процесса [5].

Трубопрокатные агрегаты с трехвалковым раскатным станом специализированы по производству толстостенных труб. Указанным способом можно производить высокоточные трубы, что весьма важно для машиностроительных отраслей, в том числе подшипниковой промышленности. Более жесткие допуски по толщине стенки и наружному диаметру на трубы, производимые указанным способом, обеспечивают существенную экономию металла при последующей механической обработке. Дальнейшее совершенствование способа, позволяющее организовать производство труб с более высоким отношением DO/SO в еще большей мере расширит область применения указанного способа [4].

Некоторые агрегаты, использующие непрерывно литую круглую заготовку, имеют дополнительный передел на стадии получения гильзы — редуцирование ее по диаметру. Для этой цели устанавливают сразу же за прошивным станом (или элонгатором) 6–7-клетевой стан продольной прокатки, обеспечивающий уменьшение диаметра трубы на 20–25%. В этом случае удастся существенно расширить сортамент готовых труб при использовании непрерывно литой заготовки одного номинального размера (диаметра), что значительно облегчает эксплуатацию машин непрерывной разливки.

Основную массу составляют трубы, производимые на агрегатах с автоматическим (стан тандем), пилигримовым и непрерывным станами.

Уровень автоматизации и механизации, а также график работы (непрерывный или прерывный) трубопрокатных агрегатов в различных странах неодинаков. Современные отечественные агрегаты имеют, как правило, более высокую часовую и годовую производительность. Это особенно заметно при сопоставлении агрегатов с трехвалковым раскатным и непрерывным станами.

Прессованием производят трубы диаметром от 30–38 мм (с редуцированием) и выше с минимальной толщиной стенки 2,5–3 мм. Достоинством указанного способа можно считать возможность производства труб из трудно деформируемых сталей и сплавов, прокатка которых затруднена или вообще невозможна. Применение совре-

менных гидропрессов усилием до 50 МН делает указанный способ конкурентоспособным в сравнении с известными способами производства горячедеформированных труб.

Наиболее нагруженными при производстве бесшовных горячекатаных труб являются раскатные (пилигримовые, непрерывные, трехвалковые раскатные, речные, труб профильные прессы). Эти станы, как правило, представляют узкие звенья в технологическом потоке и в дальнейшем, при определении производительности трубопрокатных агрегатов, следует учитывать их пропускную способность. Несколько иное положение занимают агрегаты с автоматическим станом (станами тандем). Основная деформация на указанных агрегатах приходится на прошивные станы, и в ряде случаев при производстве толстостенных (укороченных) труб они могут ограничивать производительность.

### ***Список литературы***

1. Патент № 2690621 С2 Российская Федерация, МПК В21В 17/02, В21В 25/00, В25В 27/00. Способ изготовления металлической трубы, способ эксплуатации установки для изготовления бесшовных труб, речный стан, а также установка для изготовления бесшовных труб: № 2016119243: заявл. 18.05.2016: опубл. 04.06.2019 / П. Тивен, Х. Дендель; заявитель СМС груп ГмбХ.
2. Патент № 2716438 С1 Российская Федерация, МПК С22С 38/54. Бесшовная высокопрочная труба из нержавеющей стали нефтепромыслового сортамента и способ ее изготовления: № 2019126391: заявл. 23.01.2018: опубл. 12.03.2020 / Ю. Камо, М. Юга, К. Егути, Я. Исигуро; заявитель ДжФЕ СТИЛ КОРПОРЕЙШН.
3. Патент № 2745011 С1 Российская Федерация, МПК В21В 17/04, В21В 45/02. Способ изготовления горячекатаных бесшовных труб: № 2020121419: заявл. 29.06.2020: опубл. 18.03.2021 / В. И. Кузнецов, И. Ю. Пышминцев, А. А. Кривошеев [и др.]; заявитель Публичное акционерное общество «Трубная Металлургическая Компания».
4. Гончарук А. В., Романцев Б. А., Орлов Д. А., Гамин Ю. В. Влияние режимов деформации на точность бесшовных труб // Технология металлов.— 2020.— № 1.— С. 50–54.— DOI 10.31044/1684–2499–2020–0–1–50–54.

5. Будников А. С., Харитонов Е. А., Исаков Р. В. Исследование безоправочной винтовой прокатки бесшовных труб с повышенным обжатием по диаметру // Сталь.— 2020.— № 9. — С. 26–28.

## **АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЭСЦ-3 АО «ВЫКСУНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»**

*А.И. Бочков, А.Н. Фортунатов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация.** В данной статье рассматривается назначение трубоэлектросварочного цеха № 3 (ТЭСЦ-3) «Выксунского металлургического завода», его характеристики и процесс производства трубной продукции.

**Ключевые слова:** технологический процесс, формовочный стан, трубы среднего диаметра, трубы большого диаметра, сварные трубы.

Объектом исследования является ТЭСЦ-3 — один из крупнейших в России цехов по производству электросварных, водогазопроводных и нефтепроводных труб различного диаметра. ТЭСЦ-3 изготавливает трубы диаметром от 219 до 530 мм для нефтегазопроводов. Продукция цеха сертифицирована по стандарту Американского нефтяного института. Проектная мощность 655 тысяч тонн труб в год.

ТЭСЦ-3 является одним из основных цехов ОАО «ВМЗ». Продукция, производимая ТЭСЦ-3, применяется для строительства газо-нефтепроводов, нефтепроводов, технологических и промышленных трубопроводов, в т.ч. в районах Сибири и Крайнего Севера, конструкций различного назначения, обустройства газовых и нефтяных месторождений. Кроме этого, трубы ТЭСЦ-3 поставляются на экспорт в страны Ближнего и Дальнего Зарубежья [1].

Исходным сырьем для производства труб ТЭСЦ-3 служит рулонный прокат, производимый на литейно-прокатном комплексе АО «Выксунский металлургический завод»

Изготовление труб разбито на 10 участков, которые преобразуют штрипс в упакованную, аттестованную и промаркированную трубу. На участке стана при задаче рунной стали, после всех ступеней обработки получают мерную трубу, которая поступает на другие участки. На нормализацию назначаются трубы длиной не менее 8 м и не более 12 м, трубы, имеющие стыковой шов и трубы, не прошедшие локальную термообработку сварного шва. Трубы на участок нормализации подаются непосредственно со стана после порезки их на мерные длины.

После охлаждения нормализованные трубы поступают на участок отделки, затем на инспекционные решетки, либо складываются на промежуточный склад. Приемка труб проводится на инспекционных решетках. Контроль наружного диаметра, овальности, толщины стенки, величины смещения кромок, высоты остатков наружного грата, кривизны, косины реза, фаски, ширины торцевого кольца производится не менее чем на десяти трубах в начале и середине смены, а также после перевалки оборудования [2].

Маркировка номера трубы и номера партии производится методом распыскивания краски с помощью установки маркировки труб типа RJ. Трубы с обнаруженными дефектами сварного соединения (непровар, свищи, смещение кромок) и основного металла (трещины, плены, расслой, вмятины, задиры и другие дефекты наружной поверхности) подвергаются ремонту путем вырезки этого дефекта или его заварки. Для увязки труб в пакеты на складе готовой продукции имеется пакетовязочная машина.

Хранение готовых (годных) труб перед погрузкой осуществляется на складе готовой продукции. Готовые (годные) трубы укладываются в вагоны, либо в специальные карманы. Все производственные участки взаимосвязаны. Обследование предметной деятельности организации — трудоемкая и продолжительная работа.

Общий объем выпуска труб в ТЭСЦ-3 после внедрения реконструктивных мероприятий может составить 865 тыс. тонн в год [3].

Конечной целью проведения цеха мероприятий по реконструкции ТЭСЦ-3 является получение возможности предоставления потребителям полного пакета труб сортамента ТЭСЦ 219–530 с различными толщинами стенок, группами прочности, выпускаемых по российским и международным стандартам.

Продукция полностью соответствует требованиям отечественных и международных стандартов качества. Цех не стоит на месте, проходит постоянную модернизацию.

### **Список литературы**

1. Краев М. В., Овсянников Б. В., Шапиро А. С. Гидродинамические радиальные уплотнения высокооборотных валов. М.: «Машиностроение», 1976.— 103 с.
2. Обработка металлов давлением. МИСиС: Учебное пособие для вузов: С-б статей / А.В. Зиновьев, В.П. Полухин, Б.А. Романцев, В.А. Тусов и др. — М.: Интер-мет Инжиниринг, 2004.— 784 с.
3. Фадеев, В. А. Исследование контактного взаимодействия трубной заготовки с инструментом в линиях непрерывных ТЭСА / В. А. Фадеев, А. Н. Фортунатов, В. И. Вдовина // Творчество молодых — родному региону: Сборник материалов VIII Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 23 апреля 2021 года / Сост. К.С. Шибанов, под редакцией И.В. Мялкина. — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 87–90. — EDN FDODWG.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ВИДОВ И ТИПОВ РАСКРОЯ МЕТАЛЛА**

**А.Н. Силаев, А.С. Кузякин**

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация.** *В работе выполнен анализ основных типов раскроя металла.*

**Ключевые слова:** *раскрой металла, резка металла, виды резки металлов, лазерная резка, фигурная резка, оборудование для резки, контурная резка.*

В основе технологий обработки листового проката лежит его раскрой. Выделяют следующие виды резки: продольная; поперечная; продольно-поперечная. Продольная резка нужна для выработки по-



лос металла определенных габаритов. Она применяется в основном для изготовления деталей серийного профиля. Листовой металлопрокат стандартных размеров поступает на производство свернутым в рулоны. Далее материал необходимо распустить вдоль и нарезать поперек листа. Это возможно сделать на станках продольной и поперечной резки металла. Данное оборудование часто работает в одной линии с устройствами по производству металлочерепицы и профнастила.

Возможности станков для продольной и поперечной резки металлопроката часто объединяют в рамках одной производственной линии. Как правило, они представляют собой комплексы модулей, управление работой которых возложено на автоматическую систему. На таком оборудовании рулоны с листовым прокатом нарезают на заготовки нужных размеров. Этот тип раскроя служит для получения широкого ассортимента продукции. Как и в любой технологии, тут есть свои сильные и слабые стороны. Продольную (в чистом виде) резку металла обычно применяют для изготовления простых заготовок, например, полос определенных размеров. Более сложные изделия требуют применения специальных методов резки. Рассмотрим некоторые из них.

Так принято называть технически усовершенствованный способ разрезания металла. Модернизация состоит в замене пил лазерной установкой, что позволяет увеличить скорость и точность процесса, а также уменьшить процент выхода брака. За счет устранения динамического воздействия на заготовки появилась возможность выработки большего количества разных материалов. Современные станки для лазерной резки управляются компьютерами, что сильно упрощает работу с ними. Надо лишь укрепить лист заготовки на рабочем столе и, выбрав определенный рисунок, запустить процесс. При этом следующая деталь может иметь совсем иную конфигурацию. При помощи станков лазерной обработки можно получать достаточно сложные детали с узорным контуром. Такую технологию называют фигурной резкой. При ней ввиду отсутствия механического воздействия на металлические листы не происходит деформация последних.

Существует три группы оборудования для продольной резки металла, каждая из которых ориентирована на свои объемы произ-

водства. Так, например, небольшие станки позволяют справиться с малыми объемами резки, высокопроизводительные агрегаты применяются там, где речь идет о небольших сериях. При изготовлении больших партий продукции следует использовать производственные линии. Выбор же определенной модели станка связан в первую очередь с тем, какие именно задачи вы намерены решать с его помощью.

В подающие вальцы станков для продольной резки листового металла на полосы материал загружают в листовом виде. Далее заготовка подается в зону обработки, где режется специальными ножами дискового типа, способными раскроить листы различной толщины из разного сырья, к примеру, из стали, алюминия, меди, плотного картона, пластика и т. д. Нож для продольной резки металла — это режущий диск, который при помощи болтов крепится к прижимному валу, что позволяет регулировать ширину нарезаемых полос. Регулируют процесс в зависимости от модели станка вручную или автоматически. Более современные типы оборудования обеспечивают, кроме продольной, еще и поперечную резку. Подобные станки часто снабжают блоками, которые предназначены для нанесения защитной пленки, наклеиваемой на лист до его раскроя.

Насколько долговечны дисковые ножи? Ножи для резки металлических листов делают из легированной инструментальной стали марки ХВГ с последующей ее термообработкой и шлифовкой. Сталь обладает высокими эксплуатационными свойствами, позволяющими ножам нарезать из нее до 800 т листов толщиной 0,55 мм. А если учесть, что обычно используют двусторонние ножи, то расчетный ресурс увеличивается вдвое.

К тому же затупившиеся ножи можно восстановить, отшлифовав их на обычном плоскошлифовальном станке. Шлифовка позволяет продлить срок службы ножей еще в 2–3 раза. В документации сказано, что диапазон температур окружающего воздуха, при котором возможна эксплуатация большинства линий резки, составляет от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Более того, при соблюдении некоторых простых правил работа может осуществляться вне помещения на открытой территории.

В каких случаях целесообразно для резки листового металла использовать легкие станки? При небольших объемах производства

уменьшаются затраты на оборудование. Закрепленным на определенном месте линиям резки требуется специальная вспомогательная техника: погрузчик, кран-балка. Да и сами они стоят недешево. Линии становятся выгодными, начиная с определенных объемов производства.

Также использование легких станков позволяет экономить на помещениях. Разместить такое оборудование можно практически везде: на свободных производственных площадях, на стройплощадке, на открытом полигоне и т. п. По каким критериям выбирать станок для резки металла. В перечень основных технических характеристик станков входят мощность их электродвигателя и диаметр валов. В процессе резки происходит разжим валов с установленными на них дисковыми ножами. Поэтому чем выше диаметр валов, тем толще может быть разрезаемый лист, а также большее количество пар ножей можно установить на один станок.

Использование линий продольной резки металла значительно повышает технологическую эффективность производства, но как уже было сказано, экономически их применение становится выгодным, начиная с определенных объемов. Их широко используют в серийном и массовом производстве.

Выбор технологии раскроя металла начинают с составления технических требований. Учитывается толщина, свойства материала, конфигурация заготовки. Исходя из этого определяют оптимальную методику порезки.

Следующий важный момент — формирование карты раскроя. Она должна максимально эффективно использовать всю площадь листа, обеспечить минимизацию неделовых отходов. Для выполнения этой задачи используют специализированные программные комплексы.

Настройка и техническое состояние оборудования, станков для порезки напрямую влияет на качество выполненных работ. Необходимо периодически проводить диагностику, плановый ремонт и замену комплектующих.

Для эффективного раскроя металла следует учитывать все факторы — от выбора технологии до фактического состояния оборудования. Это важно не только для массового производства, но и при изготовлении штучной продукции.

### *Список литературы*

1. Эпштейн В.Л., Лагутин А.Б., Подлазова Н.С., Лифар В.В., Котенев А.А., Бакаев Н.А., Олейник В.С., Скибинский А.И., Адбурахманов С.А. Система управления раскроем раскатов металла на режущем механизме непрерывно-заготовочного стана//авторское свидетельство. Дата публикации: 07.03.1986
2. ЧЖО СОВ ВИН. Разработка оптимального плана раскроя металла// Национальный Исследовательский Университет «МИЭТ», г. Зеленоград. Год: 2021, С. 149–151
3. Ефременков В.В., Смирнов А.Б., Рыбин В.И., Субботин Ю.Б. Устройство для управления фигурной резкой стекла//авторское свидетельство. Дата публикации: 15.04.1990
4. Кокорин В.Н. Контурная лазерная резка с механической активацией листового металлопроката// Ульяновский государственный технический университет. Год издания: 2017. С. 304–306
5. Авторское свидетельство № 905075 А1 СССР, МПК В27В 33/08, В23D 61/02. Дисковая пила: № 2534307: заявл. 03.10.1977: опубл. 15.02.1982 / Н. Н. Борисова; заявитель ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОРДЕНА ЛЕНИНА ЛЕСОТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМ.С.М.КИРОВА.
6. Савкин, А. И. Комплекс лазерного раскроя листового металла модели ORION / А. И. Савкин // Вестник машиностроения.— 2005.— № 11. — С. 78b-78.

## **СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА НА АО «ВЫКСУНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»**

*Р.А. Буканов, А.Н. Фортунатов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

*Аннотация.* В статье рассмотрены способы изготовления труб большого диаметра на АО «Выксунский металлургический завод».

**Ключевые слова:** *трубы большого диаметра, «Выксунский металлургический завод».*

Трубы большого диаметра являются востребованными на мировом рынке газопроводов и нефтепроводов. Сейчас трубы большого диаметра изготавливают толщиной и диаметром разных размеров. На постройки газопроводов нефтепроводов применяются разные трубы по ТУ стенкам и диаметрам. Трубная продукция выпускают как трубы черные без покрытия внутри и снаружи, а также выпускают трубы с покрытием внутреннем и наружным. Выксунский металлургический завод выпускает широкий спектр трубной продукции для строительства нефтегазопроводов, водопроводов, систем отопления, строительства и других отраслей [1].

Трубы производства ВМЗ применяются в масштабных проектах «Газпрома», «Транснефти», «Лукойла» и других ведущих корпораций. Завод — поставщик всех стратегических магистральных нефте- и газопроводов, включая Nord Stream, «Восточная Сибирь — Тихий океан», «Сахалин-Хабаровск-Владивосток», «Бованенково-Ухта и других.

Стратегия импорт замещения еще 15 лет назад стала ключевым направлением развития ВМЗ и ОМК. Наглядным примером этого служат объемы инвестиций в развитие производства. Мы полностью переоснастили трубное производство Выксунского металлургического, создали лучший в мире прокатный стан для выпуска трубного листа, уникальный для России инновационный литейно-прокатный комплекс.

Начало было положено в 2002 году, когда между ОМК и нашим стратегическим партнером — компанией «Газпром» — было подписано соглашение о научно-техническом сотрудничестве. Оно позволило нам руководствоваться перспективными требованиями «Газпрома» при планировании своего развития.

Благодаря этому и 2 млрд долларов инвестиций ОМК в Выксе был построен первый в стране комплекс по производству труб диаметром до 1420 мм вместе с прокатным станом-5000. В результате сегодня на ВМЗ создан самый современный в мире комплекс мощностью 2 млн тонн ТБД в год [3].

Вместе с нашими российскими партнерами мы создали в стране самую технологичную интегрированную цепочку производства труб

большого диаметра — «руда — сталь — прокат — труба — покрытие». Таким образом, можем выполнять заказы на ТБД любой сложности, то есть на равных конкурировать с японскими и европейскими компаниями. А по оснащению подводных трубопроводов мы удерживаем мировое лидерство.

В настоящее время трубы большого диаметра изготавливают на двух независимых линиях: «УОЕ» (ТЭСА-1020) и «ЈСО» (ТЭСА-1420).

Линия 1420 оснащена уникальным оборудованием, изготовленным по спецзаказу. К разработке и поставке агрегатов были подключены более десятка российских и зарубежных компаний, среди которых SMSMeer, Urban&Shwill, Электростальский завод тяжелого машиностроения и Новокраматорский машиностроительный завод.

Реализация ряда проектов в 2006–2008 годах позволила нарастить мощности цеха по производству и антикоррозионному покрытию труб. Так, установка второго прессы шаговой формовки на ТЭСА-1420 способствовала увеличению производительности линии с 570 до 950 тысяч тонн труб в год, а общей мощности комплекса — до 2 млн тонн в год.

В 2009 году ОМК серьезно модернизировала линию 1020. Установка двух гидромеханических экспандеров для экспонирования труб по всей длине на ТЭСА-1020 сделала возможным производство труб с толщиной стенки до 32 мм и длиной до 12,4 метра со стабильными геометрическими параметрами [2].

- диаметр — от 508 до 1420 миллиметров,
- толщина стенки — от 7 до 48 миллиметров.
- Применение: магистральные газонефтепроводный, нефтепродуктопроводы и подводные трубопроводы.
- Условия эксплуатации — в северной климатической зоне с температурой эксплуатации до минус 60 °С, в агрессивной сероводородной среде.

### ***Список литературы***

1. О стратегических перспективах развития лауреата премии Правительства РФ в области качества — Выксунского металлургии

ческого завода, одного из крупнейших производителей стальных сварных труб и железнодорожных колес, рассказывает директор по качеству Д.В. Махров.

2. ОМК презентовала пять книг, посвященных истории ВМЗ — <https://omk.ru/press/media/6301>.
3. Коликов А. П., Звонарев Д. Ю. Повышение качества сварных труб большого диаметра методом моделирования процессов формоизменения листовой заготовки // Сталь.— 2020.— № 11. — С. 43–49.

## **АНАЛИЗ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ШАГОВОЙ ПОДГИБКЕ КРОМОК**

*А.Д. Уткин, Д.Д. Крюков, М.А. Товмасын*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

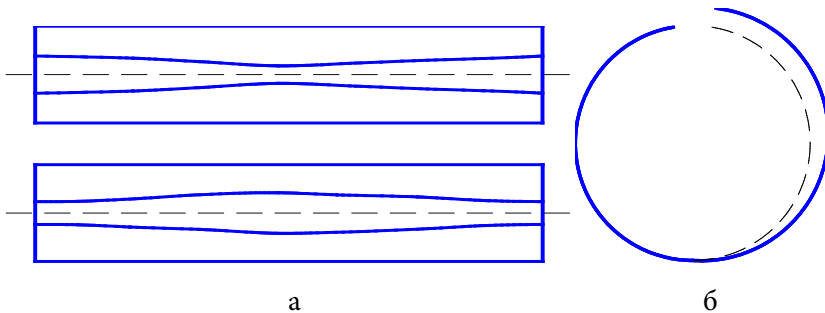
**Аннотация.** В работе выполнен анализ режимов деформирования при шаговой подгибке кромок на прессе подгибки кромок линии ТЭСА 1420. Представлены технико-технологические причины возникновения дефектов по геометрии в прикромочной зоне на стадии лист-труба. Определено влияние отклонения по геометрическим и механическим параметрам на величину энергосиловых параметров.

**Ключевые слова:** трубы большого диаметра, дефекты прикромочной зоны, подгибка кромки, отклонение от теоретической окружности, неравномерный зазор, усилие деформирования.

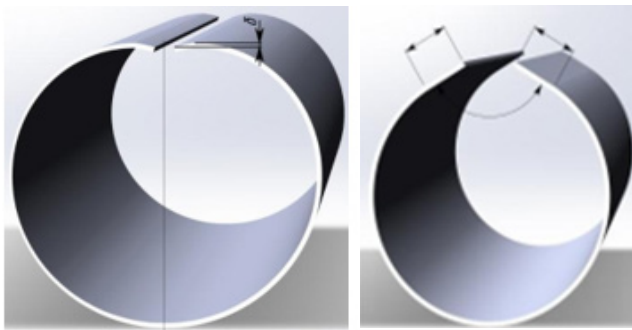
Подгибку продольных кромок листов по технологии JCOE осуществляют шаговым способом на кромкогибочном прессе одновременно двумя последовательными участками по всей длине [4]. Участки продольных кромок подгибаются при помощи матриц вокруг пуансонов по заданному профилю на длине шага подгибки, составляющим до 2200 мм [3]. При помощи входного и выходного рольгангов лист перемещается по длине шага подачи и происходит следующая операция гига [1].

Неверный выбор режимов формоизменения и отклонение в работе деформирующего оборудования приводит к следующим дефектам прикромочной зоны:

- неравномерный зазор между кромками (рисунок 1а) возникает при формовке на прессе подгибки кромок из-за недостаточного или избыточного давления цилиндров;
- смещение кромок по высоте (рисунок 1б) образуется из-за неправильного регулирования режимов обжатия при формовании, а также из-за плохой работы гидрооборудования системы транспортировки листа на прессе шаговой формовки [2];
- отклонение от теоретической окружности — несоответствие в виде отклонения профиля наружной поверхности трубы в зоне сварного шва на величину большую установленных значений [5].



**Рисунок 1.** Неравномерный зазор (а) и смещение кромок по высоте (б)



**Рисунок 2.** Дефект «яблоко» и дефект «крыша»



*Таблица 1. Расчетные данные по пределу текучести 480 Мпа*

Радиус	Предел текучести	Толщина стенки	Усилие
861,634	480	21,6	4,413124
646,226	480	21,6	4,586162
430,817	480	21,6	4,739509

*Таблица 2. Расчетные данные по пределу текучести 430 МПа*

Радиус	Предел текучести	Толщина стенки	Усилие
861,634	430	21,6	4,043323
646,226	430	21,6	4,146913
430,817	430	21,6	4,285514

*Таблица 3. Расчетные данные по пределу текучести 560 МПа*

Радиус	Предел текучести	Толщина стенки	Усилие
861,634	560	21,6	5,108556
646,226	560	21,6	5,275719
430,817	560	21,6	5,459929

*Таблица 4. Отклонение по усилию*

Отклонения, МПа	Усилие, %
+80	10
-50	6

В работе предложено изменить режим работы по усилию на режим работы по перемещению т.к. выявлено что листовой прокат имеет отклонения по толщине, а таже разную твердость. Это приводит к тому, что рабочий инструмент с заданным усилием может либо не доформовать, либо переформовать заготовку. В результате это приводит к дефектам прикромочной зоны

### **Список литературы**

1. Коликов А. П., Романенко В. П., Самусев С. В. «Машины и агрегаты трубного производства». — М.: МИСиС, 1998.

2. Технологическая документация ТЭСЦ № 4 ОАО ВМЗ.
3. Самусев С. В., Фортунатов А. Н., Овчарова Н. В. «Теория, технология и оборудование для производства прямошовных сварных труб большого диаметра в линии ТЭСА — 1420».
4. Сторожев М. В., Попов Е. А. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1977–423 с.
5. Уткин А. Д., Товмасын М. А. Исследование процесса подгибки кромок на кромкогибочном прессе линии ТЭСА 1420 // Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 166–170.
6. Товмасын М. А., Самусев С. В., Фортунатов А. Н. Комплексное исследование процесса формовки прикромочной области плоского проката при производстве труб для магистральных трубопроводов с помощью современных методов расчета и измерений // Металлы.— 2022.— № 4. — С. 89–96.

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ НЕРУДНЫХ КАРЬЕРОВ**

**А.Р. Солоницын, А.Д. Бардовский, В.В. Девятьярова**

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье приведены сведения по оценке существующих и альтернативных технологических схем по переработке отходов, образованных при производстве нерудных материалов. Альтернативные схемы представлены на основе использования разработанного в горном институте МИСиС высокоэффективного оборудования для грохочения и классификации. Оценка осуществлена с помощью интегрального критерия «удельное действие», определяющего затраты механической системы в целом, отнесенные к единице эффекта.

Для оценки комплексов оборудования, входящих в состав технологических схем по переработке отходов использован обобщенный критерий удельного действия, учитывающий затраты совокупной энергии — времени на получение единицы объема (массы) целевого продукта переработки, а также удельную металлоемкость перерабатывающего оборудования. Сравнение вариантов технологических схем указывает на предпочтительность использования альтернативных способов переработки, так как имеет место экономия затрачиваемой энергии на сушку влажных отходов до стадии классификации.

**Ключевые слова:** отходы переработки сырья нерудных карьеров, базовые и альтернативные технологические схемы, обобщенный критерий удельного действия, затраты совокупной энергии, удельная металлоемкость, сушка мелких продуктов разделения, пневмоклассификационные установки, вибрационный грохот со струнными ситами, дуговые и винтовые грохоты.

Отходы переработки сырья нерудных карьеров, которые могут быть использованы для получения товарных продуктов, являются, как правило, отсевами дробления, то есть совокупностью зерен пород, образующихся из продуктов дробления в виде остатка после выделения щебня или промежуточных продуктов. В технических условиях, разработанных на отсева дробления для их использования в различных отраслях народного хозяйства, предусмотрен определенный гранулометрический состав с допустимым содержанием пылевидных и глинистых частиц, комовой глины, слабых разностей и т.п. Исследования различных видов отсевов дробления нерудных пород выявили возможность получения из них товарного щебня, используемого для дорожного строительства (фракции 20–70 мм, 20–40 мм, 5–40 мм, 5–20 мм и 3(5)–10 мм), песка дробленого, известняковой МУКИ, минеральных порошков для асфальтобетонных смесей и других продуктов. В последние годы проведено значительное количество исследований по использованию отходов из карбонатных пород как сырья для наполнителей при производстве керамических, резиновых изделий, лаков, красок и т.п.

С целью упорядочения технологических схем переработки отходов, образованных при производстве нерудных материалов, разработана их классификация, созданная по результатам проведен-

ных исследований, испытаний и внедрений опытных технологий на предприятиях нерудной промышленности, а также в итоге поиска и анализа имеющихся в литературе сведений. По этой классификации все технологические схемы по переработке отходов (отсевов) нерудных карьеров делятся на 2 класса. Первый — для получения товарных продуктов с использованием только разделительных операций, второй — для получения измельченных продуктов переработки.

В таблице 1 представлены типовые схемы переработки отходов, получаемых в процессе производства нерудных материалов. Определяющими технологическими операциями являются удаление комовой глины, разделение материала на фракции и по мере необходимости — измельчение.

**Таблица 1.** Типовые технологические схемы переработки отходов, получаемых в процессе производства нерудных материалов

Варианты схем	<b>Структурные схемы технологических линий</b>				Суммарная потребляемая мощность перерабатывающего оборудования, $\Sigma P_i$ , кВт	Средняя продолжительность переработки при получении 1 м <sup>3</sup> , $t_{ср} \times 10^{-2}$ , час	Суммарная масса перерабатывающего оборудования, $\Sigma M_i$ , т	Обобщенный критерий удельного действия $J_{э-в-м}$ , кВт <sup>0,4</sup> ч <sup>0,2</sup> т/т	J-критериальный ряд
Базовые					807	2,39	35,3	16,2	-
					819	2,39	35,2	16,5	-

Таблица 1 (продолжение)

Варианты схем	Структурные схемы технологических линий					Суммарная потребляемая мощность перерабатывающего оборудования, $\Sigma P_i$ , кВт	Средняя продолжительность переработки при получении 1 м <sup>3</sup> , $t_{cp} \cdot 10^{-2}$ , час	Суммарная масса перерабатывающего оборудования, $\Sigma M_i$ , т	Обобщенный критерий удельного действия $J_{э-в-м}$ , кВт <sup>0,4</sup> ч <sup>2</sup> т/т	J-критериальный ряд
Альтернативные						430	2,81	20,1	6,83	4
	438	2,91	18,1	6,71	3					
	420	2,81	16,0	5,32	2					
	420	2,75	15,6	4,96	1					
	20	3,37	6,0	0,136	-					

Как видно из таблицы 1, в состав технологических схем входит традиционное оборудование, используемое для переработки нерудного сырья: корытные мойки, сушильные барабаны, вибрационные грохоты, оснащенные различными типами сит, пневмоклассификаторы, барабанные, молотковые и вибрационные мельницы, дезинтеграторы и др. Вместе с тем, в последние годы в указанных схемах на-

шли применение разработанные в Горном институте «МИСИС» следующие типы высокоэффективного оборудования для грохочения и классификации трудно сортируемых отходов с высокой чистотой разделения по классам — виброгрохоты, оснащенные резинотросовыми струнными просеивающими поверхностями. дуговые и винтовые грохоты, пневмокласификаторы с поддерживающей решеткой; для тонкого и сверхтонкого измельчения отходов — вибрационные мельницы с наклонными помольными камерами, планетарные мельницы.

Анализ существующих и альтернативных технологических схем по переработке отходов показывает, что при их проектировании необходимо обеспечить сочетание технологических машин в комплексе с такими режимными и конструктивными параметрами, которое бы обеспечило выполнение функциональных задач переработки с минимальными затратами при сохранении требуемого качества полученного продукта.

Для сравнительно оценки механических систем определенного назначения и различной производительности в работе [1] введен интегральный критерий «удельное действие», определяющий затраты механической системы в целом, отнесенные к единице эффекта. В зависимости от вида механической системы затраты могут быть выражены в виде энергии — времени, количества движений — времени и т.д. Главным удельным действием является такое удельное действие, которое соответствует исследуемой механической системе. Для оценки комплексов оборудования, входящих в состав технологических схем по переработке минерального сырья, в работе [2] предложен обобщенный критерий удельного действия, учитывающий затраты совокупной энергии-времени на получение единицы объема (массы) целевого продукта переработки, а также удельную металлоемкость перерабатывающего оборудования.

$$J_{э.-в.-м.} = \sum_{i=1}^n P_{\text{icp}} \cdot t_a^2 \cdot \sum_{i=1}^n M_i, \quad (1)$$

где:  $\sum P_{\text{icp}}$  — суммарная потребляемая мощность перерабатывающего оборудования, кВт;  $t_a$  — время полного цикла переработки при получении единицы объема (массы) целевого продукта, ч;  $SM_i$  — удельная суммарная масса оборудования, участвующего в конкрет-

ном технологическом процессе переработки,  $t(t/ч)$ ;  $n$  — число единиц оборудования, входящего в перерабатывающий комплекс.

По результатам сопоставления сравниваемых схем по удельным действиям выбираются схемы, «удельные действия» которых минимальные.

В таблице 1 приведены типовые (базовые) и альтернативные технологические схемы 1 класса переработки карбонатных отходов на примере Пятовского карьера для получения товарных фракций щебня, 10–20 мм, 3(5)-10 мм и дробленого песка 3(5) мм, а также представлены результаты оценки эффективности использования оборудования, входящего в состав этих схем.

Как видно, применение альтернативных технологических схем в отличие от базовых предполагает вместо сушки исходного материала организацию сушки мелкого продукта разделения (кл.— 5(3) мм) с последующей классификацией, совмещенной с сухой очисткой продуктов разделения от пылевато-глинистых частиц. Однако, как показывает практика, при разделении отходов естественной влажности на 2-ой стадии переработки удаление пылевато-глинистых частиц в операции сухой очистки (3-я стадия переработки) удастся обеспечить при влажности мелких фракций, не превышающей 7–8%.

В качестве безальтернативного оборудования для разделения отходов по кл. 20 (10) мм используются виброгрохоты типа ГИЛ или ГИС, оснащенные различными просеивающими поверхностями. Для мелкой классификации могут быть использованы виброгрохоты, пневмокласификаторы, дуговой и винтовой грохоты с неподвижными криволинейными просеивающими поверхностями, винтовой виброгрохот и другое оборудование. Выполнение условий по соблюдению качества и производительности по готовому продукту для базовых и альтернативных вариантов переработки отходов подтверждено результатами исследований [3].

Были рассчитаны данные по определению обобщенного критерия удельных действий  $J$  применительно к рассматриваемым вариантам технологических схем при производительности по исходному материалу  $Q_n = 100$  и 50 т/ч. Составляющие критерия, входящие в формулу (1), определялись следующим образом: суммарные затраты мощности (энергии) — расчетным путем по номинальным (табличным) значениям, приведенным в технических характеристиках стандарт-

ного и опытно промышленного оборудования, что приемлемо при сопоставительных оценках. Они складываются из затрат мощности электродвигателей и расхода топлива с последующим пересчетом в энергию по формуле:

$$W = Q \cdot C \cdot K, \quad (2)$$

где  $Q$  — расход топлива, кг;  $C$  — теплота сгорания дизельного топлива, Дж/кг;  $K$  — переводной коэффициент из Дж в кВт/ч.

Так как целевыми продуктами переработки данных технологических линий являются несколько получаемых в результате разделения товарных фракций, для сравнительного анализа среднюю продолжительность переработки при получении одной тонны суммарных продуктов можно определить по выражению:

$$t_a = (Q_0 \prod_{i=1}^n E_i)^{-1}, \quad (3)$$

где  $E_i$  — эффективность классификации отходов на  $i$ -ой стадии;  $n$  — число стадий разделения.

Удельная металлоемкость перерабатывающего оборудования определялась с учетом обеспечения заданной производительности в каждом цикле переработки.

Сравнение представленных в таблице 2 вариантов технологических схем указывает на предпочтительность использования альтернативных способов переработки, так как имеет место экономия затрачиваемой энергии на сушку влажных отходов до стадии классификации. Эффективность грохочения на струнных ситах по кл. 20(10) мм в зависимости от производительности по исходному материалу при альтернативных способах на 12–14% ниже, чем при базовых, что увеличивает среднюю продолжительность получения заданной массы продуктов переработки, однако выигрыш в мощности, затрачиваемой на переработку при этих способах обеспечивает снижение критерия  $I_{\Sigma}$  в 2–2,5 раза. Применение варианта переработки без сушки материала перед классификацией мелкого продукта, в которой в качестве разделительного оборудования применяется винтовой виброгрохот, позволяет добиться более чем 30-кратного снижения критерия  $I_{\Sigma}$ . Однако такой способ переработки может быть рекомендован в том случае, если требования по содержанию



загрязняющих примесей в продуктах разделения низкие (например, для приготовления минерального порошка в качестве наполнителя асфальтобетонных смесей).

Анализируя только альтернативные варианты технологических схем по степени уменьшения критерия удельных действий  $J_{э.-в.-м}$ , их можно расположить в следующем порядке (по использованию оборудования на стадии мелкой классификации): пневмокласификационные установки, вибрационный грохот со струнными ситами, дуговые и винтовые грохоты.

Следовательно, сравнение указанных типов оборудования по критерию минимальных удельных действий указывает на целесообразность использования бесприводных грохотов с криволинейными просеивающими поверхностями.

Таким образом, все технологические схемы по переработке отходов (отсевов) нерудных карьеров можно разделить на 2 класса: 1-й — для получения товарных продуктов с использованием только разделительных операций, 2-й — для получения измельченных продуктов переработки.

Оценку существующих и альтернативных технологических схем по переработке отходов можно осуществлять с помощью использования критериев удельного действия, оценивающих степень совершенства технологических схем.

Альтернативные схемы представлены на основе использования разработанного в горном институте МИСИС высокоэффективного оборудования для грохочения и классификации.

Для оценки комплексов оборудования, входящих в состав технологических схем по переработке отходов, использован обобщенный критерий удельного действия  $J_{э.-в.-м}$ , учитывающий затраты совокупной энергии — времени на получение единицы объема (массы) целевого продукта переработки, а также удельную металлоемкость перерабатывающего оборудования.

Сравнение технологических схем указывает на предпочтительность использования альтернативных способов переработки, так как имеет место экономия затрачиваемой энергии на сушку влажных отходов до стадии классификации.

Анализ альтернативных вариантов технологических схем по степени уменьшения критерия удельных действий  $J_{э.-в.-м}$  позволяет

Таблица 2. Типовые (базовые) и альтернативные технологические схемы переработки карбонатных отходов

Класс	I класс		II класс	
	Мокрый	Сухой	Мокрый	Сухой
Способ	Мокрый	Сухой	Мокрый	Сухой
Технологические схемы				
Продукты переработки	Щебень 3(5)–10(20) мм, щебень 5(10)–20(40) мм, песок дробленый	Щебень 5–20, 20–40 мм, песок дробленый, подкормка для птиц, тонкодисперсный порошок	Щебень 10–20 мм, подкормка для животных и птиц, минеральные наполнители	Известняковая мука, минеральные наполнители, подкормка для животных и птиц, подсыпка для рубероида, штукатурные пески и др.
Используемое оборудование	I стадия: мойка струйная корытная II стадия: виброгрохоты, спиральный классификатор, виброобезжелезиватель, дуговое сито и др.	I стадия: сушильный барабан, отделитель глины II стадия: виброгрохоты с различными типами сит III стадия: виброочиститель, пневмокласификатор, дуговое сито, винтовой грохот, винтовой виброгрохот (без подсушки) и др.	I стадия: мойка корытная, спиральный классификатор, гидроциклон, грохоты различных типов и др. II стадия: стержневые мельницы	I стадия: сушильный барабан, шаровые барабанные, вибрационные, молотковые мельницы, дезинтеграторы, планетарные мельницы и др. II стадия: пневмокласификаторы, дуговой и винтовой грохоты и др.

рекомендовать следующие типы оборудования на стадии мелкой классификации: пневмокласификационные установки, вибрационный грохот со струнными ситами, дуговые и винтовые грохоты.

### **Список литературы**

1. Горский Б. Е. Динамическое совершенствование механических систем. — Киев: Техника, 1987–201 с.
2. Бардовский А.Д. Разработка классификационно-измельчительного оборудования и метода его оценки при переработке отходов нерудных карьеров Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Москва, 2000–292 с.
3. Картавый Н.Г., Бардовский А.Д. Классификационно-измельчительное оборудование для переработки отходов нерудных карьеров // Научные школы МГГУ. 2008, т. 2. С. 318–325.

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Д.Р. Матвеева, Д.А. Батурин, М.А. Товмасын*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе представлена актуальность применения аддитивных технологий и создания деталей путем прямого и обратного проектирования. Описана схема процесса обратного проектирования и программные обеспечения, используемые в процессе 3D сканирования и обработки результатов.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, прямое проектирование, обратное проектирование, 3D-принтер, 3D-сканер.

На сегодняшний день аддитивные технологии достигли значительного прогресса от 3D-печати моделей и прототипов до производства готовых изделий для различных отраслей промышленности.

С помощью метода создания трехмерных объектов, деталей, вещей, путем послойного добавления различных материалов значительно расширяются возможности. Актуальность данных технологий определена способностью к сокращению времени процесса производства продукции, материалоемкости, уменьшению потребления электроэнергии, а также предоставляет возможность к изготовлению изделий со сложной структурой, которые ранее были невозможны из-за различного рода ограничений.

В данный момент используются как прямое, так и обратное проектирование. Прямым проектированием (Forward Engineering) называется процесс преобразования модели в код путем отображения на некоторый язык реализации. Процесс прямого проектирования приводит к потере информации, поскольку написанные на языке UML модели семантически богаче любого из существующих объектно-ориентированных языков. Фактически именно это различие и является основной причиной, по которой мы, помимо кода, нуждаемся и в моделях. Некоторые структурные свойства системы, такие как кооперации, или ее поведенческие особенности, например, взаимодействия, могут быть легко визуализированы в UML, но в чистом коде наглядность теряется.

Обратное проектирование (Reverse Engineer) — это процесс преобразования кода, написанного на языке программирования, в модель. В результате этого процесса получается огромное количество информации, часть которой находится на более низком уровне детализации, чем требуется для построения полезной модели. В то же время обратное проектирование отнюдь не идеально. Как уже упоминалось, прямое проектирование приводит к потере информации, поэтому невозможно полностью восстановить модель из кода, если только инструмент не включает в комментарии к исходному тексту информацию, выходящую за рамки семантики языка реализации [1].

Опишем элементы схемы (по этапам), представленным на рис. 1.

- ПО (3D скан). Сканеры, работают под управлением ПО, в котором используются собственные алгоритмы обработки. Например от компании «Artex Group». ПО (поверхности). Существует немало специализированных программ 3d сканеров — от любительских, для смартфонов и фотокамер, до весьма серьезных отраслевых и универсальных решений, позволяющих создавать точные 3D

модели. Из них можно выделить: «Geomagic Design X»; «Xmodel»; «Faro Scene» и т.п. Все эти программы служат для обработки облака точек, полученных в результате сканирования [2].

- ПО (Компас). «Компас 3D» уже стал стандартом для инженеров предприятий промышленного производства, благодаря простому интерфейсу и широким возможностям моделирования для инженеров. В основном, ориентирована на промышленное производство разнообразных приборов, устройств и аппаратов.
- Чертеж. Чертеж. Документ, содержащий контурное изображение изделия и другие данные, необходимые как для изготовления, контроля и идентификации изделия, так и для операций с самим документом.
- ПО 3D-принтера. Существует множество программ для 3-д печати. Они нужны для настройки принтеров под печать конкретной модели, созданной на предыдущих этапах проектирования. Вот некоторые из подобных программ: «Simplify3D»; «Cura»; «Geomagic Studio».
- Печать. 3D-принтер — это периферийное устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3d-модели. 3D-печать может осуществляться разными способами и с использованием различных материалов.
- Деталь. По итогу всех этапов проектирования получается модель различных форм и размеров, которую можно использовать как конечный продукт и образец для дальнейшего производства.
- 3D-сканеры позволяют получить трехмерную модель какого-либо предмета. Часто сканирование оказывается более удобным и быстрым способом получить модель, а иногда — и единственным из возможных. Например, не существует более надежного способа сделать модель какого-либо произведения искусства, а если вам нужен более массовый и востребованный в реальной жизни пример — 3D-сканирование применяется для автоматизации поиска дефектов и контроля размеров деталей в автомобильной и авиационной промышленности.

Сферы применения 3D печати: дизайн, промышленность, производство, разработка, экспериментальная и научная деятельность, сфера услуг, медицина, архитектура, строительство, робототехника, машиностроение, приборостроение, концептуальные разработки

## Список литературы

1. Трубашевский Д. С. Аддитивные зарисовки — Воронеж: Умное Производство, 2021.— 206 с.
2. Amit Bandyopadhyay, Bryan Heer, Additive manufacturing of multi-material structures, Materials Science and Engineering: R: Reports, Volume 129, 2018, Pages 1–16, ISSN 0927–796X, DOI: 10.1016/j.mser.2018.04.001.

## АНАЛИЗ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОЧИХ КЛЕТЕЙ ФОРМОВОЧНОГО СТАНА ДЛЯ СПОСОБА ФОРМОВКИ СО ЗНАКОПЕРЕМЕННЫМ ГИБОМ

*Т.В. Капитанова, С.В. Самусев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

*Аннотация.* В работе проведен анализ энергосиловых параметров и прочностных характеристик рабочих клеток формовочного стана со знакопеременной формовкой. Исследована компоновка оборудования цеха и технологические участки производства сварных прямошовных труб АО «ВМЗ».

*Ключевые слова:* стан ТЭСА 203–530, формовка трубной заготовки, сварка трубной заготовки, сварные прямошовные трубы, трубное производство.

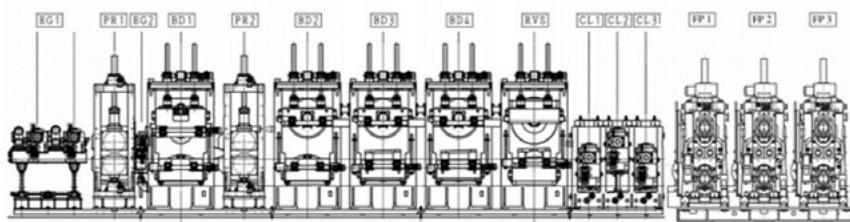
В настоящее время технология производства сварных прямошовных труб на непрерывных трубоэлектросварочных агрегатах (ТЭСА) претерпевает изменение. Происходит внедрение технологий формовки трубных заготовок под сварку по схемам с перегибом центрального участка с применением валково-роликового и роликового инструмента.

ТЭСЦ-3 АО «ВМЗ» специализируется на выпуске нефтегазопроводных труб диаметром от 219 до 530 мм с толщиной стенки

до 12,7 мм. ТЭСА 203–530 предназначен для валковой формовки непрерывно движущейся полосы в трубную заготовку круглого и профильного сечения (квадратного и прямоугольного), которая сваривается в трубу с продольным швом при помощи токов высокой частоты со скользящими контактами, с последующей локальной термообработкой сварного шва, правкой, порезкой, отделкой и пакетированием.

Формовочный стан состоит из трех обжимных клетей, одной клетки реверсивного изгиба трех многовалковых кластерных клетей и трех клетей закрытых клетей. В обжимных клетях и клетки реверсивного изгиба приводными являются только верхние рабочие валки. Участок формовки подразделяется на два, на первом участке происходит знакопеременный гиб, а на втором происходит формовка O-образной заготовки. Валки могут настраиваться по горизонтали и вертикали в зависимости от требуемой геометрии формовки. Рулонная полоса задается в формовочный стан для непрерывной формовки в трубную заготовку.

Компоновка оборудования формовочного стана ТЭСА 203–530 представлена на рис. 1.



**Рисунок 1.** Компоновка формовочного стана ТЭСА 203–530 по типу FFX;

Первый участок — задающая клеть — BD 1; второй участок — 2 задающая клеть — BD 2 — BD 3 — BD 4 — RVS; третий участок — CL 1 — CL 2 — CL 3 — FP 1 — FP 2 — F P 3.

Компоновка включает 2 участка:

1 участок включает: 1 задающую клеть — BD 1–2 задающую клеть — BD 2 — BD 3 — BD 4 — RVS.

2 участок включает: CL 1 — CL2 — CL3 — FP 1 — FP 2 — FP 3.

Для того, чтобы обеспечить качественную формовку в каждом участке, необходимо, чтобы тянущие-толкающие усилия по участкам обеспечили формовку по клетям и продвижение трубной заготовки по формовочному стану.

На 1 участке толкающие усилия обеспечивают 1 и 2 задающие клетки, а сопротивление возникает во всей формовочных клетях участка 1.

Определение усредненного радиуса на внешней стороне заготовки для клетки BD 1:

$$R_{BD1}^{cp} = \frac{2 \times (R_{BD1}^{пер} \times AB) + R_{BD1}^{ц} \times BC}{2 \times AB + BC}$$

Где  $R_{BD1}^{пер}$  — радиус периферийного участка;  $AB$  — протяженность периферийного участка;  $R_{BD1}^{ц}$  — радиус центрального участка;  $BC$  — протяженность центрального участка

Определение величины деформации, соответствующей пределу текучести:

$$\varepsilon_{\tau} = \frac{\sigma_{\tau}}{E}$$

где,  $\sigma_{\tau} = 300$  МПа — предел текучести;

$E = 200000$  МПа — Модуль упругости первого рода

Определение величин деформаций в приводных клетях на внешней стороне заготовки:

$$\varepsilon_i = \frac{S_{\tau}}{2 \times R_i^{cp}}$$

где  $S_{\tau} = 8$  мм — Толщина полосы

Определение напряженного состояния на внешней поверхности заготовки:

$$\sigma_i^{\Pi} = \sigma_{\tau} + (\varepsilon_i - \varepsilon_{\tau}) \times \Pi;$$

Где  $\Pi = 5000$  МПа — предел прочности



Определение угла подгибки:

$$\alpha_i = (1 + \beta) \times (\varphi_i - \varphi_{i-1});$$

Где,  $\beta = 10\% = 0,1$  — увеличение разницы между углами формовки между калибрами с учетом распушинивания на 10%;

$\varphi_i$  — угол формовки рассматриваемой клетки, рад;

$\varphi_{i-1}$  — угол формовки предыдущей клетки, рад.

Определение усилий сопротивления перемещению полосы в открытых калибрах:

$$P_{г.о.i} = 0,266 \times \sigma_i^n \times S^2 \times \alpha_i$$

Предложен пример расчета задающего усилия первой клетки линии ТЭСА по схеме НАКАТА для первого участка формовочного стана ТЭСА 203–530:

$$T_i = K_{\text{конт}} \times \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}} \times F;$$

где,  $K_{\text{конт}} = (0,01 \div 0,03)$  — коэффициент условия контактного взаимодействия заготовки с профилированным инструментом.

Данные расчета для 1 участка клетки BD 1:

$$T_{\text{задающая } 1} = K_{\text{конт}} \times \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}} \times F = 0,02 \times \frac{300}{\sqrt{3}} \times 1038,87 \times 4 = 14395 \text{ Н};$$

$$T_{BD\ 1} > P_{г.о.BD\ 1}$$

Теперь заготовка проходит в клетки BD 2 с задающим усилием:

$$T_{\text{задающая } 2} = K_{\text{конт}} \times \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}} \times F = 0,03 \times \frac{300}{\sqrt{3}} \times 1038,87 \times (8) = 43185,01 \text{ Н}$$

$$T_{\text{задающая } 2} > P_{г.о.BD\ 2} + P_{г.о.BD\ 3} + P_{г.о.BD\ 4} + P_{г.о.RVS}$$

$$\Delta_{1 \text{ участок}}^{\text{тянущий}} = T_{\text{задающая 1}} - P_{\text{г.о.ВД 1}} = 14395 - 12537,96 = 2058,21 \text{ Н};$$

Схема распределения усилий на 1 участке представлена на рисунке 2.

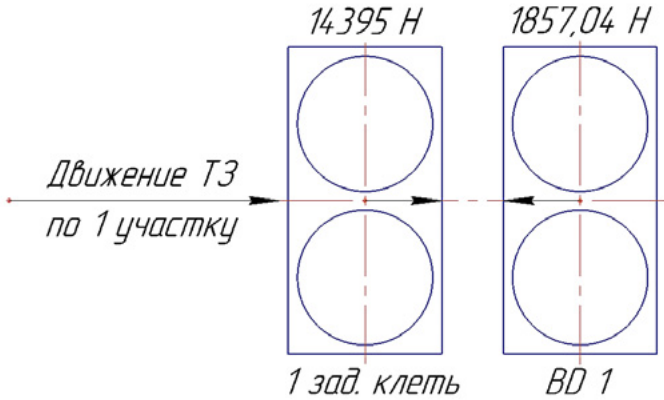


Рисунок 2. Схема распределения усилий на 1 участке

### Список литературы

1. Расчет технологических параметров процессов в непрерывных ТЭСА и прочностные расчеты оборудования. Часть 1: сборник задач/ С.В. Самусев, А.Н. Фортунатов, Н.В. Холодова Выксунский Филиал «НИТУ «МИСиС», 2015–141 с.
2. Трубы стальные электросварные диаметром 219–530 мм — Технологическая инструкция — ТИ 37-ТР.ТС-03.1–2009 — Дата введения 12.07.2012 г. ТЭСЦ-3 ОАО «ВМЗ».
3. Машины и агрегаты трубного производства: Учебник для вузов / А.П. Коликов, В.П. Романенко, С.В. Самусев, А.Д. Шейх-Али, В.В. Фролочкин. — М.: «МИСиС» 1998.

## ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА ВАЛКОВ ПРОШИВНОГО СТАНА НА ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИ ПРОКАТКЕ ТРУБ

*М.А. Костриков, А.Р. Шамилов, С.М. Горбатюк*

*АО «Выксунский металлургический завод», г. Выкса  
Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе исследовано оборудование и рабочий инструмент для производства бесшовных труб в условиях АО «ВМЗ». Приведены расчеты настройки стана ТПА 70–270 и энергосиловых параметров при прокатке с новым и изношенным валком винтовой прокатки.  
**Ключевые слова:** прошивной стан, ТПА 70–270, прокатка труб.

Расчет энергосиловых параметров винтовой прокатки при прошивке заготовки сортамента 269,9x28,8. Основными кинематическими параметрами процесса являются: коэффициент осевой скорости, коэффициент тангенциальной скорости, шаг винтовой линии.

По направлениям вдоль оси прокатки и перпендикулярно к ней, получим составляющие скорости движения точек поверхности вала в направление поступательного перемещения и вращения заготовки соответственно:

$$U_0 = \frac{\pi D_6 n}{60} \sin \beta$$

Коэффициент осевой скорости определяется отношением скорости металла в осевом направлении  $V_0$  к осевой составляющей окружности скорости вала  $U_0$ :

$$\eta_0 = \frac{V_0}{U_0}$$

Коэффициент тангенциальной скорости определяется отношением скорости заготовки  $V_T$  к тангенциальной составляющей окружной скорости вала  $U_T$ :

$$\eta_T = \frac{V_T}{U_T}$$

С достаточной для практических расчетов точностью частоту вращения заготовки с учетом скольжения металла относительно валков определяется из условия равенства скоростей точки на поверхности валка и соответствующей точки на заготовке:

$$\frac{\pi D_x N}{60} \cos \beta = \frac{\pi d_x n_3}{60 \eta_T} \xi$$

Тогда:

$$n_3 = \frac{D_x n}{d_x \xi} \cos \beta \eta_T$$

где  $n_3$  – частота вращения данного сечения заготовки;  $d$  – диаметр заготовки в сечении;  $\xi$  – коэффициент овальности данного сечения.

Важным кинематическим параметром винтовой прокатки является шаг винтовой линии  $L$ , или осевое перемещение заготовки за один оборот.

$$L = \pi d_x \operatorname{tg} \beta \frac{F_1 D_1 \eta_0}{F_x D_x \eta_T} \xi$$

Основными энергосиловыми параметрами процесса являются: усилие (сила), действующее на валок, усилие (сила), действующее на оправку, момент раскатки. Эти параметры определяются в расчете на один валок.

Усилие  $P$ , действующее на валок определяется как:

$$P = p_{\text{ср}} \cdot F$$

где  $p_{\text{ср}}$  — среднее нормальное контактное напряжение;

$F$  — площадь контактной поверхности металла с валком.

Процессы винтовой прокатки реализуются в незамкнутом калибре и имеют поцикловый характер развития, при котором

суммарное обжатие накапливается за ряд циклов деформации. Принципы расчета площади контактного соприкосновения металла с валками в таких процессах состоят в последовательном определении ряда частных параметров деформации и последующем суммировании площадей на отдельных характерных участках. Наиболее сложен расчет площади при раскатке сплошной заготовки в гильзу.

Диаметр заготовки берем с учетом температурного коэффициента расширения металла:

$$D_3 = D_0 \cdot 1,0125$$

Ширина контактной  $b_n$  поверхности в зоне пережима валков рассчитывается по формуле:

$$b_i = \sqrt{\frac{R_i \cdot r_i}{R_i + r_i} \cdot z} + \frac{R_i \cdot r_i}{R_i + r_i} \cdot (\xi - 1)$$

Величина частного обжатия  $z_n$  в зоне деформации сплошной заготовки определяется разностью диаметров рассматриваемого сечения (в зоне пережима)

$$z_n = D_3 - D_r$$

Для вычисления длин участков  $l_i$  используется очевидное геометрическое соотношение:

$$l_1 = \frac{D_n - D_r}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}$$

$$l_2 = \frac{D_3 - D_r}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2}$$

где  $l_1$  — длина участка контактной поверхности на участке до пережима валков;

$l_2$  — длина участка контактной поверхности на участке после пережима валков;

$D_p$  — диаметр гильзы после прошивки заготовки.

$\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — углы конусов прошивки и раскатки.

Общая площадь контактной поверхности определяется суммированием 2-х площадей:

$$F = F_1 + F_2$$

Где  $F_1$  — площадь контактной поверхности на участке до пережима валков:

$F_2$  — площадь контактной поверхности на участке после пережима валков;

$$F_1 = 0,67 \cdot l_1 \cdot b_n$$

$$F_2 = 0,8 \cdot l_2 \cdot b_n$$

Для определения среднего нормального контактного напряжения А. И. Целиков рекомендует формулу:

$$p_{cp} = 2 \cdot \sigma_r \left( 1,25 \cdot \ln \left( \frac{D_r}{b_n} \right) + 1,25 \cdot \left( \frac{b_n}{D_r} \right) - 0,25 \right)$$

где  $\sigma_r$  — предел текучести при данной температуре прокатки стали 45;

$\left( \frac{D_r}{b_n} \right)$  — отношение диаметра валка к ширине контактной по-

верхности в пережиме.

Осевое усилие на оправку по результатам экспериментальных исследований для двухвалковых прошивных станков составляет 0,25–0,45 от Р при раскатке заготовки. С увеличением угла подачи осевое усилие на оправку возрастает.

Давление на линейки по экспериментальным данным составляет 0,15–0,30 Р.

Крутящий момент, необходимый для вращения одного валка определяется следующим образом:

$$M = \Psi \cdot P \cdot b_n \cdot \left(1 + \frac{D_r}{b_n}\right)$$

### **Список литературы**

1. Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, Н.М. Вавилкин, С.В. Самусев Трубное производство: учеб.— 2-е изд., испр. и доп. — М.: Изд. Дом МИСиС, 2011.— 970 с.
2. Технология трубного производства: Учебник для вузов В.Н. Данченко, А.П. Коликов и др. — М.: Интермет Инжиниринг, 2002.— 640 с.: ил.
3. В.Я. Осадчий и др. /Технология и оборудование трубного производства; учебное пособие для — М.: «Интермет Инжиниринг», 2007.— 560 с: ил.
4. Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, А.С. Алещенко Винтовая прошивка в трубном производстве: учеб. пособие. / Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, А.С. Алещенко. — М.: изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2017.— 262 с.
5. Производство изделий дальнейшего передела черных металлов, ИТС 27–2017–394 с.
6. Характеристики оборудования и инструмента прошивного стана ТПА 70–270 ТЭСЦ-3 АО «ВМЗ».

## **ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА ВАЛКОВ ПРОШИВНОГО СТАНА НА ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИ ПРОКАТКЕ ТРУБЫ СОРТАМЕНТА 194,5X23,7 ММ**

*Д.А. Орлов, А.Р. Шамилов, С.М. Горбатюк*

*АО «Выксунский металлургический завод», г. Выкса*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе исследуется влияние износа валков прошивного стана на энергосиловые параметры при прокатке трубы.

**Ключевые слова:** винтовая прокатка, прошивной стан, ТПА 70–270, прошивной валок, энергосиловые параметры.

Основными кинематическими параметрами процесса являются: коэффициент осевой скорости, коэффициент тангенциальной скорости, шаг винтовой линии. По направлениям вдоль оси прокатки и перпендикулярно к ней, получим составляющие скорости движения точек поверхности валка в направлении поступательного перемещения и вращения заготовки соответственно:

$$U_0 = \frac{\pi D_6 n}{60} \sin \beta$$

$$U_T = \frac{\pi D_6 n}{60} \cos \beta$$

где  $D_6$  — диаметр валка в пережиме;

Коэффициент осевой скорости определяется отношением скорости металла в осевом направлении  $V_0$  к осевой составляющей окружности скорости валка  $U_0$ :

$$\eta_0 = \frac{V_0}{U_0}$$

Коэффициент тангенциальной скорости определяется отношением скорости заготовки  $V_T$  к тангенциальной составляющей окружной скорости валка  $U_T$ :

$$\eta_T = \frac{V_T}{U_T}$$

С достаточной для практических расчетов точностью частоту вращения заготовки с учетом скольжения металла относительно валков определяется из условия равенства скоростей точки на поверхности валка и соответствующей точки на заготовке:

$$\frac{\pi D_x N}{60} \cos \beta = \frac{\pi d_x n_3}{60 \eta_T} \xi$$

Тогда:

$$n_3 = \frac{D_x n}{d_x \xi} \cos \beta \eta_T$$



где  $n_3$  — частота вращения данного сечения заготовки;

$d$  — диаметр заготовки в сечении;

$\xi$  — коэффициент овальности данного сечения.

Важным кинематическим параметром винтовой прокатки является шаг винтовой линии  $L$ , или осевое перемещение заготовки за один оборот.

$$L = \pi d_x t g \beta \frac{F_1 D_1 \eta_0}{F_x D_x \eta_T} \xi$$

Основными энергосиловыми параметрами процесса являются: усилие (сила), действующее на валок, усилие (сила), действующее на оправку, момент раскатки. Эти параметры определяются в расчете на один валок.

Усилие  $P$ , действующее на валок определяется как:

$$P = p_{\text{ср}} \cdot F$$

где  $p_{\text{ср}}$  — среднее нормальное контактное напряжение;

$F$  — площадь контактной поверхности металла с валком.

Процессы винтовой прокатки реализуются в незамкнутом калибре и имеют поцикловый характер развития, при котором суммарное обжатие накапливается за ряд циклов деформации. Принципы расчета площади контактного соприкосновения металла с валками в таких процессах состоят в последовательном определении ряда частных параметров деформации и последующем суммировании площадей на отдельных характерных участках. Наиболее сложен расчет площади при раскатке сплошной заготовки в гильзу.

Диаметр заготовки берем с учетом температурного коэффициента расширения металла:

$$D_3 = D_0 \cdot 1,01$$

где — диаметр заготовки

Ширина контактной поверхности в зоне пережима валков рассчитывается по формуле:

$$b_i = \sqrt{\frac{R_i \cdot r_i}{R_i + r_i} \cdot z} + \frac{R_i \cdot r_i}{R_i + r_i} \cdot (\xi - 1)$$

Величина частного обжатия  $z_n$  в зоне деформации сплошной заготовки определяется разностью диаметров рассматриваемого сечения (в зоне пережима)

$$z_n = D_3 - D_r$$

Для вычисления длин участков используется очевидное геометрическое соотношение

$$l_1 = \frac{D_n - D_r}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}$$

$$l_2 = \frac{D_3 - D_r}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2}$$

Общая площадь контактной поверхности определяется суммированием 2-х площадей:

$$F_1 = 0,67 \cdot l_1 \cdot b_n$$

$$F_2 = 0,8 \cdot l_2 \cdot b_n$$

Для определения среднего нормального контактного напряжения А. И. Целиков рекомендует формулу

$$p_{cp} = 2 \cdot \sigma_r \left( 1,25 \cdot \ln \left( \frac{D_r}{b_n} \right) + 1,25 \cdot \left( \frac{b_n}{D_r} \right) - 0,25 \right)$$

Осевое усилие на оправку по результатам экспериментальных исследований для двухвалковых прошивных станков составляет 0,25–0,45 от Р при раскатке заготовки. С увеличением угла подачи осевое усилие на оправку возрастает.

Давление на линейки по экспериментальным данным составляет 0,15–0,30 Р.

Крутящий момент, необходимый для вращения одного валка определяется следующим образом:

$$M = \Psi \cdot P \cdot b_n \cdot \left(1 + \frac{D_r}{b_n}\right)$$

Данный расчет был выполнен при использовании новых валков без износа. При помощи шаблона произведен замер износа валка прошивного стана ТПА 70–270. По полученным данным выполним перерасчет с учетом износа и выполним анализ полученных данных.

На основе проведенных расчетов энергосиловых параметров при прокатке на новых и изношенных валках прошивного стана ТПА 70–270 были получены следующие параметры:

*Таблица 1. Основные энергосиловые параметры для трубы 194,5x23,7*

<b>Параметры</b>	<b>Новый валок</b>	<b>Изношенный валок</b>
Усиление на валок при раскатке заготовки из стали Р, кН:	1097,008	1096,4
Осевое усилие на оправку, кН	493,65	493,38
Давление на линейку, кН	329,1	328,92
Крутящий момент М при раскатке заготовки из стали, кН*м:	126,11	128,5

При расчете на новом валке полученные усилия на валке, оправке, линейке меньше, чем на изношенном валке. Это связано с тем, что диаметр в пережиме прошивного валка меньше на 7мм. Из-за этого усилие на основной технологический инструмент ниже установленного. В связи с этим повышается вероятность возникновения брака.

### **Список литературы**

1. Шамилов А. Р., Король А. В., Гончарук А. В. Определение влияния различных параметров на эксплуатационные характеристики оправок прошивного стана // Трубы — 2021: Труды XXIV Между-

- народной научно-практической конференции. Сборник докладов АО «РусНИТИ», Челябинск, 20–22 сентября 2021 года / Под редакцией И.Ю. Пышминцева. Том Часть II. — Челябинск: Открытое акционерное общество «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», 2021. — С. 23–27.
2. Быстров И. А. Исследование влияния зацентровки заготовок на геометрию концевых участков труб в условиях ТПА 70–270 АО ВМЗ // *Металлургия XXI столетия глазами молодых: Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов: сборник докладов*, Донецк, 26–27 мая 2020 года / Редколлегия: С.М. Сафьянц (пред.) [и др.]. — Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2020. — С. 95–97.
  3. Орлов Д. А., Гончарук А. В., Кобелев О. А. [и др.] Анализ особенностей процесса прошивки трубна ТПА 70–270 с применением метода конечных элементов // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия.* — 2020. — Т. 63, № 10. — С. 848–855. — DOI 10.17073/0368-0797-2020-10-848-855.
  4. Орлов Д. А., Гончарук А. В., Гамин Ю. В. Исследование технологии двойной прошивки заготовок в условиях ТПА 70–270 АО «ВМЗ» // *Творчество молодых — родному региону: Сборник материалов VIII Региональной межвузовской научно-практической конференции*, Выкса, 23 апреля 2021 года / Сост. К.С. Шибанов, под редакцией И.В. Мялкина. — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 61–66.
  5. *Трубное производство: учеб.* / Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, Н.М. Вавилкин, С.В. Самусев. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. — 970 с.

## РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОШИВКЕ ЗАГОТОВОК В ЧАШЕВИДНЫХ И ГРИБОВИДНЫХ ВАЛКАХ ВЫПОЛНЕННЫЙ СТУДЕНТОМ

*Д.В. Кузнецов, А.П. Коликов, А.Н. Фортунатов*

*Выксунский филиала НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе представлен расчет энергосиловых параметров процесса прошивки сплошных заготовок в стане винтовой прокатки в процессе производства бесшовных горячекатаных труб. Представлен расчет сравнение исходя из двух формул определения давления металла на валки (А.П. Чекмарева, М.И. Ханина и А.И. Целикова). Расчет проводился для схем с чашевидными и грибовидными валками.

**Ключевые слова:** *стальные трубы, прошивка, энергосиловые параметры, обработка металлов давлением.*

Стальные горячекатаные трубы широко применяются во всех отраслях промышленности. Одним из основных процессов в технологии производства бесшовных труб является процесс получения полой гильзы методом прошивки на станах поперечно-винтовой прокатки. Наиболее распространенные схемы прошивки используются в условиях двухвалковых станов винтовой прокатки с использованием грибовидных и чашевидных валков. Качество протекания процесса прошивки зависит от энергетических и силовых параметров работы стана.

Определение энергосиловых параметров: давление и усилия металла на валки, крутящего момента и мощности при прошивке сплошных заготовок в стане винтовой прокатки производится с учетом зависимости фактического сопротивления деформации  $\sigma_{\phi} = \Phi(\Delta, H, \Theta)$  от деформационных параметров:  $\Delta$  — степени деформации сдвига,  $H$  — интенсивности скорости деформации и температурного фактора  $\Theta/1000$  ( $\Theta$  — температура прошивки).

Расчет давления металла на валки проведен по следующим формулам:

1. По формуле А.П. Чекмарева М.И. Ханина рассчитывается среднее давление металла на валки в конусе прошивки:

$$p_{\text{ср1}} = \sigma_s \cdot \left(1,8 - \frac{b_{\text{п}}}{2r_{\text{п}}}\right) \cdot (1 - 2,7\varepsilon_{\text{п}}^2), \quad (1)$$

где  $\frac{b_{\text{п}}}{2r_{\text{п}}}$  — отношение ширины контакта между металлом и заго-

товкой к радиусу рассматриваемого сечения определяется для пережима валков, которое рассматривается как ведущее сечение;  $\varepsilon_{\text{п}}$  — относительное обжатие заготовки в пережиме валков.

Затем определяется среднее давление в конусе раскатки  $p_{\text{ср2}} = 0,75 p_{\text{ср1}}$  и общее среднее давление  $p_{\text{ср}} = 0,5(p_{\text{ср1}} + p_{\text{ср2}})$ ,

2. По формуле А.И. Целикова  $p_{\text{ср}}$  определяется по формуле:

$$p_{\text{ср}} = \left(1,25 \ln \frac{2r_{\text{ср}}}{b_{\text{ср}}} + 1,25 \frac{b_{\text{ср}}}{2r_{\text{ср}}} - 0,25\right) \sigma_{\text{ф}}, \quad (2)$$

где  $r_{\text{ср}}$  — средняя величина радиуса заготовки в пережиме;  $b_{\text{ср}}$  — средняя величина ширины контактной поверхности.

В формулах (1)  $\sigma_s$  и (2)  $\sigma_{\text{ф}}$  — среднее значение сопротивления деформации для усредненного сечения очага деформации, которое необходимо для практического решения по этим формулам, предполагает использование результатов пластичности в виде графиков по методике В.И. Зюзина, что затрудняет их перевод в электронную форму. Поэтому был использован метод расчета сопротивления деформации, учитывающий влияние трех переменных:  $\Delta$ ,  $H$  и  $\theta$ , который предполагает рассчитывать  $\sigma_s$  по формуле

$$\sigma_s = a_1 \Lambda^{a_2} H^{a_3} \left(\frac{v}{1000}\right)^{a_4}, \quad (3)$$

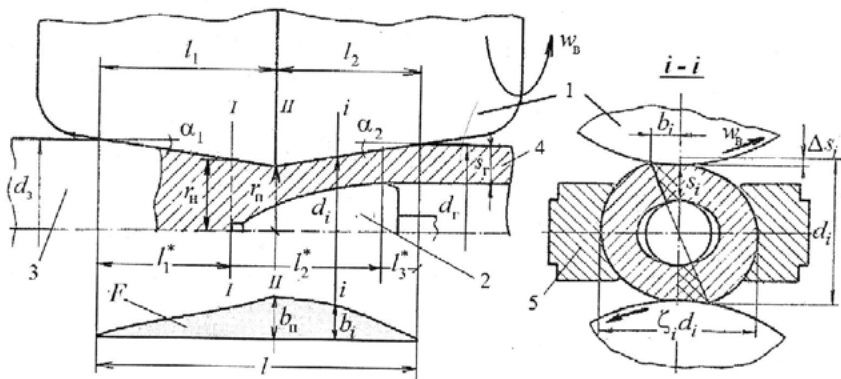
где  $a_1 \dots a_4$  — эмпирические коэффициенты, рекомендуемые Белевичем А.В, Орловым использовать применительно к исследуемой марки стали  $a_1$ ; параметры  $\Lambda$ ,  $H$  и  $\theta$  рассчитываются для конкретного очага деформации процесса ОМД (табл. 1).

Расчет энергосиловых параметров по описанной выше методике проведен для промышленных прошивных станов винтовой прокат-

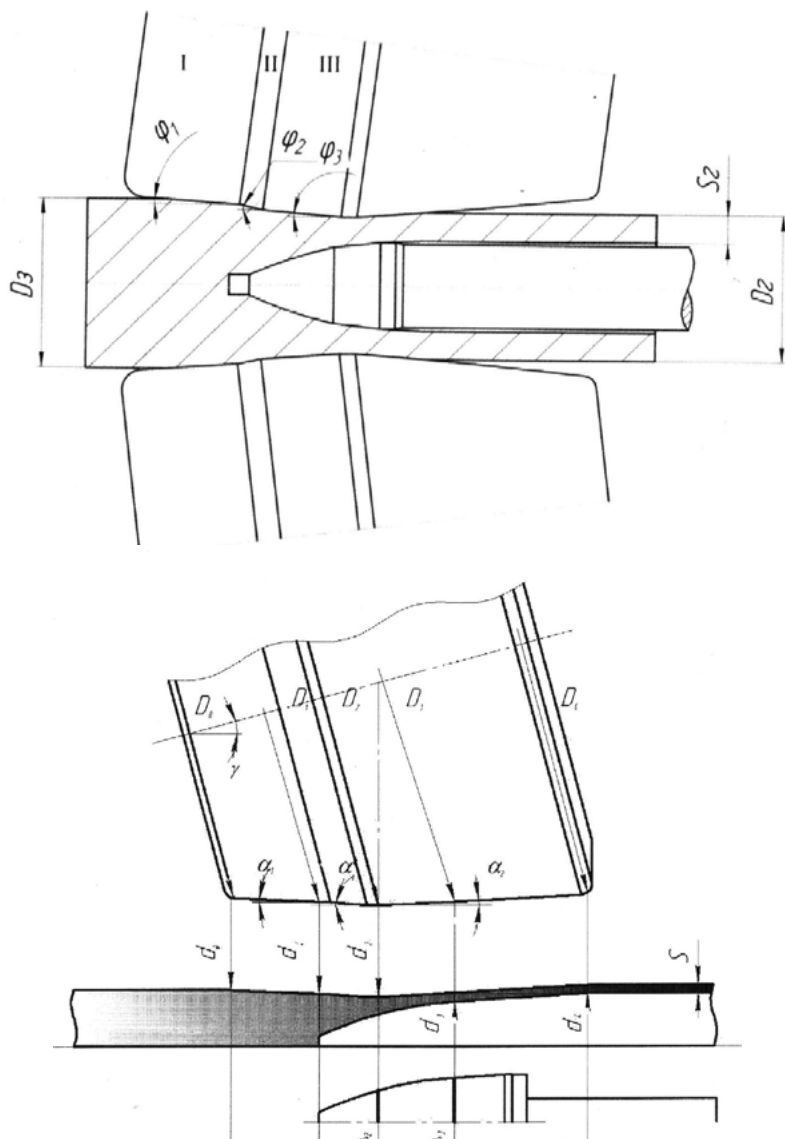
**Таблица 1.** Рекомендуемые коэффициенты  $a_1 \dots a_4$  для расчета сопротивления деформации по формуле (3)

Сталь	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
10	63,00	0,164	0,134	-2,80
35	43,64	0,074	0,198	-3,85
45	79,48	0,173	0,143	-3,05
15Г	78,30	0,186	0,126	-2,74
35ГС	78,83	0,187	0,236	-2,79
30ХГСА	80,22	0,250	0,134	-3,34
38ХМЮА	87,45	0,273	0,114	-3,72
40ХНМА	81,34	0,175	0,125	-3,40
08Х18Н10Т	112,95	0,088	0,112	-4,35
Х23Н18	215,11	0,105	0,093	-3,18

ки с чашевидными и грибовидными валками (рис. 1 и 2), техническая характеристика которых представлена в таблицах 2.



**Рисунок 1.** Общая схема очага деформации при прошивке в стане винтовой прокатки: 1 — валки, 2 — оправка, 3 — заготовка, 4 — гильза, 5 — линейки



**Рисунок 2.** Схема очага деформации при прошивке в стане с чашевидными валками (а) и грибовидными валками (б)



Таблица 2. Характеристика валков и очага деформации

Тип валков прошивного стана	Чашевидные	Грибовидные
Диаметр валков в сечении пережима	750	1150
Частота вращения валков	50	100
Угол подачи, град	10	8,5
Угол раскатки, град	7	15
Угол входного конуса валка ПРИ ПЕРВИЧНОМ ЗАХВАТЕ, град	$\alpha_1 - 3$	2,3
ПРИ ВТОРИЧНОМ ЗАХВАТЕ	$\alpha_2 = 4,5$	4
угол выходного конуса валка, град	4	2,8
Диаметр заготовки	220	300
Материал заготовки	Сталь 45	Сталь 45
Размер готовой трубы $D_T \times S_T$ , мм	200 x 18,9	219 x 10
Размер гильзы $D_G \times S_G$ , мм	192 x 35 мм	328 x 22
Температура прошивки, град	1150	
Радиус валка в сечении пережима с учетом угла раскатки $R_n^1 = \frac{R_n}{\cos 7\alpha'} = \frac{375}{\cos 7\alpha'}$		
Расстоянием между валками, мм в пережиме	178	263
Расстоянием между линейками, мм	196	
Расстояние между дисками		293
Коэффициент овализации	1,11	
Диаметр оправки	98	255
Диаметр оправки в пережиме опреде- ляется из геометрических по- строений $\delta_n$ мм		171,8
Выдвижение оправки за пережим валков $C_n$	155	160
Коэффициент вытяжки при прошивке		
$\mu_{пр} = \frac{d_3^2}{4 \cdot S_T \cdot (d_T - S_T)} = \frac{220_3^2}{4 \cdot 35 \cdot (192_T - 35_T)}$	2,2	3,34

Тип валков прошивного стана	Чашевидные	Грибовидные
Толщина стенки гильзы в сечении пережима, мм	48	45.6
Диаметр заготовки-гильзы в сечении пережима	178	328 x 22
Коэффициент вытяжки в пережиме $+ \mu_{\Pi} = \frac{d_3^2}{4 \cdot S_{\Pi} \cdot (d_{\Pi} - S_{\Pi})} = \frac{220^2}{4 \cdot 48 \cdot (178_{\Pi} - 48)}$ $= \sim 1,9$	1,94	2,27
Коэффициент осевой скорости	0,6	
Коэффициент тангенциальной скорости	0,8	
Длина входного конуса валков, мм	280	
Длина выходного конуса валков, мм	300	
Шаг подачи в пережиме валков, мм	50	88
Длина очага деформации в конусе прошивки $L_{\Pi} = \frac{d_3 - d_{\Pi}}{2 \operatorname{tg} \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)}{2}} = \frac{220 - 178}{2 \operatorname{tg} \left( \frac{2,3^{\circ} + 4,0^{\circ}}{2} \right)}$	320	336
Длина очага деформации в конусе раскатки $L_p = \frac{d_r - d_{\Pi}}{2 \operatorname{tg} \alpha_2} = \frac{192 - 178}{2 \operatorname{tg} 4^{\circ}}$	89	464
Длина площади контактной поверхности, мм		336 + 464 = 800
Расчет деформационных параметров		
Частное обжатие в сечении пережима, мм $\Delta r_{\Pi} = l_{\Pi} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 = 15,3 =$	<b>2,62 мм</b>	$88 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 = 3,54$
Относительное частное обжатие $\Delta r_{\Pi} / r = 2,73 / 89$	0,0238	0,0236

Таблица 2 (продолжение)

Тип валков прошивного стана	Чашевидные	Грибовидные
<p>Ширина контактной поверхности в сечении пережима</p> $b_{\Pi} = k_{\Phi} \cdot \sqrt{2 \cdot r_{\Pi} \cdot \Delta r_{\Pi} + \Delta r_{\Pi}^2};$ <p>где: <math>k_{\Phi} = 1,5 \dots 2,5</math> — коэффициент формы контактной поверхности;  <math>r_{\Pi}</math> = радиус заготовки</p>	48,3	65,5
<p>Время обжатия определяется как время прохождения металлом контактной поверхности шириной <math>b_{\Pi}</math>, и рассчитывается в следующей последовательности:</p>		
<p>скорость валка <math>U = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{60}</math></p>	1962,5	6018,3
<p>скорость металла <math>v = U \cdot 0,8</math></p>	1570	4814,7
<p>Время обжатия определяется по формуле, с <math>t = \frac{b_{\Pi}}{v}</math></p>	0,003077	0,001361
<p>Степень деформации сдвига, накопленная в сечении пережима <math>\Lambda = 2 \cdot k_{\text{нем}} \cdot \ln \mu_{\Pi}</math>; <math>\Lambda = 2 \cdot 2 \cdot \ln 1,9 = 2,65</math>  где: <math>k_{\text{нем}} = 1,5 \dots 2</math> — коэффициент немонотонности деформации.</p>	2,65	3,28
<p>Скорость относительного частного обжатия, с<sup>-1</sup>: <math>\xi = \frac{\varepsilon_{\Pi}}{t}</math>; <math>\xi = 0,03/0,0025</math></p>	7,74	17,32
<p>Интенсивность скоростей деформаций сдвига  <math>H = \sqrt{3} \cdot \xi = \sqrt{3} \cdot 12</math></p>	13,41	29,99

Тип валков прошивного стана	Чашевидные	Грибовидные
Расчет сопротивления деформации производится по формуле (3) где $a_1 = 79,48$ МПа для стали 45		
при прошивке заготовки в чашевидных валках $\sigma_s = 79,48 \cdot 2,65^{0,173} \cdot 13,41^{0,143} \cdot 1,15^{-3,05}$	89,04 МПа	
при прошивке заготовки в грибовидных валках $\sigma_s = 79,48 \cdot 3,28^{0,173} \cdot 29,99^{0,143} \cdot 1,15^{-3,05}$		103,65
Результаты расчета энергосиловых параметров		

Результаты расчета энергосиловых параметров при прошивке в чашевидных валках	
по формуле (1)	по формуле (2)
Среднее контактное напряжение в конусе прошивки $p_{cp.1} = 89,04 \left( 1,8 - \frac{48,3}{2 \cdot 89} \right) (1 - 2,7 \cdot 0,0238^2) = 135,9 \text{ МПа}$	Среднее контактное напряжение в очаге деформации $p_{cp} = 89,04 \left( 1,25 \ln \frac{2 \cdot 89}{48,3} + 1,25 \frac{48,3}{2 \cdot 89} - 0,25 \right) = 170,9 \text{ МПа}$
Среднее контактное напряжение в конусе раскатки $p_{cp.2} = 0,75 \cdot p_{cp.1} = 0,75 \cdot 135,9 = 101,9 \text{ МПа}$	
Усилие металла на валок	
$P_{\Sigma 1} = p_1 \cdot F_1 = 135,9 \cdot 9061,4 = 1231418 \text{ Н} = 1231,418 \text{ кН}$ $P_{\Sigma 2} = p_2 \cdot F_2 = 101,92 \cdot 11592,42 = 1181532 \text{ Н} = 1181,532 \text{ кН}$ $P_{\Sigma} = 1231 + 1181 = 2412,95 \text{ кН}$	$P_{\Sigma} = p_{cp} \cdot F_{\Sigma}$ $P_{\Sigma} = 191 \cdot 16549 = 3161 \text{ кН}$
Усилие металла на оправку	
$Q = 0,5 \cdot P_{\Sigma} = 0,5 \cdot 2412,95 = 1206,475 \text{ кН}$	$Q = 0,5 \cdot P_{\Sigma} = 0,5 \cdot 3161 = 1580 \text{ кН}$

Таблица 2 (продолжение)

Момент прокатки, необходимый для вращения валков	
$M = \frac{1}{2} P_{\Sigma} \cdot b_{\Pi} \left( 1 + \frac{D_{\text{в.п}}}{d_{\text{з.п}}} \right)$ $M = \frac{1}{2} 2412,95 \cdot 26,6 \left( 1 + \frac{850}{187} \right) = 92,06 \text{ кН} \cdot \text{м}$	$M = \frac{1}{2} P_{\Sigma} \cdot b_{\text{сп}} \left( 1 + \frac{D_{\text{в.сп}}}{d_{\text{з.сп}}} \right)$ $M = \frac{1}{2} 3161 \cdot 25,7 \left( 1 + \frac{850}{210} \right) = 219 \text{ кН} \cdot \text{м}$
<p>Мощность прокатки <math>N = k_{\text{в}} \cdot M \cdot \omega_{\text{в}}</math>,  где <math>\omega_{\text{в}}</math> – угловая скорость вращения валков при <math>n_{\text{в}} = 100</math> об/мин:  <math>\omega_{\text{в}} = \pi \cdot n / 30 = 3,14 \cdot 50 / 30 = 5,23 \text{ с}^{-1}</math>.</p>	
$N = 2 \cdot 92,06 \cdot 5,32 \approx 963,55 \text{ кВт}$	$N = 2 \cdot 219 \cdot 10,5 = 4599 \text{ кВт}$
Результаты расчета энергосиловых параметров при прошивке в грибовидных валках	
по формуле (1)	по формуле (2)
<p>Среднее контактное напряжение в конусе прошивки</p> $p_{\text{сп.1}} = 103,65 \left( 1,8 - \frac{65,5}{2 \cdot 131,5} \right) (1 - 2,7 \cdot 0,0236^2) = 160,52 \text{ МПа}$ <p>Среднее контактное напряжение в конусе раскатки</p> $p_{\text{сп.2}} = 0,75 \cdot p_{\text{сп.1}} = 0,75 \cdot 160,52 = 120,39 \text{ МПа}$	$p_{\text{сп}} = 103,65 \left( 1,25 \ln \frac{2 \cdot 131,5}{65,5} + 1,25 \frac{65,5}{2 \cdot 131,5} - 0,25 \right) = 170,9 \text{ МПа}$
Усилие металла на валок	
$P_{\Sigma 1} = p_1 \cdot F_1 = 160,52 \cdot 12288,67 = 1972599 \text{ Н} = 1972,599 \text{ кН}$ $P_{\Sigma 2} = p_2 \cdot F_2 = 120,39 \cdot 15721,11 = 1892685 \text{ Н} = 1892,685 \text{ кН}$ $P_{\Sigma} = 1972,599 + 1892,685 = 3865,284 \text{ кН}$	$P_{\Sigma} = p_{\text{сп}} \cdot F_{\Sigma}$ $P_{\Sigma} = 191 \cdot 16549 = 3161 \text{ кН}$

Усилие металла на оправку	
$Q = 0,5 \cdot P_{\Sigma} = 0,5 \cdot 3865,284 =$ $= 1932,642 \text{ кН}$	$Q = 0,5 \cdot P_{\Sigma} = 0,5 \cdot 3161 = 1580 \text{ кН}$
Момент прокатки, необходимый для вращения валков	
$M = \frac{1}{2} P_{\Sigma} \cdot b_{\text{п}} \left( 1 + \frac{D_{\text{в.п}}}{d_{\text{з.п}}} \right)$ $M = \frac{1}{2} 3865,284 \cdot 65,5 \left( 1 + \frac{850}{187} \right) =$ $= 269,83 \text{ кН} \cdot \text{м}$	$M = \frac{1}{2} P_{\Sigma} \cdot b_{\text{сп}} \left( 1 + \frac{D_{\text{в.сп}}}{d_{\text{з.сп}}} \right)$ $M = \frac{1}{2} 3161 \cdot 25,7 \left( 1 + \frac{850}{210} \right) = 219 \text{ кН} \cdot \text{м}$
Мощность прокатки $N = k_{\text{в}} \cdot M \cdot \omega_{\text{в}}$ , где $\omega_{\text{в}}$ – угловая скорость вращения валков при $n_{\text{в}} = 100 \text{ об/мин}$ : $\omega_{\text{в}} = \pi \cdot n / 30 = 3,14 \cdot 100 / 30 = 10,47 \text{ с}^{-1}$ .	
$N = 2 \cdot 269,83 \cdot 10,47 \approx 5648,38 \text{ кВт}$	$N = 2 \cdot 219 \cdot 10,5 = 4599 \text{ кВт}$

Энергосиловые параметры для схемы чашевидных валков выше по формуле А.И. Целикова, а для схемы с грибовидными большие значения получаются по формулам А.П. Чекмарева, М.И. Ханина. При сравнении усилий и мощностей по двум схемам — по первой формуле значение затрат энергии для чашевидной схемы значительно ниже, по второй формуле практически одинаковы.

### Список литературы

1. Технология производства труб / И.Н. Потапов, А.П. Коликов, В.Н. Данченко и др. М.: Металлургия, 1994, 528 с.
2. Машины и агрегаты металлургических заводов ТЗ / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребенник и др. М.: Металлургия, 1988, 680 с.
3. Потапов И.Н., Полухин П.И. Технология винтовой прокатки М.: Металлургия, 1990, 344 с.

# ИНФОРМАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

---

## ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОЙ 3D-ПЕЧАТИ

*М.А. Якимов, К.С. Шибанов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

*Аннотация.* В статье исследуется процесс производства порошковых сплавов и их применение в 3D-печати.

*Ключевые слова:* порошковая металлургия, аддитивные технологии, 3D-печать порошковым сплавом

Определение порошковой металлургии (ПМ) дано многими авторами и действующим в настоящее время стандартом, разработанным еще в СССР в ИПМ НАН Украины (г. Киев), ГОСТ 17359–82 «Порошковая металлургия. Термины и определения». Согласно указанному стандарту, «порошковая металлургия — область техники, охватывающая совокупность методов изготовления порошков металлов и металлоподобных соединений, полуфабрикатов и изделий из них (или их смесей с неметаллическими порошками) без расплавления основного компонента».

Основным способом производства является распыление расплава газом, которое является производительным, экономичным и эффективным методом получения порошков металлов мелких и средних размеров. Его широко применяют при производстве порошков многокомпонентных сплавов, в том числе с аморфной структурой. При распылении образуются частицы с формой, близкой к сферической.

Процесс распыления расплава газом был разработан фирмой «Crucible Materials Corporation» в 1988 г. Шихту, расположенную в медном тигле с подведенной системой охлаждения, расплавляют

в атмосфере инертного газа либо в вакууме. Полученный расплав распыляется через специальное сопло или форсунку под действием инертного газа (азота, аргона и т. п.), подаваемого под высоким давлением.

Исходный материал, используемый в данном процессе, может быть как чистым металлом, так и сплавом на его основе в виде, например, слитков. Поскольку изначально загруженная шихта расплавляется в тигле в результате индукционного нагрева, то на стенках тигля образуется корка, состоящая из того же материала. В дальнейшем расплав распыляется инертным газом. При этом струя расплава дробится на гранулы, которые затвердевают во время осаждения в камере, т. е. получается порошок.

Газовый поток может переносить частицы порошка в циклонный сепаратор, откуда частицы в дальнейшем распределяются по резервуарам. Аналогичный процесс газового распыления расплава разработан фирмой «Iowa Powder Atomization Technologies Inc.», США. В этом процессе используются две близко расположенных форсунки для получения «дробящего» газового потока [1].

Цифровая технология получения металлических изделий с помощью лазерной 3D-печати находится в стадии отладки и совершенствования и уверенно занимает свою нишу в получении изделий сложной геометрической формы. Основным направлением является создание центров аддитивных технологий для производства изделий повышенной сложности. Сегодня опробовано получение изделий методами аддитивных технологий из большого количества металлов и сплавов.

Металлические образцы, полученные с помощью лазерной 3D-печати (лазерный синтез на подложке (ЛС), laser powder-bed fusion, L-PBF), представляют собой слоистые текстурованные образцы с высокой плотностью, неравновесной (мартенситной) структурой, с большим количеством двойников. Научные исследования металлических ЛС образцов, выявили их полное отличие от промышленных материалов, полученных традиционными методами литья или традиционными методами порошковой металлургии.

При традиционных методах получения металлических изделий, исходные слитки подвергаются дальнейшему переделу с удалением значительной части поверхностного слоя, что способствует дополнительному очищению металла. Качество используемого порошка



в процессе аддитивного лазерного производства отвечает не только за плотность материала изделия, получаемого в 3D-принтере, но и за его механические и физические свойства.

Поскольку поверхностная постобработка полученных в лазерном принтере образцов или деталей является минимальной, то это сохраняет все металлургические включения, полученные при литье металла, используемого для производства порошка. Таким образом, для повышения качества металлических изделий, получаемых с помощью аддитивной лазерной печати, следует тщательно готовить исходный порошок и предъявлять требования не только к морфологии и дефектности порошка, используемого в аддитивной лазерной печати, но и также к особой очистке исходного металла, используемого для изготовления этого порошка.

В процессе аддитивного производства наследуемые исходным порошком наноразмерные неметаллические металлургические включения равномерно распределяются в полученном ЛС материале, что способствует повышению прочности и твердости, а также влияет на пластичность ЛС материалов по сравнению с их традиционными аналогами [2].

### **Список литературы**

1. Ильющенко, А. Ф. Аддитивные технологии и порошковая металлургия / А. Ф. Ильющенко // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка: материалы 15-й Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию основания государственного научного учреждения «Институт порошковой металлургии имени академика О. В. Романа», Минск, 14–16 сентября 2022 года. — Минск: Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Белорусская наука», 2022. — С. 17–34.
2. Казанцева, Н. В. Металлургия лазерной 3Д печати / Н. В. Казанцева // VIII международная конференция проблемы механики современных машин: Сборник статей конференции, оз. Байкал, 04–09 июля 2022 года. — Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2022. — С. 92–97. — DOI 10.53980/9785907599055\_92.

## АНАЛИЗ РАБОТЫ ПЛК В СИСТЕМЕ СДВОЕННЫХ КРОМКООБРЕЗНЫХ НОЖНИЦ

*П.А. Зуев, Г.А. Митьков, Т.Н. Уснунц-Кригер*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *В статье проанализирована архитектура контроллера ПЛК, а также рассмотрены различные виды интерфейсов связи контроллеров. Исследовано программное обеспечение и способы диагностики рассматриваемого агрегата.*

**Ключевые слова:** *ПЛК, архитектура ПЛК, контроллер, микропроцессор, интерфейс, ЦПУ.*

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) широко применяются в сфере промышленной автоматизации разнообразных технологических процессов на больших и малых предприятиях. Популярность контроллеров легко объяснима. Их применение значительно упрощает создание и эксплуатацию, как сложных автоматизированных систем, так и отдельных устройств, в том числе — бытового назначения. ПЛК позволяет сократить этап разработки, упрощает процесс монтажа и отладки за счет стандартизации отдельных аппаратных и программных компонентов, а также обеспечивает повышенную надежность в процессе эксплуатации, удобный ремонт и модернизацию при необходимости [1].

Программируемый логический контроллер, ПЛК — это микропроцессорное устройство, предназначенное для управления технологическими процессами в промышленности. Принцип работы ПЛК заключается в обработке по прикладной программе пользователя данных с модулей входов (например, сигналов от подключенных датчиков) и последующей выдачей управляющих сигналов, посредством модулей выходов и модулей связи, обеспечивающих подключение исполнительных устройств. В основе работы лежит концепция проекта, под которым понимается комплексное решение задачи автоматизации, включая несколько взаимосвязанных контроллеров на базе физических микроконтроллеров, соединяющие их сети и системы человеко-машинного интерфейса.

Работу с проектом в целом обеспечивает главная утилита Step 7 — Simatic Manager. Step 7 позволяет производить конфигурирование программируемых логических контроллеров и сетей (утилиты HWConfig и NetPro). В процессе конфигурирования определяется состав оборудования в целом, разбиение на модули, способы подключения, используемые сети, выбираются настройки для используемых модулей. Система проверяет правильность использования и подключения отдельных компонент. Завершается конфигурирование загрузкой выбранной конфигурации в оборудование, что по сути является настройкой оборудования. Утилиты конфигурирования позволяют осуществлять диагностику оборудования, обнаруживать аппаратные ошибки или неправильный монтаж оборудования [3, 4].

Архитектурой контроллера называют набор его основных компонентов и связей между ними. Типовой состав ПЛК включает центральный процессор, память, сетевые интерфейсы и устройства ввода-вывода.

Процессорный модуль включает микропроцессор (центральное процессорное устройство), запоминающие устройства, часы реального времени и сторожевой таймер.

Огромное разнообразие задач, возлагаемых на ПЛК, и сильная зависимость цены от мощности контроллера являются причиной большого разнообразия используемых в них микропроцессоров — от простых и дешевых Atmel и Microchip до самых высокопроизводительных микропроцессоров серии Intel Pentium, включая двухъядерные и четырехъядерные.

В ПЛК используются 8-, 16- и 32-разрядные микропроцессоры. Восьмиразрядные микропроцессоры пользуются большим успехом в малопроизводительных ПЛК для несложного алгоритмического управления небольшими технологическими аппаратами, станками, построения межсетевых шлюзов [2]. Их достоинством является высокая надежность, связанная с предельной простотой программного обеспечения. 16- и 32-разрядные микропроцессоры используются в высокопроизводительных контроллерах.

Кроме разрядности, основными характеристиками микропроцессоров в ПЛК являются архитектура, тактовая частота, наличие операций с плавающей точкой, типы поддерживаемых портов ввода-вывода, температурный диапазон работоспособности и потребляемая мощность.

Модули ввода. Современный модуль ввода имеет свой собственный микроконтроллер (процессор), который выполняет непрерывный циклический опрос всех своих каналов и помещает полученные данные в буфер. При поступлении в модуль команды считывания значений со входов собранные данные передаются из буфера модуля в процессорный модуль ПЛК, где помещаются в определенную область ОЗУ. Таким образом, работа процессорного модуля ПЛК и модуля ввода осуществляется асинхронно.

Существует несколько уровней и способов опроса множества каналов ввода. Опрос модулей может выполняться циклически с одинаковой частотой для всех модулей или с разной частотой. Второй вариант позволяет уменьшить загруженность шины, по которой выполняется обмен данными между модулями ввода и процессорным модулем. Однако в силу своей простоты наибольшее распространение получил циклический опрос модулей ввода. Если по алгоритму работы системы автоматизации используются только несколько каналов модуля, то для увеличения быстродействия системы неиспользуемые каналы можно замаскировать (исключить их из процедуры опроса).

Работа ЦПУ выполняется циклически под управлением операционной системы.

Фазы циклической обработки программы:

1. Операционная система запускает время контроля цикла;
2. ЦПУ записывает значения из отображения процесса на выходах в модуль вывода;
3. ЦПУ считывает состояние входов на модулях ввода и обновляет отображение процесса на входах;
4. ЦПУ обрабатывает прикладную программу и исполняет указанные в программе команды;

В конце цикла ОС выполняет стоящие на очереди задачи, например, загрузку и стирание блоков, статус блоков, прием и передачу глобальных данных.

Время, необходимое для выполнения всех перечисленных операций, называется циклом сканирования или временем цикла. Время цикла является величиной переменной и может меняться от цикла к циклу. В начале каждого цикла ОС перезапускает счетчик времени цикла.

Пакет программного обеспечения Step 7 Lite позволяет структурировать пользовательскую программу, другими словами, разбивать

программу на отдельные блоки. Такой подход имеет следующие достоинства:

1. Упрощается чтение больших программ;
2. Можно стандартизировать отдельные блоки программы;
3. Упрощается структура программы;
4. Упрощается внесение изменений в программу;
5. Упрощается отладка, поскольку можно тестировать отдельные блоки;
6. Ввод в действие становится значительно проще.

ОВ, FB, SFB, FC и SFC содержат блоки программы и поэтому также называются логическими блоками. Допустимое количество блоков каждого типа и длина блоков зависит от типа ЦПУ.

Организационные блоки являются интерфейсом между операционной системой (ОС) и программой пользователя. Они вызываются ОС, обеспечивают исполнение циклической программы и программы с прерываниями, управляют запуском ПЛК, обеспечивают обработку ошибок. Программы организационных блоков определяют реакцию ЦПУ.

Организационные блоки определяют очередность, в которой исполняются отдельные блоки программы. Выполнение блока может быть прервано вызовом другого ОВ. Иерархия вызовов определяется приоритетами ОВ. ОВ с большим приоритетом может вызвать прерывание ОВ с более низким приоритетом. Фоновый ОВ имеет низший приоритет.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы была изучена техническая документация и литература по теме программируемых логических контроллеров, в частности контроллеров фирмы Siemens, исследована аппаратная часть контроллеров, а именно виды архитектур, а также рассмотрены различные виды интерфейсов связи контроллеров. Исследовано программное обеспечение и способы диагностики рассматриваемого агрегата.

### ***Список литературы***

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015610601 Российская Федерация. Модуль коммуникационного канала ЧПУ-ПЛК «АксиОМА-ТСР» для исполнения

- на ПЛК под управлением среды CoDeSys: № 2014661652: заявл. 18.11.2014: опубл. 14.01.2015 / Г. М. Мартинов, Н. В. Козак, Р. А. Абдуллаев, С. В. Богданов; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН».
2. Егоров А. А., Петров И. В. Программировать ПЛК просто, быстро и эффективно — иллюзия или реальность? // Промышленные АСУ и контроллеры.— 2005.— № 7.— С. 57–61.
  3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020660575 Российская Федерация. Программное обеспечение ПЛК СЛА УДП: № 2020619675: заявл. 28.08.2020: опубл. 07.09.2020 / Н. Н. Кобызев; заявитель Публичное акционерное общество «Транснефть» (ПАО «Транснефть»), Акционерное общество «Транснефть — Верхняя Волга» (АО «Транснефть — Верхняя Волга»).
  4. Кадыров Т. И., Кузнецов Д. Д., Уснунц-Кригер Т. Н. Моделирование гидродинамических процессов кристаллизатора МНРС с помощью ANSYS CFX // Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 126–131.

## **МОДИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ НА УЧАСТКЕ ФИНИШНОЙ ОТДЕЛКИ СВАРНЫХ ТРУБ**

*Г.А. Митьков, П.А. Зуев, С.В. Пантелеев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

***Аннотация.** В статье проанализирована модификация системы отслеживаемости труб на участке финишной отделки сварных труб, так же рассмотрены пути модернизации существующей системы.*

**Ключевые слова:** модернизация, сварные трубы, штрих-код, компьютерное зрение, искусственный интеллект.

В современном мире, где промышленное производство играет ключевую роль в экономике, производители сталкиваются с рядом вызовов, которые требуют непрерывного совершенствования и оптимизации производственных процессов. Один из таких вызовов — обеспечение высокого уровня качества продукции. В этой связи все большую роль играют системы контроля качества, такие как системы прослеживаемости, которые позволяют отслеживать процесс производства и выявлять дефекты на ранних стадиях.

Системы прослеживаемости также помогают улучшать производительность, снижать затраты и повышать эффективность производства. Они позволяют контролировать весь жизненный цикл продукции, начиная от поставки сырья и заканчивая поставкой готовой продукции на рынок, что упрощает процессы управления и позволяет улучшать качество продукции. Важным преимуществом систем прослеживаемости является их способность быстро и точно определять местонахождение продукции, что помогает в решении проблем логистики и улучшении цепочки поставок. Кроме того, системы прослеживаемости позволяют повысить прозрачность производства и удовлетворить потребности потребителей в информации о продукте, что способствует улучшению репутации компании и увеличению лояльности клиентов. В целом, системы прослеживаемости являются необходимым компонентом современных производственных процессов и помогают компаниям сохранять конкурентоспособность и достигать новых высот в оптимизации производства [1].

Существующие системы прослеживаемости могут быть модифицированы для улучшения их возможностей и решения некоторых из недостатков.

Также можно рассмотреть возможность внедрения более продвинутых технологий, таких как системы компьютерного зрения и искусственного интеллекта, которые позволят автоматически определять расположение труб и обнаруживать любые отклонения от стандартов качества.

Другой вариант модификации системы прослеживаемости — улучшение ее масштабируемости и гибкости. Это может быть до-

стигнуто путем создания централизованной базы данных, которая будет хранить информацию обо всех трубах на производственной линии, а также обновляться в режиме реального времени.

Наконец, можно рассмотреть возможность улучшения интерфейса пользователя и доступности системы для работников, которые могут использовать мобильные приложения или порталы для быстрого доступа к необходимой информации.

Существующую виртуальную систему прослеживаемости на производстве труб можно добавить отслеживание по штрих-коду каждой трубы. Для этого необходимо установить специальное оборудование, которое будет сканировать штрих-код каждой трубы при ее перемещении на производстве [2].

Каждый штрих-код будет содержать уникальный идентификационный номер трубы, который будет связан с базой данных системы прослеживаемости. При сканировании штрих-кода, система будет автоматически обновлять информацию о перемещении трубы на производстве и сохранять данные о выполненных операциях.

Добавление отслеживания по штрих-коду улучшит систему прослеживаемости на производстве труб, так как это позволит упростить процесс идентификации труб и уменьшить вероятность ошибок. Также это позволит быстрее обнаруживать и устранять проблемы на производстве и повышать эффективность процесса производства.

Для добавления отслеживания по штрих-коду необходимо реализовать несколько шагов:

Присвоение штрих-кода каждой трубе: для этого необходимо распечатать или нанести на трубу уникальный штрих-код, который соответствует ее уникальному номеру в базе данных системы.

Сканирование штрих-кода: при прохождении трубы через определенные точки производства, например, перед началом каждого этапа финишной обработки, штрих-код может быть отсканирован с помощью специального сканера. Сканер отправляет информацию о трубе в базу данных системы.

Обновление данных о трубе: после сканирования штрих-кода, система обновляет данные о трубе в ее электронной карте. Это позволяет отслеживать процесс обработки каждой трубы более точно и быстро.

Идентификация трубы по штрих-коду: при необходимости проверки качества или поиске определенной трубы, система позволяет



быстро идентифицировать трубу по ее штрих-коду. Это упрощает процесс поиска нужной трубы и повышает точность отслеживания ее процесса производства.

Таким образом, добавление отслеживания по штрих-коду каждой трубы позволяет дополнить существующую виртуальную систему прослеживаемости на ОАО ВМЗ и улучшить ее эффективность и точность.

Важно, чтобы система прослеживаемости на участке финишной отделки труб включала:

Возможность отслеживания данных и результатов проверок качества, включая информацию о сырье, используемом в производстве, параметрах обработки труб на участке финишной отделки.

Отслеживание всех операций и перемещений труб на участке финишной отделки с использованием специализированного программного обеспечения, которое должно обеспечивать точность и достоверность получаемой информации.

Обязательное использование уникальных идентификационных меток на каждой трубе, которые должны содержать всю необходимую информацию о трубе, включая данные о сырье, дате производства, параметрах обработки и результаты проверки качества.

Возможность быстрого реагирования на отклонения в качестве продукции и принятие мер для их устранения [3].

Систему архивирования данных, позволяющую хранить информацию о каждой трубе и ее производственном пути на протяжении всего срока эксплуатации. Это может быть полезно для отслеживания и устранения проблем, связанных с качеством продукции, а также для выполнения требований нормативных актов в области промышленной безопасности.

В случае выявления некачественных изделий, система прослеживаемости должна позволять быстро идентифицировать и изолировать проблемные партии, чтобы минимизировать риски для потребителей и максимизировать эффективность производства.

Преимущества использования штрих-кодов в системах прослеживаемости для труб включают:

Удобство и простоту использования: Штрих-коды могут быть легко нанесены на каждую трубу, а затем быстро и точно отсканированы в любом месте на производственной линии.

Высокую точность и надежность: Использование штрих-кодов позволяет идентифицировать каждую трубу с высокой точностью и минимизировать ошибки и потери.

Ускоренный процесс: Штрих-коды позволяют быстро отсканировать каждую трубу, что позволяет ускорить процесс производства и сократить время, затрачиваемое на прослеживание каждой трубы.

Возможность считывания на расстоянии: Некоторые штрих-коды могут быть отсканированы на расстоянии, что позволяет облегчить процесс отслеживания труб, не требуя физического контакта.

Недостатки использования штрих-кодов в системах прослеживаемости включают:

Ограниченную емкость: Штрих-коды могут содержать ограниченное количество информации, что может быть проблемой для сложных систем прослеживаемости.

Потребность в сканере: Для чтения штрих-кодов требуется камера (сканер), который может быть дополнительной стоимостью и занимать дополнительное место на производственной линии.

Чувствительность к повреждениям: Штрих-коды могут быть повреждены или стерты, что может привести к ошибкам в процессе прослеживаемости.

Ограниченные возможности настройки: Штрих-коды могут быть ограничены в возможностях настройки и не могут быть легко изменены, если требуется изменение системы прослеживаемости.

Одним из преимуществ использования штрих-кодов в системах прослеживаемости является возможность быстрого и точного идентифицирования каждой трубы в процессе производства.

В целом, использование штрих-кодов может быть эффективным решением для повышения точности и эффективности системы прослеживаемости в производстве труб. Однако, для максимальной эффективности необходимо учитывать все преимущества и недостатки данного подхода и адаптировать его к конкретным условиям и потребностям предприятия.

### ***Список литературы***

1. Смирнов М. Н. Применение цифрового двойника с AR-сопровождением на трубном производстве // Автоматизация в про-

- мышленности.— 2021.— № 7. — С. 21–24. — DOI 10.25728/avtprom.2021.07.05.
2. Данилин С. Н., Щаников С. А., Борданов И. А., Пантелеев С.В. // Прикладные вопросы формирования и обработки сигналов в радиолокации, связи и акустике: Сборник тезисов докладов XI научно-практического семинара, в рамках Всероссийских открытых Армандовских чтений «Муром 2020», Муром, 23–25 июня 2020 года. — Муром: Муромский институт (филиал) Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 2020. — С. 32–34.
  3. Перегудова О. А. Робастная стабилизация движений нелинейных механических систем на основе интегрального управления // Устойчивость и колебания нелинейных систем управления (конференция Пятницкого): Материалы XIV Международной научной конференции, Москва, 30 мая — 01 июня 2018 года / Редактор В.Н. Тхай. — Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2018. — С. 321–324.

## **РОЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

*Д.Д. Чугунов, Д.В. Мазурин, Н.В. Холодова*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе охарактеризованы особенности развития автоматизации. Приведена структура автоматизации технологических процессов. Предложены пути развития отрасли автоматизации.

**Ключевые слова:** автоматизация, технологический процесс, роль автоматизации.

Современный человек вряд ли может представить себе жизнь без гаджетов и девайсов. Они не только существенно упрощают будни, но и позволяют отрегулировать ряд процессов, устранив необходи-

мость самостоятельного решения некоторых задач, благодаря чему технологический процесс может обходиться без непосредственного участия человека. Человек в данном процессе принимает только самые важные решения [1].

В погоне за эффективной и экономичной работой бизнеса владельцы нередко прибегают к следующим манипуляциям:

- Сокращают штат;
- Увеличивают производительность (например, заставляют оборудование функционировать круглосуточно, тем самым исключая простой);
- Нарращивают прибыль (нередко пренебрегая переналадкой и ремонтом);
- Экспериментируют с качеством;
- Сокращают объемы незавершенных производств;
- Минимизируют расходы на сырье;
- Снижают себестоимость производимых товаров;
- Пытаются сделать рабочие места более безопасными [2].

Автоматизация позволяет ликвидировать такую распространенную проблему, как человеческий фактор. Иными словами, бизнесмены начинают экономить на персонале, выбирая более эргономичные и рациональные варианты перераспределения ресурсов. Подавляющее большинство зарубежных организаций роботизируют собственное производство на основе четко выверенной стратегии. Иными словами, они налаживают и координируют решение базовых рутинных задач, что позволяет в разы быстрее достигать глобальных целей. Для выявления того, что требуется решать, предварительно оцениваются разнообразные позиции, параметры и показатели. Например, как соотносятся заявленная стоимость и общая результативность и т. п. Сравнение помогает понять, принесет ли роботизация реальную выгоду [3].

Довольно часто автоматизация нуждается в перестройке или реинжиниринге процессов. А это, как известно, сопровождается огромными расходами, требует от управленцев особых знаний, навыков и компетенций. Помочь в решении подобных проблем может систематизация бизнеса с параллельным масштабированием. Благодаря этому руководитель, с одной стороны, выходит из операционной системы, освобождая время для более сложных интеллектуаль-

ных задач, а с другой — расширяет собственное дело, одновременно наращивая прибыль.

К сожалению, в современных российских реалиях расширение не всегда означает увеличение прибыльности или рентабельности. К тому же многие техпроцессы роботизируются некорректно или неосмысленно.

**Программируемые системы:** В последние годы их качество удалось существенно повысить за счет использования дополнительных машинных кодов, микроконтроллеров, а также вычислительных установок. В рамках масштабных промышленных комплексов они имеют конкретное и строго определенное предназначение — управляют и оптимизируют внутреннюю деятельность, оценивают и сравнивают результаты лабораторных и производственных испытаний.

**Агрегаты и механизмы:** Данные элементы полностью отвечают за реализацию базовых действий и операций. Являются инновационными электрическими, пневматическими гидравлическими установками. Роботизация требует замены всех устаревших механизмов более новыми и совершенными — теми, чьи конструкции дополнены специальными, регулируемыми приводами и приспособлениями [6].

**Электродвигатели:** Играют одну из ключевых ролей в автоматизированных системах. Ответственны за формирование базы большинства приводов, а также корректное функционирование исполнительных приборов, которые и приводят в движение остальные системные части. Техника, контролирующая такими элементами, способна менять направление производственных органов, притом не снижая скорость выполнения работ. Делает возможным использование бесконтактных техник, основывающихся на полупроводниковых и магнитных принципах [5].

**Щитки и пульты:** Устройства, которые применяются, чтобы управлять всеми организационными запчастями, стандартными агрегатами и приспособлениями. Их функционал довольно скуден, если оценивать в параметрах, однако настройкам это не мешает. Все конструкционные детали выполняются в форме правильных прямоугольников, которые находятся непосредственно над средствами роботизации. Что примечательно, гаджеты-пульты предназначаются для осуществления дистанционного контроля [4].

Таким образом, роль автоматизации технологических процессов (техпроцессов и производств) невозможно переоценить. Это одно из ключевых мероприятий, которое должно реализовываться на производствах. Именно оно обеспечивает конкурентоспособность в условиях постоянно меняющегося и нестабильного рынка, а также повышает эффективность, одновременно снижая негативное воздействие человеческого фактора, нередко провоцирующего появление браков и всевозможных сбоев.

### *Список литературы*

1. Серебряков А. С., Семенов Д. А., Чернов Е. А. Автоматика: Учебник и практикум.— 2-е изд., пер. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023.— 476 с.— (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15043-8.
2. Ицкович Э. Л. Проведение работ по автоматизации производства: учет и применение стандартов автоматизации технологического производства // Автоматизация в промышленности.— 2019.— № 7. — С. 3–9.
3. Система автоматизации на производстве: репортаж с действующего производства // — 2021.— № 4(128). — С. 4–12.
4. Алтынбаев Р. Б., Султанов Н. З. Инновации в автоматизации технологических процессов и производств: Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств; Оренбургский государственный университет. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2018.— 191 с. — ISBN 978-5-7410-2068-5.
5. Автоматизация производства: Учебник / О. С. Колосов, А. А. Есюткин, Н. А. Прокофьев [и др.].— 1-е изд.. — Москва: Издательство Юрайт, 2019.— 291 с.— (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10317-5.
6. Ахмадуллина А. Ю., Гумерова А. И. Автоматизация процессов технической и технологической подготовки производства // Фун-

даментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности: Сборник статей Всероссийская научно-техническая конференция, Казань, 14–15 ноября 2019 года / под. ред. Л. Н. Абуталиповой. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2019. — С. 471–473.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВИРТУАЛЬНЫХ ПЛК

*С.А. Власова, А.И. Синева, Т.Н. Уснуиц-Кригер*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье проанализированы возможности и методы реализации виртуальных ПЛК. Приведено сравнение виртуальных ПЛК с реальными.

**Ключевые слова:** виртуальные ПЛК, реальные ПЛК, оперативная память компьютера, языки программирования ПЛК.

Программируемые логические контроллеры (далее ПЛК) — специальная разновидность ЭВМ. Чаще всего ПЛК используют для автоматизации технологических процессов. В качестве основного режима работы ПЛК выступает его длительное автономное использование, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, без серьезного обслуживания и практически без вмешательства человека.

Современные ПЛК включают в себя множество возможностей и функций, при помощи которых можно реализовать задачи различной сложности, требующих быстрой реакции, вычислений или высокой точности. Самыми ходовыми контроллерами, как зарубежными, так и отечественными, на данный момент являются Овен 63/73, Tdm electric ПЛК12А230, Segnetics Smh2g, Electric M171/172, Овен 110-ms4, Siemens EM 241 [1].

Перспективной ветвью развития ПЛК может стать их виртуализация. Виртуальные ПЛК обладают рядом преимуществ перед физическими контроллерами. В их число входит экономический аспект, так как виртуализированные ПЛК, реализованные через ПК или

сервер предприятия, позволит сэкономить денежные средства на закупку и обслуживание реальных ПЛК. Так же одним из положительных сторон виртуальных контроллеров является повышенная доступность для написания или исправления кода ПЛК. Однако из-за доступности к коду возникает проблема безопасности.

На данный момент существуют несколько сред для симуляции работы ПЛК: OpenPLC, WPSOft, TIA Portal, Do-More, я-ТриЛОГИ и другие [5].

В общем случае структура ПЛК состоит из трех частей: модуль ввода, центральный модуль и модуль вывода.

Модуль ввода предназначен для ввода данных или для поступающих управляющих сигналов, которые после заданной обработки в центральном модуле выводятся через модуль вывода к приводам или на элементы мониторинга (дисплеи, сигнализация, тд).

В виртуальном ПЛК на все три модуля выделяется определенное количество оперативной памяти (ОП), зависящее от количества и сложности выполняемых операций в программе. Поэтому для реализации подобных ПЛК на предприятии необходим ПК или сервер с большим количеством ОП [2]. Помимо этого, для быстрой работы необходимы достаточно мощные процессоры, которые будут обрабатывать поступающие сигналы. Так же необходимо установить программу, симулирующую работу ПЛК.

Существует несколько языков для программирования ПЛК: Язык лестничной логики (LAD), Диаграмма функциональных блоков (FBD), Библиотека стандартных шаблонов (STL) и Язык структурированного контроля (SCL) [4]

Синтаксис языка LAD удобен для замены логических схем, выполненных на релейной технике. Ориентирован на инженеров по автоматизации, работающих на промышленных предприятиях. Обеспечивает наглядный интерфейс логики работы контроллера, облегчающий не только задачи собственно программирования и ввода в эксплуатацию, но и быстрый поиск неполадок в подключаемом к контроллеру оборудовании [3].

В языке FBD каждая отдельная цепь представляет собой выражение, составленное графически из отдельных элементов. К выходу блока подключается следующий блок, образуя цепь. Внутри цепи блоки выполняются строго в порядке их соединения. Результат вы-



числения цепи записывается во внутреннюю переменную либо подается на выход ПЛК.

Язык STL представляет собой набор согласованных обобщенных алгоритмов, контейнеров, средств доступа к их содержимому и различных вспомогательных функций в C++. SCL является высокоуровневым текстовым языком, основанным на языке PASCAL.

Виртуальные ПЛК обладают рядом значительных преимуществ перед реальными, но требуют значительных затрат на соответствующее оборудование. Это ставит под сомнение вопрос выгоды переноса производственных алгоритмов с материальных ПЛК на виртуальные. Так же из-за более легкого доступа к коду возникает проблема безопасности кода. Помимо этого, у виртуальных ПЛК может возникнуть задержка выходного сигнала, что может привести к опасным последствиям на предприятии.

Однако ВПЛК могут хорошо послужить при построении подробной виртуальной модели автоматизированного технологического процесса. Доступность ВПЛК в программе-симуляторе позволит более точно определиться с выбором контроллеров для конкретных задач.

### ***Список литературы***

1. Рыбалев А. Н. Компьютерное моделирование нетиповых законов регулирования для программируемых логических контроллеров // Информатика и системы управления.— 2016.— № 4(50). — С. 33–43. — DOI 10.22250/isu.2016.50.33–43.
2. Зюбин В. Е. Итерационная разработка управляющих алгоритмов на основе имитационного моделирования объекта управления // Автоматизация в промышленности.— 2010.— № 11. — С. 43–48.
3. Рыбалев А. Н. Реализация и компьютерное моделирование алгоритмов регулирования с транспортным запаздыванием для программируемых логических контроллеров // Информатика и системы управления.— 2017.— № 2(52). — С. 12–24. — DOI 10.22250/isu.2017.52.12–24.
4. Рыбалев А. Н., Николаец Рыбалев Ф. А. Разработка и эмулирование АСУ ТП с использованием программ разных производителей и типов.— 2014.— № 65. — С. 73–82.

5. Митин В. А., Соколов Д. Ю., Савчиц А. В. Обзор и Сравнение двух разрабатываемых стендов по направлению обучения работы с ПЛК, как двух разных подходов (методов) обучения // Научно-технический вестник Поволжья.— 2020.— № 5. — С. 68–71.

## **ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РФ**

**С.В. Сиваев, Г.А. Митьков, П.А. Зуев**

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *Цифровая трансформация производства — мировой тренд. Он не обошел стороной и Россию. Переход на «цифру» дает предприятиям преимущества перед конкурентами, помогает наращивать производство и в конечном итоге играет огромную роль в развитии экономики страны. Понимая это, российские власти начали процесс цифровизации, за реализацию которого с 2019 года отвечает национальный проект «Цифровая экономика». С подачи проекта промышленные гиганты и небольшие предприятия активно взялись за цифровизацию своих производственных процессов.*

**Ключевые слова:** *металлургия, цифровизация, Магнитогорский металлургический комбинат, Северсталь.*

В отрасли черной металлургии основная конкурентная борьба разворачивается между 4 основными «гигантами» с годовыми объемами производства более 10 млн тонн стали: ЕвразХолдинг, НЛМК, ММК, Северсталь. Их доля на рынке составляет соответственно: 19,7%, 18,5%, 18% и 16,3%. Эффективность металлургических предприятий достигается за счет многих факторов: благодаря высокому уровню автоматизации и роботизации; использованию больших массивов данных для оптимизации процессов; высокому уровню сервиса у поставщиков; сохранении лидерства по себестоимости [1].

Масштабная цифровизация идет в крупнейших промышленных компаниях не первый год, металлургические предприятия не стали исключением. В цифровой формат переведены важнейшие операции в рамках вертикальной цепочки формирования стоимости и опера-

ции по работе с партнерами в рамках цепочки поставок. Ведущие металлургические предприятия ежегодно инвестируют в цифровые решения более 4% выручки. При этом планируемый результат будет достигнут в течение 5 лет.

На протяжении многих лет цифровизация в металлургической отрасли считалась вспомогательным средством развития производственных и управленческих операций. В современных условиях обеспечить достижения амбициозных планов компании без нее невозможно. Благодаря цифровым решениям удастся повысить уровень загрузки производственных мощностей, обеспечить маневренность поставок с контрагентами.

Цифровизация позволяет охватить всю цепочку создания стоимости, дает возможность объединить данные в цепочке с поставщиками и клиентами в режиме реального времени, улучшить процессы послепродажного обслуживания. Благодаря современным возможностям цифровизации и автоматизации появились способы, которые помогают компаниям достичь улучшения показателей производительности, а также повысить качество изготовления продукции и проектирования [2].

Рассмотрим некоторые из них:

«Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК): Цифровизация на ММК — это не революционный, а эволюционный процесс, — подчеркивает директор по экономике ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» Андрей Еремин. Цифровизация изменила наш подход к данным, которые генерирует бизнес. Сегодня данные для нас — это такие же активы, как и прокатные станы или печи, и ими необходимо управлять».

В 2015 году ММК запустил стратегическую инициативу по работе с «большими данными», что стало первым шагом на пути к цифровизации, рассказывает директор: «Мы генерируем огромные объемы данных по всем производственным направлениям. Необходимо учиться собирать наши данные и работать с ними, именно поэтому мы стали запускать цифровые инициативы».

Постепенно, по мере развития цифровых технологий, ММК сформировал свою стратегическую инициативу для Индустрии. В 2019 году, с целью структурирования, синхронизации и приоритизации существующих инициатив ММК совместно с консалтинговой

компанией Deloitte СНГ разработал пятилетнюю стратегию цифровизации.

В первую очередь ММК перешел на новую версию системы планирования использования ресурсов на предприятии (ERP) Oracle и внедрил цифровые системы управления на всех производственных линиях, что создало базу для дальнейшего цифрового развития. Следующим шагом стало создание централизованного хранилища корпоративных технологических данных. Ранее все данные хранились на разных серверах.

На базе нового подхода к хранению данных ММК создал корпоративную систему управления технологиями и качеством, оптимизации планирования продаж, составления графика производства и выполнения заказов. «Раньше многие процессы управлялись вручную, но в таком случае неизбежен человеческий фактор: люди не могут обрабатывать такой большой объем информации». Теперь эти процессы, от размещения заказа до его выполнения и оптимального планирования производства, осуществляются и контролируются машинами» [3].

ПАО «Северсталь»: 4 марта 2020 года ПАО «Северсталь» сообщила, что в 2020 году планирует инвестировать в инициативы в области ИТ и диджитал 6,7 млрд рублей, что на 7% больше, чем в 2019 году. В 2020 году перед специалистами компании поставили задачу разработать решения в сфере управления материальными потоками и качеством готовой продукции. В частности, предстоит построить модели информирования клиентов, а также развить решения по интегрированному планированию и автоматической аттестации продукции. Кроме того, «Северсталь» сосредоточится на создании автоматизированных решений для производств Upstream и АО «Северсталь-метиз». Для повышения качества передачи данных на производстве будут построены технологические сети, соответствующие как требованиям федерального законодательства, так и внутренним требованиям компании к пропускной способности. Также компания продолжает реализацию ранее начатых инициатив: например, переход подразделений компании на последнее поколение системы SAP ERP — решение SAP S/4HANA и развитие интернет-магазина.

ПАО «Северсталь» продолжает разработку и внедрение интеллектуальных решений, способных предсказывать и детектировать

дефекты продукции, выдавать рекомендации по производственному процессу, а также увеличивать объем производства за счет замены ручного управления агрегатом на управление с использованием технологий искусственного интеллекта. Например, в 2019 году на агрегате поперечной резки № 4 в цехе отделки металла № 2 Череповецкого металлургического комбината (ЧерМК) было внедрено решение на основе нейронной сети для распознавания класса дефектов на металлическом листе. Также с помощью математической модели была автоматизирована средняя часть непрерывно-травильного агрегата № 3, через который проходит половина всего металла, поступающего в холодный прокат на ЧерМК.

Большая часть программы инвестиций «Северстали» направлена на финансирование проектов развития для достижения значительного преимущества в себестоимости базовой продукции в долгосрочной перспективе, предоставления клиентам особых решений, а также увеличения объемов выплавки стали. Инвестиции в сферу ИТ и диджитал призваны поддержать и усилить эти процессы. За последние годы компания удвоила инвестиции в информационные технологии и цифровизацию «Северстали» и видит значительный экономический эффект от реализованных проектов.

«Трубная металлургическая компания» (ТМК): Одним из лидеров металлургической промышленности по внедрению технологии цифрового двойника является ТМК. С помощью этой технологии были разработаны новые резьбовые соединения, разработка и испытания которых сначала проходила виртуально. Также в виртуальной среде совершенствуются и технологии производства продукции. Такой подход позволяет проверять и дорабатывать новые технологии производства, не занимая ресурс предприятия, что ускоряет и удешевляет процесс внедрения технологий.

Благодаря внедрению цифровых близнецов прокатных станков Северского и Воложского трубных заводов компании удалось сэкономить около 500 млн рублей, в основном благодаря уменьшению времени простоя и количества брака. На Северском трубном заводе реализована система машинного зрения для отслеживания дефектов изделий в движении. Для принятия производственных решений на предприятии разрабатывается система сбора и хранения анализа больших данных (Big Data).

В заключении отметим, что в металлургии процессы автоматизации внедряются довольно давно, а на любом производстве всегда старались собирать максимальное количество данных и контролировать процессы. Сегодня цифровизация делает старые производства высокотехнологичными. Очевидно, что по мере развития цифровых технологий компании получают возможность собирать гораздо больший массив данных и анализировать их, создавая единую цифровую модель отрасли.

### *Список литературы*

1. Разсадкин В. Н., Бурмистров А. Н. Трансформация валюты как цифровой экономической системы // Цифровая трансформация экономических систем: проблемы и перспективы (ЭКОПРОМ-2022): сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции с зарубежным участием, Санкт-Петербург, 11–12 ноября 2022 года. — Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. — С. 217–220. — DOI 10.18720/IEP/2021.4/62.
2. Астафьева Ю. А. От цифровой трансформации образования к цифровой трансформации бизнеса // Цифровизация высшего образования в России: перспективы и проблемы: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 17 февраля 2022 года. — Москва: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2022. — С. 33–41.
3. Управление цифровой трансформацией архитектурой предприятий и рисками цифровых трансформаций: Учебник / Ю. В. Забайкин, Д. А. Лунькин, А. Н. Лунькин. — Москва: National Research, 2022. — 236 с. — ISBN 978–1–952243–41–7. — DOI 10.25726/x5427–0228–7978-d.

## АНАЛИЗ РАБОТЫ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ “МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ — ВАКУУМНЫЙ ПЕРЕКЛАДЧИК”

*А.И. Синева, С.А. Власова, Т.Н. Уснуиц-Кригер*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе был выполнен анализ работы ПЛК на лабораторном стенде “Мехатронный модуль — вакуумный переключатель”. Рассмотрено аппаратное и программное обеспечение, используемое в установке.

**Ключевые слова:** автоматизация, программируемый логический контроллер.

Программируемые логические контроллеры широко применяются в сфере промышленной автоматизации разнообразных технологических процессов, в энергетике, химической промышленности, добыче и транспортировании нефти и газа, в системах безопасности, производстве продуктов питания и т.д.

В исследуемом лабораторном стенде «Мехатронный модуль — вакуумный переключатель» используется ПЛК фирмы Simatic S7-1200 CPU 1214C [2]. В исследуемой установке используется ПЛК моноблочный с возможностью подключения модулей расширения. Моноблочные контроллеры являются наиболее распространенными. Они представляют собой микропроцессорное устройство в едином конструктиве которого располагаются: источник питания, ЦП, память, включая память программ, память переменных, как правило энерго-независимы, встроенные порты для выхода в сеть фиксированное число каналов аналогового или дискретного ввода-вывода [1].

Упрощенно интерфейсы в промышленных программно-логических контроллерах — это «посредники-переводчики» между «мозгом» контроллера — центральным процессором и датчиками, исполнительными механизмами, другими контроллерами, серверами.

Интегрированный PROFINET-порт ЦПУ поддерживает несколько коммуникационных стандартов по Ethernet-сети:

- Transport Control Protocol (TCP)
- ISO on TCP (RFC 1006)
- User Datagram Protocol (UDP)

S7-1200 ЦПУ поддерживает протоколы, такие как DCP, чтобы обнаружить устройства и обеспечить основные настройки, а также LLDP для обнаружения и управления локальными взаимодействиями между PROFINET — устройствами. Интерфейсы PROFINET устанавливают физическое соединение между устройством программирования и CPU. Так как в CPU встроена функция автоматического распознавания приемного и передающего кабелей (Auto-Cross-Over), то для интерфейса может быть использован как стандартный, так и перекрестный кабель Ethernet. Для непосредственного присоединения устройства программирования к CPU коммутатор Ethernet не требуется [6].

В исследуемой установке внешними функциональными узлами являются:

1. Компьютер с программным обеспечением TIA Portal с S-7 PLCSIM с помощью Ethernet;
2. Плата аналогового вывода SB 1232 AQ, аналоговый выход которой подключен к цифровому индикатору на моноблоке.
3. Терминал подключения мини-терминалов UT-MIO-M01 к ПЛК UT-CRP-M01 через кабель IEEE 488;
4. Мини-терминалы UT-MIO-M01, подключаемые к UT-CRP-M01 через кабели D-Sub по RS-232 [4, 5].

Для программирования контроллера используется STEP 7, который предлагает удобную для пользователя среду, чтобы разрабатывать, редактировать и осуществлять наблюдение за логикой, необходимой для управления приложением, включая инструменты для управления и конфигурирования всех устройств в проекте, таких как устройства HMI и контроллеры. STEP 7 предлагает стандартные языки программирования LAD, FBD, SCL. STEP 7 является программным компонентом TIA Portal, предназначенным для программирования и конфигурирования [3].

### ***Список литературы***

1. Носиков А. Ю. Обзор контроллеров фирмы SIEMENS серии 1200.— 2021.— № 12. — С. 28–31.



2. Бобырь М. В., Дородных А. А., Якушев А. С. Устройство и программная модель управления пневматическим мехатронным комплексом // Мехатроника, автоматизация, управление.— 2018. — Т. 19, № 9. — С. 612–617. — DOI 10.17587/mau.19.612–617.
3. Музылева И. В., Музылев К. А. Программирование в TIA Portal: Учебное пособие; Рецензенты: кафедра общей электроники ФГБОУ «Санкт-Петербургский горный университет»; Ю.С. Слепокуров канд. техн. наук, доц. кафедры информатики и вычислительной техники Международного института компьютерных технологий. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2019.— 50 с. — ISBN 978–5–88247–924–3.
4. Ногинова Л. Ю. Математическая модель для адаптивной системы аутентификации // Доклады ТСХА, Москва, 03–05 декабря 2019 года. Том Выпуск 292, Часть III. — Москва: Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. — С. 317–321.
5. Bardovsky A. D., Gerasimova A. A., Basyrov I. I. The Work of a Separation Screen with Parametric Sieve Excitation // Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020): Серия: LECTURE NOTES IN MECHANICAL ENGINEERING, Chelyabinsk, 18–22 мая 2020 года. Vol. 1. — Chelyabinsk: Springer Science+Business Media B.V., Formerly Kluwer Academic Publishers B.V., 2021. — P. 615–622. — DOI 10.1007/978–3–030–54814–8\_71.
6. Мокрецова Л. О., Маняхин Ф. И. Компьютерные тренажеры как универсальное средство получения практических навыков инженерной подготовки // Современное образование: содержание, технологии, качество.— 2022. — Т. 1. — С. 62–64.

## АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ И ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Д.А. Сухарев, К.С. Шибанов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе рассмотрены аддитивные технологии, применяемые в производстве. Приведена классификация этих технологий, проанализирован исходный материал и его состояние, определены направления развития данной технологии. Также в статье проиллюстрировано применение аддитивных технологий в керамическом производстве и в производстве деталей летательных аппаратов.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, SLM-способ, керамические изделия, AM-технологии, летательные аппараты.

Современные темпы развития промышленности требуют выбора технологий производства, требующих наименьших затрат и выполняемых в кратчайшие сроки. Наряду с новыми и передовыми технологиями можно отметить стремительный рост внедрения аддитивных технологий. Однако наряду с развитием и внедрением существует также ряд проблем, связанных с применением данных технологий. Попробуем разобраться, что же такое аддитивные технологии, чем они отличаются от традиционных и каковы их плюсы и минусы.

Существует огромное количество определений, так или иначе характеризующие аддитивные технологии. В общем, под аддитивными технологиями понимают (AM — Additive Manufacturing, AF — Additive Fabrication) технологии, которые позволяют изготавливать изделия за счет послойного синтеза, или послойного выращивания изделий по цифровой 3D-модели.

В отличие от традиционных технологий изготовления деталей методом вычитания материала из заготовки, использование аддитивных технологий подразумевает построение детали путем добавления слоя за слоем до получения готового изделия. Если при обработке по традиционным технологиям обработки деталей отходы ма-

териала иногда превышают 70%, то при использовании аддитивных технологий этот показатель стремится к нулю.

Сегодня, пожалуй, нет ни одной области, где бы не нашли применение аддитивные технологии: машиностроение, авиапромышленность, медицина, энергетика и электротехника.

Мировыми лидерами в области аддитивных технологий на сегодняшний день являются США, открывшие у себя более 15 институтов специального назначения и занимающие более 50% рынка. С многократным отставанием идут Япония, Германия и Китай. Россия же находится в этой нише только на одиннадцатом месте и только начинает развиваться в этом направлении. По статистике 2015 года, российские ученые подали заявку на 131 патент в данной отрасли, и это только 0,14% всех патентов.

Приведем классификацию аддитивных технологий. В настоящее время АМ-технологии представлены несколькими способами печати, которые различаются исходным материалом и принципом его нанесения (таблица 1).

В таблице 1 представлена классификация аддитивных технологий в зависимости от исходного материала и его состояния.

По принципу формирования детали выделяют два направления развития аддитивных технологий:

1. Формирование детали происходит за счет объединения материала, находящегося на рабочей поверхности платформы технологического оборудования (Bed deposition). После окончания процесса изготовления остается некоторый объем материала, который применяется для формирования последующей детали.

2. Формирования деталей путем прямого осаждения материала (Direct deposition). Готовое изделие формируется послойно за счет разогретого до необходимой температуры материала, поступающего на рабочую платформу из специального распределяющего устройства. Эти процессы заложены в основу многих видов оборудования для аддитивного производства. Аддитивные технологии также известны как 3D-технологии и 3D-печать. Проведем сравнительный анализ основных 3D-технологий:

1. Способ послойного наплавления (FDM-метод). Исходный материал представляет собой пластиковый пруток, подающийся в печатающую головку и пропускаемый через специальное сопло. Головка

**Таблица 1.** Классификация аддитивных технологий в зависимости от исходного материала и его состояния

Состояние материала	Материалы	Процесс
Жидкое	Полимеры	Стереолитография (SL)
		Изготовление объектов послойной наплавки (FDM)
		Струйная печать (IJP)
Порошкообразное	Полимеры, металлы, керамика	3D-печать (3DP) Селективное лазерное спекание (SLS) Прямое лазерное спекание (DMLS)
		Селективная лазерная плавка (SLM)
Твердое	Металлы	Электронно-лучевая плавка (EBM) Прямое нанесение металлов (DMD) Точное лазерное формование (LENS)
	Полимеры, металлы, керамика и композиционные материалы	Послойное изготовление объектов из листового материала (LOM) Произвольное экструзионное формование (EFF)

нагревает материал и подает его на изделие. Электронная система регулирует подачу материала и управляет движением головки и стола. Алгоритм управления печатающей головкой должен предусматривать наплавление слоя полимера безотрывно, что создает некоторые ограничения при изготовлении изделий с закрытыми полостями. Скорость вращения роликов регулирует толщину слоя. Пластик остывает и затвердевает после нанесения.

Плюс: простота процесса и доступность оборудования; возможность собрать принтер самостоятельно; невысокая цена производства; исходные материалы относительно недороги и доступны; большой выбор исходных материалов.

Минус: всегда используются поддержки; требуется дополнительная обработка после окончания печати; невозможность печатать не-

сколько изделий одновременно на одном столе, т.к. головка наносит каждый слой полимера безотрывно.

2. Выборочное лазерное спекание (SLS-метод). Исходными материалами являются порошки, состоящие из частиц пластика, керамики, стекла, металла. Слоем полимера покрывают частицы порошка, что дает возможность спекания. Чтобы избежать температурных перепадов в процессе печати, рабочую камеру и порошок прогревают до равномерной температуры. Разравниватель распределяет порошок равномерным слоем по всей площади, предназначенной для печати. Лазер проходит по тем местам, которые заданы 3D моделью в данном сечении и запекает их. Если используется металлический порошок, готовое изделие подвергается термообработке, чтобы снять внутренние напряжения, удалить полимер и получить моноструктуру.

Плюс: отсутствие поддержек, так как окружающая среда в виде порошка позволяет разрушиться изделию; получение различных вариантов готовых изделий за счет применения металлических или керамических порошков; низкие напряжения и деформации в создаваемых объектах; повторное использование отработанного материала; изготовление нескольких изделий одновременно в рабочей камере.

Минусы: высокая стоимость оборудования и исходного материала; большие энерго- и временные затраты на предварительный подогрев порошка и рабочей камеры; дополнительная механообработка.

3. Выборочное тепловое спекание (SHS-способ). Более дешевый аналог SLS-способа, однако отличие заключается в использовании вместо лазера тепловой печатающей головки. Материал для работы — пластики или металлы с низкой температурой плавления. Готовые детали проходят дополнительную термообработку для повышения прочности.

Плюс: более низкая стоимость оборудования, чем в SLS-способе; засвечивание всего слоя объекта целиком.

Минус: разрешение печати более низкое, чем в SLS-способе; низкая энергоотдача нагревательного элемента; малый диапазон исходных материалов; необходимость последующей обработки изделий.

4. Выборочная лазерная плавка (SLM-способ). Частицы металлического порошка проходят этапы расплавления и сварки между собой. Процесс происходит в герметичной камере, в среде инерт-

ного газа (аргон или азот). Исходными материалы — порошки из нержавеющей и инструментальной стали, сплавов хрома и кобальта, титана, алюминия. Главный критерий используемых материалов — сыпучесть.

Плюс: создание изделий с множеством закрытых полостей, а также объектов с большой площадью поверхности, но малым объемом; практически неограниченная область применения.

Минус: внутренние напряжения в изделии; сфероидизация для некоторых видов сплавов (олово, медь, цинк, свинец); ограничение в использовании материалов с высокой температурой плавления; высокая стоимость оборудования и исходных материалов.

5. Прямое лазерное спекание металлов (DMLS-метод). Оптоволоконные лазеры применяют как нагревательный элемент для спекания порошка. Принцип работы сравним с SLS методом.

Плюс: высокое разрешение печати; использование практически металлов и сплавов в виде порошка не ограничено; нет поддержек; повторное использования порошка; отсутствие ограничений по геометрической сложности изделия; высокая точность исполнения; практическое отсутствие механической обработки изделия; создание нескольких изделий одновременно.

Минус: структура более пористая и прочность ниже, чем у готового изделия по сравнению с традиционными методами обработки металла (точение, фрезерование и др.); высокая стоимость оборудования и исходных материалов.

6. Электронно-лучевая плавка (EBM-метод). Исходный материал — порошок чистого металла, связующего и наполнителя. Это материалы для получения каких-либо специфических свойств. Принцип действия основан на использовании управляемого потока электронов, который генерируется электронной пушкой.

Плюс: отсутствие необходимости термообработки изделия после печати; высокая прочность, сопоставимая с коваными изделиями; более высокая скорость построения, чем при других методах; низкая пористость готовых изделий; отсутствие необходимости поддержек.

Минус: высокие энергозатраты; высокая сложность и стоимость оборудования и исходных материалов; необходимость изоляции печатного устройства вследствие высокой интенсивности излучения.

Выводы: анализ преимуществ и недостатков методов АМ-технологий показал гибкость наиболее востребованных методов аддитивного производства, а также возможности получения конструкций с крайне сложными геометрическими размерами, с внутренними каналами и полостями, потребителями которых являются предприятия авиастроения, промышленной отрасли, медицины и энергетики. Преимущества аддитивных технологий заключается в разнообразии процессов, позволяющих применять их в различных областях производства. Существенным ограничением же является и экономическая составляющая, которая не позволит внедрить аддитивное производство повсеместно [1].

Несмотря на бум аддитивных технологий, можно отметить ряд причин медленного их внедрения: такие как низкий уровень осведомленности кадров о возможностях и перспективах; отсутствие стандартизации (как технологий, так и материалов) и САПР-моделей, регламентов, техпроцессов; сильная коммерциализация методов аддитивных технологий; отсутствие требуемого количества специалистов по методам аддитивного производства и другие.

Методы аддитивного производства не являются простыми, и для работы требуются специалисты в этой области, привлекая молодых специалистов из различных областей машиностроения, управляющих различных уровней, объединяя усилия, а также благодаря господдержке, возможно решение актуальных задач и быстрое приспособление к изменяющимся условиям в мире аддитивных технологий.

Рассмотрим применение аддитивных технологий в производстве керамических изделий. Большое влияние на производство керамических изделий с помощью аддитивных технологий оказывает вид исходного сырья. На сегодняшний день все сырье, применяемое для получения керамических изделий с использованием аддитивных технологий, можно разделить на три основные группы: жидкое сырье, представленное ультрафиолет-отверждаемой коллоидной системой, порошки и пастообразное сырье. Рассмотрим наиболее известные аддитивные технологии производства различных материалов в зависимости от типа сырья.

1. Жидкое сырье. Стереолитография (SLA) — первая коммерчески доступная технология аддитивного производства, характеризуется конверсией жидкой светочувствительной смолы в твердое состоя-

ние путем избирательного воздействия источника ультрафиолетового света. В данном процессе CAD-модель нарезается слоями, каждый из которых затем сканируется ультрафиолетовым светом для выборочного отверждения смолы в каждом поперечном сечении. После того, как слой будет построен, платформа опускается на одну толщину слоя. Затем смола заполняет лезвие поперек поперечного сечения детали, покрывая его одной толщиной слоя свежей смолы. Затем последующий слой сканируется, придерживаясь предыдущего слоя.

Multi-Jet Modeling (MJM) — это процесс аддитивного производства основан на использовании технологии, близкой к струйной печати, но с применением нескольких сопел. Печатающая головка создает струи, ориентированные в линейном массиве. Каждая отдельная струя распределяет ультрафиолетовый отверждаемый полимер (или воск) согласно программе. Головка MJM перемещается вперед и назад, чтобы построить каждый отдельный слой, под потоком ультрафиолетового излучения, чтобы полимер стал твердым. Когда один слой завершен, платформа спускается с толщиной одного слоя, а следующий слой строится на предыдущем слое. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет построена целая часть. Преимуществами процесса MJM являются экономичность, более короткое время печати и удобство использования.

2. Пастообразное сырье. Robocasting — метод аддитивного производства, который с помощью слоев экструдированных водных керамических паст для изготовления трехмерной части. При прокаливании керамическая паста экстрадируется через сопло и осаждается на подложке. После осаждения каждого слоя вертикальная ось системы поднимается на одну толщину слоя, а следующий слой осаждается. Этот шаг не зависит от конфигурации. Контроль свойств пасты необходим для процесса robocasting. Паста высыхает из жидкоподобного состояния в твердое состояние, обычно в течение 10–15 с от осаждения, так что следующий слой может быть нанесен без длительного ожидания. Если паста слишком тонкая, слой будет выдавливаться как жидкие бусины, которые распространяются неуправляемо. Если паста слишком толстая, слой будет выглядеть как веревка. При правильной вязкости и консистенции пасты каждый осажденный слой может представлять собой прямоугольное поперечное сечение с относительно прямыми стенками и плоскими вершинами [2].



3. Порошки. Селективное лазерное спекание (SLS, или лазерное спекание (LS)) представляет собой АМ-процесс, который использует лазерный луч для избирательного плавления и агломерации полимерных частиц в объект путем сканирования поперечных сечений на поверхности слоя порошка. При этом объект имеет 3-мерную форму, основанную на модели САД. После сканирования каждого поперечного сечения его толщина уменьшается, а новый слой материала распределяется сверху. Такая последовательность процесса повторяется до завершения сборки детали. SLS может производить детали из широкого спектра порошковых материалов, включая воск, полимеры, полимерные/стеклянные композиты, полимерные/металлические порошки, металлы и керамику. Механизмы связывания включают спекание в твердом состоянии, химически индуцированное связывание, жидкофазное спекание и частичное плавление. Для металлических и керамических деталей исходные порошки покрывают полимерными веществами или смешивают с полимерными частицами, служащими в качестве связующего. Последующая обработка требуется для удаления связующего вещества и полной агломерации.

Само производство керамических изделий с помощью аддитивных технологий занимает малую долю в промышленности, однако имеется возможность создавать керамические изделия на основе этих технологий, получая, например, алюмооксидную керамику или высокотемпературные композиты на основе Zr и других элементов. Также аддитивные технологии нашли применение при создании деталей камеры сгорания, используемые в машиностроении, при печати фосфат-кальциевой керамики для костной ткани в медицине, а также во многих других областях.

Аддитивные технологии используются также в производстве деталей летательных аппаратов (ЛА). В конструкциях ЛА широко используют сложнопрофильные геометрические элементы, формирующие внутренние поверхности деталей, например, крыльчатки, направляющие и сопловые аппараты ТНА и др. Большую часть заготовок из химически стойких жароупорных и жаропрочных сплавов изготавливают литьем по выплавляемым моделям и электроэрозивной обработкой. Качество поверхности таких заготовок характеризуется повышенной шероховатостью  $Ra = 20 \dots 40$  мкм, большой глубиной термически измененного слоя, наличием трещин, пор

и газов в поверхностном слое и высокими остаточными напряжениями [3].

Требования же к размерной точности, точности формы и взаимного расположения поверхностей и качеству поверхностного слоя (Ra 1,25 мкм — турбина ТНА ... Ra 2,5 мкм — крыльчатка двигателя внутреннего сгорания) таких деталей весьма высоки вследствие повышенных требований к надежности летательных аппаратов, детали которых работают в условиях высоких температур и агрессивных сред.

Конструкция же деталей затрудняет подвод режущего инструмента к внутренним обрабатываемым поверхностям, вызывая необходимость использования нестандартных методов обработки, в частности, технологий 3D-печати.

Технологии 3D-печати позволяют создавать ранее недоступные сложные формы, например, сотовые структуры, криволинейные пространственные поверхности, внутренние каналы имеющие изгибы и прочие поверхности, изготовление которых традиционными способами невозможно или весьма трудоемко.

Из всего многообразия видов 3D-печати, распространенных в настоящее время для изготовления изделий ЛА, работающих в условиях агрессивных сред под высокими динамическими нагрузками, на наш взгляд, может быть интересна технология SLM-печати, позволяющая получить наиболее точные и прочные изделия с плотной внутренней структурой.

Изделия, полученные селективным лазерным плавлением, в некоторых случаях прочнее литых на 2–12%. Это можно объяснить малым размером зерен и микроструктурных составляющих, которые образуются в результате быстрого охлаждения расплава. Быстрое переохлаждение расплава значительно увеличивает число зародышей твердой фазы и уменьшает их критический размер. При этом быстро растущие на зародышах кристаллы, соприкасаясь друг с другом, начинают препятствовать своему дальнейшему росту, тем самым формируя мелкозернистую структуру. Нормальная пористость для изделий, полученных SLM-методом, составляет 0–3%.

Порошковое плавление и последующая сварка металлических частиц происходит послойно (толщина слоя 20–100 мкм) в соответствии с 2D-моделью слоя в герметичной камере в присутствии

инертного газа. Физико-механические свойства изделий, полученных SLM-методом, практически аналогичны свойствам традиционных заготовок (Таблица 2).

В таблице 2 представлены физико-механические свойства материалов, полученных SLM-методом

*Таблица 2. Физико-механические свойства материалов, полученных SLM-методом*

Технология	Материал	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %	Твердость, HRC	
				В центре	С края
SLM	H13 (аналог 4X5MФ1C)	7,6059	<0,2	47–55	57
	Ti	4,3928	1,6–1,7	24	27
Штамповка	BT5	4,41	-	25	29
	OT4	4,55	-	17,9–30,3	17,9–30,3
	4X5MФ1C	7,716	-	45–55	60

Себестоимость изготовления изделия SLM-методом по сравнению с традиционной механической обработкой заготовки из проката ниже на 13,37%, трудоемкость меньше в 20 раз. При этом в общей трудоемкости 88,9% времени уходит на заготовительную операцию — непосредственно SLM-печать, и только 11,1% остается на механическую обработку. Из цикла производства исключается крупногабаритное дорогостоящее оборудование для механической обработки, в разы сокращается площадь производственного участка.

SLM успешно применяется в аэрокосмической отрасли, позволяя создавать высокопрочные элементы конструкций, недостижимые по геометрической сложности для традиционных механических методов изготовления и обработки. Качество готовых изделий настолько высоко, что механическая обработка готовых моделей почти не требуется.

Таким образом, аддитивные технологии, и, в частности, SLM-печать, которые в настоящее время активно развиваются и непрерывно совершенствуются, имеют все возможности достойно конкурировать с традиционными методами изготовления деталей ЛА, к которым предъявляются высокие требования по размерной точности, качеству поверхностного слоя, прочности, надежности и т. д.

### Список литературы

1. Гончарова О.Н., Бережной Ю.М., Бессарабов Е.Н., Кадамов Е.А., Гайнутдинов Т.М., Нагопетьян Е.М., Ковина В.М. Аддитивные технологии — динамично развивающееся // Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова.
2. Глазунов В.С., Черепанова М.В. Применение аддитивных технологий в производстве керамических изделий // Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия.
3. Терин А.М., Тутушкин А. К. Аддитивные технологии в производстве деталей летательных аппаратов // Научный руководитель — Л. П. Сысоева Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева.
4. Сысоев С. К., Сысоев А. С. Экструзионное хонингование деталей летательных аппаратов: теория, исследования, практика: монография / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2005.— 220 с.
5. Слободенюк В. С., Литунов С. Н. Обзор основных технологий 3D-печати в промышленности / ОмГТУ. Омск.

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В TЕСНОМАТІХ PLANT SIMULATION

*Д.В. Колобаева, Л.О. Мокрецова*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** Целью работы является описание пользы от использования инструментов симуляции производственных процессов. Симуляция наглядно демонстрирует, как функционирует новое масштабированное производство. При использовании имитационной модели есть возможность оптимизировать производственные процессы в программной среде, а затем реализовать эффективную, отработанную модель на реальном производстве. Для создания имитацион-

ных моделей в статье использован программный продукт *Tecnomatix Plant Simulation*.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, цифровые технологии, *Tecnomatix Plant Simulation*.

На текущем уровне развития экономики уже невозможно отрицать ведущую роль цифровых технологий в развитии производственного сектора. Программные и программно-аппаратные решения помогают эффективно решать задачи на всех этапах жизненного цикла изделия начиная от его концептуальной проработки до его фактического ввода в эксплуатацию.

Главная задача имитационного моделирования — обеспечить поддержку при принятии решений, снизить затраты и выявить резервы для повышения эффективности производства. В случае модернизации или изменения структуры предприятия можно быстро оценить различные варианты развития производства, выбрав наиболее рациональный подход. При планировании инвестиционных проектов, изменений объемов производства, вывода новых продуктов или услуг имитационное моделирование будет особенно актуально благодаря возможности минимизировать риски и принять правильное решение без вмешательства в работу предприятия [3].

Применение цифровых систем позволяет создавать неразрывную связь на всех этапах, а значит, учитывать накопленный опыт и делать изделие совершеннее с каждой итерацией. В качестве примера рассмотрим имитационное моделирование — построение компьютерных моделей и проведение экспериментов над ними. Такой подход эффективен, если:

- параметров много, а зависимости между ними нелинейны [4];
- система обладает вероятностным поведением и обратными связями;
- система имеет различные состояния и изменяющуюся траекторию во времени.

Имитационный подход незаменим, когда нужно дополнить модель анимационной презентацией (симуляцией), при разработке виртуальных тренажеров, моделей движения транспорта или пешеходов. На сегодняшний день именно метод имитационного моделирования является одним из самых мощных и наиболее эффектив-

ных методов исследования процессов и производственных систем. Имитационная модель должна отражать большое число параметров, логику и закономерности поведения моделируемого объекта.

На примере компании «Тесnomatix» рассмотрим плюсы и минусы применения имитационной модели производственных процессов [1].

Преимущества:

- Замена реальных экспериментов. Экономия денег, времени и ресурсов, затрачиваемых на реальные эксперименты;
- Помощь в принятии грамотных стратегических решений;
- Возможность проводить виртуальные эксперименты со сценариями «что-если»;
- Модель позволяет проанализировать характеристики и оптимизировать производительность;
- Модель позволяет минимизировать риски при внедрении новой производственной концепции, при введении в эксплуатацию нового оборудования, а также при смене производственной номенклатуры;
- Тесnomatix, как инструмент имитационного моделирования, позволяет реализовать концепцию бережливого производства, что позволяет повысить конкурентоспособность организации в долгосрочной перспективе [1];

• Тактическое управление.

Тесnomatix позволяет:

- Планировать прием заказов на производство, осуществлять прогноз выполнения заказов;
- Анализировать выполнение производственного плана;
- Создавать производственные графики;
- Оптимизировать загрузку ресурсов, порядок запуска, размер партий;
- Проверка моделей;

Тесnomatix позволяет:

- Оперативно управлять графиками производства
- Управлять параметрами существующей детализированной модели производства
- Учитывать состояние оборудования
- Прогнозировать цикл производства и сроки выполнения заказов

- Возможность проверки решения, полученного другим путем
  - Лучшее понимание реальной системы
  - Рациональное использование пространства цехов и складов
- Недостатки:
- Симуляция требует приобретения и навыков применения специализированных инструментов, например, Tecnomatix Plant Simulation
  - Создание имитационных моделей часто занимает немало времени, но это время не сравнится с временными затратами на реальные эксперименты
  - Пример производственного планирования на металлургическом предприятии на базе имитационной модели

Была разработана модель планирования производства с помощью дискретно-событийного моделирования, где процессы представляются в виде потоковой диаграммы. Для создания модели разработчики выбрали программу для имитационного моделирования AnyLogic, так как она обладает рядом ключевых преимуществ:

- поддерживает дискретно-событийное моделирование;
- предлагает специализированную Библиотеку для моделирования производственных систем;
- позволяет экспортировать модель в виде Java-приложения, независимого от среды разработки;
- дает возможность использовать Excel-шаблоны и базы данных для ввода и вывода данных;
- позволяет создать полноценный цифровой двойник производства, работающий с актуальными данными из выделенной таблицы в базе данных.

Помимо последовательности операций для отдельных объектов дискретно-событийной модели можно задавать дополнительную логику и правила взаимодействия с другими объектами. Для моделирования производственных систем разработчики использовали такие объекты, как заказ (Order), труба (Pipe), прокат (Prokat), передел (Station). Они отразили в модели логику всей производственной цепочки от демпферного склада до выхода готового заказа. Входные данные (недельный план заказов, производительность, рабочее время станков и т.д.) загружались в модель через Excel-шаблоны [6].

Для того, чтобы модель могла не только проверять выполнимость разработанных специалистами недельных планов производства, но и сама подбирала и предлагала оптимальный план, инженеры разработали отдельный алгоритм. С помощью аналитических методов и проверки полученных вариантов динамическим моделированием модель:

- обеспечила не меньший объем производства, чем план, создаваемый сотрудниками завода;
- позволила снизить количество переналадок оборудования;
- предоставила более высокую детализацию планирования [5].

В итоге, удалось создать модель, которая учитывает все производственные этапы ключевого цеха завода. Она позволила повысить эффективность работы производства за счет возможности:

- самостоятельного расчета и проверки выполнимости плана производства, составленного заводом, в безрисковой цифровой среде;
- расчета ожидаемых сроков выполнения заказов и оптимизации последовательности отправки заказов в производство;
- построения и подробного описания поэтапного маршрута заказов;
- тестирования добавления новых заказов в портфель;
- определения загрузки основных переделов и выявления недозагруженности станков.

В будущем с помощью интеграции модели с системами управления производством модель может быть расширена до цифрового двойника. Это даст возможность задавать детальные сменно-суточные задания для каждого станка, а также наладить взаимосвязь между планированием и производством. Благодаря такой технологии завод сможет корректировать план в режиме реального времени.

### *Список литературы*

1. Волошинов Д. В., Соломонов К. Н., Мокрецова Л. О., Тишук Л. И. Некоторые аспекты педагогической модели конструктивного геометрического моделирования // Физико-техническая информатика (СРТ2020): Материалы 8-й Международной конференции, Пушкино, Московская обл., 09–13 ноября 2020 года. Том Часть 2. —



- Нижний Новгород: Автономная некоммерческая организация в области информационных технологий «Научно-исследовательский центр физико-технической информатики», 2020. — С. 328–321. — DOI 10.30987/conferencearticle\_5fd755c0bbd5b8.16491896.
2. Константинова А. Ю. Оптимизация производственного участка с применением генетических алгоритмов в программной среде Tecnomatix Plant Simulation // Матрица научного познания.— 2020.— № 6. — С. 61–70.
  3. Абдулвелеева Р. Р., Ионова О. А. Имитационное моделирование распределения материальных потоков цеха предприятия в среде Tecnomatix plant simulation // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: Тезисы 80-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 18–22 апреля 2022 года. Том 1. — Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2022. — С. 360.
  4. Гришин Р. Г., Портянко С. А., Антипова Е. Д. Оптимизация производства с помощью цифрового двойника в среде Tecnomatix Plant Simulation // Высокие технологии в машиностроении: Материалы XIX всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Самара, 10–11 ноября 2022 года / Отв. редактор Р.Г. Гришин. — Самара: Самарский государственный технический университет, 2022. — С. 9–12.
  5. Коробовцева В. А. Возможность оптимизации электроснабжения цеха путем взаимодействия MATLAB и Tecnomatix Plant Simulation // Студенческий вестник.— 2022.— № 20–19(212). — С. 22–25.
  6. Кормин Т. Г., Кынкурогов А. М. Имитационное моделирование в условиях бережливого производства, Tecnomatix Plant Simulation // Modern Science.— 2021.— № 12–4. — С. 279–286.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA В ПРОИЗВОДСТВЕ

**А.В. Зиновьев, А.В. Будруев**

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *Большие данные — это обозначение структурированных и неструктурированных данных огромных объемов и значительного многообразия, эффективно обрабатываемых горизонтально масштабируемыми программными инструментами. Информацию обрабатывают при помощи специальных автоматизированных инструментов, чтобы использовать для статистики, анализа, прогнозов и принятия решений. Любая компания обладает огромным массивом информации обо всем, что связано с бизнесом — от информации о клиентах до показаний производственного оборудования.*

**Ключевые слова:** *большие данные, Big Data.*

В последнее время быстро развивающейся и перспективной технологией сбора и обработки данных является технология Big Data. Специалисты компании Caterpillar заявляют, что ежегодные потери ее дистрибьюторов из-за задержек внедрения новых технологий обработки информации составляют 9–18 млрд долларов. Поэтому мы считаем, что нельзя обходить эту технологию стороной. Целью данной работы ставим анализ и оценку технологии Big Data.

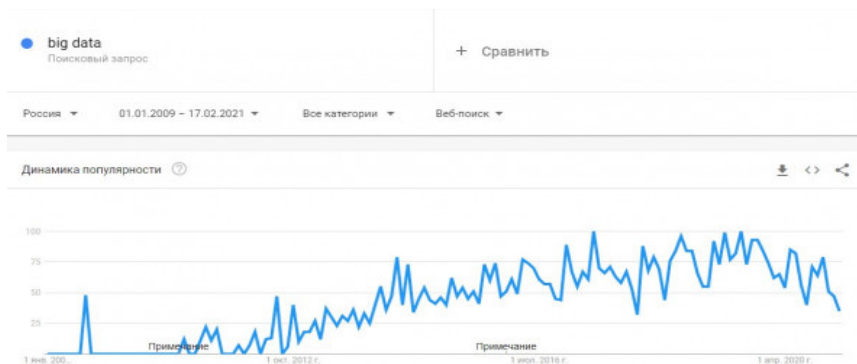
Википедия дает следующие определение Big Data: это обозначение структурированных и неструктурированных данных огромных объемов и значительного многообразия, эффективно обрабатываемых горизонтально масштабируемыми программными инструментами, появившимися в конце 2000-х годов и альтернативных традиционным системам управления базами данных и решениям класса Business Intelligence [1].

Информацию обрабатывают при помощи специальных автоматизированных инструментов, чтобы использовать для статистики, анализа, прогнозов и принятия решений.

Сам термин «большие данные» предложил редактор журнала Nature Клиффорд Линч в спецвыпуске 2008 года. Он говорил о взрывном росте объемов информации в мире. К большим данным Линч

отнес любые массивы неоднородных данных более 150 Гб в сутки, однако единого критерия до сих пор не существует.

До 2011 года анализом больших данных занимались только в рамках научных и статистических исследований. Но к началу 2012-го объемы данных выросли до огромных масштабов, и возникла потребность в их систематизации и практическом применении.



*Рисунок 1. Всплеск интереса к большим данным в Google Trends*

С 2014 на Big Data обратили внимание ведущие мировые вузы, где обучают прикладным инженерным и ИТ-специальностям. Затем к сбору и анализу подключились ИТ-корпорации — такие, как Microsoft, IBM, Oracle, EMC, а затем и Google, Apple, Facebook и Amazon. Сегодня большие данные используют крупные компании во всех отраслях, а также — госорганы [2].

Любая компания обладает огромным массивом информации обо всем, что связано с бизнесом — от информации о клиентах до показаний производственного оборудования. И наиболее продвинутые отрасли, такие как ритейл, телеком, банки, уже научились извлекать выгоду из этих данных. Они оптимизируют затраты, используют аналитику для управления рисками, прогнозируют спрос и повышают эффективность бизнес-процессов.

Сейчас на производстве часто внедряют IoT-системы: устанавливают датчики на оборудовании и в помещениях, а потом анализируют собранные ими данные. Эти данные и есть Big Data, их можно исполь-

зовать для мониторинга состояния оборудования, моделирования производственных процессов, выявления и предотвращения сбоев.

Технологические решения Big Data представляют собой комплекты оборудования, программного обеспечения и наборы сервисных услуг. Их внедрение и работа на производстве в общем случае выглядят так:

- выполняется монтаж датчиков, автоматических исполнительных механизмов, контроллеров на основных узлах и деталях машин;
- в процессе работы оборудования осуществляется постоянный сбор, обработка и запись информации на различные носители;
- программное обеспечение структурирует и по запросу предоставляет доступ к определенной части информации человеку или искусственному интеллекту;
- на основе анализа полученных данных делаются выводы, например о состоянии оборудования, эффективности обработки сырья, качестве получаемого на выходе продукта, необходимости внесения изменений в технологию производства.

Главными характеристиками любого решения Big Data являются объем информации, скорость ее обработки и возможное многообразие обрабатываемых источников данных. Также, особенно применительно к производству, необходима высокая достоверность, то есть точность работы датчиков.

Задача любого производственника — изготовить максимально качественный продукт при минимально возможной себестоимости. И технологии Big Data в этом могут очень сильно помочь. Имея возможность постоянного мониторинга информации, производственники смогут:

- сократить количество незапланированных простоев;
- увеличить производительность оборудования;
- уменьшить расходы на эксплуатацию (потребление топлива, электроэнергии, расходников);
- предотвращать несчастные случаи.

Big Data планирование дает возможность разработки глобальной стратегии развития целого предприятия. Причем максимально эффективной. С помощью Big Data можно просчитать сроки окупаемости оборудования, перспективы изменения технологических режимов, сокращения или перераспределения обслуживающего персонала [3].

Поиск новых месторождений. При добыче природных ресурсов месторождения часто приходится искать почти вслепую. Однако с помощью анализа больших данных можно обнаруживать закономерности, изучать состояние почв, наличие подземных пустот, температуру пород — и таким образом эффективно искать перспективные месторождения, сравнивая новые участки с уже известными аналогами.

Планирование грузоперевозок. В логистике на перевозку товаров влияет много разных факторов: загрузка складов, пробки на дорогах, состояние парка машин, расположение автозаправок. Если собрать все эти факторы вместе, сопоставить их и проанализировать, можно эффективнее планировать маршруты и время доставки, чтобы избежать простоев транспорта.

Сокращение времени доставки. Учет разных факторов перевозки товаров помогает не только планировать грузоперевозки, но и сокращать время доставки: выбирать самые короткие маршруты, избегать пробок и трудных участков пути, экономить бензин.

Например, в логистике есть «проблема последней мили» — она стоит примерно 28% от общей стоимости доставки. Так происходит, поскольку водителю приходится заезжать во дворы, искать парковку, останавливаться и разворачиваться [4].

Однако промышленные предприятия, даже с учетом заметных успехов в цифровой трансформации (согласно материалам исследования KMDA, 2020), пока не используют все возможности больших данных. Это обусловлено несколькими факторами. В первую очередь, это необходимость оцифровки аналоговых данных с оборудования и машин. Как правило, в других отраслях такого фактора просто нет. Во-вторых, объем информации. К примеру, один локомотив может быть оснащен 500 датчиками, поезд — это уже 4000 датчиков. А при условии работы в режиме 24/7 получаются петафлопсы данных в год. В-третьих, нехватка сотрудников с релевантными компетенциями.

Несмотря на то, что аналитика и работа с данными являются наиболее востребованными навыками для цифровой трансформации (согласно материалам исследования KMDA, 2020), пока в этом плане реальный сектор находится в начале пути. Да, IT-задачи на любом производстве легко решаются, нет проблемы в том, чтобы

оснастить оборудование любым количеством датчиков. Но понять, куда их поставить, с какой частотой замерять и как интерпретировать данные — это вопрос опыта. В целом промышленность все еще присматривается к существующим методологиям, и по мере того, как начинает доверять данным и результатам анализа, появляются новые требования к цифровизации. В любом случае использование Big Data неизбежно в условиях высокой конкуренции и волатильности рынка. [5]

### *Список литературы*

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Большие\\_данные](https://ru.wikipedia.org/wiki/Большие_данные)
2. <https://clck.ru/bNdQR>
3. <https://www.ogcs.com.ua/big-data-v-promyshlennosti-innovatsii-k-kotorym-pridetsya-privykat/>
4. <https://clck.ru/bNeGE>
5. <https://vc.ru/u/501128-ctrl2go/233435-big-data-v-promyshlennosti>
6. Вайгенд А. BIG DATA. Вся технология в одной книге / А. Вайгенд — М.: «Эксмо», 2017 — (Top Business Awards)
7. Благирев А. Big data простым языком / А. Благирев — М.: «Издательство АСТ», 2019

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

*П.Ю. Шибанов, Н.В. Холодова*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** Работа посвящена анализу применения технологии блокчейн на производстве. Оценены перспективы технологии.*

***Ключевые слова:** блокчейн в промышленности, технология блокчейн.*

Блокчейн (от англ. — blockchain) представляет собой цепочку блоков, используемую для отправки информации о транзакциях и их хранении. Информация, хранящаяся в ней, может фактически принимать любую форму и отображать данные о времени, дате или

конкретной транзакции. Каждый блок содержит информацию о конкретном количестве операций. Когда он заполняется, создается еще один блок. Блоки можно отличить друг от друга с помощью уникальных хеш-кодов. Благодаря сложным криптографическим операциям технология полностью безопасна [3].

Что касается работы блокчейн. Цепочка состоит из множества блоков. Создание другого блока возможно только после того, как транзакция была выполнена, и она будет завершена. Блокчейн использует одноранговую сеть. Это означает, что данные не хранятся в одном месте, что значительно усложняет хакерские атаки. Пользователь является единственным владельцем данных, убедившись, что они надежно защищены. После проверки транзакции она становится общедоступной, имеет хеш-код и присоединяется к ранее созданным блокам, образуя цепочку [1, 2].

Технология блокчейн активно используется в бизнесе, и не только в использовании криптовалют. Многие бизнес-сектора используют эту технологию для улучшения своей деятельности. Повышается не только безопасность, но и упрощается процесс, что снижает затраты. В логистике в цепочке поставок позволяет решить проблемы путем создания истории продукта. Поставщики и получатели могут получить представление о процессе производства товаров. Также блокчейн может обеспечить проверку источника товара, что важно для медицинской промышленности, гарантируя, что лекарственные препараты хранятся в соответствующих условиях.

В банковском деле блокчейн позволяет пользоваться услугами финансовых учреждений независимо от дня и времени. Банки работают только пять дней в неделю, но порой необходимо пользоваться банковскими услугами в выходные дни. Блокчейн также помогает проверить подлинность документов и ускорить обмен средств. В здравоохранении блокчейн позволяет хранить записи о пациентах — быстрее их идентифицировать и повышать безопасность и конфиденциальность документации. В системах голосования блокчейн отвечает за подсчет голосов с их полной историей, которая предотвращает их фальсификацию. В энергетике блокчейн ведет учет транспортировки энергии и внедрение счетчиков. В азартных играх обеспечивает анонимность данных победителя, переводы выигрышей и создание собственных валют в компьютерных играх.

В государственных услугах блокчейн отвечает за регистры персональных данных, налоги и кадастры земли и ипотеки [6].

В производстве блокчейн используется так же активно. Фабрики выпускают продукцию в больших количествах. Однако до сих пор не существует гарантированного способа узнать, как, когда и где эти продукты были произведены, обработаны или отправлены конечным потребителям. Прежде чем достичь точки назначения, товары должны пройти через сеть производителей, поставщиков, перевозчиков, складов и продавцов. Потребитель хочет видеть каждый этап процесса производства и поставки, чтобы иметь гарантию подлинности продукта [5].

Блокчейн обеспечивает понимание цепочки создания стоимости и контроль за ней, потому что все отражается в истории транзакций, записываемых технологией блокчейн в режиме реального времени. Если в цепочке поставок есть дефектные сегменты, то с блокчейном их можно легко отследить до уровня предприятия или производственного участка. Вместо того, чтобы перетасовывать кучу бумаг, счетов, файлов, данных, электронных писем, производители могут полагаться на систему, основанную на блокчейне, чтобы уверенно отслеживать товары на протяжении всего пути.

Блокчейн помогает повысить эффективность и прозрачность цепочки поставок. Существуют два типа цепочек поставок. Первая — поступление сырья, из которого изготавливают продукцию. Вторая — отправка готовой продукции дистрибьюторам, розничным торговцам и другим клиентам. Оба звена состоят из множества маленьких звеньев. Во время поставок бывает, что товар или сырье могут перепутать, потерять или украсть, а это колоссальные деньги. Блокчейн кодифицирует и отслеживает маршруты и посредников, в том числе, когда они прибывают в промежуточные пункты назначения. Они записываются в блоках, обеспечивая прозрачность всего пути. Уже сегодня судоходный гигант «Maersk» работает с «IBM» по созданию технологии для прозрачности цепочки поставок, которую будет использовать для своего крупного судоходного предприятия.

С помощью технологии блокчейна можно улучшить управление договорами при помощи интеллектуальных контрактов. «Во многих отраслях есть поставщики и покупатели», — сказал Дэвид Сео, гене-



ральный директор Yggdrash. «Споры и недоразумения, не говоря уже о мошенничестве, возникают, когда контракты сводятся к бумажным документам и передаются туда и обратно. Когда же детали контракта согласовываются и попадают на электронные носители, споры сводятся к минимуму, обеспечивая экономию времени и денег. Детали этого контракта могут быть изменены только тогда, когда обе стороны согласятся с ними и отправят их в новый блок». Платежи за товары настраиваются автоматически и только после доставки продукции, что видно при отслеживании. Это устраняет проблемы неуместных или потерянных счетов-фактур [4]

Одна из задач блокчейна — показать прозрачность происхождения продукта и производственных процессов. Это имеет значение для ряда производственных предприятий. Фармацевтические компании должны знать, что ингредиенты, которые они покупают для своих лекарств, на самом деле производят на лицензированных предприятиях и по правильным технологиям. То же самое касается пищевой промышленности, где потребители требуют большей прозрачности и за сведения готовы платить.

Производители ювелирных изделий хотят знать происхождение своих драгоценных камней и металлов и иметь возможность отслеживать маршрут от источника до их дверей. Строительные компании должны быть уверены, что древесина, которую они используют, не связана с незаконной вырубкой деревьев и что другие используемые материалы качественные. Таким образом, прозрачность снижает юридические риски и показывает производителям и покупателям, что продукцию или сырье использовать безопасно.

Блокчейн активно внедряется в нефтегазовой и горнодобывающей отраслях. Крупнейшие нефтедобывающие компании и трейдеры («Shell», «Statoil», «BP», «Gunvor» и др.) объединились в консорциум с банками («Societe Generale», «ING») для создания торговой платформы на основе блокчейна. Эта платформа может задействоваться на протяжении всей цепочки поставок как в добыче, так и в переработке сырья. В результате взаимодействие участников экосистемы обеспечивается через заключение цифрового «умного» контракта. Российская компания «Алроса» начала использовать блокчейн для отслеживания всех выпускаемых алмазов и бриллиантов, с помощью которой данные будут сопровождать каждую операцию и сдел-

ку с камнем. При этом принцип открытости, присущий блокчейну, гарантирует подлинность камней.

Производители должны быть уверены, что покупают качественные детали. Авторитетные поставщики запчастей хотят, чтобы их репутация была документально подтверждена. Блокчейн может предоставить информацию о поставщиках, чтобы производители знали, что они получают то, что они заказывают, и что эти товары без дефектов. Уже сейчас компании, такие как «SyncFab», используют технологию для соотношения потребностей производителей с лучшими поставщиками, а также разрабатывают интеллектуальные контракты, гарантирующие стандарты, которые защищают интеллектуальную собственность и обеспечивают безопасные платежи.

Заводы могут использовать блокчейн для внутреннего делопроизводства. Например, при помощи технологии можно записать все данные по оборудованию и заказываемым запчастям. При разработке новых процессов они могут быть задокументированы на цифровых носителях, и это станет доказательной базой при установлении прав на них [7].

Готовые приложения блокчейна на облачной платформе позволяют создавать новые цепочки и даже ответвления в жизненном цикле продукта. С помощью платформы можно ограничивать права на просмотр информации, раскрывая другим участникам цепочки поставок только критически важные сведения. Данные от производственных систем, оборудования, датчиков IoT и сканеров штрих-кодов шифруются и отправляются через безопасные облачные шлюзы в блокчейн.

Перспективное направление использования блокчейна в промышленности — интеграция с решениями IoT. В производстве появляется все больше «умных» приборов и управляющих устройств, которые объединяются в сети и подключаются к облачным платформам. Блокчейн способен стать решением проблем безопасности и обеспечения доверия к IoT-устройствам. Благодаря своим качествам распределенности и безопасности блокчейн в производстве может стать основой для прямого общения и взаимодействия между машинами. Автономное производство, при котором машины заключают децентрализованные контракты друг с другом и действуют как независимые экономические объекты, требует такой технологии.

Однако для внедрения в этих областях необходимо добиться высокой производительности и масштабируемости блокчейн-решений.

Блокчейн и производство идут навстречу друг другу. Как за кулисами облачных платформ, так и на передовой блокчейн будет играть решающую роль в формировании будущих заводов и приведет к повышению эффективности производственных цепочек поставок, лучшей координации в автоматизации и максимальной прозрачности в торговле.

Производство всегда было отраслью, активно осваивающей новые технологии. Однако растущее разнообразие приложений и сложности производственных цепочек могут задержать внедрение блокчейна в производство. Преобразования не произойдут мгновенно. Потребуется активное сотрудничество между производителями, регуляторами, разработчиками и партнерами на основе новых платформ, которые смогут поддержать такую трансформацию. Если делать это правильно, на основе открытых облачных решений, то блокчейн станет важной вехой на пути к производству будущего.

### *Список литературы*

1. Тароло А. А., Кулажко Н. С. Сравнение технологии блокчейн с существующими технологиями защиты подлинности товара и контроля за качеством на производстве // *Материалы мультидисциплинарной научно-практической конференции студентов и аспирантов с международным участием «ЭМПИ»*, Брянск, 10 марта 2020 года. — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2020. — С. 260–264.
2. Пашнова М. П. Возможности и угрозы использования технологии блокчейн на производстве // *Сборник трудов X Конгресса молодых ученых: Материалы Конгресса, Санкт-Петербург, 14–17 апреля 2021 года. Том 3.* — Санкт-Петербург: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», 2021. — С. 212–213.
3. Баймурзин А. Х. Преимущества внедрения технологии блокчейн на производстве // *Тинчуриновские чтения — 2022 «Энергетика и цифровая трансформация»: Сборник статей по материалам кон-*

- ференции. В 3-х томах, Казань, 27–29 апреля 2022 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 2. — Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. — С. 394–396.
4. Воробьев П. С., Миргалеев А. Т., Толстов Г. С., Шамаев С. М. Применение технологии распределенного реестра (блокчейн) для создания автоматизированных систем управления материальными ресурсами на этапах производства и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика.— 2021.— № 2(56). — С. 69–80.
  5. Rohoza M., Smirnov F. The Use of Blockchain Technology in Managing Product Life Cycle at the Enterprise // Экономический вестник Донбасса.— 2021. — No. 3(65). — P. 216–221. — DOI 10.12958/1817-3772-2021-3(65)-216-221.
  6. Епишин К. О. Исследование и разработка способов универсального контроля цепочки поставок микроэлектроники.— 2020.— № 7(130). — С. 29–32.
  7. Епишин К. О. Исследование и разработка способов универсального контроля цепочки поставок микроэлектроники // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки.— 2021.— № 6. — С. 92–95. — DOI 10.37882/2223-2966.2021.06.16.

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «ЕЖЕДНЕВНИК»**

**А.Э. Шула, А.Д. Сладков**

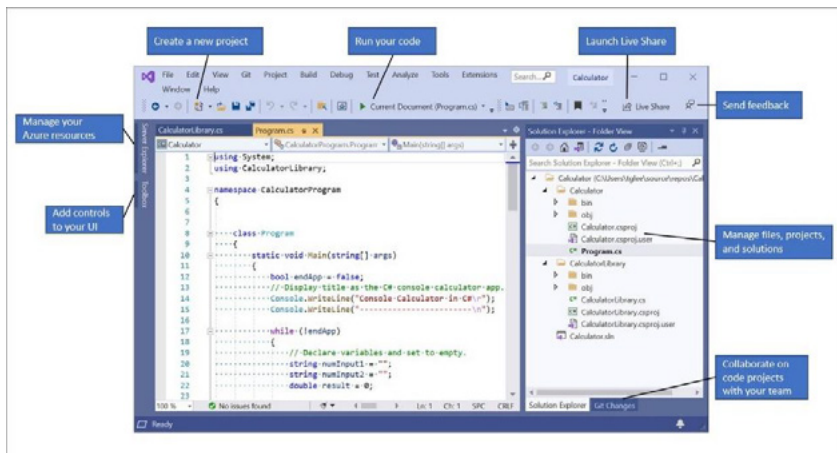
*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе рассматривается разработка программного обеспечения «Ежедневник», используя язык программирования C# в среде разработки VisualStudio.

**Ключевые слова:** ежедневник; C#; VisualStudio; разработка программного обеспечения.

Для разработки программы выбрана интегрированная среда разработки Visual Studio. Помимо стандартного редактора и отладчика,

которые есть в большинстве сред IDE, Visual Studio включает в себя компиляторы, средства автозавершения кода, графические конструкторы и многие другие функции для улучшения процесса разработки. На рисунке 1 представлена среда Visual Studio с открытым проектом и подсказки по основным окнам и функциональным возможностям [1, 2, 4].



*Рисунок 1. Среда разработки*

В центральном окне редактора, с которым вы, вероятно, будете работать дольше всего, отображается содержимое файла. В окне редактора вы можете вносить изменения в код или разрабатывать пользовательский интерфейс, например, окно с кнопками или текстовые поля. Окно изменений Git в нижнем углу справа позволяет отслеживать рабочие элементы и предоставлять общий доступ к коду, используя Git, GitHub или другие технологии управления версиями [3, 5].

Для удобной работы приложение создается при помощи Windows-Forms. На рисунке 2 приведен скриншот VisualStudio с часть программного кода, отвечающего за сохранение данных в JSONформате.

Для работы с программой не требуется особой подготовки и квалификации.

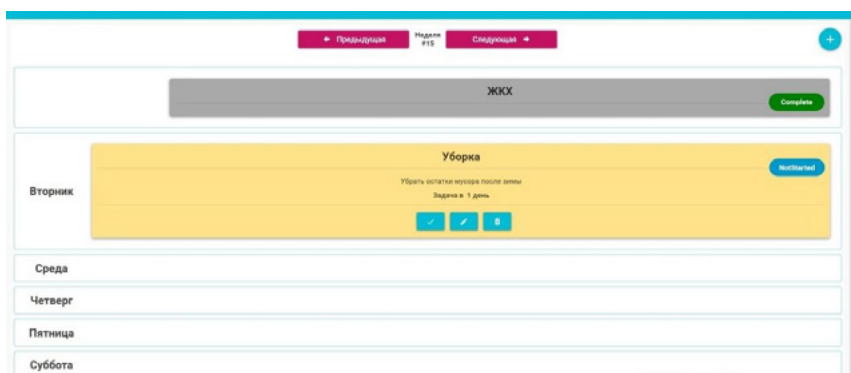
При запуске программы появляется главная форма, представленная на рисунке 3, в которой можно просмотреть всю необходимую информацию.

```

1  Schema: <No Schema Selected>
2
3  {
4    "$type": "StudentPlanner.Models.AssignmentTask, StudentPlanner",
5    "Subject": "Software Design",
6    "PercentageWorth": 20,
7    "PausedDatetime": "0001-01-01T00:00:00",
8    "StartedDatetime": "2019-05-05T15:05:44.4529915+03:00",
9    "Title": "Software Design Assignment",
10   "Description": "Part 2 of the software design assignment involving UI and UX improvements",
11   "Priority": 0,
12   "Status": 1,
13   "DueDatetime": "2019-05-06T23:59:59",
14   "CreatedDatetime": "2019-05-05T14:49:49.8143476+03:00",
15   "CompleteDatetime": "0001-01-01T00:00:00",
16   "IsComplete": false,
17   "IsCancelled": false,
18   "DueDateReadable": "Задача Просрочена"
19 },
20 {
21   "$type": "StudentPlanner.Models.EventTask, StudentPlanner",
22   "Location": "irishrail.ie",
23   "PausedDatetime": "0001-01-01T00:00:00",

```

*Рисунок 2. Сохранение данных*



*Рисунок 3. Главная форма*

Подробнее информацию можно просмотреть, если щелкнуть на запланированное событие. На экране открывается форма, изображенная на рисунке 4.



*Рисунок 4. Подробная информация*

Последним этапом создания программного продукта является его тестирование и отладка. В ходе тестирования программы выявляются все ее недостатки и особенности работы. Обнаруженные недостатки устраняются в ходе отладки. В результате было создано приложение «Ежедневник».

В этой статье был реализован программный продукт «Ежедневник». База данных позволяет хранить большой объем информации. Достаточно просто расширять базу данных с течением времени, наполнять ее дополнительной информацией. Реализованы основные опции для работы с базой данных: визуальное отображение, возможность добавления, удаления, редактирования записей, поиск и т.п.

### ***Список литературы***

1. Агуров П. В. С#. Разработка компонентов в MS Visual studio 2018/2019 / Агуров П. В. — СПб.: БХВ-Петербург, 2019. — 479 с.
2. Агуров П. В. С#. Сборник рецептов / Агуров П. В. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. — 412 с.
3. Албахари Дж. С# 6.0. Справочник. Полное описание языка [Текст] / Дж. Албахари, Б. Албахари — 6-е изд. — Москва: Вильямс, 2019. — 1040 с.
4. Артамонов И.В. Разработка распределенных сервисно-ориентированных программных средств / И.В. Артамонов — Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2021. — 130 с.
5. Биллиг В. А. Объектное программирование в классах на С# 3.0 [Электронный ресурс] / В.А. Биллиг. — 2-е изд., испр.. — Москва: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2018. — 391 с. Полный текст находится в ЭБС «Университетская библиотека ONLINE».
6. Биллиг В. А. Основы объектного программирования на С# (С# 3.0, Visual Studio 2019) [Текст]: учебное пособие / В. А. Биллиг. — Москва: Интернет-университет информационных технологий, Бином. Лаборатория знаний, 2019. — 584 с.

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ «БИБЛИОТЕКА»

*Д.Н. Мухина, О.И. Кулева*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе рассматривается вариант организации, хранения и представления многочисленной литературы, располагающейся на компьютере. Основное внимание в работе акцентируется на сочетании словарно-справочной системы, системы хранения документов и пост реляционной базы данных. Такой взгляд будет интересен специалистам в области программной прикладной автоматизации.

**Ключевые слова:** автоматизация, программирование, информационно-справочная система, техническая библиотека.

Библиотека — это учреждение культуры, организующее сбор, хранение и общественное пользование произведениями печати и другими документами. Библиотеки систематически занимаются сбором, хранением, пропагандой и выдачей читателям произведений печати, а также информационно-библиографической работой, являются общедоступным источником знаний и основной базой для самообразования. Основными направлениями работы любой библиотеки являются: комплектование и организация книжного фонда; обслуживание читателей.

Комплектование фондов библиотеки состоит из систематического выявления (путем просмотра библиографических источников и литературы) нужных для данной библиотеки изданий и приобретения их. От своевременности и полноты комплектования библиотеки в значительной мере зависит уровень обслуживания читателей. Организация книжного фонда включает вопросы учета, расстановки, хранения литературы и доставки ее читателю. Правильная организация фонда облегчает читателю пользование литературой, библиотекаряю — быстрое выполнение читательских требований, а также обеспечивает сохранность фондов как общественной собственности. Обслуживание читателей библиотеки осуществляется различными путями: выдача литературы, как в читальный зал, так



и за пределы библиотеки; помощь отдельным читателям и учреждениям в подборе необходимой им литературы;

- раскрытие книжных фондов библиотеки через систему библиотечных каталогов;
- составление информационно-библиографических пособий различного типа; пропаганда наиболее ценной литературы;
- репродуцирование текстов по заказам читателей и т.д.

Библиотечная деятельность связана с учетом большого количества операций, множество книг и читателей серьезно замедляют работу библиотекарей. Сложность поиска нужной книги в каталоге занимает длительное время, и целиком опирается на компетентность работников библиотеки. В библиотеке ведется картотека читателей. Для ведения библиотечных каталогов, организации поиска требуемых изданий и библиотечной статистики в базе должны храниться сведения, большая часть которых размещаются в аннотированных каталожных карточках. В библиотеку приходит много книг из различных издательств. Каждой книге в библиотеке присваивают номер, а затем передают в различные отделы. При поступлении книги, учитывают такие данные как:

- номер поступившей книги,
- название книги,
- название издательства, из которого поступила книга,
- отдел, куда была передана книга;
- адреса издательств,
- названия издательства,
- название и расположение отделов библиотеки.

Предусматривается автоматизация учета выдачи и сдачи книг, записи новых книг и читателей, а также хранения информации об имеющихся в наличии книгах, данные о сотрудниках библиотеки, сотрудниках хранилища библиотеки и читателей. Каждая книга, хранящаяся в библиотеке, имеет следующие параметры:

- автор,
- издание,
- год издания,
- жанр,
- ключевые слова,
- количество страниц.

Каждая книга может присутствовать в нескольких экземпляров.

Так же в библиотеке ведется картотека читателей. О каждом читателе заносятся следующие сведения:

- ФИО,
- номер паспорта,
- адрес,
- телефон.

Каждому читателю присваивается номер читательского билета. В случае выдачи экземпляра книги в библиотеке остается вкладыш, в котором указана дата выдачи, дата предполагаемого возврата и номер читательского билета. Можно продлить книгу по телефону книгу назвав номер читательского билета и уникальный номер книги. При возврате книги во вкладыше отмечается срок возврата. При просрочке возврата книги, читатель получает предупреждение. Когда предупреждений у читателя накапливается больше определенного предела, он лишается правом пользования библиотекой на определенный срок.

При потере книги читатель лишается правом пользования библиотекой на определенный срок, независимо от количества предупреждений.

В библиотеке есть ряд ограничений: нельзя выдавать книги больше установленного периода, нельзя выдавать больше определенного количества книг.

По итогам статьи стало понятно, что необходимость в автоматизации деятельности различных процессов, требующих значительные затраты времени и выполнение множества рутинных операций, является актуальной проблемой. Эффективное применение современных информационных технологий и систем позволяет значительно увеличить производительность труда, улучшить качество выполняемых работ, обеспечить значительный прирост прибыли за счет сокращения времени на обработку информации. В связи с этим, зачастую приходится использовать современные средства моделирования ИС. Моделирование информационных систем позволяет детально изучить предметную область, описать взаимодействие процессов, выявить потоки данных, присутствующие в ней. На начальном этапе формируется модель, существующая в настоящее время в организации, с недостатками, которые в последующем исправляются в оптимальной модели организации, где уже учтены интересы руководителей.

### **Список литературы**

1. Обработка баз данных на Visual Basic®.NET. Джеффри П. Мак-Манус; Джеки Голдштейн; Кевин Т. Прайс 2002 год;
2. Системы управления базами данных (СУБД). Источник: “ru.wikipedia.org”;
3. Базы данных. Разработка приложений Автор: Л. В. Рудикова Издательство: БХВ-Петербург Год: 2006;
4. Шарон Т., Франк А. Электронные библиотеки в Интернете. // Науч. и технич. б-ки.— 2001

## **НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

*А.И. Свербина, Л.В. Макарова*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В настоящее время в научном пространстве активно исследуется искусственный интеллект. В данной статье автор, рассматривает искусственный интеллект как — научное направление и выделяет основные направления, по которым ведутся активные и многочисленные исследования.*

***Ключевые слова:** искусственный интеллект, нейронные сети, вероятностные сети.*

Искусственный интеллект является перспективной цифровой технологией. Понятие «интеллект» впервые появилось в психологии. Психологи считают, что интеллект — это «это свойство личности, выражающееся в способности глубоко и точно отражать в сознании предметы и явления объективной действительности в их существенных связях и закономерностях, а также в творческом преобразовании опыта». На данный момент известны различные, даже противоречивые, понятия определения: «искусственный интеллект». Вот некоторые из них:

Искусственный интеллект (ИИ) — это создание таких программ для вычислительных машин, поведение которых назвали «разум-

ным», если обнаружили бы его у людей. Искусственный интеллект будет создан лишь, тогда, когда машина сможет решить задачи, которые не смог решить человек. Не из-за большей скорости и точности машины, а в результате ее способности найти новые варианты для решения задач. Определение «ИИ» может употребляется в двух различных видах. Во-первых, под этим термином понимают определенное научное направление, а во-вторых, этот термин используется как название для систем и объектов, на разработку которых и нацелены проводимые исследование.

ИИ как наука существует около полувека. Это направление информатики — самое молодое, возникшее в середине 70-х годов. Первой интеллектуальной системой считается программа «Логик-Теоретик», предназначенная для доказательства теорем и исчисления высказываний. Ее работа впервые была продемонстрирована 9 августа 1956 г. В создании программы участвовали такие ученые, как А. Ньюэлл, А. Тьюринг, К. Шеннон, Дж. Лоу, Г. Саймон и др. [1] За прошедшее время в области искусственного интеллекта разработано великое множество компьютерных систем, которые принято называть интеллектуальными. Области их применения охватывают практически все сферы человеческой деятельности, связанные с обработкой информации. Интеллектуальные информационные системы проникают во все сферы нашей жизни, поэтому трудно провести классификацию направлений, по которым ведутся активные и многочисленные исследования. Рассмотрим кратко некоторые из них.

1. Разработка интеллектуальных информационных систем или систем, основанных на знаниях. Это одно из главных направлений искусственного интеллекта. Основной целью построения таких систем являются выявление, исследование и применение знаний высококвалифицированных экспертов для решения сложных задач, возникающих на практике. При построении систем, основанных на знаниях, используются знания, накопленные экспертами в виде конкретных правил решения тех или иных задач. Это направление преследует цель имитации человеческого искусства анализа неструктурированных и слабоструктурированных проблем. В данной области исследований осуществляется разработка моделей представления, извлечения и структурирования знаний, а также изучаются проблемы создания баз знаний, образующих ядро систем, основанных на знаниях.

2. Разработка естественно-языковых интерфейсов и машинный перевод. Проблемы компьютерной лингвистики и машинного перевода разрабатываются в искусственном интеллекте с 1950-х гг. Системы машинного перевода с одного естественного языка на другой обеспечивают быстроту и систематичность доступа к информации, оперативность и единообразие перевода больших потоков, как правило, научно-технических текстов. Системы машинного перевода строятся как интеллектуальные системы, поскольку в их основе лежат базы знаний в определенной предметной области и сложные модели, обеспечивающие дополнительную трансляцию «исходный язык оригинала — язык смысла — язык перевода».

3. Генерация и распознавание речи. Системы речевого общения создаются в целях повышения скорости ввода информации в ЭВМ, разгрузки зрения и рук, а также для реализации речевого общения на значительном расстоянии. В таких системах под текстом понимают фонемный текст (как слышится).

4. Обработка визуальной информации. В этом научном направлении решаются задачи обработки, анализа и синтеза изображений. Задача обработки изображений связана с трансформированием графических образов, результатом которого являются новые изображения. В задаче анализа исходные изображения преобразуются в данные другого типа, например, в текстовые описания. При синтезе изображений на вход системы поступает алгоритм построения изображения, а выходными данными являются графические объекты (системы машинной графики).

5. Обучение и самообучение. Эта актуальная область искусственного интеллекта включает модели, методы и алгоритмы, ориентированные на автоматическое накопление и формирование знаний с использованием процедур анализа и обобщения данных. К данному направлению относятся не так давно появившиеся системы добычи данных (Data-mining) и системы поиска закономерностей в компьютерных базах данных (Knowledge Discovery).

6. Распознавание образов. Это одно из самых ранних направлений искусственного интеллекта, в котором распознавание объектов осуществляется на основании применения специального математического аппарата, обеспечивающего отнесение объектов к классам, а классы описываются совокупностями определенных значений признаков.

7. Интеллектуальные роботы. Создание интеллектуальных роботов составляет конечную цель робототехники. В настоящее время в основном используются программируемые манипуляторы с жесткой схемой управления, названные роботами первого поколения. Несмотря на очевидные успехи отдельных разработок, эра интеллектуальных автономных роботов пока не наступила.

Искусственный интеллект следует рассматривать как научное направление. Определить искусственный интеллект как научное направление — это значит, прежде всего, определить предмет и метод искусственного интеллекта.

Предмет познания — зафиксированные в опыте и включенные в процесс практической деятельности человека стороны, свойства и отношения объектов, исследуемые с определенной целью в данных условиях и обстоятельствах. Прежде чем что-то познавать, изучать, исследовать, необходимо выяснить, показать, доказать, что это «нечто» действительно есть, существует. Все свои ощущения субъект постепенно анализирует, обобщает и выделяет в них основное, повторяющееся, главное, а различные случайности и помехи отбрасываются. Познающий старается уяснить и точно определить, что же это самое «нечто» собой представляет. Этот процесс опирается уже на все ранее известное, познанное, на знания познающего субъекта. Субъект пробует, пытается выразить в терминах естественного языка, знаками описать то, что он ощутил, понял, узнал.

В результате, у познающего субъекта получается языковое выражение, символическое представление изучаемого «нечто». В это формальное, символическое выражение он вкладывает вполне определенное содержание, отвечающее и соотносящееся со всеми его знаниями. Поскольку это выражение зависит от представлений субъекта, его знаний и от его способности ощущать, воспринимать, отражать реальность, постольку это представление вносит свое субъективное влияние. Следовательно, выражение — представление — понятие об изучаемом «нечто» является единством объективного и субъективного, при доминирующей роли объективного [2].

Предмет изучения — это чувственно отражаемые стороны, части, свойства и отношения объектов, изучаемые с определенной целью, которое постоянно наполняется содержанием, соответствующим развивающемуся знанию как о непосредственно изучаемом, так и обо всей

объективной реальности в целом. Предмета изучения не существует вне процесса познания. Предмета изучения нет и без познающего субъекта. Предмет отражает представление познающего, а его содержание постоянно обновляется, дополняется, хотя форма выражения может быть неизменным. Символьное выражение, представление познаваемого предмета должно быть кратким и отражать самую суть.

Главным, принципиальным отличием «интеллектуального» отражения является то, что «интеллектуальный» объект активно реагирует, перерабатывает, отражает воздействие других объектов. Предметом искусственного интеллекта как научного направления — являются процессы активного отражения. Система, способная к активному отражению действительности, самостоятельно формирует некий комплекс целей, самостоятельно выбирает объект изучения и целенаправленно отражает, познает, изучает его посредством своих органов чувств, датчиков информации. Важно отметить, что при активном отражении у субъекта появляется цель. Причем, цель может быть порождена внутри этого субъекта, например, в случае мышления человека или поведения животных.

Современными технологиями искусственного интеллекта являются следующие.

Искусственный интеллект как научное направление возник и начал активно развиваться после Второй мировой войны. С тех пор в этой области разрабатываются модели и методы решения задач, считавшихся интеллектуальными и не поддававшихся формализации и автоматизации. Само направление определено как «искусственный интеллект» в силу того, что основой всех его методов являются попытки копирования и моделирования существующих в природе интеллектуальных механизмов, таких как работа центральной нервной системы позвоночных, иммунитет, поведенческие реакции и т.д. [3]

Обзор современных направлений, которые могут быть отнесены к технологиям искусственного интеллекта.

1) Нейронные сети и их вариации. Представляют собой сеть взаимосвязанных элементов, которые являются математической моделью нейронов мозга. Используются для определения априорно неизвестных сложных функциональных зависимостей на основании статистических данных.

2) Байесовы (вероятностные) сети. Моделируют вероятностные причинно-следственные связи. Позволяют рассчитывать вероятность наступления того или иного события при известной априорной вероятности причин. Позволяют строить модели в режиме реального времени с учетом неполноты данных и возможностью корректировки результата при появлении дополнительной информации.

3) Теория игр. Позволяет формализовать описание процессов принятия сознательных целенаправленных решений при участии одной или нескольких сторон в условиях неопределенностей, риска и конфликта, которые возникают при столкновении интересов. Задача теории игр заключается в предложении рекомендаций рационального образа действий участников процесса принятия решений, т.е. в определении оптимальной стратегии для каждого из них.

4) Теория хаоса. Предлагает новые методы анализа данных, позволяющие выявлять скрытые зависимости там, где раньше систему считали случайной, и не имеющей каких-либо закономерностей. Применение аппарата теории хаоса позволяет качественно изучать нестабильное аperiодическое поведение в нелинейных динамических системах, например, в экономических, экологических, социальных и биологических системах и процессах.

5) Нечеткая логика. Логика антонимов. Расширяет возможности «обычной» двоичной логики, оперирующей только понятиями «1-да» и «0-нет». Позволяет оперировать с нечеткой, неточной, «размытой» информацией. Дает возможность использования качественных, а не количественных характеристик, что позволяет манипулировать лингвистическими понятиями и знаниями, выражаемыми на обычном языке (например, для описания процессов: «плохо»-«средне»-«хорошо», «огромный-большой-маленький-мизерный» и т.д.).

6) Роевой интеллект. Данный подход основан на коллективном интеллекте социальных насекомых, таких как муравьи и пчелы, каждая особь которых обладает очень малыми возможностями. Но, собираясь в многотысячную и многомиллионную колонию, они становятся роем, представляющим собой мощную интеллектуальную распределенную систему. Многие современные задачи управления, моделирования и прогнозирования могут быть эффективно решены с помощью систем, построенных по такому принципу. Наиболее активными сферами применения являются социальное и электораль-



ное моделирование, экономическое прогнозирование, маркетинговые исследования и исследования по корпоративному климату [4].

Искусственный интеллект тесно связан с теоретической информатикой, откуда он заимствовал многие модели и методы, например, использование логических средств для преобразования знаний. Столь же прочны связи этого направления с кибернетикой. Математическая и прикладная лингвистика, нейрокибернетика и гомеостатика теснейшим образом связаны с развитием искусственного интеллекта. И конечно, работы в этой области немыслимы без развития систем программирования.

Основная цель работ в области искусственного интеллекта — стремление проникнуть в тайны творческой деятельности людей, их способности к овладению знаниями, навыками и умениями. Для этого необходимо раскрыть те глубинные механизмы, с помощью которых человек способен научиться практически любому виду деятельности. И если суть этих механизмов будет разгадана, то есть надежда реализовать их подобие в искусственных системах, т.е. сделать их по-настоящему интеллектуальными. Такая цель исследований в области искусственного интеллекта тесно связывает их с достижениями психологии — науки, одной из задач которой является изучение интеллекта человека. В психологии сейчас активно развивается особое направление — когнитивная психология, исследования в котором направлены на раскрытие закономерностей и механизмов, связанных с процессами познавательной деятельности человека и которые интересуют специалистов в области искусственного интеллекта.

Другое направление психологии — психолингвистика также интересует специалистов в области искусственного интеллекта. Ее результаты касаются моделирования общения не только с помощью естественного языка, но и с использованием иных средств: жестов, мимики, интонации и т.п.

Кроме теоретических исследований активно развиваются и прикладные аспекты искусственного интеллекта. Например, робототехника занимается созданием технических систем, которые способны действовать в реальной среде и частично или полностью заменить человека в некоторых сферах его интеллектуальной и производственной деятельности. Такие системы получили название роботов.

Таким образом, в статье рассмотрены вопросы развития Интеллектуальных информационных систем, современные технологии искусственного интеллекта.

### **Список литературы**

1. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы М.: Финансы и статистика, 2003. (учебник для студентов, обучающихся по информационным специальностям).
2. Сафонов В.О. Экспертные системы — интеллектуальные помощники специалистов; О-во «Знание», Санкт-Петербург — СПб, 1992.31с.
3. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем: Учебное пособие для студ. Вузов — СПб.: Питер, 2000—328 с.
4. Гаврилов М. В. Информатика и информационные технологии: Учебник для студентов вузов / М. В. Гаврилов. — М.: Гардарики, 2006.— 655 с.: ил.

## **МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ УСТАНОВКИ «ПЕЧЬ-КОВШ»**

*Е.А. Паришин, С.Е. Гусева*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности микропроцессорного управления агрегатом «печь-ковш». Представлена структурная схема управления системой охлаждения компонентов установки, реализованная на базе ПЛК «Siemens S7-400». Описываются принципы построения системы мониторинга и диагностики состояния установки.

**Ключевые слова:** микропроцессорное управление, микропроцессор, ПЛК, контроллер, печь-ковш.

Разработанная и освоенная технология внепечной обработки в агрегатах типа печь-ковш позволяет производить весь спектр металлургических операций в ковшах различной вместимости. Про-

цесс обработки металла на установке печь-ковш происходит в ковше с основной футеровкой. Ковш накрывается водоохлаждаемой крышкой. Нагрев на установке аналогичен процессу в электродуговой печи переменного тока. Он производится посредством электрических дуг, возникающих между тремя графитированными электродами и поверхностью жидкого металла в сталеразливочном ковше.

Установка «печь-ковш» имеет систему автоматического и ручного управления. Управление системой осуществляется через АСУТП, что позволяет свести до минимума брак и сократить продолжительность обработки стали.

Современные системы управления используют компьютерную основу и программный принцип работы, что требует наличия программно-аппаратного комплекса для выработки управляющих воздействий, необходимых для достижения целей управления. Управляющая программа является отображением цели управления и инициирует переход объекта из одного состояния в другое на основе сигналов управления, которые учитывают внешние воздействия, влияющие на принятие решений по изменению состояния объекта управления.

Целью процесса управления является обеспечение возможных переходов и изменений состояний объекта управления, либо поддержание определённых параметров объекта в рамках тех ограничений, которые заранее определены. [1].

Для управления комплекса «печь-ковш» используется программируемый логический контроллер. Его можно определять как специализированный компьютер, прямо ориентированный на применение в качестве типовой системы управления объектами в режиме реального времени.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) — специализированное микропроцессорное устройство со встроенным аппаратным и программным обеспечением, которое используется для выполнения функций управления технологическим оборудованием. ПЛК — блочно-модульные микропроцессорные система, контролирует состояния входов и вырабатывает определённые последовательности программно-заданных действий, отражающихся в изменении на выходах. ПЛК циклически опрашивает входы, к которым подключены выключатели, датчики, реле и тд. [2].

Архитектура контроллера является набор его основных компонентов и связей между ними. Типовой состав ПЛК включает центральный процессор, память, сетевые интерфейсы и устройства ввода-вывода. Процессорный модуль включает в себя микропроцессор, запоминающие устройства, часы реального времени и сторожевой таймер.

В частности, для управления комплексом «печь-ковш» используется программируемый логический контроллер Simatic Siemens S7-400. Он оснащен высокопроизводительным процессором, который обеспечивает быстрое выполнение сложных операций, а также обеспечивает максимальную надежность в работе. Контроллер может быть использован для управления широким спектром производственного оборудования. Simatic Siemens S7-400 также обладает высокой степенью гибкости и масштабируемости. Он может быть расширен с помощью различных модулей ввода-вывода, что позволяет настроить контроллер для работы с конкретным оборудованием и задачами автоматизации. Имеет мощную систему диагностики, которая обеспечивает оператору быстрый доступ к информации о состоянии системы и помогает быстро обнаруживать и устранять проблемы. [4].

Сам процесс автоматической работы установки «печь-ковш» можно разделить на три контура управления:

1. Управление потоком материалов;
2. Управление процессом выплавки стали;
3. Контроль и управление системой охлаждения комплекса.

Для стабильной работы всего комплекса необходима система охлаждения, для предотвращения перегрев и повреждение печи-ковша, а также для обеспечения оптимальных условий работы процесса плавки металла. В процессе работы печи-ковша происходит нагревание металла до очень высоких температур, что может привести к перегреву и повреждению. При этом может пострадать качество плавки металла, а также может возникнуть угроза безопасности для персонала.

Система охлаждения может использоваться для охлаждения различных компонентов установки, таких как ковш, фурма, печь и трубы используемых в процессе. Кроме того, система охлаждения может помочь управлять процессом плавки металла, обеспечивая более стабильные условия нагрева и охлаждения.

Главным функциональным узлами АСУ охлаждения УПК, вокруг которого строится сама система, является: реле протока, термопреобразователи, термические блоки, расходомеры. Предназначены в основном для измерения температуры в системе.

Оборудование обеспечивается системой жидкостного охлаждения.

Данная система имеет 3 контура охлаждения:

1. Охлаждение панели крышки 1;
2. Охлаждение панели крышки 2;
3. Охлаждение электрических и механических частей.

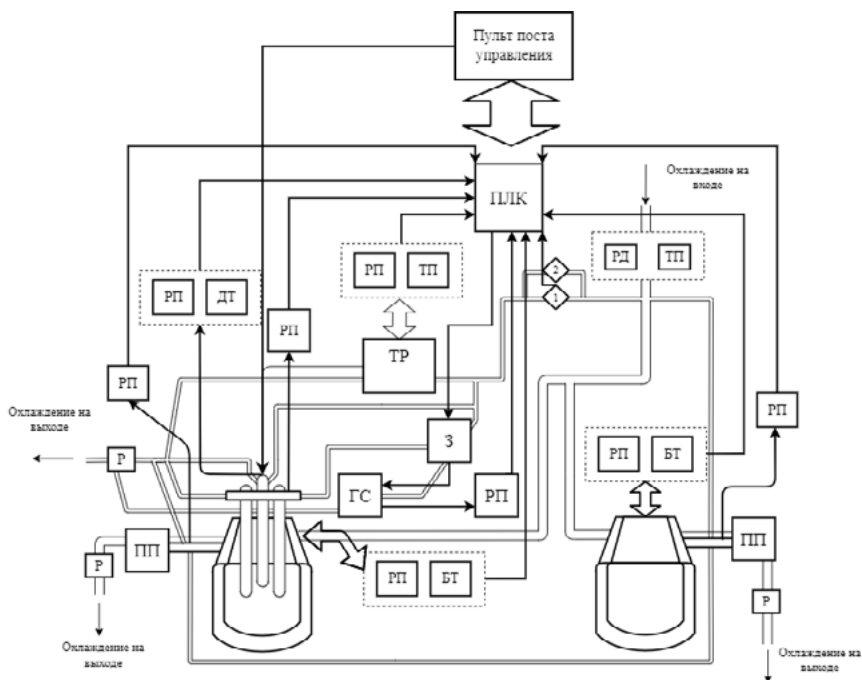
Водоохлаждаемые крышки УПК необходима для безопасной работы, защиты от расплавленного металла. Система водоохлаждения панели крышек 1 и 2 обеспечивает уменьшения нагрева и защиты крышки от расплавления. [3].

Охлаждение электрических и механических частей необходимо для стабильной и бесперебойно работы основного оборудования, подверженного нагреву.

На входе системы охлаждения фиксируется давления за счет реле давления (РД) и текущая температура воды при помощи термопреобразователя (ТП). Регламент температуры воды 25°C летом, 22°C зимой, допуск при котором система не будет выдавать ошибок является 45°C. Вода проходит через систему фильтров (1 и 2), работающих по очередности, переключение происходит за счет данных, передаваемых от реле давления фиксирующее давление на входе и выходе фильтра, при загрязнении фильтра будет увеличиваться разности, происходит переключение. После этого вода поступает в трансформатор (ТР) УПК, фиксируется наличие воды реле протока (РП) и температуры воды термопреобразователем. Охлаждение подается на гидросистему (ГС) фиксируется реле протока и регулируется электрической заслонкой (З). Особо нагруженные части являются трубы подачи проволоки (ПП) и колонны зажима электродов в них фиксируется наличие жидкости за счет реле протока. Для стабильно работы выпалки необходимо охлаждение опор и силовых кабелей счет реле протока фиксируются данные о наличие жидкости, и температура.

Система охлаждение панелей крышек фиксируются данные о наличие жидкости при помощи реле протока от термических блоков (БТ), передавая данные о температуре каждого из контура охлаждения крышки, рабочая температура в данном контуре составляет 35°C.

На выходе из каждого контура устанавливают расходомеры (Р). Все данные поступают в контроллер, который передает, обрабатывает и выполняет по заданной программе процесс управления.



**Рисунок 1.** Функциональная схема контуров охлаждения

Явный недостаток системы, это отсутствие автоматического регулирования подачи воды установки «печь-ковш», приводит к затруднениям в поддержании оптимальных температурных режимов для всех компонентов установки.

Этот недостаток может приводить к перегреву отдельных элементов установки, что ухудшает их работоспособность, также к увеличению времени выплавки (в случае экстренного отключения оборудования) и многому другому. Введение автоматического регулирования подачи воды позволит оптимизировать температурные условия в системе охлаждения и обеспечить более стабильную работу всей установки. Также это снизит вероятность возникновения аварийных

ситуаций и повысит безопасность в процессе эксплуатации установки «печь-ковш».

Для программирования и конфигурирования систем, используется стандартные инструментальные средства SIMATIC STEP 7. Программное обеспечение, используемое для программирования, конфигурирования, отладки и диагностики систем автоматизации.

STEP 7 позволяет создавать программы для контроллеров S7-400 на основе языков программирования, таких как Ladder Diagram (LD), Function Block Diagram (FBD), Statement List (ST), и Graphical Function Chart (SFC). Также доступна возможность программирования на языке высокого уровня — Structured Control Language (SCL).

SIMATIC обеспечивает разработчикам полный контроль над процессом программирования и настройки контроллеров S7-400. IDE позволяет создавать, изменять и отлаживать программное обеспечение, а также настраивать контроллеры для работы с различным оборудованием.

Кроме того, Siemens предлагает дополнительные инструменты для управления контроллерами, такие как SIMATIC WinCC, которая предоставляет визуальное представление производственных процессов и позволяет операторам контролировать и управлять ими.

### ***Список литературы***

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021619099 Российская Федерация. Программа управления микропроцессорного устройства управления синтезаторами частоты: № 2021617801: заявл. 21.05.2021: опубл. 04.06.2021 / И. В. Николаев, Е. С. Пирожкова; заявитель Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Исток» имени А. И. Шокина».
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022662135 Российская Федерация. Программное обеспечение ПЛК системы автоматизации блочно-теплого пункта на базе контроллера Siemens: № 2022661665: заявл. 23.06.2022: опубл. 29.06.2022 / Н. Н. Кобызев; заявитель Публичное акционерное общество «Транснефть», Акционерное общество «Транснефть — Верхняя Волга».

3. Якутов А. С., Борковец К. А., Ромодин А. В. Применение многофункционального контроллера в системе автоматизации электропитания // Научно-технический вестник Поволжья.— 2017.— № 4. — С. 255–257. — DOI 10.24153/2079–5920–2017–7–4–255–257.
4. Ustimenko V. V., Chubar A. V., Mikhaylenko L. A. Automated setting of regulators for automated process control systems in the SIMINTECH visual modeling system // Siberian Journal of Science and Technology.— 2020. — Vol. 21, No. 3. — P. 337–346. — DOI 10.31772/2587–6066–2020–21–3–337–346.

## СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-ПЕЧАТИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ

*И.А. Залетин, А.С. Аксенова*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *Статья направлена на детальное изучение такого понятия, как 3D-печать, а также раскрывает основные аспекты применения данной технологии в промышленном масштабе.*

**Ключевые слова:** *3D-печать, виды 3D-печати, создание объемных изделий, производство деталей.*

3D-печать — это способ создания объемных изделий с помощью цифровых моделей. В современном мире 3D-печать считается одним из самых прогрессивных направлений во многих развивающихся отраслях: в настоящее время технология 3D-печати применяется в тяжелой промышленности, автомобилестроении, медицине, архитектуре и даже дизайне и моде [1]. Не менее важным является использование данного метода в процессах функционального тестирования прикладных образцов. Так, например, в 2013 году в штате Техас (США) 24-летний студент Университета Центрального Арканзаса Коди Уилсон представил общественности первый в мире пистолет («Liberator»), полностью созданный при помощи применения технологии 3D-печати (FDM) и успешно прошедший все функциональные испытания [2]. Это говорит о том, что 3D-печать активно внедряется в технологические процессы различных областей производства.



Для того чтобы запустить технологию создания детали как осязаемого трехмерного объекта, необходимо с помощью 3D-моделирования создать цифровую модель — виртуальную заготовку будущей детали [3]. Для этого в специальных программах по созданию 3D-моделей разрабатывается макет объекта, который позже загружается в слайсер — программу, считывающую деталь для дальнейшей работы принтера [4]. Таким образом, конвертированный чертеж будет служить для принтера в качестве машинного кода, по которому устройство сможет воссоздать осязаемую копию цифровой детали.

Существуют различные технологии создания объемных изделий [5]. Самыми распространенными на сегодняшний день являются следующие:

1) Технология послойного плавления пластиком (полимером) FDM (Fusing Deposition Modeling)

Принцип реализации технологии FDM заключается в следующем: в экструдер заправляется пластиковая нить, которая плавится и в результате воздействия давления выходит наружу (рис. 1). Экструдер один слой за другим наносит материал на движущуюся платформу, создавая макет заданной детали. Процесс начинается снизу и постепенно идет вверх.

Образцы деталей, созданных технологией FDM, являются плотными и легкими, вследствие чего отмечается широкий спектр применения деталей и заготовок, изготовленных данным способом.

Основные преимущества метода FDM-печати:

- Относительная дешевизна расходуемого материала (от 1300 рублей за 1 кг);
- Вариативность используемого материала (могут применяться резиноподобные, термостойкие, ударопрочные пластики и т.д.);
- Низкая себестоимость оборудования;
- Простота использования.

На текущий момент FDM технология является самой популярной разновидностью 3D-печати во всем мире.

2) Технология лазерной стереолитографии SLA (StereoLithography Apparatus)

Эта технология использует фотополимерную жидкость, твердеющую при воздействии лазера, ультрафиолетового или инфракрас-

ного излучений и превращающуюся в твердый пластик (рис. 2). На платформе 3D-принтера, используемого для печати, по слою жидкости направляется луч, смола затвердевает и прилипает к платформе, получая в итоге первый слой. Так, слой за слоем создается макет нужной детали.

Ниже перечислены преимущества технологии SLA:

- Высокая детализация элементов;
- Возможность печати небольших деталей (от 1 см);
- Низкий процент ошибок работы.

К минусам относится следующее:

- Дороговизна оборудования;
- Повышенная стоимость вспомогательного материала.

### 3) Метод наплавления MJM (Multi Jet Modeling)

На платформу построения с помощью печатающей головки наносится фотополимерная смола, которая под воздействием ультрафиолетовой вспышки галогеновой лампы засвечивается и затвердевает (рис. 3). После этого на деталь добавляется бытовая воск для сохранения формы выступающих частей, который затем бесследно удаляется в процессе нагревания в печи. Механизм повторяется несколько раз до достижения необходимого результата.

Плюсы этого способа заключаются в следующем:

- Высокое качество модели — минимум 450 точек на дюйм;
- Высокая скорость за счет не только послойного, но и построчного прототипирования детали;
- Возможность использования нескольких аналогов полимеров одновременно;
- Возможность создания крупных, полностью функциональных прототипов.

Недостатки:

- Высокая стоимость материала и оборудования;
- Стандартная термостойкость затвердевшего фотополимера — 80 °C;
- Необходимость поддержки нависающих элементов модели [6].

### 4) Технология DLP (Digital Light Processing)

Этот метод напоминает принципом работы систему MJM и отличается тем, что вместо ультрафиолетового проектора для затвердевания детали используется обычный световой. По мере расходования

полимер подливается в платформу, а само устройство закрывается во избежание засвета детали.

#### 5) Технология выборочного лазерного спекания SLS (Selective Laser Sintering)

Работа по созданию модели очень похожа на DLP-технологию, однако в данном случае вместо жидкого полимера используется порошок, который специальным валиком размещается тонким равномерным слоем по поверхности, а затем на данном слое под воздействием лазера модель твердеет. На слой порошка несколько раз распыляется разноцветный отвердитель, образуя тем самым нужный элемент детали. Кроме этого, требуется шлифовка готового изделия для устранения бугристостей поверхности и последующая пропитка специальным клеем. Время изготовления может колебаться в зависимости от сложности детали.

Так как остаточный после производства порошок может подлежать вторичному использованию при создании новой модели, SLS является технологией с безотходным производством.

Плюсы применения SLS-печати:

- Широкий выбор используемого материала;
- Безотходное производство;
- Точность создания как очень сложных моделей, так и мелких ювелирных.

Недостатки метода заключаются в следующем:

- Шероховатость поверхности и необходимость постобработки
- Высокая стоимость оборудования по сравнению с другими технологиями [7].

Технология 3D-печати имеет целый ряд плюсов и преимуществ перед стандартным созданием деталей. К плюсам относятся: снижение затрат на производство, материалы, рабочую силу и средства производства (оборудование); сокращение транспортных расходов в связи с потерей необходимости поэтапно разрабатывать изделие на разных производствах; меньшее количество отходов и загрязнения окружающей среды благодаря возможности вторичного использования материала; экономия времени и отсутствие необходимости следить за процессом на постоянной основе; увеличение качества производства и снижение риска ошибок; воссоздание точной копии цифровой детали; производство на заказ и др. К трудностям, свя-

занным с реализацией технологии 3D-печати, относится следующее: исходная цена принтера; необходимость постобработки (операций, которые необходимо выполнить для получения требуемых свойств детали [8]); необходимость получения некоторого набора навыков для освоения технологии 3D-моделирования; сокращение в производстве рабочих мест. В последнее время 3D-печать активно применяется для создания уникальных образцов в различных отраслях: экзоскелеты, протезы и целые органы в медицине, создание гипсовых макетов для будущих архитектурных сооружений, печать индивидуальных ювелирных украшений и многое, многое другое. Все это говорит об огромном рывке вперед разнообразия методов производства вследствие повышения потенциала использования 3D-печати. Таким образом, 3D-печать тесно входит в повседневную жизнь как метод, позволяющий претворять в жизнь многогранные возможности.

### ***Список литературы***

1. <https://3d-services.ru/primenenie/>
2. <https://vektor.us.ru/blog/pistolet-na-3d-printere.html>
3. <https://vc.ru/trade/369005-preimushchestva-i-nedostatki-kak-3d-pechat-vliyaet-na-biznes-i-nashu-zhizn>
4. <https://3ddevice.com.ua/faq-voprosy-i-otvety-o-3d-printerakh/chto-takoe-3d-pechat/>
5. <https://3dtool.ru/stati/kakie-sushchestvuyut-vidy-3d-printerov/>
6. <http://world-of-cnc.com/technology/prototipirovanie-mnogostrujnoe-modelirovanie-tehnologia-mjm/?lang=ru>
7. <https://www.jetcom-3d.ru/technology/selective-laser-sintering/>
8. [https://topstanok.ru/articles/postobrabotka\\_izdelij\\_posle\\_3d\\_pechati\\_ogranichenia\\_i\\_slozhnosti/](https://topstanok.ru/articles/postobrabotka_izdelij_posle_3d_pechati_ogranichenia_i_slozhnosti/)

# СЕКЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН

---

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*С.А. Власова, К.С. Шибанов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** Генераторы, работающие на традиционных видах топлива, эффективны, но, как правило, вредны для экологии, особенно в промышленных масштабах. Поэтому актуальна разработка более экологичных способов добычи энергии, одним из которых является выработка электричества с использованием водорода, чему и посвящена данная статья.*

***Ключевые слова:** водородная энергетика, перспективы водородной энергетики, возобновляемые источники энергии.*

Водородная энергетика — это альтернативная энергетика, основанная на использовании водорода в качестве топлива для получения или хранения электроэнергии. Водород является наиболее распространенным и доступным химическим элементом на Земле и в космосе. Его теплота сгорания составляет от 120 до 140 МДж/кг, что во много раз превышает теплоту сгорания традиционных видов топлива. Продуктом сгорания водорода в кислороде является вода, которую можно использовать в обороте водородной энергетике [3].

В настоящее время распространены несколько способов промышленного производства водорода: паровая конверсия природного газа (метана), газификация угля и электролиз воды.

Паровая конверсия природного газа / метана — по состоянию на 2015 год данным способом производится примерно 90–95% всего водорода в США. Водяной пар при температуре 700–1000 °С смешивается с метаном под давлением в присутствии катализатора. Себестоимость процесса \$2–5 за килограмм водорода [1].

Давний метод получения водорода — газификация угля. Уголь нагревают с водяным паром при температуре 800–1300 °С без доступа воздуха. Первый газогенератор был построен в Великобритании в 40-х годах XIX века. Себестоимость процесса 2–2,5 долл. за килограмм водорода.

Еще одним методом добычи водорода является — электролиз воды. Себестоимость процесса составляет \$6–7 за килограмм водорода [4].

Водород из биомассы получается термохимическим или биохимическим способом. При термохимическом методе биомассу нагревают без доступа кислорода до температуры 500–800 °С (для отходов древесины), что намного ниже температуры процесса газификации угля. В результате процесса выделяется H<sub>2</sub>, CO и CH<sub>4</sub>. Себестоимость процесса составляет \$5–7 за килограмм водорода.

Общемировая структура производства водорода распределена по следующим основным источникам: 18% приходится на переработку угля, 4,3% обеспечивается за счет «зеленого» водорода, получаемого посредством возобновляемых источников энергии (ВИЭ), главным образом, при электролизе воды. Наконец, подавляющий объем — а это 78% — составляет переработка природного газа и нефти [2].

В настоящее время наиболее экономически доходным считается производство водорода из ископаемого сырья. Уменьшить уровень выбросов углерода в производственных отраслях можно за счет водорода, полученного с использованием низкоуглеродных технологий. Для этого можно применять технологии улавливания и хранения углекислого газа, а также электролиза воды, «в первую очередь с помощью энергии объектов атомной, гидро, ветряной и солнечной энергетики».

Цветовая градация водорода зависит от способа его выработки и углеродного следа, то есть количества вредных выбросов:

- «зеленый» — произведен с помощью энергии из возобновляемых источников методом электролиза воды, считается самым чистым;
- «голубой» — произведенный из природного газа; в этом случае углекислый газ накапливается в специальных хранилищах;
- «розовый/красный/желтый» — произведенный при помощи атомной энергии;
- при производстве «серого» водорода вредные выбросы идут в атмосферу.

Себестоимость «зеленого» водорода около 10 долларов за кг (что является «абсолютно невыгодно», по мнению главы Фонда национальной энергетической безопасности); «голубой» и «желтый» водород в несколько раз дешевле «зеленого» — от 2 долларов за килограмм.

Согласно докладу МЭА (Международное энергетическое агентство), к 2050 году мировой спрос на водород должен достичь 528 млн тонн — против 87 млн в 2020, — а его доля в мировом потреблении составит 18%, из них 10% будет приходиться на зеленый водород.

К 2050 году МЭА планирует снизить затраты на производство этого экологически чистого вида топлива до 2\$ за килограмм, что существенно меньше существующих 10\$. Это произойдет благодаря развитию технологий ВИЭ и удешевлению производства энергии ветра и солнца.

В июне 2020 года Германия объявила о реализации национальной водородной стратегии с инвестициями в 7 млрд евро, чтобы стать лидером в этой области.

Япония, Франция, Южная Корея, Австралия, Нидерланды и Норвегия начали свой курс на водород раньше Германии, а Япония сделала это раньше всех — в декабре 2017 года [6].

В июле 2020 года Минэнерго подготовило план развития в РФ водородной энергетики на период 2020–2024 годов. Производить водород собираются «Росатом», «Газпром» и «Новатэк» [5].

В 2021 году HydrogenOne Capital — первый в мире инвестиционный фонд, ориентированный на зеленый водород, заявил о листинге на Лондонской бирже. Фонд инвестирует в проекты мощностью 20–100 МВт с возможностью их расширения до 500 МВт.

Преимущества водородной энергетики:

- Высокая применимость. Электрификация транспорта поможет снизить выбросы в атмосферу, но авиацию, морские и грузовые транспортировки на удаленные расстояния трудно перевести на использование электроэнергии, потому что для этих секторов требуется топливо с высокой плотностью энергии. Зеленый водород может удовлетворить эти потребности.
- Запасы водорода практически безграничны. Так как он встречается почти всюду, его можно использовать там, где он производится. В отличие от батарей, которые не могут хранить большое

количество электроэнергии в течение длительного времени, водород можно производить из избыточной возобновляемой энергии и хранить в больших количествах.

- Энергоэффективность. Водород, включает в себя практически в три раза больше энергии, чем ископаемое топливо, поэтому для выполнения какой-либо работы его требуется гораздо меньше. Например, по сравнению с электростанцией, работающей на сжигании топлива с КПД от 33 до 35%, водородные топливные элементы выполняют ту же функцию с КПД до 65%. Для примера, у солнечных элементов КПД — 20%, а у ветряных — 40%.

Недостатки водородной энергетики:

- Стоимость зеленого водорода. Как уже говорилось выше, именно стоимость добычи самого чистого вида водорода ставит наиболее сильные препятствия в его развитии. По словам и прогнозам Минэнерго РФ, перспективы водородной энергетики связаны с удешевлением стоимости водорода, производимого электролизом воды. В качестве основных факторов обеспечения конкурентоспособности зеленого водорода рассматривается перспективное снижение капитальных затрат на электролизеры, а также стоимости электроэнергии из ВИЭ.
- При масштабировании производства электролизеров их стоимость может снизиться с текущих 1000 до 200 \$/кВт к 2050 году, по оценке J. P. Morgan — даже до 100 \$/кВт. При реализации такого сценария к 2050 году стоимость электролизеров может снизиться до уровня менее 2 \$/кг. Но с учетом применения различных программ государственного субсидирования водородной энергетики эти сроки могут быть сокращены.
- Горючесть. По сравнению с бензином, природным газом и пропаном водород огнеопаснее в воздухе, малейшие трещины в баке могут привести к трагедии. Но некоторые критики заблуждаются, когда говорят, что с развитием водородной энергетики «мир сядет на огромную пороховую бочку». Поскольку водород очень легкий — примерно в 57 раз легче, чем пары бензина, — он может быстро рассеиваться в атмосфере, и это положительный для безопасности фактор.
- Хранение и транспортировка. Так как водород — самый легкий среди химических элементов, в заданном объеме его помещается



значительно меньше, чем других видов топлива. Например, потребуется гораздо больший баллон с газообразным водородом, чтобы проехать заданное расстояние на автомобиле. Существующие бензобаки при этом слишком малы, чтобы вмещать количество водорода, которое необходимо для расстояния, которое покрывает полный бензобак. Для решения этой проблемы сейчас модернизируют способы перевода водорода в жидкое или газообразное состояние. Его необходимо либо охладить до  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ , чтобы сжижать, либо сжать до давления, в 700 раз превышающего атмосферное, чтобы его можно было доставить в виде сжатого газа.

В настоящее время водород транспортируется по специальным трубопроводам, в автоцистернах для низкотемпературных жидкостей, в трубчатых прицепах, перевозящих газообразный водород, по железной дороге или на баржах.

Обычно водородное аккумулирование энергии рассматривается в виде цепочки, связывающей первичный источник энергии, производство водорода, систему хранения водорода и водородную энергоустановку. Относительно применения с ВИЭ (Возобновляемые источники энергии) эта цепочка сводится как правило к получению водорода путем электролиза, хранению водорода в сжатом или твердофазном связанном виде и получению электрической энергии с использованием электрохимических генераторов (топливных элементов) или водородосжигающих установок (включая двигатели внутреннего сгорания).

Характеристики первичных источников энергии и графиков потребления оказывают существенное влияние на основные технические и экономические характеристики как отдельных агрегатов, так и системы аккумулирования. Среди прочих технологий хранения энергии водородное аккумулирование отличается относительно низким КПД (40...60%), однако этот недостаток компенсируется достоинствами водородных систем, среди которых выделяются возможность длительного хранения энергии без потерь, что недостижимо для химических источников тока, высокая плотность хранения энергии и малые капитальные затраты по сравнению с ГАЭС и ПАЭС.

В частности, при суточном хранении водорода в металлгидридной системе и производстве электроэнергии для конечного потребителя с использованием ТПТЭ часть стоимости электроэнергии, связанная с хранением водорода, составляет около 1.2 цента США/

кВт·ч, а при хранении водорода в течение 30 суток — 12 центов США/кВт·ч. Полная стоимость пиковой электроэнергии в зависимости от режимов и методов хранения и потребления водорода изменяется от 19 до 60 центов США за кВт·ч.

Для производства энергии в современной распределенной энергетике и система аккумулирования предлагается использовать водородные топливные элементы — химические источники тока (ХИТ), способные преобразовывать химическую энергию в электрическую энергию при электрохимических процессах из постоянно поступающих активных веществ: водорода и окислителя. В отличие от гальванических элементов ТЭ могут работать до тех пор, пока осуществляется подвод реагентов (топлива и окислителя) и отвод продуктов реакции.

Создание топливных элементов высокой мощности наталкивается на множество препятствий, связанных с трудностью масштабирования технологии. Существует фундаментальное ограничение на рост мощности ТЭ, вызванное тем, что перенос энергии через электролит связано с процессами диффузии. Таким образом, рост мощности приводит к резкому увеличению площади поверхности электродов и мембран, что катастрофически увеличивает материалоемкость, сложность и снижает надежность энергоустановок. Таких ограничений не возникает при использовании водорода в паросиловом цикле. Получение пара в водородо-кислородных парогенераторах не только повышает компактность и маневренность энергоустановок, но и способствует росту КПД за счет использования высокотемпературного пара, в то время как КПД топливных элементов с ростом температуры падает.

В качестве базовых принципов для разработки водородо-кислородных парогенераторов и парогенераторов используются технологии ракетостроения и газотурбостроения, являющиеся хорошо развитыми на данный момент в ряде стран. В частности, экспериментальные образцы с использованием ракетных технологий созданы в России и Германии, а с использованием газотурбинных технологий в Японии.

### ***Список литературы***

1. Kalmykov A. S., Vasiliev A. S., Sokolan D. S. Problems and prospects for the development of hydrogen energy: The role and place of Russia //

- Vestnik MIRBIS.— 2022. — No. 4(32). — P. 56–65. — DOI 10.25634/MIRBIS.2022.4.7.
2. Колбина Т. Ю., Набиева И. К., Абдысадыкова А. Н. Водородная энергетика как новый этап мировой энергетики // Инновации. Наука. Образование.— 2021.— № 40. — С. 266–269.
  3. Жизнин С. З., Тимохов В. М. Экономические аспекты развития ядерно-водородной энергетики в мире и в России.— 2020.— № 1–6(324–329). — С. 40–59. — DOI 10.15518/isjaee.2020.01–06.040–059.
  4. Аббасов Р. Р., Шиян С. И., Самарин М. А. Возможности водородной энергетики // Referatotech: материалы II Международной научно-практической конференции: в 2 т., Краснодар, 23 октября 2021 года / Кубанский государственный технологический университет, Институт нефти, газа и энергетики. Том 1. — Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский Дом — Юг», 2022. — С. 12–17.
  5. Смирнов А. Ю., Кудряшов Д. А., Усунц-Кригер Т. Н. Проектирование индукторного двигателя с самовозбуждением для шагового привода регулирующего органа // Интеллектуальная электротехника.— 2022.— № 1(17). — С. 4–15. — DOI 10.46960/2658–6754\_2022\_1\_04.
  6. Комолов О. О. Глобальная экспансия КНР и новые тенденции в мировой экономике. — Общество и экономика.— 2022.— № 3. — С. 118–128. — DOI 10.31857/S020736760019066–1.

## **ИННОВАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ АККУМУЛЯТОРОВ**

***В.О. Креков, Ю.В. Мизина***

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.*** В работе исследована инновация в области синтеза углеродного композитного материала, применимого для создания аккумуляторов. Оценен вклад в инновации создания композитного

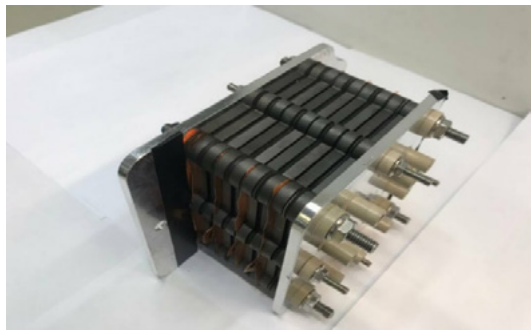
материала для аккумуляторов. Сформулировано предположение о том, что такая разработка позволит бесперебойно работать промышленности на протяжении двадцати лет. Оценены перспективы разработки и реализации производства 5D-принтера. Отмечена возможность данного принтера уйти от дополнительных операций с использованием пресс-форм, и применять армирующие элементы непосредственно в процессе создания модели. Рассмотрена инновация создания продукта на базе стеклокерамики. Кроме того, рассмотрена основная область применения пористой стеклокерамики — это атомная промышленность, строительная индустрия, а также нефтегазовая отрасль.

**Ключевые слова:** инновации в промышленности, углеродный материал, 5D-печать, пористая стеклокерамика.

Инновация — как основной показатель развития страны в социально-экономической сфере. Россия, несмотря на отсутствие госпрограмм и государственного финансирования развития в области инноваций, представлена частными разработками в основном небольшими компаниями. Основная заинтересованность данных компаний увеличение прибыли, они, иницилируя проекты и разработки повышают уровень развития промышленности. Рассмотрим основные три инновационные разработки в промышленности, по мнению автора [1, 3].

Синтезирован углеродный композитный материал. Учеными Университета «МИСИС», удалось создать новый вид углеродного материала для аккумуляторов. В состав ванадиевых аккумуляторов входят биполярные пластины, которые состоят из углеродного волокна Toray T700, углерода N220 и искусственного графита. Данные биполярные пластины дешевле в изготовлении, а также более коррозионностойкие, что в свою очередь влияет на стоимость производства и эксплуатационные издержек в сторону уменьшения стоимости. В основном подобного типа батареи производятся из частей, сделанных в Китае, и применяются в нефтегазовой промышленности и энергетике. Общая объемная доля углеродных наполнителей в полученных образцах составила 75% от общей массы. В том числе доля углеродных волокон до 12,25 процентов. С увеличением степени наполнения углеродными волокнами механические свойства полученного композиционного материала возрастают. Через год в случае

успеха начнется их массовое производство, такая разработка позволит бесперебойно работать на протяжении 20 лет.



*Рисунок 1. Общий вид биполярных пластин*

В России разработали и реализовали производство единственного в мире настольного принтера 5D. Производство принтеров расположено в Волгограде, это первый завод по производству принтеров, которые могут печатать 5D измерения. Мощности завода позволяют выпускать до 1000 устройств в год, предназначены они для печати деталей, используемых в разных областях промышленности. Созданный 5D-принтер в Волгограде, может печатать в пяти плоскостях, традиционный принтер только координатах X, Y и Z. Основное преимущество реализовано за счет поворота во время печати, переплетение печатного материала создает более устойчивое к разрушению соединение. Таким образом сокращается время на производство деталей и дает возможность применять армирующие элементы конструкции [5].

Традиционные принтеры не имели возможность сформировать слой покрытия на другой стороне армирующего элемента, что и усложняло производство деталей и увеличивало производственный процесс дополнительными операциями.

Данный принтер позволяет уйти от дополнительных операций с использованием пресс-форм, и применять армирующие элементы непосредственно в процессе создания модели. Принтер использует уникальное запатентованное программное обеспечение. Пользователи данной модели принтера создают в программе модель детали и имеют возможность сохранить ее в библиотеке. Такая технология

производства будет востребована в авиастроение, строительстве и машиностроение. Что еще примечательно, состоит данный принтер на 94.5% из российских комплектующих.



*Рисунок 2. Общий вид 5D-принтера*

Мордовскими учеными создан продукт на базе стеклокерамики. Основная область применения пористой стеклокерамики — это атомная промышленность, строительная индустрия, а также нефтегазовая отрасль. В рамках программы по замене импортных материалов и продуктов, изделия из пористой стеклокерамики заменят пеностекло. Данный материал возможно использовать при строительстве и утепление атомных электростанций, зданий и сооружений у условия дальнего севера. Данный материал превосходит аналоги из-за рубежа по следующим показателям: экологичности, теплопроводности, прочности, стойкости к воздействию окружающей среды [4].

Простота изготовления пористой стеклокерамики с применением кальцинированной соды, и вдобавок способствующих образованию газа в сочетании с одной фазой производства, позволяют легко конкурировать с аналогичными материалами на рынке.

Уровень разработки TLR5, данные образцы испытываются в искусственно созданных условиях, приближенных к реальным, где проверяется работоспособность макетов. До промышленного производства образцы пройдут все необходимые испытания.



*Рисунок 3. Пористая стеклокерамика*

### **Список литературы**

1. Алешкин Н. А., Петрушевская А. А. Оптимизация производственных процессов промышленного предприятия в условиях реализации концепции бережливого производства // В сборнике: Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. Сборник научных статей по итогам шестой международной научной конференции.— 2019. — С. 8–10.
2. Дмитриев Н. Д., Дубаневич Л. Э. Генерирование базовых инвестиционных целей предприятия в стратегической перспективе // Вестник Сургутского государственного университета.— 2020.— № 1 (27). — С. 33–41.
3. Ефимов В. В. Статистические методы в управлении качеством: Учебное пособие / — Ульяновск: УлГТУ, 2003.— 134 с.
4. Колобов А. В. Амбициозное, динамическое целеполагание как инструмент повышения конкурентоспособности металлургической компании // Экономика промышленности.— 2019. — Т. 12. — № 2. — С. 205–212.
5. Трофимова Н. Н. Проблемы и перспективы инвестирования в цифровую модернизацию наукоемких производств // Стратегии бизнеса.— 2020. — Т. 8.— № 6. — С. 153–156.

## **АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ УТИЛИЗАЦИИ И СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Г.А. Митьков, А.А. Князев, А.А. Сулова*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *Статья посвящена проблеме переработки литий-ионных аккумуляторов, а также анализу высокоэффективных современных способов выгодной, безвредной, нетрудозатратной утилизации, с учетом возможности вторичного применения некоторых компонентов.*

**Ключевые слова:** *утилизация литий-ионных аккумуляторов, литий-ионный аккумулятор, пирометаллургический способ утилизации.*

Промышленная экология — современная наука, которая занимается изучением взаимодействия промышленной сферы и окружающей среды. В контексте рассматриваемого направления рассматривают состояние гидросферы и атмосферы, почвы, изучают влияние радиационного излучения на территории определенных объектов. Рассматриваются вопросы, связанные с воздействием работы предприятия на экологическую обстановку в населенном пункте.

Сегодня становится все более очевидным, что качество жизни населения разных регионов страны во многом зависит от состояния окружающей среды. Следовательно, управление состоянием качества окружающей среды косвенным образом влечет за собой и управление качеством жизнедеятельности человека.

В данной статье будут рассмотрены способы переработки и утилизации литий-ионных аккумуляторов с наименьшими загрязнениями окружающей среды.

На данный момент известно несколько методов утилизации литий-ионных аккумуляторов:

1. физический (механическое измельчение в кустарных условиях);
2. гидрохимический;
3. пирометаллургический.



Основным недостатком физического метода является низкая производительность, необходимость предварительной сортировки батарей по химическому составу и заряду.

При использовании гидрохимического метода удастся получить вторичный литий. При этом осуществляется механическое измельчение батарей и реализуются химические процессы извлечения материалов — черных и цветных металлов (сталь, медь, алюминий), оксидов металлов активного элемента ( $Mn_2O_3$ ,  $NiMnCoAlO_2$ ,  $FePO_4$ ), карбоната лития [7].

При использовании пирометаллургического метода пластмасса, раствор электролита, и графитный электрод сгорают в печи (для поддержания температуры плавления). Конечные вторичные продукты — металлы активного соединения анода (Mn, Ni, Co, Fe), Al и Li находятся в составе шлака, который в дальнейшем используют в качестве добавки в бетон. Выделить литий в чистом виде при такой технологии не представляется возможным.

Для всех указанных выше методов утилизации первоначально утилизируемые аккумуляторные батареи должны быть обесточены и демонтированы. Здесь возникает главная проблема всех существующих методов утилизации — пожаровзрывобезопасность лития, что требует создания особых условий демонтажа. Кроме того, все перечисленные методы утилизации отличаются высокой энергоемкостью и значительными утратами исходных материалов.

Преимущественно действенным является гидрохимический метод утилизации проработанных литий-ионных батарей, ради повышения пожаровзрывобезопасности которого на этапе разрядки и демонтажа следует использовать криогенную заморозку перерабатываемых батарей [1].

Процесс утилизации этих батарей начинается с их полной разрядки. Это необходимо для предотвращения любых химических и термических реакций содержимого ионной батареи. Наряду с разрядкой аккумулятора они могут заморозить электролиты, чтобы минимизировать риски. Следующим шагом является удаление электролита из аккумуляторного элемента посредством процесса конденсации. Этот процесс предназначен для предотвращения появления токсичных паров и снижения реакционной способности соединений электролита с воздухом.

Следующие шаги включают демонтаж кусков катодов из аккумуляторной батареи, замаскировку различных частей и, наконец, механическое измельчение. «Окисленные» детали будут выброшены как ненужный материал. Эти детали будут плавиться и использоваться в различных металлических сплавах.

Ценная часть тоже будет разбита и расплавлена. Для очистки их можно обрабатывать различными химическими веществами. Они используют фтор для очистки металлического содержимого.

Электролит также будет очищен в процессе кристаллизации? После того, как материал будет очищен и очищен, они будут отправлены на воспроизведение литий-ионных аккумуляторов заново.

Чтобы уменьшить вероятность несчастных случаев, при переработке литий-ионного аккумулятора учитывается множество рабочих условий; поддержание низких температур, открытие ячейки с помощью роботов в контролируемой и герметичной среде и многое другое [2].

В зависимости от степени повреждения, которому подверглась батарея, степень успешности утилизации может различаться. В настоящее время средний уровень утилизации литий-ионных аккумуляторов составляет 50 процентов. Хотя ценный материал всегда извлекается и перерабатывается, возможно, он больше не пригоден для переработки ионных батарей. Однако их можно использовать и в других производственных целях.

Да, утилизация литиевых аккумуляторов — это довольно сложный процесс. И, надо сказать, опасный. Отработанные литий ионные аккумуляторы относят ко второму классу опасности. В их составе находится активный элемент литий, который может воспламениться на воздухе при взаимодействии с водой. Из-за этого литиевые аккумуляторы часто становится причиной возгорания на различных свалках и даже пунктах сбора отходов.

Переработка батареек выполняется путем их переработки на специализированных заводах с соответствующим оборудованием. Разработка такой переработки должна строго соответствовать действующим интернациональным стандартам. При выполнении данных условий утилизация батареек будет осуществлена практически без ущерба для внешней среды. Перед переработкой батареечки сортируют вручную (по составу и уровню заряда). Непосредственно сам процесс переработки представляет собой несколько технологиче-

ских этапов, которые осуществляют на отлаженной производственной линии по переработке батареек.

Ультразвуковое выщелачивание и экстракция металлов могут применяться для процессов рециркуляции оксидных элементов из литиевого кобальта (например, с ноутбуков, смартфонов и т. Д.), а также сложных литий-никель-марганцево-кобальтовых батарей (например, от электромобилей) [4].

Cavitation produced by Hielscher's UIP1000hdT with cascatrode мощное ультразвуковое исследование хорошо известно своей способностью обрабатывать химические жидкости и суспензии для улучшения массопереноса и инициирования химических реакций.

Интенсивное воздействие ультразвуковой энергии основано на явлении акустической кавитации. Путем соединения высокомогущного ультразвука с жидкостями / суспензиями переменные волны низкого давления и высокого давления в жидкостях создают небольшие вакуумные пузырьки. Небольшие вакуумные пустоты растут по различным циклам низкого давления / высокого давления до тех пор, пока они не будут сильно взрываться. Коллапсирующие вакуумные пузырьки можно рассматривать как микрореакторы, в которых температуры до 5000 К, давления до 1000 атм и скорости нагрева и охлаждения выше 10–10 происходят. Кроме того, генерируются сильные гидродинамические сдвиговые силы и струи жидкости со скоростью до 280 м / с [6].

Впоследствии батарейки механическим способом дробят в крошку, чтобы достичь желаемого результата, используя для этого станок со специальными дробильными молотами (дробилку) [5].

После чего с помощью магнитной ленты из полученной смеси извлекают крупные частички металлической оболочки. Оставшуюся часть крошки повторно отправляют на измельчение и отделение металла. Итогом таковых процессов является цинково-марганцево-графитный состав с электролитом. Приобретенную смесь отправляют на гидрометаллургический процесс. Данный процесс заключается в том, дабы нейтрализовать электролит, растворить смесь в кислоте, «высадить» соли цинка, марганца и достать графит. В результате переработки имеем аккуратно распределенные по пакетикам соли цинка (косметические компании их с радостью покупают для своего производства), марганца (они используются в производстве минеральных добавок) и графит, плюс металл [3].

В заключении хочется сказать пирометаллургический метод утилизации литиевых батареек; описан гидрометаллургический метод утилизации батареек. В России проблема утилизации аккумуляторов такого типа стоит очень остро в первую очередь из-за экологической безграмотности населения (практически нулевой уровень сбора) и, как следствие, отсутствия эффективной и безопасной системы утилизации. Известно несколько методов утилизации литий-ионных аккумуляторов: физический (механическое измельчение в кустарных условиях); гидрохимический; пирометаллургический. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

Основным недостатком физического метода является низкая производительность, необходимость предварительной сортировки батарей по химическому составу и заряду. При использовании гидрохимического метода удастся получить вторичный литий. При этом осуществляется механическое измельчение батарей и реализуются химические процессы извлечения материалов — черных и цветных металлов (сталь, медь, алюминий), оксидов металлов активного элемента ( $Mn_2O_3$ ,  $NiMnCoAlO_2$ ,  $FePO_4$ ), карбоната лития. При использовании пирометаллургического метода пластмасса, раствор электролита, и графитный электрод сгорают в печи (для поддержания температуры плавления). Конечные вторичные продукты — металлы активного соединения анода (Mn, Ni, Co, Fe), Al и Li находятся в составе шлака, который в дальнейшем используют в качестве добавки в бетон. Распределить литий в чистом виде при такой технологии не представляется возможным [4].

Для всех указанных выше методов переработки первоначально утилизируемые аккумуляторные батареи обязаны быть обесточены и извлечены. Тут завязывается главная проблема всех существующих методов переработки — пожаровзрывобезопасность лития, что требует создания особых условий демонтажа. Кроме того, все перечисленные методы утилизации отличаются высокой энергоемкостью и значительными потерями начальных материалов.

### ***Список литературы***

1. Рустемов С. Р. Материалы для литий-ионных аккумуляторов и недостатки существующих литий-ионных аккумуляторов и воз-

- можные улучшения // Студенческий вестник.— 2022.— № 44–11(236). — С. 67–70.
2. Дителева А. О., Дителева Е. О. Перспективные металло-воздушные аккумуляторы как альтернатива литий-ионным аккумуляторам // XLVII Гагаринские чтения 2021: Сборник тезисов работ XLVII Международной молодежной научной конференции, Москва, 20–23 апреля 2021 года. — Москва: Издательство «Перо», 2021. — С. 569–570.
  3. Кебеков Т. В., Гобозов М. Д. Литиевые вторичные химические источники тока, анализ и сравнение литий-ионных аккумуляторов и литий-полимерных аккумуляторов // Научное обозрение: сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 05 мая 2021 года. — Пенза: Общество с ограниченной ответственностью «Наука и Просвещение», 2021. — С. 80–83.
  4. Патент № 2759843 С1 Российская Федерация, МПК H01M 4/13, H01M 10/0525. Элементарная ячейка литий-ионного аккумулятора и аккумулятор на ее основе: № 2020116995: заявл. 22.05.2020: опубл. 18.11.2021 / А. Е. Галашев, О. Р. Рахманова, К. А. Иваничкина [и др.]; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».
  5. Патент № 2789852 С1 Российская Федерация, МПК H01M 10/54, H01M 10/0525. способ переработки литий-ионных аккумуляторов с получением компонентов положительного электрода щелочных аккумуляторов: № 2022111239: заявл. 25.04.2022: опубл. 14.02.2023 / В. В. Волинский, А. В. Ушаков, С. В. Брагин [и др.]; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Экологические технологии».
  6. Базылов А. К. Изучение экономического потенциала натриево-ионных аккумуляторов, и сравнение его в литий-ионным аккумулятором // Научный форум: технические и физико-математические науки: сборник статей по материалам XXXIII международной научно-практической конференции, Москва, 07 мая 2020 года. Том 4 (33). — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Международный центр науки и образования», 2020. — С. 31–40.
  7. Михайлюкова М. Ю., Федорин Е. А., Меньшова И. И. Кремний-содержащие анодные материалы для литий-ионных аккумуляторов.— 2020. — Т. 34, № 3(226). — С. 62–64.

## СВОЙСТВО ДИСПЕРСИИ НА ПРИМЕРЕ ИЗВЕСТНЫХ СВЕТОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

А.С. Аксенова, Е.С. Чальшева, Ю.Н. Жук

Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса

**Аннотация.** В работе на примере некоторых световых явлений рассматривается дисперсия.

**Ключевые слова:** световые явления, дисперсия, преломление света, радуга, гало.

Дисперсия — разложение света на спектр цветов при прохождении через прозрачное вещество. Явление дисперсии обусловлено тем, что каждый цвет имеет свою длину волны, из-за чего при преломлении в прозрачном веществе луч света распадается на целый ряд цветов. К ярким примерам дисперсии можно отнести радугу, северное сияние и гало, возникновение которых связано с прохождением света через кристаллы льда в атмосфере. Понятие дисперсии позволяет объяснить появление перечисленных выше световых явлений и дать им подробную характеристику.

Физика — это наука, которая часто остается в тени. Мало кто осознает ее роль в окружающем нас мире, хотя изучение ее основных принципов и законов открыло перед человеком множество практически безграничных возможностей. Благодаря физике нам понятны явления, прежде казавшиеся чем-то таинственным и необъяснимым: древние жители поклонялись неким богам, объясняя их существованием таких явлений, как дождь, снег и радуга. Еще совсем недавно люди могли лишь мечтать оказаться в небе, быстро и свободно перемещаться, а космос находился для них за гранью понимания и казался непостижимым. Но с тех времен человечество сделало огромный шаг к развитию науки, которая и положила начало технологическому прогрессу.

Теперь физика окружает нас везде: это и компьютеры, и автомобили, и даже обыкновенное, на первый взгляд, электричество. Древний человек и представить себе не мог, что в будущем ему будет доступна любая необходимая ему информация, что он сможет мгновенно обмениваться сообщениями и в реальном времени слышать голос человека, находящегося за тысячи километров от него самого.

Но физика — это не только технологии. Это и изучение закономерностей нашего мира и устройства Вселенной в целом. Ведь окружающий нас мир полон различных уникальных феноменов: это и полярное сияние, и гало, и даже небо над головой, имеющее привычный для нас голубой цвет. Все это — световые явления, столь обыденные для человеческого глаза, которые теперь, когда законы физики тесно вписались в науку, стало возможным объяснить.

В данной статье мы изучим явление дисперсии на конкретных примерах и рассмотрим понятия гало, радуги и заката солнца. Но все перечисленные выше явления связаны, в первую очередь, с таким понятием, как свет. Дадим определение данному термину. **Свет** — это видимое электромагнитное излучение, воспринимаемое человеческим глазом. Такие волны имеют определенный интервал с частотой волны в диапазоне  $4 \cdot 10^{14}$ – $8 \cdot 10^{14}$  Гц [1]. Другие же виды излучения, например, рентгеновское, нашим глазом не воспринимаются, хотя иногда сетчатка человеческого глаза реагирует на вспышки инфракрасного излучения. Ультрафиолетовый спектр, однако, доступен для видения многим видам животных и насекомых.

Одно из свойств света — это дисперсия. По определению, дисперсия — это зависимость показателя преломления вещества  $n$  от длины волны света [2]. Явление представляет собой разложение проходящего через призму белого света на спектр цветов (рис. 2).

Дисперсия была впервые открыта Исааком Ньютоном в 1672 году: проведя ряд опытов, ученый обнаружил, что при прохождении через небольшое отверстие с вставленной в него стеклянной призмой солнечный луч разлагается на ряд цветов (рис. 2) [3]. Когда же Ньютон ставил на пути луча окрашенное в красный цвет стекло, на противоположной стене он наблюдал только красную полосу, таким образом доказав, что именно прозрачная призма не меняет исходный цвет, а разлагает его на составляющие части [4]. Хотя явление и было открыто Ньютоном, большую часть изучения данного явления проводили ученые более позднего периода [5].

Дисперсия является достаточно распространенным в повседневной жизни явлением, стоит лишь обращать внимание на окружающий нас мир. Ниже будут рассмотрены некоторые примеры дисперсии.

Гало (от др.-греч. ἄλωϋς «круг, диск») также аура, нимб, ореол — группа атмосферных оптических явлений, характеризующаяся возник-

новением вторичного свечения вокруг источника света, как правило, имеющее форму круга, кольца, дуги, светового столба или «алмазной пыли» [6]. Иными словами, гало — это световое явление, возникающее вокруг мощных источников света (например, вокруг Солнца или Луны). Существует много различных типов данного явления, и все они вызваны образованием ледяных кристаллов в верхних слоях атмосферы (на высоте около 10 км). От расположения кристаллов в облаке зависит интенсивность ореола (рис. 3). Свет, отраженный и преломленный кристаллами льда, часто распадается на спектр, что делает ореол похожим на радугу.

Как и упоминалось в начале статьи, еще в древности люди принимали физические явления за нечто мистическое. Это коснулось и такого явления, как гало. Человечество заметило, что незадолго до смены погоды наблюдалось солнечное гало, что и сулило весть о ее переменах. В настоящее время это объясняется тем, что перисто-слоистые облака представляют систему облаков теплого фронта, что в свою очередь является признаком грядущего потепления. А вот радуга зимой говорит о приближении сильных морозов (рис. 4).

### ***Радуга как явление дисперсии***

Радуга — явление, возникновение которого связано с преломлением во время дождя либо тумана света через призму (каплю), из-за чего мы наблюдаем разноцветную дугу. Солнечный свет, проходя через воду, распадается на спектр из семи цветов: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый (рис. 5).

Под определенным углом часть падающего на каплю света отражается обратно, что зависит не от размера капли, а от показателя преломления воды (рис. 6). Показатель преломления дождевой воды составляет 1,33, следовательно, угол отражения от капель дождя будет равен  $42^\circ$  [7]. Таким образом, для образования радуги необходимо, чтобы Солнце находилось над горизонтом под углом в  $42^\circ$ , поэтому летом, когда Солнце находится в зените, явление радуги не наблюдается. А так как показатель преломления морской воды выше, чем дождевой, угловой радиус радуги в морских каплях будет меньше [8].

Появление радуги обусловлено тем, что в некотором месте между наблюдателем и Солнцем еще идет дождь. Солнечный свет много-



кратно преломляется в каплях, которые в данном случае выполняют роль крохотных призм, в результате чего образуется разноцветный круг. Чем выше над Землей находится наблюдатель либо чем ниже находится Солнце, тем лучше он будет виден [9].

Редко наблюдается более одной разноцветной дуги — две или три. Возникновение второй радуги связано с отражением лучей Солнца дважды, третьей — трижды. Ширина и яркость цветов зависят от концентрации капель дождя в атмосфере. Так, например, после летней грозы, когда с неба падают крупные капли, формируется особенно яркая радуга.

Явление может возникнуть и за счет лунного света, но так как Луна, по сравнению с Солнцем, светит слабо, радуга от ее света образуется бледная и незаметная.

Кроме описанных выше, примерами явления дисперсии являются также закаты солнца, когда объектом преломления выступает атмосфера Земли; радужные блики возле водоемов с прозрачной чистой водой; разложение цвета на оттенки в каждой грани драгоценных камней, например, бриллиантов и хрусталя; дисперсия полос машинного масла на дорогах. Таким образом, можно сделать вывод, что дисперсия встречается во многих явлениях как природного характера, так и созданных вручную, например, при рассмотрении проходящего через стеклянную призму луча, что позволяет проводить эксперименты по изучению явления дисперсии в домашних условиях.

### ***Список литературы***

1. [https://questions-physics.ru/uchebniki/8\\_klass/chto\\_takoe\\_svet.html](https://questions-physics.ru/uchebniki/8_klass/chto_takoe_svet.html)
2. <https://online.mephi.ru/courses/physics/optics/data/course/6/6.2.html>
3. <https://rosuchebnik.ru/material/dispersiya-sveta-tsvetovoy-disk-nyutona-7587/>
4. <http://class-fizika.narod.ru/voln5.htm>
5. <https://svetilov.ru/teoriya/dispersiya-sveta>

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*А.О. Тришкин, Д.А. Калачев, А.Н. Авдошин*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В работе проведен анализ перспектив и преимуществ внедрения экзоскелетов в промышленности. Исследованы возможные направления применения экзоскелетов в других сферах жизни человека.*

***Ключевые слова:** экзоскелет, экзоскелеты в промышленности.*

Несмотря на стремительное развитие производства, ручной труд в промышленности все еще играет огромную роль. По данным Росстата, в России на тяжелых физических операциях задействовано около 5 миллионов человек. В 2018 года при добыче полезных ископаемых на работах, связанных с поднятием тяжестей, было занято 34,7% специалистов, в металлургии — 36,5%. При этом вредные и опасные условия труда наносят колоссальный ущерб как здоровью людей, так и бизнесу. Чтобы избежать этих негативных факторов, одним из перспективных направлений в области современной робототехники является разработка и внедрение экзоскелетов в промышленность [1].

Экзоскелет — это мобильный механизм, который работает при помощи системы электродвигателей, рычагов, гидравлики и других технологических решений. Экзоскелеты предназначены для восполнения утраченных функций человека, а также для увеличения силы мышц и расширения амплитуды движений. Экзоскелеты бывают двух основных типов — это активный и пассивный. Их главное отличие в том, что активный совершает работу с помощью установленных в него электроприводов или гидравлике, а пассивный благодаря своей конструкции накапливает механическую энергию из движений человеческого тела и в определенные моменты высвобождает ее помогая выполнять физическую работу.

Самым первым изобретателем экзоскелета считается русский инженер Николай Ягн — гениальный изобретатель-самоучка, который не имел специального технического образования [2]. Работая на чугунно-литейном заводе в Симбирской губернии, Ягн применял свои технические знания, которые получал самостоятельно, и стремился

облегчить и обезопасить труд работников этого предприятия. Однажды на заводе произошел несчастный случай, который и подтолкнул его к изобретению «друга кочегара» — приспособления для автоматического наполнения парового котла и поддержания в нем воды на определенном уровне.

За свое изобретение Ягн получил золотую медаль на выставке в Филадельфии. После этого он переехал в США, где получил свои основные патенты на изобретения. Так, в 1890-х годах он запатентовал ряд технологий, которые облегчали ходьбу, бег и прыжки человека. Их он планировал направить в помощь военным. В данном случае мы понимаем, что созданный Николаем Ягном механизм был лишь прототипом современного экзоскелета и широкого распространения в промышленности он не получил. Однако мысль создания экзоскелета не оставила умы многих ученых без внимания, поэтому работы по созданию промышленных экзоскелетов стали проводиться постоянно.

Первый экзоскелет был разработан совместно General Electric и ВС США в 60-х годах прошлого века. Существует множество причин, которые подтверждают целесообразность применения экзоскелетов на предприятиях. Увеличение производительности труда работников и эффективности всего производства в целом. Экзоскелет позволяет человеку выполнять сложные технологические операции быстрее, при этом затрачивать меньше усилий.

Приведем простой пример: обычно установкой на трубопровод задвижки весом 52 кг на высоте 1,2–1,3 метра занимаются три человека. Выполнение данной операции занимает у них 3 мин 24 с. Один работник в экзоскелете способен сделать ту же работу за 3 мин 48 сек (почти то же время). Следовательно, другие два человека в этот момент могут выполнять другую работу. Это наглядно показывает, что использование экзоскелетов помогает высвободить человеческие ресурсы, повышать эффективность и производительность.

Снижение количества травм на производстве, неожиданная судорога, усталость — все это может привести к тому, что сотрудник может уронить тяжелый предмет и получить травму. Экзоскелет может помочь избежать подобных ситуаций. Снижение риска возникновения профессиональных заболеваний, из-за постоянных физических нагрузок на производстве (в том числе переноса тяжелых предметов, постоянной работы с поднятыми руками и т.п.) у работника могут раз-

виться серьезные заболевания опорно-двигательного аппарата (межпозвоночная грыжа, ревматоидный артрит и т.п.). Благодаря устройству уровень нагрузки на тело человека при выполнении указанных манипуляций значительно снижается, что позволяет свести к минимуму вероятность возникновения профессиональных заболеваний [3].

Все приведенные факты подтверждают важность данных устройств на современных предприятиях. Становится понятно, что давно назрела необходимость их повсеместного ввода в эксплуатацию на производствах для облегчения тяжелого труда сотрудников, уменьшения количества травм и повышения эффективности работы. Одной из первых компаний России, внедривших использование экзоскелета в промышленности, стала «Норникель».

Промышленные экзоскелеты созданы для работы в тяжелых условиях. Их применение позволяет решить проблемы, связанные с промышленной безопасностью и охраной труда на производстве, повысить производственную эффективность. Конструкция надевается поверх спецодежды и крепится на теле человека специальными ремнями. Экзоскелет снимает нагрузку с поясничного отдела при подъеме и переносе грузов массой до 60 кг, разгружает руки пользователя при работе с рабочими инструментами массой до 15 кг. Текущая версия аппарата рассчитана на операторов ростом от 160 до 195 см. В данный момент в разработке находятся 10 образцов. По итогам проведенных испытаний были усовершенствованы крепления стопы, модуля подъема груза и гравитационного компенсатора; также добавились элементы интеллектуализации аппарата.

В настоящее время экзоскелеты используются в различных областях жизнедеятельности: в медицине, промышленности, военной сфере и так далее. Наибольшее внимание уделяется медицинским и военным установкам.

Под медицинскими экзоскелетами понимают устройства, позволяющие людям вернуть утраченные функции конечностей. Медицинские устройства для людей с нарушенным опорно-двигательным аппаратом позволяют им совершать действия, способность к которым была утрачена в силу различных обстоятельств. Такие экзоскелеты также успешно применяются для реабилитации травмированных людей на ранних ее этапах. Однако в данной области проектируются и медицинские устройства для других целей. Был спроекти-

рован «костюм» для врача-хирурга, который помогает ему во время долгих операций. Данное устройство значительно снижает нагрузку на позвоночник и руки хирурга, за счет чего повышается качество осуществления манипуляций.

Большая часть всех разработок экзоскелетов относится к военной отрасли. Военный экзоскелет дает огромное преимущество бойцу перед противником, чем и объясняется повышенный интерес к таким устройствам. Благодаря устройству повышаются скорость, ловкость и сила, а также другие возможности человека. Одновременно военный экзоскелет может служить в качестве бронезилета, средства коммуникации и приема сигналов, а также места хранения оружия.

В данный момент Бристольский университет работает над мягкой роботизированной одеждой, которая могла бы помочь людям избежать падений, поддерживая их во время ходьбы и давая бионическую силу. Благодаря элементам из графена она будет включать в себя также технологии электрической стимуляции и мониторинга всего тела: суперконденсатор, устройство для электрокардиограммы, мониторинга активности, отслеживания движения глаз, датчик температуры и гибкие нагревательные элементы. Исследователи полагают, что эта технология может в конечном итоге привести к отказу от инвалидных кресел.

На современном рынке представлено большое количество экзоскелетов. В зависимости от поставленной задачи, тяжелой физической работы на предприятии или деликатной работы хирурга, можно подобрать наиболее оптимальный вариант костюма. На данный момент представлено несколько вариантов экзоскелетов отличающихся по цене — это бюджетные (80000–200000 рублей), дорогостоящие (600000–2200000 рублей) и узкоспециализированные (свыше 4 млн. Рублей) [3].

Внедрение промышленных, в том числе, строительных экзоскелетов в производственный процесс, безусловно, не является задачей критической важности для предприятий и компаний, ведущих свою деятельность в отраслях машиностроения, горно-перерабатывающей, металлургической, строительной и близких. Однако даже ограниченное применение промышленных экзоскелетов способно обеспечить существенные преимущества, среди которых можно особо выделить радикальное улучшение условий труда, повыше-

ние безопасности производства, увеличение интегральной функции работоспособности рабочих, снаряженных экзоскелетами, а также существенные репутационные преимущества. Все эти преимущества, в конечном счете, неизбежно выльются в существенный экономический эффект, который обещает быть прямо пропорциональным широте внедрения экзоскелетов в производственный процесс.

Требования, предъявляемые к перспективным промышленным экзоскелетам, являются принципиально выполнимыми с учетом актуального уровня развития техники и технологии. Среди факторов, определяющих актуальность использования экзоскелетов в промышленности и строительстве на первое место выходят экономические факторы, а также возможность значительного уменьшения травматичности производства.

### *Список литературы*

1. [https://group.vostok.ru/blog/ekzoskelety\\_\\_ili\\_chem\\_mogut\\_pomochj\\_gosti\\_iz\\_budushego](https://group.vostok.ru/blog/ekzoskelety__ili_chem_mogut_pomochj_gosti_iz_budushego)
2. [https://atf.ru/articles/materialy\\_dlya\\_tipovykh\\_uzlov\\_treniya/ekzoskel-et-naznachenie-i-oblasti-primeneniya/](https://atf.ru/articles/materialy_dlya_tipovykh_uzlov_treniya/ekzoskel-et-naznachenie-i-oblasti-primeneniya/)
3. <https://trends.rbc.ru/trends/industry/617192ae9a7947e18cfdc8aa>

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

*Е.О. Бубнов, П.А. Зув*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

*Аннотация. Стратегия повышения эффективности и экологичности систем теплоснабжения должна базироваться на снижении потребления тепловой энергии конечным потребителем, а также снижении потерь при производстве и передаче тепловой энергии. Одно из актуальных направлений исследования — разработка теп-*

лоизоляционных материалов с высокими теплоизолирующими свойствами. Эта статья посвящена исследованию и сравнению свойств теплоизоляционных материалов, а также проблем, возникающих при их монтаже и эксплуатации.

**Ключевые слова:** высокотемпературная тепловая изоляция, аэрогель, теплопроводность, численное моделирование, эксперимент.

Тепловая изоляция трубопроводов и оборудования определяет техническую возможность и экономическую эффективность технологических процессов и находит широкое применение в энергетике, химической, нефтеперерабатывающей, металлургической, пищевой и многих других отраслях промышленности. Тепловая изоляция позволяет управлять технологическими процессами с заданными параметрами, помогает обеспечить безопасные условия труда на производстве, позволяет поддерживать необходимую температуру в изотермических резервуарах и снижать потери легкоиспаряющихся нефтепродуктов.

Ключевым показателем ее эффективности является коэффициент теплопроводности материала, от которого зависит толщина теплоизоляционного слоя, соответственно, и нагрузка на изолируемый объект, его конструктивные характеристики и габаритные размеры. Расчетные значения коэффициента теплопроводности принимаются с учетом его зависимости от температуры, степени уплотнения теплоизоляционных материалов в конструкции, швов конструкции, наличия крепежных деталей.

При выборе теплоизоляционного материала необходимо учитывать температуростойкость теплоизоляционных материалов, возможную линейную усадку, потери прочности и массы, степень выгорания связующего при нагреве, прочностные и деформационные характеристики изолируемого объекта, допустимые нагрузки на опоры и изолируемые поверхности и другие влияющие факторы. В части транспортировки тепловой энергии актуальной является задача разработки теплоизоляционных материалов с высокими теплоизолирующими и прочностными характеристиками.

Основная доля потребления тепловой энергии промышленных предприятий приходится на водяной пар, расходуемый на технологические нужды производства. Для таких предприятий перспектив-

ными являются мероприятия, направленные на снижение тепловых потерь при транспортировке энергоносителей. Диапазон температур, в котором работают конструкции промышленной изоляции, составляет от — 180 до 600 °С. Для тепловой изоляции систем, транспортирующих высокотемпературные теплоносители, применяется промышленная тепловая изоляция, большая часть которой монтируется из волокнистых материалов (минераловатные и стекловолокнистые изделия) [1].

Эффективность систем транспортирования тепло- и энергоносителей с точки зрения уменьшения тепловых потерь зависит от эффективности используемых теплоизоляционных материалов. Порядок определения нормативных значений тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов утвержден приказом Министерства Энергетики Российской Федерации от 30.12.2008 № 3251. Величина фактических потерь тепловой энергии через теплоизоляционные конструкции не должна превышать нормативных значений.

Длительная эксплуатация в условиях высоких температур изменяет структуру теплоизоляционного материала, что приводит к увеличению эффективной теплопроводности теплоизоляционного слоя. Известно, что в случае с промышленной тепловой изоляцией величина фактических тепловых потерь по сравнению с нормативными может достигать от 20 до 60% в зависимости от условий эксплуатации и особенностей температурных режимов.

С точки зрения уменьшения тепловых потерь и, как следствие, повышения эффективности систем транспортирования тепловой энергии, недостаточно выбрать теплоизоляционный материал с наименьшей теплопроводностью. При выборе оптимального теплоизоляционного материала, необходимо учитывать его способность длительное время сохранять заданные при проектировании нормативные значения величины тепловых потерь с учетом условий эксплуатации объекта.

Одним из самых перспективных материалов является наноструктурированный аэрогель на основе диоксида кремния ввиду своей наименьшей стоимости и простоты изготовления в сравнении с другими видами. Эффективность его использования обусловлена рядом уникальных свойств, которыми обладает этот материал. В первую



очередь это низкий коэффициент теплопроводности. Объясняется это структурой аэрогеля: разветвленная сеть из сферических кластеров диоксида кремния и пор между ними, большую часть которой составляет воздух в статическом состоянии. Благодаря величине пор и колоссальной площади поверхности затруднены не только смачивание и последующая фильтрация влаги внутрь кластеров, но и даже сорбция влаги поверхностью аэрогеля, то есть материал является гидрофобным [2, 3].

Аэрогель в основном используется в соединении с другими материалами, что позволяет улучшить его базовые свойства, например, для снижения передачи инфракрасного излучения может применяться титанат калия шесть [4]. Методы соединения компонентов композиционного материала с использованием аэрогеля условно можно разделить на два варианта: введение до сушки в сверхкритических условиях либо на стадии формирования геля, либо в гель, заполненный соответствующим растворителем, и введение армирующих компонентов после сушки в сверхкритических условиях в готовый аэрогель, получаемый чаще всего с применением технологии сверхкритических сред [5, 6].

Кремниевый аэрогель, как и все аэрогели, обладает высокой пористостью, которая приводит к уникальным физическим, тепловым, оптическим и акустическим свойствам. Для оценки долговременных характеристик материалов с использованием аэрогеля проводились лабораторные исследования по ускоренному старению материалов. Материалы испытывали следующие критические климатические нагрузки для получения результатов, аналогичным эксплуатации в стандартных условиях в течение 20 лет: солнечное излучение, то есть ультрафиолетовое, видимое и ближнее инфракрасное излучение; окружающее инфракрасное тепловое излучение; экстремальные температуры; температурные изменения/циклы; вода, влажность, относительная влажность воздуха, дождь (осадки); физические нагрузки, имитация снега и ветра; загрязнение, грязь и пыль; микроорганизмы, плесень и птичий помет.

В результате экспериментов наибольшее увеличение теплопроводности показал теплоизоляционный гипс. При высоком уровне влажности теплопроводность у гипса, усиленного аэрогелем, увеличилась на 10% по сравнению с теплопроводностью таких изоляци-

онных материалов, как полиизоцианурат и пенополистирол. Интересно отметить, что более низкая пористость приводит к большей чувствительности аэрогеля к содержанию влаги.

Среди всех оцененных продуктов, усиленных аэрогелем, маты и древесноволокнистые плиты продемонстрировали превосходные характеристики как в несостаренных, так и в долгосрочных условиях. В течение года тестировались небольшие лабораторные образцы со слоем аэрогеля толщиной 10 и 20 мм. Результаты исследований показали снижение энергопотребления на 23% для образца со слоем аэрогеля толщиной 10 мм, и 38% для образца со слоем аэрогеля толщиной 20 мм. Исследование провели численно и экспериментально оценив эффективность применения аэрогелевой изоляции в зданиях. Исследования показали, что, если заменить традиционную стекловату в стенах здания и аргоновое стекло в стеклопакетах на аэрогель. Результаты исследований показали, что в целом годовое энергопотребление снизилось на 6% [7, 8].

Одной из ключевых проблем высокотемпературной тепловой изоляции является ее устаревание, что существенно снижает важнейший показатель — коэффициент теплопроводности. Процесс старения в значительной степени ускоряется в результате несоблюдения норм, требований и правил как во время монтажа, так и в процессе эксплуатации тепловой изоляции, поскольку от сохранности ее первоначальных свойств напрямую зависит техническая и экономическая эффективность технологических процессов в энергетике и промышленности, а также безопасность персонала и сохранение надлежащих условий труда. Следовательно, вопросы производства эффективной тепловой изоляции, обладающей высокой износостойкостью и низкой теплопроводностью являются на сегодняшний день крайне актуальной задачей, которая требует всестороннего решения как с точки зрения выбора материала, так и толщины слоя и компоновки.

На основании данных, представленных в настоящей статье, можно заключить, что аэрогель по многим теплофизическим характеристикам превосходит своих конкурентов, в первую очередь, минеральную вату. Тем не менее, необходимо отметить, что сложность и дороговизна изготовления этого вида тепловой изоляции, а также отсутствие промышленного производства в Российской Федерации значительно усложняет возможность его широкого применения.

Развитие теплоизоляционных материалов на основе аэрогеля является одним из ключевых направлений исследований, направленных на повышение энергоэффективности технологических процессов. В перспективе использование аэрогелей поможет избежать множества проблем, связанных со старением, разрушением и частой заменой тепловой изоляции, снизит нагрузку на теплоизоляционные конструкции и значительно повысит экономическую эффективность теплоэнергетических систем, сократив потери при производстве и передаче тепловой энергии.

### **Список литературы**

1. Guo JF, Tang GH, Feng J., Jiang YG, Feng J.Z. Некремнеземное волокно и активированное слоистое волокно для высокотемпературной аэрогелевой изоляции // *Международный журнал тепло- и массообмена*. 2020. Т. 160. С. 120194.
2. Макеева А.В., Виденков Н.В., Доброгорская Л.В., Семенов К.В., Федотов В.В. Инновационные материалы на основе аэрогеля в строительстве // *Alfabuild*. 2017. № 1. С. 89.
3. Li C., Chen Z., Dong W., Lin L., Zhu X., Liu Q., Zhang H. Обзор теплоизоляционных материалов на основе аэрогеля на основе кремния: оптимизация характеристик за счет состава и микроструктуры // *Journal of Non — Кристаллические твердые тела*. 2021. Т. 553. С. 120517. ЭДН: ОТТВХ
4. Yu Y. Исследование и разработка теплоизоляционных материалов с низкой теплопроводностью при высокой температуре // *Международная конференция по материаловедению, экологии и биологической инженерии, 2015 г. Атлантис Пресс*. 2015. Стр. 868–871.
5. Лазраг М., Леметр К., Кастель К., Ханначи А., Барт Д. Производство аэрогелей сверхкритической сушкой органогелей: экспериментальное исследование и моделирование кинетики сушки // *Журнал сверхкритических жидкостей*. 2018. Т. 140. Стр. 394–405. ЭДН:
6. Он Ф. и соавт. Теплопроводность кремнеземных аэрогелевых теплоизоляционных покрытий // *Международный журнал теплофизики*. 2019. Т. 40. № 10. С. 1–12.
7. Эльшазли М.Т., Мудакик М., Син Т., Ибрагим А., Джонсон Б., Юань Дж. Экспериментальное исследование использования аэро-

гелевой изоляции для жилых зданий // Достижения в области исследований в области энергетики зданий. 2021. Стр. 1–20.

8. Голдер С., Нараянан Р., Хоссейн М.Р., Ислам М.Р. Экспериментальные и компьютерные исследования по применению аэрогелевой изоляции в зданиях // Энергетика. 2021. Т. 14. № 11. С. 3310.

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСАДКИ ABS-ПЛАСТИКА

*И. Р. Кориунов, В. А. Щеклеина*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *Объектом исследования являются свойства материала из ABS-пластика. Рассмотрены особенности процесса изготовления методом 3D печати и характеристики материала. Проведено экспериментальное исследование по определению величины усадки в зависимости от размера напечатанной заготовки. Выявлена зависимость степени усадки от высоты и наполнения заготовки и режимов печати на 3D-принтере.*

**Ключевые слова:** *ABS-пластик, 3D-принтер, 3D-печать, экструдер, усадка, Cura.*

ABS-пластик относится к ударопрочной и термопластичной смоле. Данный материал отличается прочностью и жесткостью. Усадка — это свойство материала уменьшаться в объемных и линейных размерах при затвердевании. Одним из подвидов усадки является термоусадка. Термоусадка — это процесс, обратный тепловому расширению: при нагревании любой материал увеличивается в объеме, а при остывании возвращается в начальное состояние.

Одна из основных проблем при печати на 3D-принтере является усадка ABS-пластика. Внутренние и наружные линейные размеры отличаются от тех размеров, с которыми была построена модель (деталь). Например, после печати детали с круглым отверстием, в которое будет вставляться подшипник не состыкуются из-за отклоненных размеров. Это можно исправить, доработав пластиковые модели напильником. Для надежного прилипания первого

слоя, и чтобы не происходило отслоек, использовать подогрев стола 80 градусов. Температура экструдера для ABS составляет 210 °C — 240 °C

Чтобы проводить работы на холодном столе, необходимо его смазать специальной суспензией из ABS или ацетоном. Можно выполнять поддержки как из пластмассы, так и из дополнительных материалов. Выбор зависит от марки используемого оборудования. Усадка ABS колеблется от 0.4 до 2.0% в зависимости от марки. Усадка полистирола (PS) от 0.4 до 0.8%. Чтобы удалить опорные элементы, необходимы кусачки или ножницы. Данная работа требует кропотливости и внимательности, а также осторожности, так как при резком движении можно удалить не тот элемент. Чтобы качественно сгладить ABS-пластик, можно использовать ацетон. Для этого необходимо приготовить пластиковый контейнер и застелить его поверхность салфетками. Ацетон нужно наливать небольшим количеством, чтобы он мог впитываться в нижний слой салфетки.

Исследования параметров материала проводили на 3D-принтере, используемое в ВФ НИТУ МИСиС: FlashForge Adventurer 4 и Bison 2. Для выбора принтера провели анализ характеристик принтеров.

В таблице представлены характеристики принтеров.

<b>Характеристики</b>	<b>FlashForge Adventurer 4</b>	<b>Bison 2</b>
Технология печати	FDM/FFF	FDM
Корпус принтера	закрытый	закрытый
Скорость печати	10–150 мм/с	40–120 мм/с
Область печати	220*200*250 мм	300*300*400 мм
Температура экструдера	265/240 °C	230 °C
Температура стола	110 °C	100 °C
Интерфейс подключения	USB, Wi-Fi, Ethernet (LAN)	USB, SD Card

Сравнив два 3D-принтера выбор пал на Bison 2. Одним из главным аспектом выбора была область печати. Так же он более бесшумен в работе и осуществляет долгую бесперебойную печать. Экструдер принтера «Bison 2» является универсальным для всех распространённых материалов. Поэтому он отлично подходит для получения качественных прототипов или эскизов для последующей работы с ними.

Характеристики Bestfilament ABS материал: ABS, тип: пруток, вид прутка: круглый, диаметр: 1.75 мм, подходит для 3D принтера, максимальная температура нагрева: 245 °С, минимальная температура нагрева: 230 °С, предел текучести при растяжении: 21 МПа, показатель текучести расплава: 24 г/10мин, относительное удлинение при растяжении: 6%, стандартное отклонение от номинального размера: 0.50 мм, плотность: 1 г/см<sup>3</sup>.

Преимущества ABS Bestfilament: широкая цветовая палитра; легко шлифуется и окрашивается; возможна постобработка с помощью ацетона для сглаживания «ступенек» слоев; детали можно скрепить между собой суперклеем; отклонение диаметра прутка в пределах одной катушки не более 0,02 мм.

К главным достоинствам материала стоит отнести: возможность плавить его и охлаждать без изменения его свойств; высокие механические свойства; можно окрасить материал, добавив пигмент; ABS-пластик не боится нагревания и давления; можно создавать изделия с углами 45 градусов без применения поддержек; обрабатывается материал просто и легко. К минусам стоит отнести: не экологичность продукции; гигроскопичность и возможность проникания влаги в поры, поэтому перед использованием необходимо просушивать филаменты; деталь во время изготовления должна поддерживать стабильную температуру, в противном случае провоцируется расслоение материала.

Рекомендованные параметры печати для ABS Bestfilament: температура экструдера — 230–260 °С; температура стола — 90–110 °С; скорость печати — 40–60 мм/с; обдув модели — нет (Может потребоваться для мелких деталей); ретракт — да; корпус принтера — закрытый; усадка при печати — 0,4%; растворители — дихлорэтан, дихлорметан, ацетон, этилацетат.

Для создания деталей используется программа «Компас-3D». В «Компас-3D» создаём модель, сохраняем её. Загружаем файл с моделью в программу «Cura 3D», после задаем параметры высоты и площади. Так же настраиваем температуру стола, экструдера, скорость печати и область печати. После всех настроек характеристик, производится запуск машины «Bison 2», мы можем визуально наблюдать за процессом и отслеживать работу установки и программы. После завершения, осматриваем и испытываем деталь.

### **Список литературы**

1. Рэдвуд Б., Шофер Ф., Гаррэт Б. 3D-печать. Практическое руководство / пер. с англ. М. А. Райтмана. — М.: ДМК. Пресс, 2020. — 220 с.
2. Шкуро, А.Е. Технологии и материалы 3D-печати [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Е. Шкуро, П.С. Кривоногов. — Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017.
3. <https://3dtoday.ru/blogs/sergey-engineer/usadka-plastika-pri-3d-pecati>
4. <https://easy3dprint.com.ua/usadka-abs-plastika/>
5. <https://rec3d.ru/rec-wiki/3d-pechat-plastikom-abs-nastroyki-sovety-i-layfkhaki/>

## **ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ЛАЗЕРА И ЕГО СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ**

**М.А. Недрик, М.А. Товмасын**

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *В работе представлены предпосылки и история создания лазера. Изучен вклад ученых в создание лазера по этапам развития квантовых систем. Обозначены области применения лазера в современной жизни и науке.*

**Ключевые слова:** *лазер, квантовая электроника, квантовая механика, вынужденное излучение.*

История создания лазера началось с формирования нового раздела физики — квантовой электроники, т.е. метода усиления и генерации электромагнитного излучения [1]. Создание лазера считается одним из самых выдающихся достижений науки XX века. Вынужденное излучение. В 1913 году Альберт Эйнштейн высказал гипотезу, что в недрах звезд излучение может генерироваться под действием вынуждающих фотонов. В статье «Квантовая теория излучения», опубликованной в 1917 году, Эйнштейн вывел существование такого излучения из общих принципов квантовой механики и термодинамики, а в 1927 г. Поль Дирак обосновал и обобщил эти выводы» [2]. Лазер или оптический квантовый генератор — это устройство, пре-

образующее энергию накачки (световую, электрическую, тепловую, химическую и др.) в энергию когерентного, монохроматического, поляризованного и узконаправленного потока излучения.

К началу XX века с созданием радио, открытием рентгеновских лучей и радиоактивности удвоился интерес к радиации. Ученые открыли целый спектр излучения с длинами волн длиннее или короче света. Но фундаментом для дальнейших исследований стало открытие немецким физиком Максом Планком элементарной порции энергии — кванта, за что он был удостоен Нобелевской премии. Планк совершил настоящую революцию в физике, вдохновил на новые открытия знаменитых ученых того времени, в числе которых был и Альберт Эйнштейн. Метод усиления света возник из идеи, которую молодой Эйнштейн разработал в 1916 году. Эйнштейн предсказал существование явления вынужденного излучения — физической основы работы любого лазера. Но инженеры плохо понимали, как манипулировать атомами, и на протяжении десятилетий эта идея казалась теоретически любопытной, но не представляющей практического интереса.

Путь к созданию лазера был найден радиофизиками, которые научились строить генераторы и усилители электромагнитных колебаний, использующие резонаторы и обратную связь. Именно они, в итоге, сконструировали первые квантовые генераторы когерентного излучения, только не светового, а микроволнового [3]. Ученые и инженеры продвинули радиотехнику используя все более короткие длины волн. В 1930-х некоторые даже надеялись, что они найдутся на грани создания «луча смерти». Это оказалось иллюзией, но усилия привели к более конструктивному результату — к созданию радара. К 1940 году новые устройства могли генерировать лучи с длиной волны до сантиметра или меньше. Они были быстро задействованы для обнаружения вражеских самолетов.

Многие ученые считали, что радар выиграл войну, а атомная бомба положила ей конец. Во время холодной войны против Советского Союза, правительство США вкладывало все больше средств в фундаментальные и прикладные исследования. Разрастались промышленные и университетские лаборатории. Именно на этой плодородной почве и должен был быть создан лазер [4].

Первый квантовый генератор — мазер на аммиаке: первый шаг к лазеру. Мазер — квантовый генератор, излучающий когерентные



электромагнитные волны сантиметрового диапазона. Его название — сокращение фразы «Усиление микроволн с помощью вынужденного излучения» — было предложено в 1954 году американцем Ч. Таунсом, одним из его создателей. Уже в 1930-х годах ученые могли создать лазер. У них были оптические методы и теоретические знания, но ничто не могло их объединить. Толчок пришел примерно в 1950 году с неожиданного направления. Коротковолновые радиоволны, называемые микроволнами, могут заставить кластер атомов вибрировать и это обнаруживается микроволновой спектроскопией. В итоге, радиолокационное оборудование, оставшееся от Второй мировой войны, было усовершенствовано для обеспечения коротковолнового излучения.

В 1957 году Таунс обсудил некоторые идеи о накачке световой энергии в атомы с Гордоном Гулдом, аспирантом, который думал в том же духе. Он был автором многих идей о том, как можно создавать и использовать лазеры, и в апреле 1959 года он подал патентные заявки своему работодателю, высокотехнологичной исследовательской фирме TRG. 10 месяцами ранее Шавлов и Таунс подали заявку на патент от имени Bell Laboratories. Когда патент был выдан Bell, Гулд подал в суд, утверждая, что он был первым автором лазера [5]. В 1987 году Гулд и его сторонники начали добиваться урегулирования споров. В итоге, он добился утверждения своих патентных заявок и наконец-то стал купаться если не в славе, то в долларах. Одна из величайших патентных войн в истории закончилась. Исторический вопрос о том, кого первым признать изобретателем лазера, остается спорным. Большинство идей кем-то запатентовано, но это мало что говорит о том, как идеи на самом деле возникли и распространялись среди ученых. Ценными они становились по мере роста лазерной промышленности.

Лазеры являются ключевыми компонентами множества изделий, которые мы используем каждый день. Такие товары широкого потребления, как Blu-Ray и DVD-плееры, основываются на лазерной технологии для считывания информации с дисков. Сканеры штрихкодов основываются на лазерах для обработки информации. Лазеры также используются во многих хирургических процедурах, таких как хирургия глаза LASIK. В производстве лазеры используются для резки, гравировки, сверления и маркировки широкого диапазона материалов.

Существует множество областей применения лазерной технологии, включая следующее:

- Лазерное измерение расстояния
- Обработка информации (устройства DVD и Blu-Ray)
- Сканеры штрихкодов
- Лазерная хирургия
- Голографическое формирование изображений
- Лазерная спектроскопия
- Лазерная обработка материалов
  - Резка
  - Гравировка
  - Сверление
  - Маркировка
  - Изменение поверхности

### ***Список литературы***

1. Krokhin O.N. 50 let kvantovoi elektronike [50 years to quantum electronics]. Kak eto bylo. Vospominaniya sozdatelei otechestvennoi lazernoi tekhniki. [As it was. Memoirs of developers of native laser technology] Moscow, LAS Publ., 2010, ch.2, pp. 5–16.
2. Борейшо А. С., Ивакин С. В. Лазеры: устройство и действие: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2016.— 304 с.: ил. (+вклейка, 8 с.).— (Учебники для вузов. Специальная литература).
3. Борейшо А. С., Ивакин С. В. Б 82 Лазеры: устройство и действие: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2016.— 304 с.: ил. (+вклейка, 8 с.).— (Учебники для вузов. Специальная литература)
4. <https://ru.wikipedia.org/>
5. <https://www.ulsinc.com/ru>

# СЕКЦИЯ ГУМАНИТАРНЫХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

---

## ВЛИЯНИЕ ФИЗКУЛЬТУРЫ НА ЗДОРОВЬЕ И МОЗГ ЧЕЛОВЕКА

*Д.В. Грушин, Д.Д. Крюков, С.А. Маслова*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В статье рассмотрено влияние движения на организм человека, в частности, на его здоровье и мозг. Отражено воздействие физических нагрузок на здоровье. Представлены исследования российских и зарубежных ученых, подтверждающих связь между движением и здоровьем человека, а также его интеллектуальным развитием.*

***Ключевые слова:** движение, физические упражнения, здоровье человека, лечебная физкультура.*

В настоящее время одной из острых проблем является ограничение двигательной активности современных людей. Многие работы и процессы стали выполняться с помощью автоматизированных машин [2]. Распространяются профессии, связанные с выполнением работ, сидя за компьютером. Особенно обострилась эта проблема в период пандемии, когда даже школьники сели за выполнение классных и домашних работ возле компьютеров и ноутбуков, без минимальных движений. Данная проблема и обуславливает актуальность исследования.

Целью исследования является определение влияние движения на здоровье и мозг человека. В соответствии с целью, были сформулированы следующие задачи:

- рассмотреть проблемы, связанные с недостаточно активным образом жизни;
- выявить положительное влияние движения на организм и мозг человека;

- предложить возможные решения проблем со здоровьем, связанных с сидячим образом жизни [4].

Основой повседневного взаимодействия людей является движение. Двигательная активность и занятия спортом способствуют предотвращению заболеваний, возникающих на фоне малоподвижного образа жизни. Движение выступает профилактикой различных заболеваний, позволяет человеку справиться с симптомами, вызванными болезнью, как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе.

Каждый орган человеческого тела выполняет свою функцию. Организм самостоятельно получает из окружающей среды вещества, необходимые ему для обеспечения жизнедеятельности и развития интеллектуальных способностей. Кроме этого, на организм оказывается и негативное природное влияние, например, повышенная влажность или воздействие солнечной радиации [1].

Если человек стремится больше двигаться, заниматься физической культурой, различными видами спорта, то данный аспект будет являться неким регулятором, способным управлять жизненными процессами для того, чтобы сохранить постоянную внутреннюю среду организма. В связи с этим, двигательная активность человека является не только его развлечением, отдыхом, занятием в свободное от работы время, но и определенным способом сохранения здоровья и стимулирования мозговой деятельности.

Особое влияние двигательная активность оказывает на работу сердца и сосудов. В нормальном состоянии у здорового человека сердце бьется с частотой 60–70 ударов в минуту. В это время происходит потребление определенного количества питательных веществ и постепенное изнашивание главного человеческого органа. Для сравнения, сердце человека, ведущего малоподвижный образ жизни, бьется чаще, то есть происходит большее количество сокращений в минуту, а количество потребляемых питательных веществ остается тем же. Другими словами, сердце человека, не занимающегося спортом, быстрее изнашивается [6]. У человека, ведущего активный образ жизни, занимающегося физической культурой или просто поддерживающего себя в хорошей физической форме, сердце бьется с частотой 40–50 ударов в минуту, таким образом, можно сказать, что в данном случае происходит экономия сердечных мышц, и износ сердца происходит замедленными темпами.

Самым значимым фактором, влияющим на организм человека и обуславливающим его здоровье, является образ жизни. Для построения сферы образа и стиля жизни человека необходимо повышать уровень образованности по вопросу здорового образа жизни [8, 10]. Люди, ведущие активный образ жизни, умело сочетающие режим сна, отдыха, правильно питающиеся и не злоупотребляющие алкоголем и курением, более выносливы и работоспособны, менее подвержены стрессам, как на работе, так и в быту. Таким образом, можно утверждать, что двигательная активность способствует повышению психической, умственной и эмоциональной устойчивости человека [3].

При регулярных занятиях спортом или физической культурой, у человека отмечается положительное влияние не только на работу сердца, но и на работу кровеносной системы. Двигательная активность способствует росту эритроцитов и гемоглобина в крови, она лучше насыщается кислородом. В связи с этим, у организма возникает барьер к различным заболеваниям и инфекциям. С другой стороны, при активных движениях происходит обильное потоотделение, с которым из организма выводятся вещества, возникающие в процессе обмена. Помимо этого, они выводятся с помощью почек и легких.

Активный образ жизни влияет на сохранение и развитие функций мозга, способствует интеллектуальным успехам [9]. Помимо вышеперечисленного, двигательная активность помогает тканям организма лучше адаптироваться к ситуациям, в которых может возникнуть недостаток кислорода. Повышается способность клеток организма работать интенсивно в случае кислородного голодания.

Кроме описанных воздействий движения на организм человека, наблюдается также и положительное влияние на мозг. Происходит это следующим образом:

- увеличение двигательной активности ведет к улучшению снабжения кровью клеток мозга и всей нервной системы;
- увеличение двигательной активности способствует возникновению подвижности и уравновешенности нервных процессов, происходящих в организме человека;
- приводятся в норму состояния возбуждения и торможения, являющиеся основой мозговой деятельности.

Учеными доказано, что нервные клетки организма погибают каждый день в большом количестве, но на их место приходят новые нервные клетки. Чем человек становится старше, тем этот процесс быстрее замедляется. В случае активного образа жизни, повышенной двигательной активности, можно сберечь нервные клетки. Например, если человек будет проходить ежедневно не менее 10000 шагов или, хотя бы гулять 20–30 минут, это способствует:

- снижению риска стенокардии на 57%;
- снизит риск возникновения деменции на 57%;
- снизит вероятность развития болезни Альцгеймера на 60%.

Отметим, что стенокардия является основным фактором возрастного нарушения функции мозга. Поэтому преимущества двигательной активности очевидны. С другой стороны, люди, ведущие малоподвижный образ жизни (мало гуляют, ездят на машине, работают в офисе), имеют риск снижения уровня функционирования подкорковых образований, отвечающих за работу органов чувств [7]. Низкая двигательная активность может привести к снижению защитного барьера организма, человек будет чаще болеть, иметь нарушения сна, перепады настроения, будет нетерпеливым, раздражительным, снизится работоспособность, усидчивость и внимательность.

Данных проблем со здоровьем можно избежать, для чего перечислим ряд рекомендаций:

- правильно организовывать режим дня;
- заниматься профилактикой различных заболеваний;
- свести к минимуму сидячие часы, чаще делать разминку;
- в перерывах на работе можно выходить на небольшую прогулку;
- заменить езду на машине ходьбой.

Вместе с тем, необходимо помнить о полноценном питании, — это один из факторов поддержания хорошего здоровья и работы мозга. Двигательная активность является базовым условием формирования и осуществления здорового образа жизни и основой для хорошего самочувствия, настроения.

Здоровый образ жизни является обобщением духовных ценностей и физических форм по сохранению здоровья и обеспечения оптимального удовлетворения потребностей человека. Движение оказывает влияние и на психические функции, обеспечивает их активность и устойчивость. Концентрация внимания, восприятия, памяти челове-

ка идет в прямой и сильной зависимости от его физической активности [5]. Двигаясь, ведя здоровый и активный образ жизни, человек будет укреплять свое здоровье, развивать интеллектуальные способности, следовательно, его организм будет функционировать правильно.

Таким образом, можно сделать выводы о том, что двигательная активность и активный образ жизни улучшают работу внутренних органов, развивают логику и внимание, долговременную память, способность решать незнакомые задачи и проблемы, способность воспринимать и запоминать новую информацию. Движение имеет большое значение для здоровья и работоспособности человека. Регулярные упражнения помогают улучшить производительность мозга, увеличивая его объем и улучшая функции памяти [3]. Также движение помогает снизить уровень стресса, повысить иммунитет и снизить риск заболеваний сердечно-сосудистой системы. В целом двигаться — очень важно для здоровья и долголетия. Для достижения максимального результата и для того, чтобы избежать негативных последствий, необходимо придерживаться правильного и здорового образа жизни.

### ***Список литературы***

1. Апарин В. Е., Гриднева И. В., Короткова С. Б. [и др.] Врачебный контроль и лечебная физкультура в системе укрепления здоровья студентов // Проблемы здоровьесбережения школьников и студентов. Новые научные тенденции в медицине и фармации: Материалы Межрегиональной научно-практической юбилейной конференции, Воронеж, 06–07 февраля 2008 года. — Воронеж: Воронежский государственный университет, 2008. — С. 19–21.
2. Артиков Х. Б. Проведение упражнений по оздоровительной физкультуре для студентов с отклонениями в здоровье // Интернаука.— 2020.— № 11–1(140). — С. 12–13.
3. Грибова К. О. Влияние психологии физкультуры на саморазвитие // Инновационные процессы в современной науке: Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Прага, Чехия, 15 апреля 2017 года / Под общей редакцией А.И. Вострецова. — Прага, Чехия: Научно-издательский центр «Мир науки» (ИП Вострецов Александр Ильич), 2017. — С. 590–593.

4. Егоров Д. А. Значение физкультуры и спорта в укреплении здоровья студентов вузов // Роль молодежных организаций и объединений в гражданском становлении личности: Материалы республиканской научной конференции преподавателей, аспирантов и студентов, Витебск, 17 мая 2007 года / Под редакцией Г.А. Качан, Н.К. Зинькова, Ю.И. Венгер. Отв. за выпуск. С.А. Моторов, А.П. Орлова, Н.А. Ракова. — Витебск: Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, 2007. — С. 186–187.
5. Жарова К. Е. Организация урока физкультуры в период дистанционного обучения при работе с лицами с ограниченными возможностями здоровья // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: Тезисы докладов 79-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 19–23 апреля 2021 года. Том 2. — Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2021. — С. 504.
6. Иванов А. А. Физкультура как поддержание здоровья студентов, ведущих малоподвижный образ жизни // Психология и педагогика служебной деятельности. — 2020. — № 3. — С. 91–93. — DOI 10.24411/2658–638X-2020–10079.
7. Кастюнин С. А. Вайнер Э. Н. Лечебная физкультура при нарушениях опорно-двигательного аппарата у детей (нарушения осанки, сколиозы, ДЦП и др.) / — Липецк: Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2008. — 136 с.
8. Михайлюк Н. В., Гильд П. А. Лечебная физкультура как средство физического воспитания и поддержания здоровья у студентов // Современное состояние гуманитарных и социально-экономических наук: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 3 ч., Белгород, 31 января 2019 года. Том Часть II. — Белгород: Общество с ограниченной ответственностью «Агентство перспективных научных исследований», 2019. — С. 77–80.
9. Розенфельд А. С., Рямова К. А. Оздоровительная физкультура — необходимый фактор в поддержании психосоматического здоровья пожилых людей // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. — 2020. — № 6(184). — С. 312–317. — DOI 10.34835/issn.2308–1961.2020.6. p312–316.



10. Физкультура как средство профилактики сердечно-сосудистых заболеваний // Сборник научных трудов SWorld.— 2014. — Vol. 37, No. 1. — P. 105–107.

## **ЗНАЧЕНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОБЛЮДЕНИЯ ПРАВИЛ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

*Е.А. Ульянов, М.В. Шишкин, С.В. Теребикина*

*Выксунский филиал НИТУ МИСИС, г. Выкса*

**Аннотация:** Публикация посвящена охране труда на производстве и необходимости соблюдения ее требований.

**Ключевые слова:** охрана труда, средства индивидуальной защиты, кардинальные правила безопасности.

Соблюдение требований охраны труда является одной из важных обязанностей людей, занимающихся трудовой деятельностью. При выполнении этих правил снижаются риски травматизма, развития профессиональных заболеваний и уменьшается количество несчастных случаев на производстве. Соблюдая правила, мы сохраняем жизнь не только себе, но и окружающим. Большая часть населения нашей страны занимается трудовой деятельностью, работая в офисах, на производстве и т.д., и обязуется выполнять требования Трудового кодекса, одним из разделов которого является охрана труда [1].

Охрана труда рассматривается в трех аспектах:

1. Охрана труда как институт трудового права.
2. Охрана труда как элемент трудового правоотношения.
3. Охрана труда как субъективное право работника.

Как институт трудового права охрана труда — это совокупность правовых норм, направленных на обеспечение безопасных и здоровых условий труда работников.

Как элемент трудового правоотношения охрана труда представляет собой встречные права и обязанности работника и работодателя по соблюдению требований безопасности труда, безопасной эксплуатации техники и безопасного осуществления технологических процессов.

В качестве субъективного права работников охрана труда состоит в законодательном закреплении такого положения работников, в котором им должны быть обеспечены безопасные и здоровые условия труда. Это право реализуется в конкретных трудовых правоотношениях. Субъективное право каждого работника — право на безопасные и здоровые условия труда при осуществлении той трудовой функции, которую он обязался выполнять по трудовому договору. В трудовом праве принято понимать охрану труда в широком смысле как всю совокупность норм законодательства о труде, направленных на охрану и защиту трудовых прав работников, их положения в сфере труда.

Государственные нормативные требования охраны труда устанавливают правила, процедуры и критерии, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности в соответствии с российским законодательством (ст. 212 ТК РФ) обязанности по обеспечению безопасных условий и ОТ возлагаются на работодателя, конкретно — на первое лицо предприятия. Каждый работник обязан (ст. 214 ТК РФ) [3]:

1. Соблюдать требования ОТ;
2. Правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты;
3. Проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, инструктаж по ОТ, стажировку на рабочем месте и проверку знаний требований ОТ;
4. Немедленно извещать своего непосредственного руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, или об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о проявлении признаков острого профессионального заболевания или отравления;
5. Проходить обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры.

К сожалению, находятся те, кто не выполняет вышеперечисленные обязанности, что приводит не только к нарушениям, за которые работодатель имеет право применить к рабочим дисциплинарные взыскания (замечание, выговор, увольнение по соответствующему основанию), но и к несчастным случаям.

Рассмотрим трудовую деятельность на производстве подробнее. По данным Международной организации труда ежегодно из-за

несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний погибает 2,3 миллиона человек, из них около 317 тысяч — это несчастные случаи со смертельным исходом. Из этих данных можно сделать вывод, что состояние условий и охрана труда на производстве — одна из важнейших проблем социально-трудовой деятельности. Чтобы это устранить, необходимо проводить следующие мероприятия [2]:

1. Проводить оценку профессиональных рисков — систему процедур, предусматривающую оценку условий труда, оценку рисков травмирования, оценку защищенности работников средствами индивидуальной защиты.
2. Регулярно проводить инструктажи по охране труда.
3. Проводить обучение персонала требованиям охраны труда и пожарной безопасности.
4. Применять и правильно носить персоналу средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Подводя итог, необходимо сделать вывод о том, что, занимаясь трудовой деятельностью, важно соблюдать требования охраны труда, так как это может спасти свою жизнь и жизни окружающих. Не следует бояться делать замечания коллегам в случае нарушения ими требований охраны труда, таких как неправильное ношение СИЗ, проход в зону работающего оборудования, курение в не установленном месте и др.

### ***Список литературы***

1. Дондокова Е. Б., Черепанова Т. П. Некоторые подходы к совершенствованию региональной системы регулирования условий труда // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. — 2012. — № 4(29). — С. 117–122.
2. Елин А. М. Средства индивидуальной и коллективной защиты как основа сохранения жизни и здоровья работников. — 2011. — № 4(5). — С. 18–23.
3. Мерзляков Д. А. К вопросу о культуре безопасного труда // Актуальные проблемы науки в исследованиях студентов, ученых, практиков: Сборник научных статей студентов, магистрантов, практиков, подготовленный по итогам Международной науч-

но-практической конференции, Ижевск, 27 мая 2021 года. Том Часть 1. — Ижевск: Ижевский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Всероссийский государственный университет юстиции (РПА Минюста России)», 2021. — С. 531–536.

## ИСТОРИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРАВЛЕНИЯ БОРИСА ГОДУНОВА ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОСТИ

*С.М. Ганин, В.В. Грошев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация:** В работе оценено значение правления Бориса Годунова для истории России. Кратко описан жизненный путь Бориса Годунова.

**Ключевые слова:** Борис Годунов, история России, Смутное время.

Из истории известно, что Борис Годунов пришел к власти, убив последнего из членов члена царской династии Рюриковичей. Его царствование привело к одной из самых трагических страниц в нашей истории — времени волнений.

Родился Борис Годунов в 1552 году. Его предки не были ни татарами, ни рабами. Натуральные Костромичи долгое время служили боярами при московском дворе. После 1565 года, после смерти отца Федора Годунова, Борис, как и его дядя, Дмитрий Годунов, стал опричником и женился на дочери Малюты Скуратова — Марии [1]

Примерно в 20 лет Борис подписал документ о передаче своего наследства Костромскому Ипатьевскому монастырю. Молодой опричник писал чистым, почти каллиграфическим почерком. После того, как Борис вззошел на трон, он навсегда сложил перо. По стандартам XVI века Годунов был малообразованным человеком.

Борис Годунов был первым царем, который позаботился о своей семье и детях. До него наследники отдавались «стюардам и няням», отношения между братьями и сестрами в детстве не развивались. Годунов не оставил своих детей — Федора и Ксению на произвол

судьбы. Он видел в них будущее своей династии [2]. Федор, его сын, получил прекрасное образование. Обучали царевича с детства и готовили к трону лучшие умы Москвы и Европы к трону [3].

Деятельность Годунова была высоко оценена всеми еще при Федоре Иоанновиче. Бориса Федоровича просили «жениться» на царстве. Лишь сорок дней спустя, после смерти царя, 17 февраля 1598 года, Земский собор (из 474 человек) был призван для обсуждения кандидатуры Бориса как будущего единоличного правителя. 21 февраля он был назначен царем.

В 1599 году Борис освободил церковь от всех податей. В 1601 году снова разрешил крестьянам владеть малолетних, детям бояр и другим, повсюду, кроме Московского уезда, переходить от хозяина к хозяину [4, 5]. Борис продолжил попытки своих предшественников искоренить пьянство. Борис хотел создать школы и даже университеты для преподавания науки и языков, но ему не дало это сделать духовенство. Во время Великого голода он пытался помочь своему народу, хотя про него ходили слухи, как об антихристе.

Годунов принимал участие в военных действиях против крымского хана Казы-Гирея. На рубеже XVI–XVII вв. укрепились позиции России на Северном Кавказе, в Закавказье, на Волге, во внешней торговле (через Архангельск и по Волге). Царь способствовал сближению России с Западом, в 1601 году заключил 20-летнее перемирие с Речью Посполитой.

Положительными качествами Бориса являются осторожность и настойчивость. Он надеялся создать мир и процветание. Отрицательные стороны — поощрение доносов, интриги, часто прибегал к репрессиям. Имеют место также и слухи о его причастности к убийству Царевича Дмитрия.

Во время правления Бориса Годунова произошел поворот в судьбе России. Фактический преемник Грозного, Годунов, расширил и укрепил свои благородные привилегии. В стране закрепилось крепостное право. Законы против Юрьева того времени дали Борису поддержку со стороны феодалов-землевладельцев. Но социальная база поднялась против него. Падение династии Годуновых стало прелюдией к грандиозной крестьянской войне, потрясшей феодальное государство. Карамзин пишет: «Если бы Годунов был царем от рождения, то он вошел бы в историю как один из самых умных правителей мира,

но его имя произносится с отвращением на протяжении веков, потому что он пришел к власти сомнительным образом».

### **Список литературы**

1. Скрынников Р.Г. Борис Годунов. — М., 2005.
2. Платонов С.Ф. Борис Годунов. — М., 1998.
3. Морозова Л.Г. Два царя Федор и Борис. — М., 2002.
4. Морозова Л.Г. Федор Иванович «Вопросы Истории», 1998.— № 2.
5. Широкомяд А.Б. Исторические портреты людей «смутного времени». — М., 2004.

## **ЗНАЧЕНИЕ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

**В.Е. Райхман, К.С. Шибанов**

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** Данная статья посвящена вопросам кадров, их состоянию и путям улучшения их использования. Анализ рабочей силы является важной частью деятельности любой организации. Он включает в себя рассмотрение состава персонала, качественных показателей сотрудников и имеющихся в организации трудовых ресурсов. Благодаря анализу рабочей силы организации могут получить представление о своем персонале и определить, как лучше всего использовать его для достижения своих целей.

**Ключевые слова:** формирование кадров, рабочая сила, квалифицированные сотрудники, кадры, рынок труда.

Различают такие понятия, как «кадры», «персонал» и «трудовые ресурсы предприятия». Понятие трудовые ресурсы предприятия характеризует его потенциальную рабочую силу, персонал — весь личный состав работающих по найму постоянных и временных, квалифицированных и неквалифицированных работников. Под кадрами понимается основной (штатный, постоянный), как правило, квалифицированный состав работников предприятия. Трудовые ресурсы в общем

понимании — это трудоспособное население в рабочем возрасте. Тогда как кадры — это совокупность работников, имеющих определенную профессию и квалификацию и работающих на данном предприятии. Кадры являются одним из главных ресурсов предприятия [3].

В процессе промышленной деятельности стоимость трудовых ресурсов постоянно повышается в связи с ростом квалификации работников, отсутствует износ, характерный для базовых фондов или полное потребление, как это происходит с предметами труда. На нынешнем этапе развития производительных сил человеческий фактор является основным источником увеличения производительности труда.

Кадровый состав или персонал предприятия имеет количественные, качественные и структурные характеристики, которые отражены следующими показателями. Количественная характеристика персонала измеряется в первую очередь такими показателями, как списочная, явочная и среднесписочная численность работников [5]. Списочная численность — это количество работников списочного состава на определенную дату с учетом принятых и выбывших за этот день работников. Явочная численность включает лишь работников, явившихся на работу. Качественные характеристики персонала — совокупность профессиональных, нравственных и личностных свойств, являющихся конкретным выражением соответствия персонала тем требованиям, которые предъявляются к должности или рабочему месту [6].

Формирование кадрового состава является одной из важнейших задач предприятия. Успех его деятельности во многом зависит от профессионализма работников, их компетенции и опыта. Поэтому компаниям необходима качественная подготовка и отбор персонала. В первую очередь, необходимо правильно определить не только квалификационные требования на определенные должности, но и технологические процессы, которые необходимо освоить новому сотруднику [2]. После этого проводится рекрутинговая кампания, которая включает в себя как внутренний отбор среди сотрудников, так и внешний — привлечение кандидатов извне. Для эффективного процесса отбора и подбора персонала на предприятии необходимо определить ключевые параметры, такие как возраст, образование, опыт, личностные качества, наличие дополнительных требований (например, навыки общения с клиентами или знание иностранных языков). После этих действий начинается этап оценки кандидатов на работу.

Для этого проводятся собеседования, тестирование, а также анализ соответствия квалификации кандидата требованиям вакансии [1].

Структура и численность работников определяется спектром должностей, который устанавливает администрация для обеспечения потребностей изготовления, исходя из его функциональной, технологической и организационной структуры. Его качественные параметры определяются требованиями к уровню квалификации рабочих, а количественные — объемом производства, интенсивностью труда, сложностью изделий, степенью автоматизации и компьютеризации технологических процессов.

Качество сотрудников, их навыки и способности очень важны для определения того, сможет ли бизнес оставаться конкурентоспособным на постоянно развивающемся мировом рынке. Кроме того, управление персоналом может помочь решить, сколько сотрудников нанять и сколько им заплатить за их усилия с использованием аналитики на основе искусственного интеллекта. Благодаря этому подходу, основанному на данных, предприятия могут принимать обоснованные решения относительно своих потребностей в персонале, не выходя за рамки бюджетных ограничений. Состав персонала на предприятии является ключевым фактором, определяющим успех или неудачу организации. Важно иметь четко определенную кадровую структуру, которая отвечает потребностям организации, а также обеспечивает гибкость и рост. Управление персоналом должно также включать наем, обучение, удержание, управление производительностью и развитие карьеры [7].

Кадровое обеспечение предприятия является важнейшей частью любого бизнеса. Он включает в себя отбор, найм и управление сотрудниками, чтобы гарантировать, что они лучше всего подходят для своих соответствующих ролей. Кадровый состав, качественные показатели работников и кадровая структура — все это важные факторы, которые следует учитывать при кадровом обеспечении предприятия.

Управление персоналом также важно, поскольку оно помогает обеспечить, чтобы нужные люди занимали нужные роли в нужное время [4]. Это также помогает поддерживать здоровый баланс между численностью персонала и доступными ресурсами. Понимая эти кадровые компоненты, компании могут гарантировать, что их сотрудники хорошо оснащены для достижения своих организационных целей.



Еще одной из важных составляющих является и проведение проверки личности, связанное с проверкой резюме и профессиональных рекомендаций от прошлых рабочих мест. Следующим этапом является интеграция кандидата в команду. Для этого необходимо обеспечить его адаптацию, четко определить и обозначить его роль в коллективе, а также обучить новые технологии и методологии [8]. Важно помнить, что успешное формирование кадрового состава не заканчивается одним этапом. Более того, это должен быть постоянный и планомерный процесс, включающий в себя постоянную оценку потребностей предприятия, изучение новых технологий и требований к персоналу, а также постоянное повышение квалификации сотрудников.

Процесс набора персонала требует огромных затрат, а ошибки при назначении на должность делают их еще большими. Таким образом, формирование кадрового состава на предприятии является сложным и многогранным процессом, требующим высокой квалификации управляющих кадров. Он направлен на создание команды, способных обеспечить успешное функционирование компании в конкурентных условиях.

### ***Список литературы***

1. Манахов К. С., Шибанов К. С. Современные проблемы рынка труда // Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 271–275.
2. Пятницына Е. В. Подходы к понятию кадровой политики // Современные исследования проблем управления кадровыми ресурсами: Сборник научных статей V Международной научно-практической конференции, Москва, 31 марта — 01 2020 года / Отв. за выпуск Е.И. Данилина. Том Часть II. — Москва: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЭДЕЛЬВЕЙС», 2020. — С. 128–136.

3. Ильченко С. В. Отбор персонала как составляющая кадровой политики организации // — 2019.— № 1(13). — С. 5.
4. Орлова А. С., Канищева Е. М. Кадровая политика организации: сущность и ее виды // Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития: Сборник научных статей 9-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 3-х томах, Курск, 30 декабря 2019 года / Ответственный редактор А.А. Горохов. Том 2. — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. — С. 319–322.
5. Пряхникова О. Н. Трансформация рынка труда и «ликвидная» рабочая сила // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Серия 2: Экономика. Реферативный журнал.— 2020.— № 2. — С. 165–169.
6. Агаркова Л. В., Сеницына И. В., Никулина О. Н. Проблемы рынка труда и рабочей силы в современном обществе и пути их решения // Экономика и управление: проблемы, решения.— 2021. — Т. 1, № 9(117). — С. 46–50. — DOI 10.36871/ek.up.r.2021.09.01.007.
7. Волочко А. С. Кадры управления как основной элемент регулирования рынка труда // Экономика строительства и городского хозяйства.— 2020. — Т. 16, № 3. — С. 141–154.
8. Целютина Т. В., Литвин Ю. П. Исследование текучести кадров как необходимая составляющая эффективного управления текучестью кадров // — 2019.— № 1(27). — С. 183–194.

## **ПОТРЕБНОСТИ РЕГИОНА В УПРАВЛЕНЧЕСКИХ КАДРАХ: ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ**

*Д.В. Соколов, К.С. Шибанов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье определены проблемы дефицита управленческих кадров в регионах, рассмотрены инструменты развития кадрового потенциала в регионах с учетом инновационного развития городов. Так же отражены организационно-управленческие проблемы, связанные с подготовкой и развитием кадров для управленческой дея-

тельности. В статье отмечено, что для эффективного развития кадров необходимо тесное взаимодействие с образовательными учреждениями, а также активизация работы по разработке профессиональных стандартов.

**Ключевые слова:** управленческие кадры, проблемы управления кадрами, кадровый потенциал, менеджмент, персонал.

Кадровое обеспечение модернизации и инновационно-технологического развития страны и ее регионов в значительной степени влияет на их жизнеспособность и развитие экономики.

Дефицит управленческих кадров может стать препятствием на пути развития. Снижение дефицита является острой проблемой кадровой инфраструктуры. Решение проблемы дефицита кадров для инновационного развития за счет приглашения специалистов из областных центров на текущий момент является достаточно сложной, т.к. исследования, проводимые в моногородах, показывают об оттоке населения в агломерации численностью более 500 тыс. чел.

Проблемы обеспечения управленческими кадрами для инновационно-технологического развития регионов предлагается рассмотреть на примере Российской Федерации и ее федеральных округах. Из предпосылок в Стратегии инновационного развития РФ до 2020 года, где затронута тема о необходимости создания конкурентоспособного кадрового потенциала и рабочей силы, можно сделать вывод, что для социально-экономического развития страны необходимы подготовленные специалисты по приоритетным областям развития, способные адаптироваться к новым технологическим, производственным, экономическим и социальным реалиям [1].

Инновационный путь развития — это переход к интеллектуальному труду, формирование полноценного инновационного класса, который будет способен обеспечить постиндустриальное развитие страны. От государства требуются инструменты, которые помогут генерировать идеи и воплощать их.

Ближайшая задача государственной и региональной кадровой политики в научно-технической и инновационной сфере состоит в сохранении талантливой и плодотворной части научных кадров, за счет привлечения и закрепления молодых ученых и специалистов в фундаментальной науке и научных комплексов высокотехнологич-

ных отраслей промышленности, а также стремится к сокращению их ухода в другие сферы и отъезда за рубеж.

Исключительно проблема — старение научных кадров, поэтому очень важно привлечение в науку и инновационную деятельность молодых кадров. Поэтому необходимо устранение главных факторов, препятствующих притоку в науку [3]:

- низкая заработная плата молодых ученых и преподавателей;
- обеспечение жильем и перспектив его получения;
- отсутствие современной приборной базы и условий для проведения исследований;
- неясные перспективы и непрозрачность научной карьеры, низкий престиж в научной деятельности, отсутствие реальных мер по налаживанию ситуации от государства.

С 1997 года в РФ согласно Указу Президента РФ N 774 «О подготовке управленческих кадров для организаций народного хозяйства Российской Федерации» реализуется Президентская программа подготовки молодых руководителей российских предприятий, где стратегической целью является повышение качества управления на отечественных предприятиях до международного уровня.

При проведении подготовки и переподготовки резерва управленческих кадров в субъектах РФ учитываются несколько обязательных условий:

- подготовка резерва должна вестись с учетом потребности субъекта Федерации в управленческих кадрах;
- при организации подготовки необходимо исходить из структуры региональной системы высшего образования и возможностей региона привлекать к подготовке резерва федеральные учебные центры;
- каждый, кто включен в список резерва управленческих кадров, обязан иметь индивидуальный план развития, выполнение которого — один из главных критериев для принятия решений при рассмотрении его кандидатуры для занятия должности в государственной службе [3].

Методика проведения мероприятий по подготовке и переподготовке резерва управленческих кадров в значительной мере определяется избранными организационными формами и ориентируется на один из 3х вариантов:

- базовое обучение в образовательных центрах;
- ознакомительные формы образовательного процесса (семинары, конференции, встречи с руководителями государственных органов);
- участие в решении практических вопросов управления (стажировка и разработка проектов).

После завершения подготовки участникам программы предоставляется возможность прохождения стажировки на профильных российских или зарубежных предприятиях.

Участие в программе подготовки управленческих кадров предоставляет возможность предприятиям и организациям России:

- создать серьезные предпосылки для перехода к новым формам и принципам управления;
- осуществить позитивные изменения в структурах управления, производства и корпоративной культуре;
- решить конкретные проблемы в процессе подготовки и иностранной стажировки своих специалистов (реструктуризации, перепрофилирования, получения инвестиций и заказов и др.);
- установить новые производственно-экономические контакты с российскими и зарубежными предприятиями, а также развить существующие связи с традиционными партнерами;
- участвовать в специализированной федеральной информационной базе данных, что даст дополнительные возможности при участии в конкурсах на получение государственных заказов и привлечении инвестиций.

В то же время для специалистов в соответствии с данной программой появляется возможность:

- пройти специальный (эксклюзивный) курс подготовки и получить профессиональные знания;
- участвовать в стажировке на ведущих российских и зарубежных предприятиях;
- установить деловые и дружеские контакты с российскими и зарубежными коллегами;
- усовершенствовать навыки владения иностранным языком (при необходимости).

В задачи программы входит:

- подготовка в российских образовательных учреждениях;

- стажировка в ведущих российских и зарубежных организациях;
- содействие в реализации проектов, разработанных специалистами.

Одна из первостепенных задач для инновационного развития городов связана с повышением квалификации инновационных менеджеров, способных эффективно управлять проектами в различных сферах и производством в новых социально-экономических условиях, ориентированных на инновации, поскольку именно от компетенции менеджеров всех уровней и всех специализаций зависит результат модернизации. Инновационный бизнес является наиболее динамичным и сложным сектором экономики. При этом зачастую успешность реализации инновационных проектов в большой степени зависит от менеджмента.

Инновационному менеджеру в настоящее время уже требуется два высших образования, это особенно касается тех, кто первый диплом получил много лет назад, т.к. на текущий момент изменились требования к подготовке специалистов. Таким образом, управленческим кадрам всех уровней необходимо предоставить возможность для получения нового полноценного высшего образования непосредственно в своих городах. Проведенный анализ в организациях, предприятиях и властных структурах показывает, что таких управленческих кадров крайне недостаточно.

Для решения проблемы подготовки управленческих кадров необходимо:

- активно вовлекать региональные вузы и университетские комплексы в работу создаваемых технопарков, бизнес-инкубаторов с целью повышения эффективности и качества образовательного процесса, использования интеллектуальных, материальных и информационных ресурсов для подготовки специалистов;
- развивать в вузах инновационные формы деятельности, основанные на интеграции процессов образования и научной деятельности преподавателей и студентов, создавать в них технологическую базу для исследований, разработок и реализации новых технологий;
- вовлекать в учебный процесс и научные исследования вузов специалистов-практиков (работников компаний, осуществляющих свою деятельность в регионе), ведущих ученых научных центров страны;
- обеспечить устойчивое функционирование и развитие системы переподготовки и повышения квалификации кадров для иннова-

- ционной деятельности, прежде всего, в научно-технической и промышленной сферах, в инфраструктурном и социальном секторах;
- содействовать распространению механизмов частно-государственного партнерства в сфере высшего образования, с целью обеспечения отраслей экономики и социальной сферы высокопрофессиональными кадрами;
  - предусмотреть в планах и программах экономического и социального развития регионов вопросы финансирования учреждений высшего образования, а также меры, направленные на ускоренную модернизацию материально-технической базы высших учебных заведений;
  - содействовать формированию региональных научно-образовательных центров на базе региональных вузов;
  - сформировать систему поиска и поддержки талантливых подростков, потенциальных абитуриентов высших и средних специальных учебных заведений.

Реализация предложенных мер позволит на долгосрочной основе уменьшить дефицит квалифицированных управленческих кадров для модернизации и инновационно-технологического развития городов Российской Федерации.

Предполагаемые новации в управленческом образовании требуют более серьезной и целенаправленной фундаментальной подготовки, а также разносторонней производственной практики, что может быть реализовано только в объеме образовательных программ специалитета. Под фундаментальной подготовкой понимается освоение широкой теоретической базы и практических навыков, интегрирующее в единую систему естественно-научную, гуманитарную и профессиональную составляющие образования с нацеленностью на обсуждение процессов в природе и обществе, а также использование научных методов при решении крупных проблем, нуждающихся в новых знаниях и подходах.

### ***Список литературы***

1. Ломтева Е. В., Бедарева Л. Ю., Полушкина А. О. Потребность региональных рынков труда в специалистах среднего звена и приоритеты выпускников СПО в вопросах трудоустройства // Управ-

- ленческое консультирование. — 2021. — № 5(149). — С. 122–129. — DOI 10.22394/1726–1139–2021–5–122–129.
2. Чистякова М. К. Развитие кадрового потенциала для малого бизнеса как фактор повышения качества жизни населения РФ // Приоритетные направления развития Орловской области, формирование предложений по стабилизации экономики и реализации мер проактивной поддержки занятости населения: Сборник докладов научной конференции, Орел, 08 апреля 2022 года / Науч. ред.: Н.И. Прока, составители: Н.В. Польшакова. — Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парашина, 2022. — С. 18–23.
  3. Армашова-Тельник Г. С., Бобович Т. А. Ключевые направления кадрового обеспечения на предприятиях Северо-Западного региона // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. — 2021. — Т. 83, № 4(90). — С. 375–381. — DOI 10.20914/2310–1202–2021–4–375–381.

## ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ КОНКУРЕНТНОЙ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Ю.А. Комарова, К.С. Шибанов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** Актуальность темы исследования обусловлена большой социально экономической значимостью проблемы обеспечения конкурентоспособного развития предприятия. При этом, особое значение данная проблема имеет для предприятий малого бизнеса, сталкивающихся с целым спектром барьеров, затрудняющих им вход и успешное функционирование на отраслевых товарных рынках.

**Ключевые слова:** конкурентное развитие предприятия, стратегия развития предприятия, конкурентные преимущества, конкурентоспособность предприятия, конкурентная стратегия малого предприятия.

Проблемы формирования конкурентных преимуществ, выбора конкурентных стратегий и другие аспекты конкурентоспособности предприятий исследованы зарубежными и отечественными учены-



ми. Однако, зарубежный опыт не может оставаться неизменным для отечественных предприятий, так как для российского рынка характерны нестабильность экономического развития, отсутствие опыта эффективного создания и управления конкурентными преимуществами.

Колз Ричард Л. и Ул. Джозеф Н. считают, что конкуренция в рыночной экономике выполняет несколько важных задач. Она помогает организовать экономическую деятельность и ответить на основополагающие вопросы: что, сколько и как производить, как распределять товары и услуги. В процессе конкуренции вырабатываются цены, которые влияют на поведение покупателей и продавцов и распределение ресурсов [1].

Конкурентоспособность организации-производителя можно определить как относительную характеристику, отражающую отличия процесса развития данного производителя от производителя-конкурента. Она характеризует возможность и динамику приспособления производителя к изменяющимся условиям конкуренции на рынке [2]. Поэтому, для того, чтобы быть конкурентоспособным необходимо управлять конкурентными преимуществами предприятия.

Концептуально управление конкурентными преимуществами предприятия отражает более эффективный, относительно конкурентов, уровень управления, обеспечивающий формирование и усиление предприятием конкурентных преимуществ, состоящий в следующем:

1. в достижении устойчивого роста прибыли в размерах, достаточных для обеспечения социально-экономического развития предприятия, наращивании его экономического потенциала;
2. в эффективной организационной структуре управления предприятием;
3. в создании положительного имиджа предприятия и узнаваемости корпоративного бренда на основе обеспечения высокого качества продукции, своевременного выполнения деловых обязательств, предоставлении гарантий;
4. в выпуске качественной и конкурентоспособной продукции.

Поскольку механизм формирования и управления конкурентными преимуществами тесно связан с пятью конкурентными сила-

ми, определяющими прибыльность предприятия, а именно: угроза со стороны конкурентов; рыночная власть поставщиков; рыночная власть покупателей; соперничество между действующими на рынке предприятиями; угрозы со стороны продуктов-заменителей, то создание механизма формирования и управления конкурентными преимуществами предприятия должно основываться на определенных принципах. К основным из которых относятся принципы научной обоснованности, эффективности, непрерывности, гибкости и адаптивности. Эффективность функционирования механизма заключается в достижении наилучшего результата при минимальных затратах. Непрерывность функционирования механизма определяется необходимостью его постоянного совершенствования под воздействием негативных факторов внешней среды. Гибкость и адаптивность механизма обуславливается с учетом всех возможных внешних и внутренних факторов его становления, среди которых формирование производственных связей и отношений, разработка и выбор методов управления, позволяющих эффективно реализовывать как стратегические цели предприятия, так и обеспечивать интересы и потребности трудового коллектива.

Но современные условия определяют необходимость усиления предприятием конкурентных преимуществ в интегрированном управлении. Отличительной особенностью такого управления является правильный подход при формировании задач управления конкурентными преимуществами. Таким образом, к основным задачам управления можно отнести: управление персоналом; управление качеством продукции; управление инновациями; стратегическое управление; управление финансовыми ресурсами; управление материальными ресурсами и запасами; управление информационными ресурсами; управление временными ресурсами и системой планирования; управление производительностью труда; антикризисное управление предприятием; управление маркетингом; управление по целям; управление по результатам [4].

Таким образом, управление конкурентными преимуществами и конкурентоспособностью предприятия следует строить на основе эксклюзивных ценностей объектов. Так как ценность это нечто особенное, т.е. внутреннее составляющее то, чем предприятие владеет, содержит в себе, стремится сохранить либо желает иметь в будущем.

Как показывает мировая практика рыночных отношений, взаимосвязанное решение этих проблем и использование данных принципов гарантирует повышение конкурентоспособности предприятий. Выделенные задачи управления конкурентными преимуществами позволяют системно подойти к определению основных направлений в решении вопросов, связанных с повышением конкурентоспособности ее хозяйствующих субъектов.

Факторы конкурентоспособности — это те явления и процессы производственно-хозяйственной деятельности предприятия и социально-экономической жизни общества, которые вызывают изменение абсолютной и относительной величины затрат на производство, а в результате изменение уровня конкурентоспособности предприятия. Факторы могут изменять конкурентоспособность предприятия в сторону повышения и в сторону уменьшения. Факторы — это то, что способствует превращению возможностей в действительность. Факторы определяют средства и способы использования резервов конкурентоспособности [5].

Получение конкурентного преимущества на основе факторов зависит от того, насколько эффективно они используются и где, в какой отрасли они применяются. Различают внешние и внутренние факторы конкурентоспособности. Внешние факторы — это организационные и социально-экономические отношения, которые позволяют предприятию создать продукцию, более привлекательную по ценовым и неценовым характеристикам.

Под внешними факторами следует понимать:

- меры государственного воздействия: экономического характера (амортизационную, налоговую, финансово-кредитную политику, инвестиционную политику, участие в международном разделении труда); административного характера (разработку, совершенствование и реализацию законодательных актов, демонополизацию экономики, государственную систему стандартизации и сертификации, правовую защиту интересов потребителей);
- основные характеристики самого рынка деятельности данного предприятия (его тип и емкость, наличие и возможности конкурентов);
- деятельность общественных и негосударственных институтов;
- деятельность политических партий, движений, блоков, формирующих социально-экономическую обстановку в стране.

К внутренним факторам, оказывающим влияние на конкурентоспособность предприятия, относят:

- производственную и организационную структуру предприятия;
- технологии;
- уровень квалификации трудовых ресурсов;
- качество менеджмента;
- информационную и нормативно-методическую базу управления;
- оборудование;
- функционирование системы менеджмента качества;
- безопасность системы информационного обеспечения;
- масштабы применения современных информационных технологий;
- использование сети Интернет для продажи продукции;
- регулярность привлечения инвестиций в развитие производства; репутацию организации;
- мотивацию персонала на повышение производительности и качества товара;
- эффективную конкурентную стратегию;
- стоимость предприятия (бизнеса), отражающая его инвестиционную привлекательность [6].

Реальные возможности обеспечения конкурентоспособности предприятия находятся в сфере факторов внутренней среды. Однако воздействовать на эти факторы можно с разной степенью эффективности.

Вместе с тем для обеспечения конкурентоспособности предприятия при всей важности создания современных технико-технологических условий производства, необходимо также уделять внимание формированию адекватной данным условиям системы менеджмента на предприятии. Поэтому среди внутренних факторов конкурентоспособности организации важнейшую роль играет уровень качества управления организацией, т.е. уровень подготовки менеджеров, умение правильно вести деловые операции в условиях постоянного изменения на рынке. Эти факторы считают ключевыми в определении конкурентоспособности организации на рынке [7].

Одной из главных составляющих системы управления предприятия является создание и применение стратегий ведения конкурентной борьбы. Ввиду постоянно изменяющейся ситуацией, возникает

потребность в гибком механизме управления предприятием, который при этом будет эффективно использовать имеющиеся ресурсы и возможности. Несмотря на это, часто возникает такая ситуация, когда менеджмент предприятия, делая прогноз прибыли, не рассматривает дальнейшие изменение состояния рынка и возможность появления новых конкурентов. Данный аспект снижает эффективность планирования и степень определенности финансового результата.

Безусловно любое предприятие стремится получать прибыль за счет увеличения своей конкурентоспособности и занятия соответствующей доли рынка. Умение продуктивно соперничать с конкурентами характеризует успешность предприятия.

Мнение многих ученых теоретиков совпадает в том, что результативная деятельность предприятия в конкурентной сфере заключается в создании собственной стратегии управления. Поскольку «... стратегическое управление — обеспечение стратегической позиции, для будущей жизнеспособности организации в изменяющихся условиях» [8], то при стратегическом управлении ответственность за построение и реализацию стратегии, и за процветание предприятия несет руководящий состав высшего звена.

Стоит сказать, что о качестве и эффективности стратегии можно судить по проработанности отдельных этапов. Начальным этапом стратегического управления является стратегическое планирование, в ходе которого формулируется стратегия, представляющая собой план действий по завоеванию конкурентной позиции в долгосрочной перспективе. И. Ансофф рассматривает стратегию как механизм принятия решений, которым предприятие руководствуется в своей деятельности [9].

Лидерство в издержках (ценовое лидерство). Цель стратегии — безусловное лидерство в издержках, используя совокупность специальных экономических приемов: формирование производственных мощностей, дающих экономический результат, снижение издержек, основанное на накоплении опыта, серьезный контроль оперативных издержек и издержках дополнительных затрат, минимизация расходов в области научных исследований, обслуживания, реализации, рекламы. Преимущество: возможность получить значительную долю рынка, однако, использование этих приемов требует крупных финансовых вложений и соответствующих серьезных рисков. Условие: для

удержания доли рынка необходимо частичное рефинансирование прибыли в увеличение и модернизацию основных фондов компании.

Лидерство в продукте (дифференциация). При создании уникального продукта необходимо учитывать различные критерии: репутация торговой марки, технология создания продукта или услуги, качество предоставляемого обслуживания. Наиболее эффективным считается применение нескольких критериев дифференциации одновременно. Отличие: не предусматривает завоевания доли рынка, как предыдущая, но также требует значительных вложений. Для ее выполнения компании необходимо провести исследования рынка, закупать материалы высокого качества, создать потребительскую базу. Преимущество: высокая степень лояльности потребителя, и достижение уровня прибыли превышающего средний по отрасли.

Рыночная ниша (фокусирование) предполагает концентрацию компании на определенном рыночном факторе: потребитель, производство, географическое положение. Отличие: нацелена не на отдельную часть рынка, а на весь его объем. Преимущество: возможность самостоятельно выбирать целевые рынки с наименьшим уровнем конкуренции.

Э. Райс и Дж. Траут считают, что компании, которые желают добиться успеха должны ориентироваться на своих конкурентов [12]. Компаниям необходимо изучать наименее укрепленные участки в своей позиции, и усилить их путем применения маркетинговых атак. Согласно классической теории позиционирования, существует четыре типа конкурентных стратегий, которые зависят от маркетинговых войн. Оборонительные войны ведут лидеры рынка. Наступательные действия — стратегия для участника рынка № 2 или № 3 в категории. Фланговые атаки осуществляют малые или неокрепшие в категории новые игроки, уклоняющиеся от крупных сражений. Данная стратегия скрывает за собой основательно разработанный неожиданный захват свободной от конкурентов рыночной ниши.

Партизанская война — основной метод ведения бизнеса боевых действий малыми предприятиями. Основная задача — поиск относительно ограниченного рынка, который способна защитить, даже не обладающее значимыми ресурсами предприятие. Но, не смотря на достигнутый успех, предприятие не может действовать как лидер отрасли и должно быть готова к «перемещениям» в случае необходимости.

Существует и более простая на первый взгляд матрица стратегий, разработанная Игорем Ансоффом [9]. Основная концепция матрицы И. Ансоффа заключена во взаимосвязи между реализуемыми услугами (товарами) и рынками, как «старыми», так и «новыми». Главная задача матрицы — помочь компании выбрать самую конкурентоспособную маркетинговую стратегию.

Предприятие изначально имеет большое количество направлений развития, благодаря широкому выбору товаров и рынков в отрасли. Поэтому предприятию необходимо определить то, какое она место занимает в отрасли и выбрать направление своего роста таким образом, чтобы это обеспечивало наиболее конкурентоспособную позицию для нее. На основании вышесказанного можно заключить, что стратегия компании определяется тремя главными факторами:

- текущее положение, как сумма продуктов и рынков, на которых ведет свою деятельность предприятие в данный момент;
- направление роста, который задает вектор развития предприятия, беря за основу свое текущее положение;
- конкурентное преимущество — ключевые особенности существующих и будущих продуктов и рынков, которые могут обеспечить фирме сильную конкурентную позицию.
- Конкурентные стратегии могут оцениваться по следующим критериям:
  - уровень принятия решений;
  - базовые варианты достижения конкурентных преимуществ;
  - тип компаний, участвующих в конкурентной борьбе («биологический» подход);
  - доля рынка, принадлежащая фирме или стратегическая позиция на рынке;
  - размер компании (размер хозяйствующего субъекта);
  - базовые условия функционирования отрасли;
  - условия использования конкурентных преимуществ

При анализе стратегий, предложенных различными авторами, становится очевидным, что они перекликаются друг с другом. При выборе оптимальной стратегии управленцам необходимо учитывать возможности и ресурсы компании и сопоставлять их с состоянием внешней среды.

С одной стороны, понятная и четко сформулированная стратегия предприятия позволяет работникам приложить свои усилия в нужном направлении. Однако стоит понимать, что наряду с этим чрезмерно простая и открытая стратегия позволит конкурентам разработать эффективные меры противодействия такой стратегии.

Виды стратегий, предназначенные специально для малых предприятий, подразделяют в зависимости от следующих двух условий [14].

Формы существования компании. Здесь выделяют стратегии развития независимых компаний от деятельности крупных фирм и стратегии развития малых фирм, связанные с крупной компанией. Если компания работает на рынке самостоятельно, независимо от крупной фирмы, то стратегии делят на следующие два вида:

- «Ложный гриб». Это стратегия копирования продукта крупной фирмы, это так называемые «независимые подделки»;
- «Премудрый пескарь». Эта стратегия «малого» рынка.
- Если работа компании связана с крупной фирмой, то стратегии развития делят на следующие два вида:
  - «Хамелеон». Это стратегия использования преимуществ крупных фирм. Как правило, это франчайзинг;
  - «Жалящая пчела». Эта стратегия участия в продукте крупной фирмы путем устранения «недоделок».

Характеристики продукта компании. Здесь выделяют стратегии развития, основанные на подобности продукта продукту крупной компании и стратегии развития, основанные на оригинальном продукте. Если продукт малой компании подобен продукту крупной фирмы, то стратегии делят на следующие два вида: «Ложный гриб» и «Хамелеон».

Если продукт малой компании является оригинальным, то стратегии делят на следующие два вида: «Премудрый пескарь» и «Жалящая пчела».

Стратегии претендентов на лидерство могут выражаться в следующих формах:

- Наступление на лидера. Это достаточно рискованная, но потенциально наиболее выгодная стратегия, особенно если доминирующая в данный момент компания подходит к выполнению своих обязанностей «спустя рукава». Альтернативная стратегия — захват рыночного сегмента лидера с помощью принципиально нового товара.



- Атака на близкие по размерам компании-конкуренты, которые не справляются с удовлетворением потребностей покупателей и имеют сложное финансовое положение.
- Нападение на небольшие местные и региональные компании. Например, некоторые крупные сегодня компании достигли своего положения посредством поглощения небольших региональных предприятий.

Стратегия имитации товара может быть не менее эффективной, чем стратегия инновационного товара. Компания-новатор несет огромные расходы на разработку нового продукта, организацию его распространения и информирование рынка. Наградой пионеру обычно становятся лидирующие рыночные позиции. Однако, что может помешать конкурентам скопировать или улучшить новинку? Лидера они, скорее всего, не обойдут, но прибыль могут получить значительную, так как не несут расходов новатора. Многие предпочитают следовать за лидером, а не соревноваться с ним.

Альтернатива положению последователя на крупном рынке — лидерство на относительно ограниченном рынке, или в рыночной нише. Небольшие компании, как правило, избегают конкуренции с более крупными, удерживаясь на рынках, не представляющих особого интереса для гигантов. Даже крупные прибыльные компании организуют подразделения или создают дочерние фирмы, специализирующиеся на обслуживании рыночных ниш. Благодаря умелому нишевому подходу компании с небольшой долей рынка могут получать высокую прибыль. Успех таких компаний обеспечивается предложением высокой ценности, установлением надбавки к цене и низкими производственными издержками.

Необходимо не только знать и использовать все преимущества малого предприятия, но и разбираться в тонкостях как наиболее распространенных базовых вариантов возможного стратегического развития компании, так и основных видов специализированных конкурентных стратегий для малых предприятий.

### ***Список литературы***

1. Ричард Л. Колз Маркетинг сельскохозяйственной продукции / Ричард Л. Колз. — М.: «Колос», 2000. — 512 с.

2. Фатхутдинов Р. А. Конкурентоспособность организации в условиях кризиса / Р.А. Фатхутдинов. — М.: «Маркетинг», 2002.— 892 с.
3. Азоев Г.Л. Конкурентные преимущества фирмы / Г.Л. Азоев, А.П. Челенков. — М.: «Типография «Новости», 2000.— 256 с.
4. Drucker, Peter F., “The Practice of Management”, 1954. Русскоязычное издание: Практика менеджмента. — М.: «Вильямс», 2007.— 400 с.
5. Самодуров Д.О. Стратегическое управление конкурентоспособности предприятия на основе комплексной оценки его потенциала: автореф. дис. канд. экон. наук / Д.О. Самодуров. — СПб., 2000.— 18 с.
6. Пострелова А.В., Маркин М.С. Оценка конкурентоспособности предприятия // Молодой ученый.— 2013. — №6. — С. 398–402.
7. Иванова И.В. Основные направления повышения конкурентоспособности предприятия/ И.В.Иванова // Актуальные вопросы экономики и управления: материалы междунар. науч. конф. (г. Москва, апрель 2011 г.). Т. II. — М.: РИОР, 2011. — С. 97–100
8. И. Ансофф. Стратегическое управление; пер. с англ. / И. Ансофф Москва: Экономика, 2013.— 486с.
9. Чайцева С.С. Анализ модели пяти сил конкуренции и ее развитие в современных условиях / С.С. Чайцева // Символ науки.— 2017.— № 2. — С. 122–125.
10. Азоев Г. Конкуренция: анализ, стратегия и практика / Г.Азоев. Москва: Центр экономики и маркетинга, 1996.— 207 с.
11. А. Юданов. Конкуренция: теория и практика. — М.: Издательство ГНОМ-ПРЕСС, 1998.— 384 с.
12. Траут Дж. Позиционирование: Битва за узнаваемость / Дж. Траут, Э. Райс. — Санкт-Петербург: Питер.— 2014.— 243 с.
13. Котлер Ф. Маркетинг Менеджмент. Экспресс-курс: пер. с англ. под ред С.Г. Божук / Ф. Котлер — Изд. 5 — Санкт-Петербург: Питер, 2015.— 546 с.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

*В.О. Креков, К.С. Шибанов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *В работе выполнен анализ предприятий и методологии ремонтной деятельности. Исследован рынок запасных частей и оборудования для металлургических предприятий. Оценены перспективы оптимизации ремонтной деятельности. Сформулированы принципы функционирования организации закупочной деятельности.*

**Ключевые слова:** *надежность оборудования, эффективность оборудования, закупочная деятельность, оптимизация ремонтной деятельности.*

В сложившейся экономической ситуации в 2022 году с курсами валют и ограничительными мерами против России, единственным верным решением будет отказ от поставок из-за рубежа. В данной ситуации замену импортной продукции можно использовать как инструмент, который в последующем окажет положительное влияние на внутренний валовый продукт. Обратимся к данным к официальным данным РОССТАТ для определения доли импортируемых товаров в Россию. В 2021–2022 году основная доля импорта в России приходится на машины и оборудование на основании данных с сайта Росстат [2, 4, 5, 6].

Доля машин, оборудования и аппаратуры значительная, основная часть — это поддержание технического состояния действующего оборудования с целью восстановления технического состояния оборудования. Чтобы конкурировать на мировом рынке продукции необходимо, современное оборудование, которое соответствует экологическим нормам и обладает высокой производительностью.

Российские компании, оснащенные зарубежным оборудованием, несут огромный риск остановки действующего производства в случае отсутствия комплектующих. Заккрытие проектов из-за отсутствия

оборудования и невозможности его приобретения, не способствует увеличению внутреннего валового продукта [1, 3].

Особое внимание металлургических предприятий, в текущей ситуации в России, направлено на поддержание действующего производства. По результатам анализа методологии ремонтной деятельности предприятий оборудованных станками иностранного производства и отсутствием комплектующих, требует ряд мер по недопущению остановки производства. Развитие направления надежности столкнулось с проблемами обеспечения необходимого объема запасных частей иностранного производства и сопутствующими проблемами связанными со сроком службы и сроками поставок. Так же меняется и методология обеспечения надежности, изменяются стратегии обслуживания оборудования, происходят корректировки стратегий [7, 10].

Закрытие возможности денежных переводов и валютных операций банков оказывают определенные ограничения на закупочную деятельность предприятий. Активно развивается поиск альтернативных вариантов закупки комплектующих оборудования. Разорваны логистические цепочки поставок. Срок длительности обеспечения материалами увеличивается значительно [9].

Поиск производителей способных изготовить необходимые комплектующие в указанные сроки с необходимым качеством растягивается во времени, а так же увеличивается нагрузка на действующих производителей. Наиболее выгодно положение дел у предприятий, которые на протяжении нескольких лет активно развивали свою ремонтную базу. Произведена оценка создания ремонтных мастерских с необходимым оборудованием для ремонта и изготовления комплектующих [8].

### *Список литературы*

1. Комарова Ю. А., Шибанов К. С. Конкурентные преимущества Smarketing // Творчество молодых — родному региону: сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции, Выкса, 20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Выксунский филиал Национального исследовательского технологического уни-

- верситета «МИСиС». — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2022. — С. 264–267.
2. Хисамова А. И., Глезман Л. В., Федосеева С. С. Инновационный подход к развитию предприятий и организаций регионально-промышленного комплекса // Современные проблемы развития экономики и управления в регионе: материалы X Международной научно-практической конференции, Пермь, 21 апреля 2016 года. — Пермь: Издательство «От и До», 2016. — С. 318–322.
  3. Кузнецов И. А., Шевяков А. Ю. Региональные проблемы развития сервисной деятельности на российских предприятиях // Российская экономика: взгляд в будущее: Материалы VI Международной научно-практической конференции (очно-заочной), Тамбов, 20 февраля 2020 года / Отв. редактор Я.Ю. Радюкова. — Тамбов: Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, 2020. — С. 107–114.
  4. Дуброва Т. А., Есенин М. А. Интегральная оценка регионального развития малых и средних предприятий в обрабатывающих производствах // Вестник кафедры статистики Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова: Статистические исследования социально-экономического развития России и перспективы устойчивого роста: материалы и доклады, Москва, 21–25 мая 2018 года / Под общ. ред. Н.А. Садовниковой. — Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2018. — С. 75–79.
  5. Богунова А. А., Обьедкова Л. В. Развитие кадрового планирования в системе управления персоналом на российских предприятиях: региональный аспект // Материалы Научной сессии, Волгоград, 27–28 апреля 2017 года / Редколлегия: А.Э. Калинина (отв. ред.) [и др.]. — Волгоград: Волгоградский государственный университет, 2017. — С. 411–415.
  6. Никитаева А. Ю., Сердюков Р. Д., Федосова М. Н. Региональные драйверы развития цифровых экосистем промышленных предприятий // Региональная экономика. Юг России.— 2021. — Т. 9, № 3. — С. 100–112. — DOI 10.15688/re.volsu.2021.3.9.
  7. Обьедкова Л. В. Стратегические ориентиры в развитии методов обучения персонала предприятия: региональный аспект // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования.— 2022.— № 1(59). — С. 87–92. — DOI 10.47581/2022/IE.1.59.13.

8. Хорькова К. О., Халимон Е. А. Внедрение виртуального офиса проекта в систему управления региональными программами развития малых и средних предприятий // Приоритетные и перспективные направления научно-технического развития Российской Федерации: Материалы I-й Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 11–12 апреля 2018 года. — Москва: Государственный университет управления, 2018. — С. 105–108.
9. Ракута Н. В., Ситихова Т. Е., Рубин А. Г., Цаллагова Л. М. Методологические подходы к формированию и развитию региональных экономических кластеров малых предприятий // Трансформация социально-экономического пространства России и мира: Сборник статей международной научно-практической конференции, Сочи, 01–03 октября 2020 года / Под редакцией Г.Б. Клейнера, Х.А. Константиныди, В.В. Сорокожердьева, З.М. Хашевой. — Сочи: АНО «Научно-исследовательский институт истории, экономики и права», 2020. — С. 233–238.
10. Яшин С. Н., Захарова Ю. В. Проблемные аспекты функционирования институтов инновационного развития в РФ на федеральном и региональном уровне // Эффективное управление экономикой: проблемы и перспективы: сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции, Симферополь, 14–15 апреля 2022 года. — Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2022. — С. 52–55.

## **АНАЛИЗ СЕБЕСТОИМОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ**

*С.Н. Власов, К.С. Шибанов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В статье рассматриваются способы и методы расчета себестоимости в металлургической отрасли. Приведена расшифровка понятий себестоимости и сметы производства. Рассматривается группировка затрат на предприятии при производстве металлургической продукции.*

**Ключевые слова:** себестоимость, металлургия, смета, затраты, расходы, промышленность.

Затраты предприятий на производство продукции состоят из стоимости потребленного сырья, материалов, топлива, энергии, амортизации основных средств, износа инструментов и приспособлений, расхода запасных частей, расходов на оплату труда работников предприятия и других издержек. Чтобы подсчитать сумму всех расходов предприятия, их нужно привести к единому измерителю, т. е. представить в денежном выражении. Таким показателем является себестоимость [1, 3].

В себестоимость включаются следующие затраты:

- на подготовку производства: поиск, разведку и подготовку к использованию природных ресурсов, подготовительные работы в добывающих отраслях промышленности, освоение производства новых видов продукции и т. п.;
- непосредственно связанные с производством продукции, обусловленные технологией и организацией производства, включая расходы на управление;
- связанные с совершенствованием технологии и организации производства, осуществляемым в ходе производственного процесса (кроме затрат, производимых за счет капитальных вложений), улучшением качества продукции, повышением ее надежности, долговечности и других эксплуатационных свойств;
- на улучшение условий труда и техники безопасности, повышение квалификации работников производства;
- бытовые расходы (кроме тех, которые по условиям поставки возмещаются покупателями сверх цены соответствующего вида продукции).

Все затраты предприятия, включаемые в себестоимость продукции, учитываются по первичным элементам затрат. Они не могут быть на предприятии разложены на составные части и рассчитываются независимо от того, где они произведены, — в основном цехе, заводоуправлении или на складе, и каково их производственное назначение [4].

Вся сумма затрат предприятия в планируемом периоде отражается в сводной смете затрат на производство по экономическим элементам.

Смета затрат на производство — наиболее общий показатель, обеспечивающий увязку плана по себестоимости с другими планами [2].

Смета затрат на производство представляет собой сумму затрат всех основных и вспомогательных цехов, служб управления и обслуживания, входящих в состав предприятия. Она включает все затраты предприятия как на изготовление товарной продукции, так и затраты, связанные с выполнением предприятием услуг и работ непромышленного характера (например, стоимость строительных работ, выполняемых для своего капитального строительства и капитального ремонта, стоимость услуг заводского транспорта и др.).

Группировка расходов в смете затрат на производство по элементам затрат имеет важное практическое значение. На ее основе определяют величину национального дохода, чистой продукции промышленности, составляют баланс межотраслевых связей, осуществляют отраслевое планирование [5].

Нормативный метод заключается в определении затрат на единицу продукции по статьям калькуляции на основе расчетных технологических карт, технических норм и нормативов использования сырья, материалов, топлива, средств труда, и прогрессивных норм оплаты труда работников. Такие калькуляции являются связующим звеном между техникой и экономикой предприятия, средством для контроля за уровнем затрат на производство.

Однако пользование таким методом сопряжено с рядом трудностей, которые оказывают влияние на степень точности расчетов.

Во-первых, составление плановых калькуляций на все виды изделий на металлургических предприятиях с большой номенклатурой продукция представляет собой трудоемкую работу, осуществить которую нормативным методом в сжатые сроки очень сложно. При точности и стабильности нормативов эта работа, может оперативно выполняться с помощью ЭВМ [6].

Во-вторых, нормы устанавливаются, как правило, на относительно продолжительное время и преимущественно для некоторых средних условий производства. Поэтому в момент составления калькуляции они могут существенно отличаться от действительных и тем самым исказить плановый уровень затрат. Не все нормы являются расчетно-техническими, значительная часть их отражает фактически складывающиеся расходные коэффициенты.



В-третьих, не на все виды затрат имеются нормы. В промышленности в целом нормами охватывается около половины материальных, трудовых и прочих затрат. В черной металлургии, если учитывать также затраты, определяемые методом укрупненных показателей<sup>7</sup> (их примерно 20%), нормируемые затраты составляют около 90%. Отсутствие норм на эти 10% затрат понижают степень точности плановых расчетов [7].

Расчет по нормам предполагает определение уровня всех издержек на каждый плановый период заново, что требует выполнения огромной экономической, расчетной, а в ряде случаев и исследовательской работы.

На практике иногда применяется более простой и достаточно надежный аналитический метод. Сущность его заключается в определении возможных реальных изменений уровня затрат в плановом периоде по сравнению с уровнем, сложившимся в базисном (отчетном) периоде. Этот метод обычно используется в сочетании с нормативным, при котором большая часть затрат (расход сырья, материалов, топлива и т.д.) определяется 'прямым счетом. В основе расчета калькуляции себестоимости аналитическим методом лежат качественный и количественный анализ зависимости уровня издержек производства от тех или иных изменений в производственном процессе и условиях производства и изучение конкретных причин изменения затрат.

### ***Список литературы***

1. Засеев Т. А. Факторный анализ себестоимости продукции металлургического производства // Молодежная неделя науки ИПМЭ-иТ: Сборник трудов Всероссийской студенческой научно-учебной конференции. В 6-ти частях, Санкт-Петербург, 02–04 декабря 2022 года. Том Часть 2. — Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. — С. 71–74.
2. Алексина И. С., Костусенко И. И. Разработка маркетинговых мероприятий по повышению качества продукции промышленного предприятия // Известия Международной академии аграрного образования. — 2021. — № 53. — С. 39–42.
3. Овчаров А. В., Бабкина Т. В. Снижение затрат на производство чугуна в ПАО «Косогорский металлургический завод» за счет из-

- менения структуры сырья // Гуманитарные и естественнонаучные факторы решения экологических проблем и устойчивого развития: Материалы восемнадцатой международной научно-практической конференции, Новомосковск, 15–16 октября 2021 года. — Новомосковск: Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2021. — С. 111–115.
4. Токаренко А. В., Соколова М. В. Лебединскому горно-обогатительному комбинату — 55 лет // Горный журнал.— 2022.— № 6. — С. 5–7.
  5. Каракулина К. Н. Экономико-технологическая деятельность горнорудного предприятия как основа инновационного развития // Естественно-гуманитарные исследования.— 2021.— № 33(1). — С. 119–125. — DOI 10.24412/2309-4788-2021-10843.
  6. Буньковский В. И. Оценка эффективности проектов развития компании «Эрдэнэт» // ИННОВАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ и НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Уфа, 18 января 2020 года. Том Часть 1. — Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Агентство международных исследований», 2020. — С. 94–97.
  7. Яшин С. Н., Борисов С. А., Суходоева Л. Ф. Повышение эффективности управления бизнесом на основе развития цифровых технологий // Математическое и компьютерное моделирование и бизнес-анализ в условиях цифровизации экономики: Сборник научных статей по итогам I Всероссийского научно-практического семинара, Нижний Новгород, 27 октября 2021 года. — Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2022. — С. 117–122.

## РАЗВИТИЕ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

*А.Д. Боницкая, С.А. Власова, В.В. Грошев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В статье рассматриваются проблемы черной металлургии в период Великой Отечественной войны и способы их решения.*

***Ключевые слова:** черная металлургия СССР, металлургическая промышленность, военное производство.*

Советская черная металлургия являлась высокоразвитой отраслью промышленности, которая постепенно поднималась из самых трудных времен и держалась на плаву весь XX век, став одним из величайших и значимых достижений советского времени. Большое значение черной металлургии в экономике страны бесспорно. Особенно это можно отчетливо проследить в период военных действий 1941–1945 г., когда производство металла было жизненно необходимо для победы СССР [1].

Перед тем как рассматривать период непосредственно военного времени, необходимо учитывать развитие металлургической промышленности до данного временного отрезка, а конкретно первые две пятилетки, которые были в достаточной мере успешны. Промышленность в довоенные годы активно развивалась — СССР занимал одно из ведущих мест в промышленном производстве.

Однако в 1941 г. распределение промышленных предприятий по территории страны оставалось неравномерным. В южных и центральных районах производилось более 70% черных металлов. Неблагоприятный ход военных действий в первые годы войны привел к потере практически всего производства черных и цветных металлов Юга и Центра. Потребовалась срочная эвакуация на восток оборонных заводов, прежде всего авиационных и танковых. В связи с этим во второй половине 1941 г. произошло значительное падение выпуска металлургической продукции. Помимо этого, возникли огромные проблемы с добычей руды [3].

Уже в конце 1941 г. большинство из эвакуированных заводов стали выпускать продукцию. Ввиду огромных потерь оружия потреб-

ность в работе уральских и волжских заводов была острой. В декабре 1941 заводы стали выпускать 60–70 танков в сутки, и эта цифра росла.

Но положение осложнялось еще и тем, что с первых дней войны множество тысяч квалифицированных металлургов, вступали в ряды Красной армии. Численность производственного персонала резко сократилась. Наступил тяжелый период войны. На мартеновских печах стояли женщины, подростки и старики. На предприятиях началась переориентация гражданской промышленности на военное производство. Оборудование не было приспособлено к таким объемам работы, переход с производства рядовых сталей к качественным и конструкционным давался довольно таки тяжело, поэтому требовалась срочная модернизация заводов в целом.

Были, конечно, в этой переориентации и свои минусы — производство легкой промышленности пошло на спад, что вызвало в дальнейшем огромный дефицит. Так же в результате в 1941–1942 гг. возник катастрофический дефицит качественных сталей, алюминия, марганца, металлических труб, броневой стали и сотен видов другой продукции для оборонной промышленности [2].

Во втором квартале 1942 г. удалось преломить ситуацию. Доля качественного проката в общем объеме производства проката черных металлов увеличилась в 2,6 раза. Началось активное строительство новых заводов [6]. В 1943 г. в стране продолжалось строительство объектов металлургического производства, увеличивался выпуск сырья для производства взрывчатых веществ и другой продукции оборонного значения [5]. С 1943 г. начинается рост производства металлов и расширения производства.

В 1944 году продолжалось нарастание процессов расширенного воспроизводства. Увеличение военных расходов в 1943 и 1944 годах происходило наряду с абсолютным ростом производственного и личного потребления и накопления, а не за счет их абсолютного сокращения, как это было в 1942 году. Так же в 1944 г. капитальные вложения, направленные на возрождение освобожденных районов, составили более 40% капитальных вложений во всенародное хозяйство СССР [4].

Уже к концу войны в очищенных от врага районах вступила в действие примерно 1/3 довоенного промышленного производства, в том

числе 7,5 тыс. крупных возрожденных объектов индустрии. На долю предприятий освобожденных областей к этому времени приходилась пятая часть всей промышленной продукции, выпускавшейся в стране.

Исходя из этого, приоритетными задачами последующих послевоенных пятилеток стали восстановление пострадавших районов страны и довоенный уровень промышленности.

### ***Список литературы***

1. Беляев С. А. Об экономическом развитии промышленности СССР в годы Великой Отечественной войны // Азимут научных исследований: экономика и управление.— 2020. — Т. 9, № 4(33). — С. 54–57. — DOI 10.26140/anie-2020-0904-0010.
2. Роль металлургии СССР в годы Великой Отечественной войны (к 70-летию Победы) // Сталь.— 2015.— № 5. — С. 2–5.
3. Казаков Н. П., Якубовская Н. А. Черная металлургия СССР в годы Великой Отечественной войны // Актуальные проблемы военно-научных исследований.— 2020.— № 9(10). — С. 59–64.
4. Вознесенский Н. А. Военная экономика СССР в период Отечественной войны // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование.— 2015. — Т. 8, № 3. — С. 6–33.
5. Абдулов Р. Э., Джабборов Д. Б., Комолов О. О. [и др.]. Деглобализация: кризис неолиберализма и движение к новому миропорядку: Научный доклад — Москва: Научная лаборатория современной политэкономии, 2021.— 270 с. — DOI 10.13140/RG.2.2.28808.14087.
6. Волкова К. С., Комолов О. О., Мудрова С. В. Планомерность в экономике России как ответ на санкционное давление.— 2022. — Т. 12, № 10–1. — С. 13–21. — DOI 10.34670/AR.2022.54.88.001.

## РОЛЬ ЛИНЕЙНОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ

*А.А. Авдонина, А.Ф. Лещинская*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *В статье анализируется понятие “линейный менеджмент”. Определены задачи линейного менеджмента на предприятии. Приведены примеры возможностей карьерного роста внутри предприятия.*

**Ключевые слова:** *менеджер, линейный менеджмент, задачи линейного менеджмента на предприятии.*

Линейное управление относится к управлению сотрудниками, которые непосредственно вовлечены в производство или поставку продуктов, товаров или услуг. В качестве интерфейса между организацией и ее передовой рабочей силой линейное руководство представляет собой самый низкий уровень управления в организационной иерархии (в отличие от высшего/исполнительного/старшего руководства и среднего звена).

Линейный руководитель — это сотрудник, который непосредственно управляет другими сотрудниками и операциями, подчиняясь вышестоящему руководителю. Родственными названиями должностей являются супервайзер, руководитель секции, бригадир и руководитель группы. Они отвечают за достижение корпоративных целей в определенной функциональной области или направлении бизнеса. Например, одним из типов линейного управления в автомобильном конгломерате может быть «подразделение легких грузовиков» или, точнее, «маркетинговая линия легких грузовиков» [2]. Точно так же одним из типов линейного управления в фирме, предоставляющей финансовые услуги, может быть «маркетинг удержания» или «фонды государственных муниципальных облигаций».

Должность линейного менеджера — это самая многочисленная из управляющих должностей по количеству рабочих мест. И это неудивительно, ведь линейный менеджер — это руководитель первого звена, который обеспечивает прямое управление непосредственными исполнителями. Это, фактически, ставит его в наиболее уязвимое по-

ложение в компании. Так, согласно статистическим данным, кароси в Японии наиболее часто встречается именно у линейных менеджеров, как сотрудников с наиболее тяжелыми и гнетущими условиями труда.

При этом для данной профессии характерен крайне широкий спектр возможных обязанностей и необходимых квалификаций. Ведь к линейным менеджерам может относиться как бригадир в производственном цеху, так и руководитель отдела кадров в структурном подразделении крупной корпорации, или же заведующий складом [3]. Соответственно, крайне широко могут отличаться и необходимые знания, и навыки для выполнения такой работы, что делает должность линейного менеджера одной из наиболее разнообразных, с точки зрения, как заработной платы, так и требований работодателя.

Поэтому единую характеристику подобной работы составить достаточно сложно. В то же время есть общие принципы того, как именно организовывается работа линейного менеджмента, какие базовые задачи решают специалисты такого профиля, и как именно обеспечить подбор и карьерный рост подобных сотрудников [1]. Одной из ключевых особенностей, отличающих линейного менеджера от менеджмента среднего звена или топ-менеджеров, является фактически обязательное наличие хотя бы базовых знаний в сфере деятельности своих подчиненных. Во многих случаях линейными менеджерами становятся самые результативные сотрудники, обладающие управленческими навыками.

В некоторых случаях линейный менеджер может одновременно с этим являться и представителем топ-менеджмента компании. Например, если все предприятие является субъектом малого бизнеса, где есть лишь директор и несколько подчиненных ему работников. В таком случае спектр обязанностей и задач такого работника может возрастать многократно и требовать еще большего спектра наличествующих компетенций [5].

Несмотря на то, что практическая сфера ответственности, конкретные обязанности, права и должностные инструкции линейных менеджеров в разных компаниях могут серьезно отличаться, практически всегда можно выделить ряд общих принципов, которые будут характерны для деятельности линейного менеджера. Так, чаще всего

линейный менеджер обеспечивает решение следующих задач в рамках текущего рабочего процесса:

- Делегирование приказов вышестоящего руководства. Именно линейные менеджеры обеспечивают непосредственную передачу указаний простым исполнителям во всех вопросах. Конечно, менеджмент среднего-звена выполняет аналогичную работу, но его задачи заключаются в переработке делегированных сверху указаний и более характерны для стратегического планирования.
- Разработка методов внедрения и выполнения поставленных задач. Именно руководство в лице низшего звена — линейного менеджмента, определяет, как именно будут решаться поставленные вышестоящими руководителями задачи, какие методы будут использоваться в работе подчиненными.
- Непосредственное руководство подчиненными. Линейные менеджеры должны контролировать сотрудников, выдавать им указания, необходимые для выполнения поставленных им задач и обеспечивать эффективное ведение рабочего процесса.
- Контроль дисциплины. Чаще всего задачи по обеспечению надлежащей дисциплины труда возлагаются именно на линейных менеджеров, которые вправе выносить работникам дисциплинарные взыскания или ходатайствовать об их вынесении вышестоящему руководству. Кроме этого, линейные менеджеры также могут принимать решение о премировании сотрудников и распределении каких-либо иных вознаграждений.
- Обеспечение психологического микроклимата в коллективе. Часто именно линейный менеджер имеет наибольшее влияние на психологический микроклимат в подчиненном ему коллективе, особенно если на предприятии отсутствует отдельная служба управления персоналом.
- Оповещение руководства о возможных проблемах на производстве и в коллективе. Линейный менеджер должен своевременно сообщать о любых происшествиях и проблемах на производстве вышестоящему руководству, начиная от сообщения о несчастных случаях и заканчивая информированием о плохом состоянии оборудования, проблемах с клиентами или с подчиненными.
- Самостоятельное принятие решений в рамках своей сферы ответственности. Несмотря на то, что линейный менеджер в пер-



вую очередь делегирует приказы вышестоящего руководства, он также обязательно должен быть способен и к самостоятельному принятию решений в рамках своей сферы ответственности, обеспечивая наилучшую эффективность управления персоналом.

- Внесение предложений по улучшению и оптимизации рабочего процесса. Каждый линейный менеджер все же является не просто работником, но и руководителем, а значит — должен быть заинтересован в развитии своего структурного подразделения и компании в целом, поэтому он должен искать активные способы для улучшения показателей эффективности труда своих подчиненных.
- Проведение или участие в собеседованиях соискателей. Именно линейный менеджер является руководителем, который лучше всего знает конкретный коллектив исполнителей и базовые принципы решения всех производственных или иных рабочих задач. Поэтому чаще всего такие работники участвуют в собеседованиях новых соискателей или даже полностью обеспечивают прием на работу новых специалистов.
- Участие в совещаниях касательно деятельности своего структурного подразделения. Для того, чтобы обеспечивать регулярную и эффективную вертикальную и горизонтальную взаимосвязь руководящего состава предприятия, используются различные методы, одним из наиболее популярных среди них является проведение совещаний руководства, планерок и других схожих мероприятий.
- Замещение отсутствующих работников. В некоторых случаях линейные менеджеры фактически могут выполнять функции любого из своих подчиненных при их отсутствии для обеспечения полноценной работы отдела, если это необходимо.

Все это лишь основные задачи линейных менеджеров. Часто такие сотрудники могут иметь и множество дополнительных обязанностей в зависимости от конкретной сферы деятельности [4].

Порядок становления линейным менеджером во многом зависит от принятых на предприятии принципов карьерного роста. Так, компании закрытого типа предполагают рост всех специалистов начиная с низшего звена работников, а в компаниях открытого типа может предполагаться приглашение сотрудников на вакантные должности

со стороны, или же смешанный подход к набору руководителей. И для линейных руководителей крайне характерны следующие особенности этой деятельности:

- Так как линейный менеджер является первым звеном руководящего состава на предприятии, он должен лучше всех остальных руководителей понимать специфику деятельности рядовых сотрудников компании. Именно поэтому практика повышения простых специалистов до линейных менеджеров достаточно широко распространена на многих предприятиях.
- В то же самое время, линейный менеджер является полноценным руководителем. А значит, он должен обладать определенными лидерскими качествами, навыками управления персоналом и ведения иной управленческой деятельности. И далеко не всегда подобные компетенции могут быть у рядовых сотрудников в принципе.

Часто подготовка линейных менеджеров из обычных сотрудников проходит в рамках предоставления им должности заместителя руководителя. В такой ситуации работник одновременно получает необходимые навыки управления персоналом, но продолжает в первую очередь выполнять простые рабочие обязанности в коллективе.

Во многих профессиях должность линейного менеджера можно назвать фактически единственным шансом для карьерного роста у рядового сотрудника. Например, ряд профессий вообще не предполагает возможностей для масштабного профессионального развития — в то время, как сварщик может повышать свои разряды и становиться все более высокооплачиваемым и профессиональным сотрудником, простой учитель не может рассчитывать на серьезную прибавку к заработной плате и рост в рамках образования иначе, кроме как путем занятия управленческих и руководящих должностей.

Переход из категории простых работников в категорию линейных менеджеров, в свою очередь, можно назвать стартом управленческой карьеры — он открывает перспективы для получения управленческих навыков и перехода в руководство среднего звена и становление одним из топ-менеджеров в будущем. Однако, следует понимать, что это — длительный процесс, не предоставляющий никаких однозначных гарантий.

Что же касается людей, которые уже стали линейными менеджерами, из зарплаты во многом сильно зависят от сферы, в которой они работают. Причем разброс в зарплатах часто может быть кардинальным — как с точки зрения конкретного дохода, так и его отношения к зарплате рядовых сотрудников. Так, в среднем, линейные менеджеры могут рассчитывать на зарплату, которая на 10–100% выше, чем зарплата их подчиненных [6].

Как и во многих других специальностях, в сфере менеджмента можно отлично зарабатывать. При этом перспективы карьерного роста практически безграничны. Даже управленцам высшего звена зачастую есть, куда расти, при условии наличия нужных навыков.

Менеджеры постоянно общаются с людьми, что позволяет им быстро обзаводиться полезными связями и при желании менять сферу деятельности. Еще одно достоинство такого выбора — востребованность квалифицированных сотрудников.

Опытный и амбициозный управленец всегда найдет себе хорошее место.

Есть в профессии менеджера и негативные моменты. Во-первых, уровень конкуренции в данной сфере постоянно растет. Это требует от сотрудников полной отдачи, постоянного развития, работы над улучшением навыков.

Во-вторых, менеджерам необходимо быть готовым к работе в условиях стресса. Именно на них лежит ответственность принятия решений, они отвечают за полученный результат. Доходы у большинства менеджеров на начальном этапе их карьеры невысокие. Зато их рост полностью зависит от самого специалиста.

Еще один важный момент — для работы в менеджменте надо обладать особым складом характера, или же посещать различные тренинги для развития необходимых качеств.

Дополнительными плюсами менеджера считаются коммуникативность, аналитический склад ума, внимательность, хорошая память.

### ***Список литературы***

1. Четвертая промышленная революция: монография: пер. с англ. / К. Шваб. — М: изд-во «Э», 2017.— 208 с.

2. Яшин С. Н., Иванов А. А., Иванова Н. Д. Развитие креативного человеческого капитала при подготовке кадров как элемент региональной экономической безопасности // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы: материалы X Международной научно-практической конференции ученых, специалистов, преподавателей вузов, аспирантов, студентов, Нижний Новгород, 25–27 мая 2022 года. — Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2022. — С. 216–218.
3. Шибанов К. С., Яшин С. Н. Организационно-экономический механизм управления клиентоориентированностью отечественных производств обрабатывающего комплекса // Устойчивое развитие промышленного региона — конкурентоспособность и развитие социально-экономических систем: Сборник аннотаций докладов Второго Уральского научного форума и проходящей в рамках форума VI Международной научной конференции «Конкурентоспособность и развитие социально-экономических систем» памяти академика А.И. Татаркина, Челябинск, 26–28 октября 2022 года / Под общей редакцией О.В. Брижак, Д.А. Плетнева. — Челябинск: Челябинский государственный университет, 2022. — С. 86–87.
4. Комолов О. О. Безусловный базовый доход как альтернатива традиционным формам социальной политики // Теория, история и практика циркулярной экономики в концепции устойчивого развития. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2021. — С. 218–232.
5. Манахов К. С., Тарловский Т. Е. Современные проблемы рынка труда // Актуальные проблемы экономики и управления в XXI веке: сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции: в 2 ч., Новокузнецк, 06–07 апреля 2022 года. Том Часть 2. — Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2022. — С. 190–194.
6. Райхман В. Е., Грошев В. В. Анализ социальных проблем молодых специалистов на предприятии // Актуальные проблемы экономики и управления в XXI веке: сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции: в 2 ч., Новокузнецк, 06–07 апреля 2022 года. Том Часть 2. — Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2022. — С. 159–163.

## АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ «ВЫТАЛКИВАЮЩЕГО» И «ВЫТЯГИВАЮЩЕГО» ТИПОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

*А.А. Демичева, А.Ю. Горина, Т.Е. Тарловский*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *Статья посвящена анализу и сравнению «выталкивающей» и «вытягивающей» систем управления производством, а также определению условий, в которых каждая из них проявляет себя наиболее эффективной.*

**Ключевые слова:** *выталкивающая система, вытягивающая система, управление производством.*

Планирование производства и организация поставок используются как средство эффективного продвижения материального потока по рабочим позициям и упорядочения соответствующих рабочих процессов в пространстве и времени. Особенно это важно в условиях осуществления дискретного производства, которое характерно для большинства предприятий промышленности.

Дискретное производство характеризуется прерывностью производственного процесса на всем протяжении. Прерывность усложняет движение материального потока от входа системы до ее выхода, что выражается в увеличении длительности производственного цикла, в возрастании величины запасов всех видов, и в конечном итоге приводит к снижению производительности системы. Такое производство требует постоянного контроля всех процессов с тем, чтобы обеспечить требуемую производительность и, по возможности, ее повысить.

На протяжении десятилетий сложились базовые принципы системы «выталкивающего» и «вытягивающего» типа. К логистике относятся процессы планирования производства и управления производственными операциями, потоками материалов, внутри компании производителя [3]. В организационном отношении часть логистической системы, к которой относится управление внутрипроизводственными потоковыми процессами, образует производственную

логистическую систему, которая является интегрированной совокупностью элементов в общей структуре действующей логистической системы.

Планирование и организация системы производственной логистики на предприятии используются как средство эффективного продвижения материального потока по рабочим позициям и упорядочения соответствующих рабочих процессов в пространстве и времени [1, 2].

При организации движения материального потока в цепи поставок принято выделять два подхода:

- системы, движение материального потока в которых основано на принципе «выталкивания» материальных ресурсов предыдущим производственным звеном на последующее на всем пути их продвижения в цепи поставок, когда для каждого участка централизованно составляются индивидуальные планы производства и для этого резервируются определенные материалы и межоперационные заделы;
- системы, движение материального потока в которых основано на принципе «вытягивания» материальных ресурсов последующим в технологической цепочке производственным звеном с предыдущего на всем пути их продвижения в цепи поставок.

Оба вида систем находят широкое использование на различных предприятиях и в различных типах экономики (рыночной, централизованно управляемой, переходной). Отметим, что обе системы нацелены на удовлетворение потребности последующего звена за счет соответствующей (по объему, срокам, качеству и т. д.) поставки от предшествующего звена.

«Выталкивающая» система представляет собой систему организации производства, в которой предметы труда, поступающие на производственный участок, непосредственно этим участком у предыдущего технологического звена не заказываются. Материальный поток «выталкивается» получателю по команде, поступающей на передающее звено из центральной системы управления производством. Каждой операции общим расписанием устанавливается время, к которому она должна быть завершена [4]. Полученный продукт «проталкивается» дальше и становится запасом незавершенного производства на входе следующей операции. То есть такой способ

организации движения материальных потоков как бы игнорирует информацию о том, продолжится ли обработка данного продукта на следующей стадии, и в каком состоянии в настоящее время находится используемое для этой обработки рабочее место: занято ли оно выполнением совсем другой задачи или ожидает поступления продукта для обработки. В результате нередко появляются задержки в работе технологического оборудования и рост запасов незавершенного производства [6].

«Выталкивающая» система с централизованным планированием предполагает, что каждый производственный участок получает конкретные задания на плановый период (это могут быть комплекты деталей) и отчитывается о его выполнении перед централизованной системой управления предприятием. Результаты своей работы каждое производственное подразделение передает на склад. При таком планировании и участок, и централизованную систему управления интересуют только выполнение сроков и объемов планового задания. Каждое отдельный участок при таком виде планирования существует как бы изолированно. Его не интересует, что будет с изделиями, которые он отправляет на промежуточный склад, и есть ли там остатки продукции предыдущего месяца.

При наличии остатков на складе возникает избыток запасов в системе, при задержке с пополнением запасов возникает дефицит, способный остановить производственный процесс. При возникновении изменений, например, спроса или поставок, планы должны оперативно пересматриваться, что резко увеличивает трудоемкость плановой работы. В отечественной практике этот вид планирования был до недавнего времени единственным; в условиях рыночной экономики он используется в основном на заготовительных предприятиях и предприятиях с массовым типом производства, производящих стандартизованную продукцию широкого назначения. «Выталкивающая» логистическая система является методологическим базисом для MRP-II и реализуется, как правило, на уровне современных ERP-систем [5].

«Выталкивающая» система ориентирована преимущественно на относительно постоянный спрос в течение довольно длительного промежутка времени. Поэтому в основе всех плановых расчетов она может использовать постоянные значения ритма изготовления

продукции. Еще один принципиально важный признак, отличающий эти две логистические системы, заключается в том, что в своей основе они имеют различные подходы к установлению ритма, определяющего движение всего материального потока. Причина в том, что «выталкивающая» и «вытягивающая» системы ориентируются на различный характер потребительского спроса. Системы «вытягивающего» типа в качестве планового периода для определения средних оборотных заделов рассматривают периоды от одного до трех месяцев. Оперативное управление в этих системах производится на значительно меньшем горизонте планирования.

Таким образом, в статье определены основные элементы системы управления производством на основе выталкивания:

- Автоматизированное сменно-суточное планирование производства;
- Нацеленность на непрерывную работу оборудования;
- Минимизация количества перевалок (переналадок) оборудования;
- Мотивация персонала на выполнение показателей участка;
- Необходимость формирования межоперационных запасов;
- Наличие аппарата линейного менеджмента.

Процедура «вытягивания» является основой одной из ведущих в мире концепций оперативного управления производством, носящей название «точно в срок».

В настоящее время система оперативного управления «точно в срок» широко используется для управления производственными системами в условиях выпуска большого объема разнообразной модульной продукции (типичное повторяющееся производство). Система «точно в срок» в первую очередь проявляет себя, как пример ярко выраженного внешнеориентированного управления, но также используется и при решении других задач производственного (операционного) менеджмента. В частности, первоначально ее задачей было сведение к минимуму запасов и заделов в производственном процессе. Сейчас она рассматривается значительно шире. Система требует анализа операционной политики не только с точки зрения стратегии внешне ориентированного управления, но также и с точки зрения связей между управлением производственными мощностями, разработкой расписаний и управлением складскими запасами



[4]. Система «точно в срок» определяется как система производства необходимых компонентов изделий в требуемых количествах точно в то время, когда в них возникла потребность, а не заранее. Это воспринимается как очень простая идея, которая, однако, резко контрастирует с практикой большинства производственных систем, управление которыми неотделимо от создания и использования значительных по размерам запасов.

Система «точно в срок» — это комплексная система управления предприятием затрагивающая практически все аспекты производственного менеджмента, которая предусматривает:

- ликвидацию всех ненужных элементов производственного процесса в целях сокращения издержек производства;
- сокращение длительности производственного цикла, размера запасов и заделов незавершенного производства;
- гибкое реагирование на колебания спроса на продукцию;
- обеспечение качества на всех стадиях производства;
- активизацию «человеческого фактора».

«Вытягивающая» система требует неформального отношения к операционной деятельности всех ее участников. Дух командной работы, высокая внутренняя мотивация, готовность к нетиповым решениям, неформальное лидерство очень важны в реализации тянущей технологии.

Наибольший эффект тянущие системы, как правило, дают на небольших специализированных предприятиях и в поточном производстве, но как философия бизнеса могут с успехом применяться на самых разных уровнях управления.

Особенности «вытягивающей» системы управления:

- Отсутствует жесткий график, поскольку лишь на сборочном конвейере становится точно известно требуемое для изготовления одного изделия число необходимых узлов и комплектующих, а также время их производства. Именно с этой линии на предшествующие участки направляется тара за деталями нужной номенклатуры. Детали, взятые на предшествующем участке, вновь производятся, и их количество восполняется. И так по всей линии. Необходимые детали или материалы каждый участок «вытягивает» с предшествующего. Таким образом, нет необходимости в течение месяца составлять производственные графики одновре-

менно для всех технологических стадий. Только на сборочном конвейере осуществляются изменения графика работы.

- В процессе функционирования данной системы центр управления не вмешивается в передачу материального потока по действующей логистической цепи. Он не устанавливает для соответствующих звеньев текущие производственные задания. Производственная программа каждого предыдущего технологического звена задается параметрами заказа, поступающего с последующего звена. Основной функцией центра управления является постановка задачи перед конечным звеном производственной технологической цепи.
- Не требуют всеобщей компьютеризации производства. В то же время они предполагают высокую дисциплину и соблюдение всех параметров поставок, а также повышенную ответственность персонала всех уровней, особенно исполнителей.

В результате анализа двух систем «выталкивающего» и «вытягивающего» типов можно сделать вывод, что система выталкивания хорошо работает на большом потоке заказов, минимизирует время простоев, мотивирует персонал, однако является избыточной, когда количество заказов становится меньше. Тогда требуется переход на другую систему производственной логистики — вытягивающую.

Таким образом, для больших стабильных заказов целесообразно использовать систему «выталкивающего» типа, а для редкого спроса и низкого количества заказов — «вытягивающую».

### **Список литературы**

1. Балашов А.И., Производственный менеджмент (организация производства на предприятии), Москва 2009.
2. Шубина Н.Н., Ленина В.В., Организация производства и менеджмент (производственный менеджмент), Пермь, 2012.
3. Шибанов К. С. Проблемы внедрения «бережливого производства» на отечественных предприятиях // Экономика промышленности. — 2017. — Т. 10, № 4. — С. 335–343. — DOI 10.17073/2072-1633-2017-4-335-343.
4. Ziankova L., Yashin S., Frolov V. [et al.] Unemployment and employment management in the context of digitalization of anti-crisis

- regulation // The III International applied research conference “Human resource management within the framework of realisation of national development goals and strategic objectives”, Nizhny Novgorod, 28 января 2022 года. — Nizhny Novgorod: Institute of Economics and Entrepreneurship of the National Research Lobachevsky State University, 2022. — P. 020. — DOI 10.56199/dpcsebm.fonc8076.
5. Малкина М. Ю., Захаров В. Я., Безрукова Н. А. [и др.]. Экономическая безопасность в условиях цифровой трансформации России / — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Русайнс», 2022. — 268 с. — ISBN 978-5-4365-9123-0.
  6. Альпидовская М. Л., Бобков В. Н., Брижак О. В. [и др.] Глобальное мирохозяйство: проблемы и противоречия; Финансовый университет при правительстве российской федерации. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Перспект», 2022. — 416 с. — ISBN 978-5-392-37338-3.

## УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

*И.Д. Норкин, Д.Н. Андриянов, Т.Е. Тарловский*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В работе выполнен анализ различных методов управления запасами на предприятии. Исследованы способы оценки материально-производственных запасов.*

***Ключевые слова:** управление запасами, поставки, продажи, клиент, спрос, товары затраты.*

Управление запасами — важнейший элемент оперативно-тактического управления для всех торговых предприятий. Неэффективное управление запасами в цепях поставок приводит к потерянному продажам, недовольству клиентов, завышенным расходам на хранение излишков и замороженным средствам.

Решаемые задачи: расчет размера необходимого для предприятия запаса (нормы запаса); организация системы контроля над реальным размером запаса, а также его пополнением согласно установленной

норме. Система управления запасами включает в себя ряд последовательно выполняемых процессов, основными из которых являются:

1. Анализ запасов в предшествующем периоде. Главная задача — определить уровень обеспеченности ими производства и оценка эффективности их использования.
2. Формулировка целей создания запаса. Они могут быть следующими:
  - обеспечение производственной деятельности в настоящий момент;
  - обеспечение деятельности в области сбыта в настоящий момент;
  - создание сезонных запасов, которые будут обеспечивать процесс производства в предстоящем периоде.
3. Оптимизация размеров основных групп текущих запасов. Для этого применяется ряд моделей, из которых наиболее распространенная — «Модель экономически обоснованного размера заказа». Она основана на оптимизации всех операционных затрат предприятия по закупке и хранению запасов. В данной модели операционные затраты подразделяются на:
  - а) затраты на размещение заказов;
  - б) затраты на хранение товаров на складе.

Результатами управления запасами являются:

1. снижение производственных потерь по причине недостатка в запасах;
2. ускорение оборота; максимальное уменьшение излишков ТМЗ;
3. снижение затрат предприятия на хранение ТМЗ;
4. уменьшение потерь от порчи, старения запасов; оптимизация налогообложения.

Существуют различные методы управления запасами

Норма запаса — это минимальное количество предметов труда, находящееся у предприятия и необходимое для бесперебойного снабжения производства. Для определения норм запасов используются три группы методов: эвристические; методы технико-экономических расчетов; экономико-математические методы.

Эвристические методы предполагают собой использование знаний и опыта специалистов, изучающих отчетную информацию за предыдущий период, анализирующих рынок и принимающих решения о минимальных необходимых для предприятия запасах, кото-

рые основаны, на их личном (субъективном) понимании тенденций развития спроса. Таким специалистом может быть сотрудник предприятия, который постоянно решает задачу нормирования запаса. Используемый в данном случае метод решения (из группы эвристических) имеет название «опытно-статистический» [3].

В случае если задача в сфере управления запасами на предприятии имеет определенную сложность, можно использовать знания и опыт нескольких сотрудников предприятия. При последующем анализе их субъективных оценок ситуации и предлагаемых решений, используя специальный алгоритм, можно сформировать довольно хорошее решение, которое мало чем будет отличаться от оптимального. Данный метод, как и предыдущий, относится к эвристическим методам и имеет название «метод экспертных оценок».

Сущность метода технико-экономических расчетов заключается в делении всего запаса на отдельные группы в зависимости от целевого назначения, к примеру, на номенклатурные позиции. Затем для образованных групп в отдельности рассчитывается сезонный, текущий и страховой запасы, причем каждый из которых может быть разделен на определенные элементы. Так, например, страховой запас в случае увеличения спроса или нарушения установленных сроков завоза товаров от поставщиков. Данный метод позволяет довольно точно определять нужный для предприятия размер запасов, но его трудоемкость велика.

Экономико-математические методы. Спрос на продукцию или товары в большинстве случаев представляет собой процесс случайный, который можно описать методами математической статистики. Наиболее простой экономико-математический метод определения размеров запаса — это метод экстраполяции, позволяющий перенести темпы, которые сложились в прошлом на будущее. Так, имея данные о размере запасов за прошлые четыре периода, применив метод экстраполяции, можно рассчитать размер запасов на будущий период при помощи формулы:

$$Y_5 = 0,5 (2Y_4 + Y_3 - Y_1),$$

где  $Y_1, Y_3, Y_4$  — показатели запаса (в процентах к обороту, в сумме или днях), за первый, третий и четвертый периоды соответственно;  $Y_5$  — нормативный показатель (уровень) запаса на будущий, пятый период.

Спрогнозировать уровень запасов для шестого периода можно при помощи следующей формулы:

$$Y_6 = 0,5 (2Y_5 + Y_4 - Y_2),$$

где  $Y_6$  — нормативный показатель (уровень) запаса на шестой период. Мировая практика управления запасами на предприятии показывает, что рост запасов должен немного отставать от роста спроса.

В математическом выражении это выглядит так:

$$T_z = \text{корень } (T_o),$$

где  $T_z$  — темп роста запасов;  $T_o$  — темп роста спроса [1].

Уровень товароматериальных запасов (производственные запасы, готовая продукция) неодинаков для различных отраслей промышленности и для предприятий одной отрасли.

Среди факторов, определяющих данную величину, целесообразно выделить следующие:

- объем и характер производства;
- объем продаж;
- состояние товарных рынков;
- взаимоотношения с поставщиками и покупателями;
- сезонность производства;
- наличие складских помещений и рабочей силы;
- наличие финансовых ресурсов и политика, выбранная финансовым менеджером в данной области;
- состояние экономики страны в целом (например, инфляция и т. д.).

При управлении производственными запасами (сырье, основные материалы, комплектующие, полуфабрикаты, топливо, тара) необходимо рассмотреть и решить следующие вопросы:

1) какие виды исходных материалов следует приобрести для нужд производства и в каких сочетаниях?

2) какими свойствами должен обладать каждый вид материалов?

3) как спрогнозировать и распределить во времени спрос на материалы на рынках сырья и материалов?

Определение видов исходных материалов означает формирование их ассортимента. Ассортимент требуемых материалов зависит от целей деятельности предприятия и специфики изготавливаемой из данных материалов продукции. В формировании ассортимента особую роль играет решение альтернативы «производить самим —

закупать на стороне». Например, из-за существующих ограничений по мощности комплектующие изделия будут закуплены на рынке. Ввод же дополнительных мощностей позволит производить весь объем комплектующих самостоятельно. Естественно, что альтернатива «производить — закупать» касается не только материалов, но и средств труда (машины, оборудование). Выбор между самостоятельным производством и закупкой требует тщательного анализа вариантов с точки зрения стоимостных и нестоимостных критериев (технологические, организационные, технические, пространственные и т.д.) [2].

Формирование программы закупок сырья, материалов, топлива и т.д. предполагает определение требований к основным свойствам каждого их вида (технологические параметры, технических характеристики, уровень качества). Уровень качества запасов (высокий, низкий, среднеотраслевой) имеет большое значение, поскольку качество исходного сырья во многом предопределяет качество готовой продукции и, следовательно, уровень цен и прибыли предприятия. Качество сырья интересует финансового менеджера не только с позиций будущей прибыли, но и с позиций объема финансовых ресурсов, которые необходимо направить на закупку сырья соответствующего качества.

Кроме исследования характеристик самих материалов по спецификации, необходимо определить взаимовлияние различных видов приобретаемых товаров. Различают два типа взаимовлияний: взаимовлияние, вызванное условиями продажи, и внутрипроизводственное взаимовлияние. Взаимовлияние первого типа возникает в случае, когда спрос на один товар вызывает изменение условий предложения другого. Простейшим примером такого взаимовлияния является продажа двух видов товаров одним поставщиком. При покупке одного товара покупка второго становится более выгодной по сравнению с его закупкой у другого поставщика.

Экономия финансовых ресурсов может быть получена в этом случае за счет скидок с цены товаров, удешевления стоимости доставки, предоставления дополнительных услуг и т.п. Взаимовлияние второго типа (внутрипроизводственное) возникает при хранении материалов и их использовании в производстве. Размеры, габариты, формы упаковки различных видов материалов могут облегчить или затруднить их хранение и транспортировку, а в процессе производ-

ства трудности могут возникнуть из-за различия в качестве материалов, разницы в стандартах и т.п. А это в свою очередь может означать увеличение затрат предприятия.

Прогнозирование и распределение во времени спроса на материалы на рынках сырья и материалов предполагает на основе исследования рынка и определения объема и структуры потребностей предприятия решение таких задач, как оценка и выбор поставщиков, планирование перевозок. При выборе конкретных поставщиков в качестве оценочных материалов выступают: цена, скидки, прочие условия договора поставок, точность соблюдения заданных сроков поставки, качество материалов (комплектующих и т.д.), максимальный объем возможных поставок, норма бракованного товара в партии, финансовое состояние и деловая репутация поставщика, опыт совместной работы поставщика и покупателя.

Важным вопросом в управлении запасами является вопрос об оценке материально-производственных запасов. Выбор метода оценки должен отвечать определенным требованиям:

- соответствовать регламентирующим документам бухгалтерского и налогового учета;
- отражать учетную и налоговую политику предприятия;
- выступать основным элементом в принятии решений «закупать или производить»;
- быть согласованным с системой контроля производственных затрат.

Формулируя эти требования, следует иметь в виду, что цели оценки материалов могут быть различны:

1. Для исчисления прибыли и оценки запаса в системе учета предприятия прошлые затраты по материалам обобщаются по направлениям расхода, входят в себестоимость реализованной продукции и составляют часть оценки запаса нерезализованной продукции;
2. Для принятия решений и установления цены на продукцию прогнозируются затраты на материалы будущих периодов.

В соответствии со стандартами бухгалтерского учета (ПБУ 5/01) выделяют оценку материально-производственных запасов при приеме их к бухгалтерскому учету и оценку товарно-материальных запасов при отпуске в производство или ином выбытии.



Производственные запасы принимаются к бухгалтерскому учету по фактической себестоимости. Фактической себестоимостью признается сумма фактических затрат организации, за исключением НДС и иных возмещаемых налогов.

Фактическими затратами могут быть:

- суммы, уплачиваемые в соответствии с договором поставщику (продавцу);
- суммы, уплачиваемые за информационные и консультационные услуги, связанные с приобретением ТМЗ;
- таможенные пошлины;
- невозмещаемые налоги, уплачиваемые в связи с приобретением единицы запасов;
- вознаграждения посредническим организациям;
- затраты по заготовке и доставке материально-производственных запасов до места их использования (затраты по заготовке и доставке, затраты на содержание заготовительно-складского аппарата организации, затраты на услуги транспорта и т.п.);
- начисленные проценты по кредитам, предоставленным поставщикам;
- затраты по доведению материально-производственных запасов до состояния, в котором они пригодны к использованию в запланированных целях (данные затраты включают затраты организации по подработке, сортировке, фасовке и улучшению технических характеристик получаемых запасов);
- иные затраты, непосредственно связанные с приобретением материально-производственных запасов.

Фактические затраты на приобретение материально-производственных запасов формируются с учетом суммовых разниц, возникающих до принятия производственных запасов к бухгалтерскому учету, в случаях, когда оплата производится в рублях в сумме, эквивалентной сумме в иностранной валюте (условных денежных единицах). Под суммовой разницей понимается разница между рублевой оценкой фактически произведенной оплаты, выраженной в иностранной валюте, кредиторской задолженности по оплате запасов, исчисленной по официальному или полному согласованному курсу на дату принятия ее к бухгалтерскому учету, и рублевой оценкой этой кредиторской задолженности, исчислен-

ной по официальному или иному согласованному курсу на дату ее погашения.

Если организация самостоятельно производит производственные запасы, их фактическая себестоимость определяется исходя из фактических затрат, связанных с производством.

Фактическая себестоимость производственных запасов, полученных организацией по договору дарения или безвозмездно, а также оставшихся от выбытия основных средств или иного имущества, определяется исходя из их текущей рыночной стоимости на дату принятия к бухгалтерскому учету. Текущая рыночная стоимость — это сумма денежных средств, которая может быть получена в результате продажи указанных активов.

### ***Модель Уилсона управления запасами***

Математические модели управления запасами (УЗ) позволяют найти оптимальный уровень запасов некоторого товара, минимизирующий суммарные затраты на покупку, оформление и доставку заказа, хранение товара, а также убытки от его дефицита. Модель Уилсона является простейшей моделью УЗ и описывает ситуацию закупки продукции у внешнего поставщика, которая характеризуется следующими допущениями:

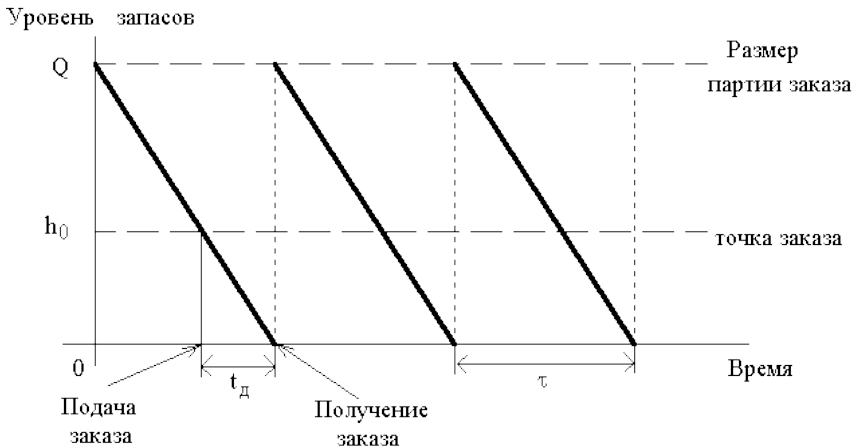
- интенсивность потребления является априорно известной и постоянной величиной;
- заказ доставляется со склада, на котором хранится ранее произведенный товар;
- время поставки заказа является известной и постоянной величиной;
- каждый заказ поставляется в виде одной партии;
- затраты на осуществление заказа не зависят от размера заказа;
- затраты на хранение запаса пропорциональны его размеру;
- отсутствие запаса (дефицит) является недопустимым.

Входные параметры модели Уилсона

- 1)  $v$  — интенсивность (скорость) потребления запаса, [ед.тов./ед.т];
- 2)  $s$  — затраты на хранение запаса, (руб./ед.тов\*ед.т);
- 3)  $K$  — затраты на осуществление заказа, включающие оформление и доставку заказа, [руб.];

- 4)  $t_d$  — время доставки заказа, [ед.т].  
 Выходные параметры модели Уилсона
- 1)  $Q$  — размер заказа, [ед.тов.];
  - 2)  $L$  — общие затраты на управление запасами в единицу времени, [руб./ед.т];
  - 3)  $\tau$  — период поставки, т.е. время между подачами заказа или между поставками, [ед.т];
  - 4)  $h_0$  — точка заказа, т.е. размер запаса на складе, при котором надо подавать заказ на доставку очередной партии, [ед.тов.].

Циклы изменения уровня запаса в модели Уилсона графически представлены на рисунок 1. Максимальное количество продукции, которая находится в запасе, совпадает с размером заказа  $Q$ .



**Рисунок 1.** График циклов изменения запасов в модели Уилсона

Формулы модели Уилсона

$$Q_w = \sqrt{\frac{2Kv}{s}} \quad (\text{формула Уилсона}), \quad (11.1)$$

где  $Q_w$  — оптимальный размер заказа в модели Уилсона;

$$L = K \cdot \frac{v}{Q} + s \cdot \frac{Q}{2};$$

$$\tau = \frac{Q}{V};$$

$$h_0 = vt_d.$$

График затрат на УЗ в модели Уилсона представлен на рисунке 2.

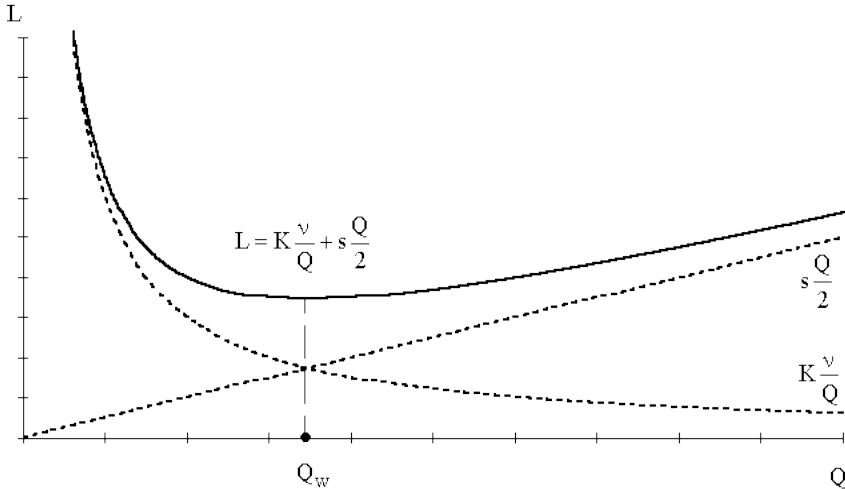


Рисунок 2. График затрат на УЗ в модели Уилсона

Модель планирования экономического размера партии

Модель Уилсона, используемую для моделирования процессов закупки продукции у внешнего поставщика, можно модифицировать и применять в случае собственного производства продукции. На рисунке 3 схематично представлен некоторый производственный процесс. На первом станке производится партия деталей с интенсивностью  $\lambda$  деталей в единицу времени, которые используются на втором станке с интенсивностью  $v$  [дет./ед.т].



Рисунок 3. Схема производственного процесса

Входные параметры модели планирования экономического размера партии

1)  $\lambda$  — интенсивность производства продукции первым станком, [ед.тов./ед.т];

2)  $\nu$  — интенсивность потребления запаса, [ед.тов./ед.т];

3)  $s$  — затраты на хранение запаса, [руб./ед.тов. ед.т];

4)  $K$  — затраты на осуществление заказа, включающие подготовку (переналадку) первого станка для производства продукции, потребляемой на втором станке, [руб.];

5)  $t_{\text{п}}$  — время подготовки производства (переналадки), [ед.т].

Выходные параметры модели планирования экономического размера партии

1)  $Q$  — размер заказа, [ед.тов.];

2)  $L$  — общие затраты на управление запасами в единицу времени, [руб./ед.т];

3)  $\tau$  — период запуска в производство партии заказа, т.е. время между включениями в работу первого станка, [ед.т];

4)  $h_0$  — точка заказа, т.е. размер запаса, при котором надо подавать заказ на производство очередной партии, [ед.тов.].

Изменение уровня запасов происходит следующим образом (рисунки 4):

· в течение времени  $t_1$  работают оба станка, т.е. продукция производится и потребляется одновременно, вследствие чего запаса накапливается с интенсивностью  $(\lambda - \nu)$ .

В течение времени  $t_2$  работает только второй станок, потребляя накопившийся запас с интенсивностью  $\nu$ .

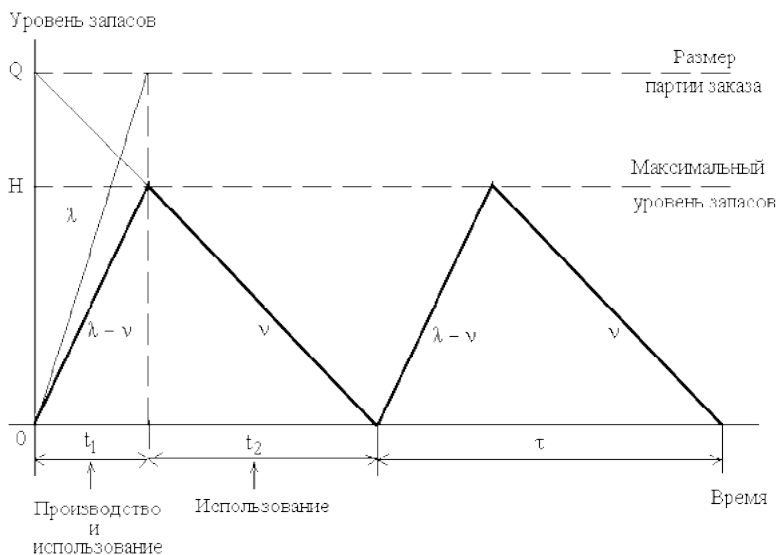
Формулы модели экономического размера партии:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2K\nu\lambda}{s(\lambda - \nu)}} \text{ или } Q^* = \sqrt{\frac{2K\nu}{s(1 - \nu)\lambda}},$$

где \* — означает оптимальность размера заказа;

$$L = K \frac{\nu}{Q} + s \frac{Q(\lambda - \nu)}{2\lambda} \text{ или } L = K \frac{\nu}{Q} + \frac{sQ(1 - \nu/\lambda)}{2};$$

$$H = \frac{Q(\lambda - \nu)}{\lambda} \text{ или } H = Q(1 - \nu/\lambda);$$



**Рисунок 4.** График циклов изменения запасов в модели планирования экономического размера партии

$$\tau = \frac{Q}{V}; h_0 = vt_{\text{п.}}$$

### Список литературы

1. Medvedeva Y. M., Abdulov R. E., Dzhabborov D. B., Komolov O. O. Digitalization of the Economy and Advanced Planning Technologies as a Way to Overcome the Economic Recession.— 2022. — Vol. 1032 SCI. — P. 275–280. — DOI 10.1007/978-3-030-96993-6\_29.
2. Яшин С. Н., Кошелев Е. В., Борисов С. А. Глобальная Оптимизация и планирование затрат на научно-исследовательские работы в регионах федерального округа // Актуальные проблемы управления: сборник научных статей по итогам VIII Всероссийской научно-практической конференции, Нижний Новгород, 16 ноября 2021 года / Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. — Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский

государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2022. — С. 24–33.

3. Комарова Ю. А., Шибанов К. С. Smarketing: как добиться конкурентного преимущества за счет совмещения продаж и маркетинга // Актуальные проблемы экономики и управления в XXI веке: сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции: в 2 частях, Новокузнецк, 06–07 апреля 2022 года. Том Часть 1. — Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2022. — С. 103–106.

## ОСОБЕННОСТИ И ЗНАЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕВОЛЮЦИЙ

*А.В. Галкин, Л.А. Симонова, В.В. Грошев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В статье рассматриваются особенности каждой из четырех промышленных революций. Особое место отведено последней из них, для которой характерно быстрое развитие цифровых технологий и решений на их основе. Анализируются особенности происходящих изменений.*

***Ключевые слова:** промышленная революция, развитие, прогресс, цифровая трансформация, цифровая среда, цифровые технологии.*

В последнее время общество и экономика развиваются особенно интенсивно. Только за последние несколько столетий мир пережил четыре промышленные революции.

Первая промышленная революция, или великая индустриальная революция происходила в 18–19 вв. Ключевыми предпосылками называют аграрный переворот, который привел к высвобождению дешевой рабочей силы, и механизацию ручного труда, которая в 10–20 раз увеличила производительность. Плоды первой промышленной революции являются: изобретение механизмов, заменяющих ручной труд, подготовило сознание людей к самой промышленной революции. Начало ее относят к созданию Джеймсом Уаттом парового двигателя в 1778 году [2]. Ко времени первой промышленной рево-

люции относятся открытия и изобретения в самых разных отраслях: ткацкие и прядильные станки в легкой промышленности, токарные и фрезерные станки в металлургии, сельскохозяйственные машины. Характерными чертами первой промышленной революции стали строительство механизированных заводов и фабрик, установление капитализма и ускорение переселения людей из деревень в город.

Первая промышленная революция плавно перетекла во вторую. Вторая промышленная революция. Началась в 1870 году и продолжалась до 1914 года, начала Первой мировой войны. Ее предпосылками стали нарастающие успехи в физике и химии и стремление внедрить научные достижения в производство. Плодами второй промышленной революции являются электрификация и производство бесшумовой стали послужили пусковой площадкой для совершенствования технологий. Ключевыми инновациями стали использование конвейера в поточно-массовом производстве и выпуск Генри Фордом первого доступного и популярного автомобиля модели «Т» в 1908 году. Генри Форд говорил, что массовое производство было бы невозможно без электричества. При сборке машины работали 32 тысячи станков, большинство из которых электрические [4, 6]. Период второй промышленной революции характеризуется строительством железных дорог и других транспортных сетей, использованием телеграфа, стремительным ростом промышленности, вытеснением гужевого транспорта машинами. Возникли новые отрасли: электроэнергетика, нефтехимическая промышленность, автомобилестроение, производство стали.

Третья промышленная революция началась в 1960-е годы и характеризовалась автоматизацией производства. Предпосылкой ее стало применение ядерной энергии в промышленности и необходимость перемещать радиоактивные материалы без участия человека. Плодами третьей промышленной революции являются совершенствование логических контроллеров, их программирование, создание промышленных роботов обусловили автоматизацию производства и бурный экономический рост после 1970 годов. Период третьей промышленной революции характеризуется развитием связи, созданием сетей персональных компьютеров, появлением сотовых телефонов [1].

Четвертая промышленная революция происходит прямо сейчас. Ее предпосылкой стало распространение интернета. «Всемир-



ная паутина» изменила нашу жизнь, создала волнения в сфере СМИ и развлечений, но поначалу не привела к прорыву в промышленности [3]. Современная промышленная революция проявляется в нарастающем симбиозе промышленных и технологических инноваций. 3d печать и роботы имеют все шансы стать разрушительными технологиями нашего времени. Для этого им не хватает только массового распространения.

Четвертая промышленная революция (англ. The Fourth Industrial Revolution) — событие, которое было спрогнозировано, массовое внедрение киберфизических систем в производство и обслуживание человеческих потребностей, включая быт, труд и досуг.

Четвертая промышленная революция обычно описывается путем указания основных технологий, которые «скоро» выйдут из R&D. К данным технологиям относятся следующие собирательные понятия грядущих технологий:

- Аналитика больших данных;
- Искусственный интеллект;
- Автономные роботы;
- Автономный транспорт и беспилотные летательные аппараты (БПЛА);
- Облачные вычисления;
- Квантовые вычисления;
- «Интернет вещей»;
- Дополненная, виртуальная реальность и метавселенная;
- Моделирование и симуляторы;
- Трехмерная печать;
- Печатная электроника;
- Нанотехнологии и нейротехнологии;
- «Блокчейн»;
- Информационная безопасность.

Обзорным материалам в части производственной сферы может служить обзорный материал, подготовленный на Всемирном экономическом форуме 2019 года. В качестве направлений, где описываемая революция уже началась, говорят о:

- автономных роботах в сфере логистики, производства;
- точном земледелии с использованием дронов и сенсоров;
- цифровых двойниках в бизнесе.

Различные исследователи приводят разные мнения по поводу четвертой революции.

«В отличие от предыдущих, эта промышленная революция развивается не линейными, а скорее экспоненциальными темпами.» — Клаус Шваб «Четвертая промышленная революция», Эксмо-Пресс, 2018 г. [5]

«Четвертая промышленная революция принесет коренные изменения производственных процессов. Она влечет за собой не только технологические новации, но и смену социальной парадигмы, культурного кода. Масштабное внедрение киберфизических систем и цифровизация промышленности будут не осуществимы без правовых преобразований и политических реформ», — отмечает пресс-служба ТАСС [8].

Четвертая индустриальная революция разворачивается на наших глазах. Некоторые считают, что это продолжение «цифровой» революции, новый ее этап, на котором техника начинает вытеснять человека.

Начавшаяся четвертая промышленная революция до неузнаваемости изменит образ жизни человека. Нас ожидает величайшая за всю историю человечества трансформация, которая коснется всех сфер жизни общества. Более того, многие изменения уже просматриваются. Базовым отличием этой революции от всех предыдущих является синтез и взаимодействие всех перечисленных технологий.

Самыми большими препятствиями для прогресса в реализации Индустрии 4.0 являются:

- Недостаток квалифицированных специалистов: функционирование умных заводов больше всего зависит от этого типа профессионалов;
- Более высокие требования к кибербезопасности, выдвигаемые этим типом технологий, так как, хотя и более эффективные, заводы также станут более уязвимыми. Из-за того, что заводы станут высоко автоматизированными и управляются компьютерными алгоритмами, они чаще становятся жертвами компьютерного саботажа или утечки информации в сторону конкуренции;
- Отсутствие коммуникационной инфраструктуры: многие из этих технологий требуют доступа к широкополосной связи с высокой пропускной способностью Интернет, что не имеет место во мно-

гих промышленных районах (поскольку подключить промышленный район для небольшой группы отраслей не так выгодно для телекоммуникационных компаний).

Прогнозируемыми последствиями являются: Клаус Шваб, основатель и бессменный президент всемирного экономического форума в Давосе, характеризует масштаб изменений как беспрецедентный для истории человечества. Перемены затронут всех: отношения человека с миром, с собой и с другими людьми кардинально изменятся. Четвертая промышленная революция обладает огромным потенциалом по увеличению уровня жизни человечества, решению многих насущных проблем, однако также допускает появление новых проблемных вопросов.

Трансформациями экономики являются отрасли экономики, имеющие доступ к большим массивам данных, получают возможность существенно повысить качество принимаемых решений на их основе, особенно рутинных. Это относится к банковским, юридическим услугам, страхованию, бухгалтерии, управлению, консалтингу и аудиту, метрологическому обеспечению, здравоохранению и многому другому. С другой стороны, мощное развитие получит логистика, представленная современными решениями. Понизится роль классических преимуществ, основанных на разнообразной ренте, и роль посредника в пользу потребительских качеств товара и ренты технологической. В целом повысится рациональность пользования ресурсами, в том числе природными, развитие должны получить т. н. шеринговая и циркулярная экономика. Экономика станет более прозрачной, предсказуемой, а ее развитие быстрым и системным. В мировой экономике с 2010 г. развернулся и набирает силу процесс рещоринга.

Индивидуализация человеческого мира проявляется в следующем. Мир станет для каждого индивидуальнее сразу с нескольких позиций. Во-первых, существенно расширятся возможности для кастомизации товаров и услуг, более тонкой настройки под конкретного потребителя. Во-вторых, взаимодействие вещей станет системным, а, значит, и настраиваемым, опять же, под конкретного потребителя. Тому же послужат и средства виртуальной и дополненной реальности, позволяющие создать индивидуальное «продолжение» и окраску/ракурс восприятия мира для каждого чело-

века. По мере погружения человека в цифровую среду его индивидуальное поведение будет становиться все более и более оцифрованным, то есть доступным для анализа и учета, что создаст еще большие возможности для индивидуальной подстройки окружающего мира.

С одной стороны, существует мнение, что это провоцирует отчуждение от человека его внутреннего мира, отсутствие свободы формирования собственной личности, сегрегацию людей, основанную на их идентичности, и, как следствие, поляризацию человеческих сообществ. С другой стороны, возможность индивидуального выбора из множества новых разнообразных установок и точек зрения может стимулировать развитие, раскрытие особенностей внутреннего мира человека, расширенный диапазон формирования собственной личности, в том числе благодаря дальнейшему росту разнообразия и легкости создания человеческих сообществ.

Новыми принципами реальности являются: функционирование мира на базе цифровых технологий существенно изменит некоторые прежде фундаментальные свойства реальности, заложенные в качестве принципов в онтологию, этику, эстетику, эпистемологию и т. д. Как следствие, поменяется и значительно разнообразится возможная структура личности человека.

Социальное расслоение проявляется в следующем. Четвертая промышленная революция несет в себе сразу несколько предпосылок для социального расслоения. Появление роботизированных решений множества задач приведет к понижению ценности низко- и среднеквалифицированного труда. Это может подорвать материальный достаток многочисленного среднего класса, что ограничивает возможности его представителей для вложения в собственный человеческий капитал. Без развития человеческого капитала для человека создаются труднопреодолимые барьеры для вхождения на рынок высококвалифицированного труда, в результате чего его труд продолжает плохо оплачиваться, а человек лишен возможностей это исправить. С другой стороны, обесценивание низкоквалифицированного человеческого труда приводит к потере развивающимися странами преимущества дешевой рабочей силы и возможностей для догоняющего развития. Это усиливает расслоение в благосостоянии между странами.

В то же время четвертая промышленная революция предоставляет ряд новых возможностей для традиционно отстающих стран в связи с общим перекраиванием глобального рынка труда и понижением роли некоторых ограничивающих факторов по вливанию в него, вроде географического положения, институциональной неразвитости и других подобных.

Кроме того, для цифровой трансформации характерно исчезновение старых профессий и появление новых.

«Современная ситуация коренным образом отличается от всего, что было раньше. ... впервые машины покусились на то главное, что определяет человека, — на его разум. Человек не в силах конкурировать с интеллектуальной мощностью современных машин, способных анализировать и принимать решения значительно быстрее».

Также как и в предыдущие промышленные революции трансформация экономики приводит и будет приводить к исчезновению одних массовых профессий и появлению других — новых. К примеру после 2-й и 3-ей промышленной революции исчезли такие профессии как: бурлак, кучер, ямщик, трубочист, фонарщик, заготовщик льда, водовоз, вычислитель, машинистки, стенографист и многие другие.

- Исчезающие по состоянию 2020 г.и профессии: радист, библиотекарь, почтальон, кассир, водитель, штурман, бухгалтер, швея, гончар, табельщик, сметчик, ткач, юрист, нотариус, преподаватель, провизор, терапевт, журналист, риэлтор, логист, диспетчер...
- Появляющиеся профессии: блоггер, разметчик данных, SCRUM-мастер, Product owner, UX/UI дизайнер, Data scientist, биоинформатик, биофармаколог, нейропсихолог, инженер 3D-печати и многие другие, см. подробнее Атлас новых профессий.

Одним из негативных последствий является расшатывание политических систем:

Ухудшающееся положение среднего класса может привести к разбалансированию политических систем, опирающихся на средний класс, усилению идей популизма, радикализма, фундаментализма и милитаризма.

Компонентами четвертой промышленной революции являются: Четвертая промышленная революция состоит из многих компонентов, если внимательно присмотреться к нашему обществу и текущим

цифровым тенденциям. Чтобы понять, насколько обширны эти компоненты, вот несколько примеров цифровых технологий:

- Мобильные устройства
- Технологии определения местоположения
- Аутентификация и обнаружение мошенничества
- 3D печать
- Умные датчики
- Большая аналитика и продвинутые процессы
- Многоуровневое взаимодействие с клиентами и профилирование клиентов
- Доступность ресурсов компьютерной системы по запросу
- Продвинутый человеко-машинный интерфейс
- Визуализация данных и запускаемое «живое» обучение

В основном эти технологии можно разделить на четыре основных компонента, определяющих термин «Индустрия 4.0» или «умная фабрика»:

- Киберфизические системы
- Интернет вещей
- Доступность ресурсов компьютерной системы по запросу
- Когнитивные вычисления

Индустрия 4.0 объединяет широкий спектр новых технологий для создания ценностей. Используя киберфизические системы, которые отслеживают физические процессы, можно создать виртуальную копию физического мира. Характеристики киберфизических систем включают способность принимать децентрализованные решения, достигая высокой степени автономности [4].

В ведущих экономиках мира разрабатываются собственные программы внедрения цифровых технологий. Industrie 4.0 — концепция, используемая в рамках германской государственно-частной программы по созданию автоматизированных взаимодействующих с внешней средой производств, выпускающих индивидуализированные продукты. Индустрия 4.0 постепенно захватывает весь мир — США создали некоммерческий консорциум Industrial Internet в 2014 году, которым руководят лидеры промышленности AT&T, Cisco, General Electric, IBM и Intel.

Таким образом, в статье рассмотрены различные аспекты общественных и экономических трансформаций, произошедших в мире

в разное время. Особое внимание уделено четвертой промышленной революции, которая происходит в настоящее время.

### ***Список литературы***

1. Аллен Р. Экономика с высокой заработной платой и промышленная революция: подтверждение — РАНХиГС, 2013–60 с.
2. Шваб К., Дэвис Н. Технологии четвертой промышленной революции = *Shaping The Fourth Industrial Revolution*. — Эксмо, 2018.— 320 с.
3. Четвертая промышленная революция: Целевые ориентиры развития промышленных технологий и инноваций. Всемирный экономический форум (2019).
4. Шваб К. Четвертая промышленная революция — Эксмо, 2016.— 208 с.
5. Мокир Д. Просвещенная экономика. Великобритания и Промышленная революция 1700–1850 года — Издательство Института Гайдара, 2017.— 792 с.
6. Бардовский А. Д., Горбатюк С. М., Албул С. В., Горбатюк Н. В. Оптимизация технологических схем по переработке отходов минерального сырья // *Металлург.*— 2021.— № 4. — С. 83–89. — DOI 10.52351/00260827\_2021\_04\_83.
7. Власов С. Н., Шибанов К. С. Перспективы развития отрасли электроники в России // *Промышленное развитие России: проблемы, перспективы: Сборник статей по материалам XX Юбилейной Международной научно-практической конференции преподавателей вузов, ученых, специалистов, аспирантов, студентов, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Белоусова Рэма Александровича, Нижний Новгород, 10 ноября 2022 года / Под общей редакцией.* — Нижний Новгород: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», 2022. — С. 155–158.
8. Яшин С. Н., Захарова Ю. В. Проблемные аспекты функционирования институтов инновационного развития в РФ на федеральном и региональном уровне // *Эффективное управление экономикой: проблемы и перспективы: сборник трудов VII Всероссийской*

научно-практической конференции, Симферополь, 14–15 апреля 2022 года. — Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2022. — С. 52–55.

## **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

*В.А. Казаков, И.Д. Норкин, Т.Е. Тарловский*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

***Аннотация.** В работе рассмотрены основные и часто используемые системы планирования производства. Выполнен анализ их преимуществ и недостатков.*

***Ключевые слова:** планирование производства, управление производством, ритмичность производства.*

Производственное планирование — это часть системы планирования деятельности предприятия, элемент среднесрочного и краткосрочного бизнес-планирования. Производственные планы могут строиться, отталкиваясь от долгосрочных и среднесрочных планов маркетинга и продаж, а также на основании текущих заказов клиентов.

Ключевые цели автоматизации производственного планирования:

- повышение качества выполнения заказов клиентов;
- быстрое определение возможного срока изготовления продукции по запросу клиента;
- формирование выполнимого и оптимального графика производства исходя из доступных мощностей и ресурсов;
- обеспечение выполнения обязательств перед клиентом по срокам и ассортименту и прослеживаемость выполнения заказов на всех этапах изготовления продукции;
- оперативная реакция на отклонения в выполнении графика и на изменения заказов и, соответственно, перестраивание графика производства;
- эффективное использование производственных ресурсов и снижение себестоимости;



- минимизация замораживания капитала в НЗП, исключение невостребованных работ;
- обеспечение ритмичности производства и исключение авралов;
- обеспечение контроля выполнения нормативов и использования замен и аналогов;
- снижение влияния «человеческого фактора» и эффективное использование человеческих ресурсов.

В современных условиях эти характеристики принципиально важны для жизнеспособности производственного предприятия.

Одна из важных концепций в области производственного планирования — двухуровневая модель планирования [3]. На многих предприятиях, особенно в дискретных отраслях производства, можно выделить два уровня управления:

- Верхний уровень — межцеховое планирование. Планирование и управление выполнением графика производства, исполнителями которого являются отдельные производственные подразделения. Функцию межцехового управления обычно исполняет производственно-диспетчерский отдел предприятия (ПДО). При таком планировании формируется график выполнения этапов производства подразделениями без детализации операций внутри этапа. Ведется координация процессов передачи результатов этапов между подразделениями. При отклонении от графика выполняется перепланирование графика, потребители оповещаются о срыве сроков.
- Нижний уровень — внутрицеховое планирование. На этом уровне организуется исполнение графика производства в отдельном подразделении — обособленной зоне ответственности диспетчера подразделения, которой может быть цех или участок. Функцию внутрицехового планирования выполняет диспетчер подразделения. Для исполнения графика диспетчер формирует маршрутные листы для конкретных рабочих центров, они отображают исполнение запланированного этапа производства. Диспетчер формирует расписание выполнения маршрутных листов на рабочих центрах, организует и контролирует выполнение этого расписания.

При существовании двух систем управлений, независимо от того, два уровня планирования на предприятия или один, план произ-

водства рассчитывается исходя из определенных подходов. Прежде всего, необходимо разделять системы планирования производства «проталкивающего» (push) и «вытягивающего» (pull) типа. Данная классификация определяется принципиальными различиями двух подходов к координации многоэтапного производственного процесса.

При изготовлении изделия в многоэтапных (в том числе и много-передельных) производствах возникает потребность в компонентах — в других изготавливаемых изделиях или исходных материалах. Потребность в компонентах приводит, в свою очередь, к потребности в других компонентах. И так вниз по иерархической структуре продукта до исходных материалов. Соответственно, чтобы получить готовую продукцию к требуемой дате, необходимо обеспечить своевременный выпуск компонент. Обеспечить это можно двумя основными подходами:

- «Выталкивающий» подход. В системе «проталкивающего» типа график производства, как график передачи результатов работ между подразделениями, рассчитывается заранее и увязывает все производство. Источником плана выпуска изделий для каждого подразделения является график производства по предприятию в целом. Диспетчер предприятия как бы поэтапно «проталкивает» изготовление каждой компоненты в назначенный срок: от первого до последнего этапа производства, от подразделения к подразделению. Каждое подразделение при этом вправе полагать, что, выполняя свои этапы по глобальному графику, оно своевременно обеспечит своими компонентами другие подразделения. Связываться напрямую с потребителями и поставщиками  $\zeta$  — смежными подразделениями  $\zeta$  — в общем случае ему не требуется. К проталкивающему типу относятся такие методологии планирования, как MRP, APS, TOC («буфер — барабан — веревка»), о которых мы расскажем ниже.
- «Вытягивающий» подход. В системе «вытягивающего» типа потребности в выпуске определяются в режиме онлайн непосредственно подразделениями и рабочими местами, которые используют эти компоненты. Диспетчер подразделения сам определяет, когда и какие компоненты-материалы ему понадобятся, и сообщает о своей потребности подразделениям-поставщикам. Можно

сказать, что выпуск «вытягивается» подразделениями — потребителями компонент из подразделений-поставщиков (которые в свою очередь будут потребителями компонент предшествующих этапов  $\zeta$ — и так до исходных материалов). При таком подходе потребность в компонентах фиксируется в сигналах, передаваемых между подразделениями. В роли сигналов, например, могут быть карточки. Типичный пример использования сигнальных карточек  $\zeta$ — система «Канбан». В соответствии с сигналами о потребностях, как по командам, подразделения-поставщики передают результаты своей работы подразделениям-потребителям, от которых получены сигналы. Диспетчер подразделения постоянно держит связь с диспетчерами-смежниками.

Такие системы часто называют «точно в срок» (Just-In-Time), поскольку:

- сроки всех поставок по предприятию определяются не графиком, рассчитанным заранее, а реальными текущими потребностями, определенными в режиме онлайн;
- если точно в срок, в соответствии с сигналом, необходимые компоненты для производства не будут получены, работа подразделения  $\zeta$ — потребителя компонент остановится. Поэтому работа такой системы возможна лишь при поставке компонент точно в срок, по сигналу потребителя.

В существующих на большинстве производств условиях столь высокие требования к времени поставки компонент практически недостижимы и это делает «вытягивающую» концепцию трудно применимой в российских условиях.

Самым известным и одним из самых старых методов планирования является MRP (Manufacturing Resource Planning) [1]. В нем используется простой алгоритм расчета графика производства, который заключается в следующем. На вход алгоритма подается график выпуска готовой продукции. По каждому плановому выпуску продукции (количеству на определенную дату) по спецификации определяется потребность в компонентах и их количестве, дата (время) потребности. Определяется также подразделение  $\zeta$ — изготовитель компонент.

Далее для подразделения — изготовителя компонента в график записывается выпуск и подача компонента подразделению-потреби-



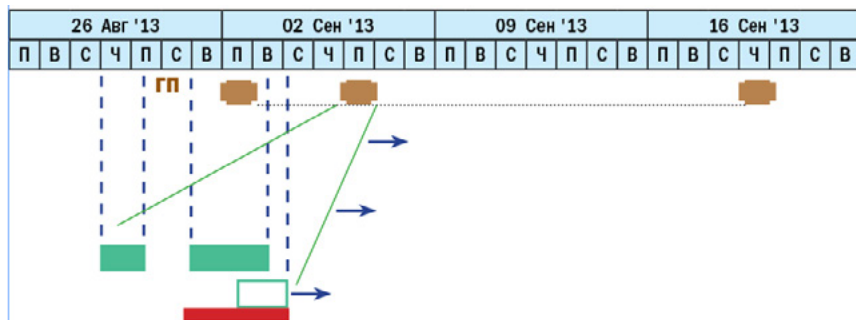
Недостатки MRP:

- обычно для получения выполнимого графика требуется выполнить несколько итераций (зачастую — множество);
- возможна неполная загрузка мощностей, в том числе рабочих центров — «узких мест», ограничивающих пропускную способность производства.

Несмотря на недостатки и ограниченность алгоритма MRP, именно с него началась эволюция многих алгоритмов и концепций планирования производства. В отличие от алгоритма MRP при APS (Advanced Planning & Scheduling), или «синхронное планирование»-планировании сразу учитываются те или иные производственные мощности — оборудование либо оборудование и рабочий персонал. График производства в общем случае содержит расписание работы и переналадок рабочих центров на всех этапах производства. Операции в расписании сразу планируются с учетом фонда доступного времени рабочих центров.

В APS-алгоритме расчета могут быть использованы различные критерии оптимизации — например, минимизация времени переналадки, минимизация времени пролеживания деталей и пр. Кроме того, APS-алгоритмы поддерживают планирование не только «назад» во времени, но и планирование «вперед». Например, если в процессе расчета расписания выявляется отсутствие доступного времени оборудования для какой-либо операции, алгоритм находит ближайшее незанятое время в будущем и выстраивает расписание операций «вперед» от этого времени, тем самым определяется дата выпуска готовой продукции по заказу. Таким образом рассчитывается минимально возможная реальная дата выполнения заказа.

На рисунке 2 показан пример, когда одна из операций для изготовления промежуточного компонента изделия MRP-алгоритмом была бы назначена на вторник, чтобы выпустить готовую продукцию к намеченному сроку. Однако APS-алгоритм обнаружил, что необходимое для этой операции оборудование до конца вторника уже занято. Он сдвигает эту операцию вперед по времени туда, где рабочий центр освободится. И затем сдвинет вперед все последующие операции, включая и дату выпуска конечного изделия (если это необходимо).



*Рисунок 2. Сдвиг операции на свободное время рабочего центра APS-алгоритмом*

При APS-планировании все заказы клиентов могут обрабатываться последовательно в соответствии с приоритетом заказов. Более приоритетные заказы, вставляемые в график производства в первую очередь, в результате первыми захватывают доступные мощности. Таким образом уменьшается вероятность, что система передвинет время их выполнения на более поздний срок, чем того требует заказ.

Преимущества APS-алгоритма:

- планирование в соответствии с мощностями производства, что позволяет сразу получить выполнимые планы;
- возможность определить реальную дату выполнения заказа;
- скорость перепланирования графика производства, актуализации в соответствии с отклонениями в ходе производства или изменениями в заказах;
- максимальное использование пропускной способности производства, что очень важно, когда именно производство является ограничением бизнеса, а не рыночный спрос.

Недостатки APS-алгоритма:

- необходимость ввода в систему большого количества производственных параметров, в противном случае построенный график производства потребует постоянной корректировки и перепланирования;
- возможные отклонения от графика в производстве требуют периодического (например, ежесуточного) перепланирования, что приводит к нестабильности графика («нервности» производ-

ства) и периодическому изменению плановых дат выпуска по заказам.

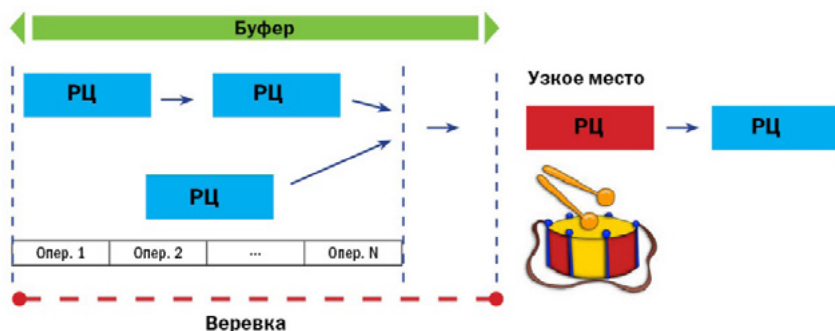
Метод планирования, названный «буфер — барабан — веревка», базируется на теории ограничений систем (Theory of Constraints, ТОС). В его основе лежит допущение, что производство не может быть полностью синхронным. То есть всегда есть рабочие центры — так называемые «узкие места», которые ограничивают пропускную способность. Поэтому необходима концентрация на управлении этим «узким местом», а остальным рабочим центрам не стоит уделять внимание в той мере, как это делают алгоритмы MRP и APS.

Рабочий центр, который является «узким местом», называется барабаном. Как и в примере Голдрата, барабан «отбивает такт» всего производства и все остальные рабочие центры подчинены этому ритму и должны обеспечивать наиболее эффективную загрузку барабана. Логика этого проста: простаивание барабана — это простаивание всего предприятия, а излишки продукции при максимально работающем барабане — это увеличение НЗП. Перед барабаном следует поддерживать очередь работ (и запас необходимых для обработки на барабане материалов или полуфабрикатов), чтобы этот рабочий центр был всегда загружен. Однако при этом необходимо следить, чтобы перед барабаном не скапливалось много полуфабрикатов.

Чтобы обеспечить упомянутую выше очередь работ перед барабаном, используются два инструмента:

- буфер, задающий запас времени на выполнение работы до барабана;
  - веревка «связывает» ритм работы барабана и ритм отпуска материалов в производство показано на рисунке.
3. Ее задача — ограничить накопление НЗП в цепочке, не выдав материалы в работу раньше времени.

Важный момент: длина веревки не равна, а больше, чем общее время предшествующих барабану операций! Это необходимо для защиты барабана (узкого места) от простоев вследствие возможных непредвиденных отклонений на операциях перед ним. Иными словами, параметр «буфер» задает время, за который должны пройти все операции, предшествующие барабану. И при этом буферное время обязательно превышает суммарное время операций до барабана. Чем больше разница между буфером и суммарным временем опера-



*Рисунок 3. Основные понятия метода «буфер — барабан — веревка»*

ций, тем длительнее процесс производства, но тем меньше риск простоя барабана из-за «обнуления» очереди перед барабаном.

Для каждого заказа или партии деталей, которые еще не поступили в очередь к барабану, в любой момент времени можно определить «цвет зоны» буфера, в которой находится заказ, партия:

- «зеленая зона» — партия еще не выбрала время, равное суммарному времени операций. Эта партия не требует внимания;
- «желтая зона» — партия выбрала суммарное время операций, например, это может быть 1/3 буфера. Такая партия уже требует внимания, так как ее операции запаздывают;
- «красная зона» — партия выбрала некоторую критичную долю буфера, например 2/3. Такая партия требует немедленного вмешательства, в противном случае есть риск, что партия не выйдет к «барабану» вовремя согласно расписанию, то есть риск простоя барабана.

Методику «буфер — барабан — веревка» можно сильно упростить, если заметить, что подход цветных зон может использоваться без барабана. Организация контроля производства по зонам очень удобна, поскольку позволяет сконцентрироваться над проблемами и не обращать внимания на процессы, проходящие в нормальном режиме. И можно использовать идею «зеленой», «желтой» и «красной» зон, но не выявлять узкое место (барабан). В этом случае буфером считается весь производственный цикл, то есть по зонам ведется контроль прохождения партии (заказа) в рамках всего производ-



ственного цикла. Эту методику называют «упрощенный «буфер — барабан — веревка» (УББВ).

Фактически методика УББВ исходит из допущения, что ограничением является потребитель, а мощности производства превышают потребительский спрос. В этом случае основной такт производства задают плановые операции передачи продукции потребителю.

В данной работе были рассмотрены основные и часто используемые системы планирования производства, их достоинства и недостатки.

### ***Список литературы***

1. Popov V. D., Spesivtsev A., Sukhoparov A. I. Fuzzy-multiple models of formalization of soil resources in formation of system for controlling processes of feed production from grasses // *Engineering for Rural Development: 19, Jelgava, 20–22 мая 2020 года.* — Jelgava, 2020. — P. 773–777. — DOI 10.22616/ERDev.2020.19.TF176.
2. Porkuian O. V., Morkun V. S., Morkun N. V., Gaponenko I. A. The influence of the characteristics variations of the concentrating plant control object on the identification results using the Hammerstein model // *Sustainable Development of Mountain Territories.*— 2021. — Vol. 13, No. 1(47). — P. 94–102. — DOI 10.21177/1998–4502–2021–13–1–94–102.
3. Skorobogatov A., Kobzev V. Fuzzy-multiple approach in design and technology management modeling preparation of production at machine-building enterprises // *Sustainable Development and Engineering Economics.*— 2022. — No. 3(5). — P. 23–39. — DOI 10.48554/SDEE.2022.3.2.

## ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НИТУ «МИСИС»

*С.В. Батов, А.М. Зуев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье представлена история развития НИТУ «МИСИС».

**Ключевые слова:** МИСИС, НИТУ «МИСИС».

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» — российский технический университет; первый вуз в стране, получивший статус «Национального исследовательского технологического университета». Сегодня в состав НИТУ «МИСиС» входят 9 институтов и 6 филиалов, 4 из которых работают в России и 2 за рубежом.

История Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» началась сто лет назад, когда в 1918 году была создана Московская горная академия, объединявшая три отделения — горное, геологическое и металлургическое. Уже в 1921 году отделения были преобразованы в факультеты. Индустриализация в СССР потребовала подготовки за период с 1930 по 1935 год около 435000 инженерно-технических специалистов, в то время как их число в 1929 году составляло 66000. В 1930 году по приказу ВСНХ СССР Московскую горную академию разделили на шесть самостоятельных вузов. На сегодняшний день три из них — институты стали, цветных металлов и горный — объединились в составе Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

Многие выпускники Горной академии и этих трех институтов являются легендами советской промышленности, так называемыми «стальными наркомками». Так, чёрную металлургию СССР долгие годы возглавлял Иван Тевосян, цветной металлургией руководил Пётр Ломако, занесенный в Книгу рекордов Гиннеса за самую долгую работу на министерских постах, угольная промышленность развивалась под руководством Дмитрия Оники и Бориса Братченко. «Атомный проект» Страны Советов вели к успеху первый ректор Московского института стали Авраамий Завенягин, Ефим Славский и Василий Емельянов.

Во время Великой отечественной войны перед институтами была поставлена стратегическая задача — подготовка квалифицированных кадров, в которых ощущалась острая нехватка. Несмотря на то, что после ухода в 1941 году множества студентов и преподавателей в народное ополчение и последующей эвакуации вузам пришлось практически заново формировать преподавательский состав, задача была выполнена. Часть студентов и преподавателей МИСа была эвакуирована в город Сталинск, студенты и преподаватели МОЦМЗ в Алма-Ату. Именно за подготовку кадров 23 февраля 1944 года Московский институт стали получил свою первую награду — орден Трудового Красного Знамени. После окончания войны подход к подготовке кадров существенно изменился. Раньше институты ориентировали исключительно на обучение специалистов для работы на предприятиях, но в послевоенные годы пристальное внимание стали уделять ещё и научно-исследовательской деятельности.

В 1948 году в МИС открылся физико-химический факультет, готовивший «секретных физиков» для исследовательских организаций атомной и оборонной промышленности. В этом же году все три института начали активно готовить специалистов для стран Восточной Европы, Азии, Африки, Латинской Америки. С 1956 года работает ультразвуковая лаборатория, организованная Борисом Агранатом. В 1958 году Московский институт цветных металлов и золота был переведён в Красноярск, но несколько самых наукоемких кафедр остались в Москве и были переведены в Московский институт стали, где на их базе был организован факультет цветных и драгоценных металлов. В 1962 году в МИС был открыт факультет полупроводниковых материалов и приборов, а вуз, давно переросший рамки чёрной металлургии, был переименован в Московский институт стали и сплавов.

На 1960–1980 годы пришлось окончательное формирование научных школ МИСиСа в области металлургии, горного дела и материаловедения, которые были и остаются ведущими в стране. Профессиональная квалификация работавших в институтах учёных многократно подтверждалась самыми престижными научными наградами. В частности, кафедре теоретической физики МИСиС с 1976 по 1991 год возглавлял будущий лауреат Нобелевской премии по физике Алексей Абрикосов.

В 2000 году Московский государственный институт стали и сплавов стал лауреатом премии Правительства РФ в области качества образования. 7 октября 2008 года Указом Президента РФ Дмитрия Медведева МИСиС стал первым российским вузом, получившим статус «Национального исследовательского технологического университета». В 2014 году произошло объединение НИТУ «МИСиС» и Московского горного университета, позволившее вести подготовку кадров для горно-металлургического комплекса страны в полном объеме: от добычи сырья до создания новых материалов и производства готовых изделий.

В 2013 году в НИТУ «МИСиС» был создан Международный научный совет. Его цель — привлечение кадров мировых образовательных учреждений к участию в развитии университета, его образовательной и инновационной деятельности. Совет решает вопросы разработки стратегий развития университета, повышения конкурентоспособности вуза, его инфраструктурного развития, приобретения высокотехнологичного оборудования для образовательных и исследовательских проектов НИТУ «МИСиС».

Международный научный совет организует лекции ученых-членов МНС, среди которых:

- Леонид Абрамович Вайсберг, член-корреспондент РАН, доктор технических наук;
- Луис Халамек, профессор педиатрии и неонатологии, сотрудник детской больницы Люсиль Паккард Стэнфордского университета;
- Линдси Грир, заведующий кафедрой материаловедения и металлургии Кембриджского университета (2006–2013 гг.), профессор материаловедения, редактор журнала *Philosophical Magazine*;
- Гарри Бхадешиа, профессор металлургии Кембриджского университета.

В 2014 году завершилось объединение НИТУ «МИСИС» и Московского государственного горного университета [2].

В состав Горного института входят 16 кафедр, центр вечерне-заочного обучения (ЦВЗО), центры переподготовки и повышения квалификации, усовершенствования горных инженеров, по подготовке и повышению квалификации энергоаудиторов, стратегических исследований, проектно-экспертный, научно-учебная испытательная лаборатория «Физикохимии угля», музей им. В. В. Ржевского и геологический им. проф. Ершова.

В состав МИСиС входят также вечерний факультет, факультет дистанционного обучения и институт непрерывного образования. Само название «МИСиС» в настоящее время не имеет расшифровки, а является брендом университета. НИТУ «МИСиС» вошел в мировой образовательный рейтинг QS World University Rankings. В QS: BRICS университет занял место в ТОП-100 ведущих вузов. Начал работу Международный научный совет НИТУ «МИСиС», в который вошли представители мировой научной элиты из ведущих университетов мира: Кембриджа, Стэнфорда, Техниона и других научно-образовательных центров.

В 2015 году НИТУ «МИСиС» вошел в рейтинг лучших университетов мира THE World University Rankings и улучшил свои позиции на 50 пунктов в рейтинге QS World University Rankings. Молодые ученые НИТУ «МИСиС» стали лауреатами премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники для молодых ученых за разработку технологии получения волокнистых магнитных материалов для инновационных тканей, обеспечивающих комплексную защиту человека от внешних воздействий.

НИТУ «МИСиС» совместно с семью другими ведущими российскими университетами стал учредителем Национальной платформы открытого образования (НПОО). В 2016 году НИТУ «МИСиС» — единственный из российских университетов — вошел в ТОП-20 международного рейтинга «лучших маленьких университетов мира» (Times Higher Education: World's Best Small Universities Rankings).

В рейтинге QS Graduate Employability Rankings НИТУ «МИСиС» вошел в число 7 университетов мира, набравших максимальное количество баллов по критерию «Организация взаимодействия работодателей со студентами». Двое исследователей НИТУ «МИСиС» — заведующий лабораторией «Функциональных низкоразмерных структур», профессор Морозов С. В. и научный руководитель лаборатории «Неорганических наноматериалов», профессор Гольберг Д. В. — вошли в список самых цитируемых учёных мира Thomson Reuters.

Молодые ученые НИТУ «МИСиС» удостоились премии Правительства РФ в области науки и техники за создание уникального лазерного комплекса для управляемого термоядерного синтеза. В 2017 году университет открыл Инжиниринговый центр прототипирования высокой сложности «Кинетика» — уникальную для Рос-

сии высокотехнологичную цифровую лабораторию, обеспечивающую полный цикл разработки инновационной продукции.

НИТУ «МИСиС» и ОК Русал создали Институт легких материалов и технологий (ИЛМиТ) — первую в России площадку для научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по развитию современных технологий. Внешэкономбанк и НИТУ «МИСиС» создали Центр компетенций по новым материалам и прорывным технологиям с основным фокусом на блокчейн, конвергентные и квантовые технологии. Университет впервые вошел в предметные рейтинги мировых рейтинговых агентств сразу по шести направлениям.

В 2018 году НИТУ «МИСиС» отмечает 100-летие со дня основания Московской горной академии, преемником которой является. В течение всего года реализует масштабные юбилейные проекты. Сразу две научные группы молодых ученых университета стали лауреатами премии Правительства Москвы. Высокой награды удостоены проекты «Разработка и исследование радиационно-стимулированных элементов питания повышенного срока службы» и «Разработка режущего алмазного инструмента нового поколения с наномодифицированной связкой и гибридным рабочим слоем».

НИТУ «МИСиС» совместно с CERN запустил образовательную программу по подготовке молодых специалистов для разработки перспективных технологий и материалов для поиска новых физических эффектов в экспериментах CERN. В 2019 году НИТУ «МИСиС» стал лучшим вузом России в области материаловедения, войдя в категорию 101+ предметного рейтинга QS по направлению Materials science [1]. НИТУ «МИСиС» стал победителем конкурса на разработку «дорожной карты» по квантовым технологиям для программы «Цифровая экономика».

Коллективу НИТУ «МИСиС» объявлена благодарность Президента Российской Федерации за заслуги в научной и педагогической деятельности, подготовке высококвалифицированных специалистов. НИТУ «МИСиС» и АНО «Платформа НТИ» открыли «Точку кипения — Коммуна» — самую большую и высокотехнологичную «Точку кипения» в России. В рамках подписанного соглашения о сотрудничестве в НИТУ «МИСиС» открылась Академия больших данных Mail.ru Group.

В 2020 году Сбербанк и НИТУ «МИСиС» заключили соглашение о сотрудничестве и утвердили дорожную карту до 2024 года. Соглашение предусматривает совместную подготовку специалистов в рамках программ бакалавриата и магистратуры, открытие на базе университета лаборатории сервисной робототехники и проведение совместных научных исследований. НИТУ «МИСиС», SkillFactory и Mail.ru Group запустили первую русскоязычную онлайн-магистратуру по Data Science. Министерство науки и высшего образования РФ признало аспирантку НИТУ «МИСиС» Елизавету Пермякову лучшей из более чем 185 тысяч выпускников московских вузов 2020 года.

### **Список литературы**

1. НИТУ «МИСиС» укрепил позиции в топ-100 регионального рейтинга Times Higher Education // Ректор ВУЗа.— 2020.— № 3. — С. 62–64.
2. НИТУ «МИСиС» вступает в новый век своей истории // Горная промышленность.— 2018.— № 6(142). — С. 13.

## **«ПРОСВЕЩЕННЫЙ АБСОЛЮТИЗМ» В УСЛОВИЯХ ПРАВЛЕНИЯ ЕКАТЕРИНЫ II**

**А.В. Зудин, С.В. Масленников, В.В. Грошев**

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

**Аннотация:** Работа посвящена просвещенному абсолютизму — политике, проводимой во второй половине XVIII века рядом монархических стран Европы и направленной на устранение остатков средневекового феодального строя в пользу рыночных отношений.

**Ключевые слова:** просвещенный абсолютизм, Екатерина II.

Екатерина II проводила политику, получившую название “просвещенный абсолютизм”. Во второй половине XVIII столетия во многих государствах Европы становится популярной идея французских просветителей о “союзе государей и философов”. В этот период

абстрактные категории переносятся в сферу конкретной политики, которая предполагала правление “мудреца на троне”, покровителя искусств, благодетеля всей нации. Это был целый этап в истории общества, причем не только русского, но и всего европейского. В роли просвещенных монархов выступали шведский король Густав III, прусский — Фридрих II, австрийский император Иосиф II, русская императрица Екатерина II. Политика просвещенного абсолютизма выражалась в проведении реформ в духе идей Просвещения, возглавляемых просвещенным монархом, способным преобразовать общественную жизнь на новых, разумных началах. Это было время робких реформ, не затрагивающих основ феодально-абсолютистского строя, время либерального заигрывания правительств с философами и литераторами. Но вот грянула французская буржуазная революция, и европейские монархи сразу же отказались от идей просвещенного абсолютизма.

Эпохе “просвещенного абсолютизма” была присуща определенная идеология. Выделим ее характерные черты: идея равенства всех людей, государство создается в результате общественного договора, следствием которого являются взаимные обязательства монарха и подданных; именно государство есть главное средство создания общества всеобщего благоденствия; все реформы, основывающиеся на справедливых законах, должны идти сверху, от государства, в основе деятельности которого лежит принцип: “Все для народа, и ничего — посредством народа”; просвещение — одна из важнейших функций государства и одновременно способ воспитания из подданных сознательных граждан; признание свободы слова, мысли, самовыражения.

Период царствования Екатерины II характеризуется резким контрастом между декларативными заявлениями просвещенной императрицы и ее реальной политикой. “Тартюфом в юбке и короне” назвал Екатерину II А.С.Пушкин. Безусловно, Екатерина предприняла некоторые шаги, направленные на дальнейшую европеизацию и гуманизацию русской жизни, однако в условиях диктатуры дворянства и углублявшегося закрепощения крестьян они выглядели достаточно двусмысленно. Это дало основание историкам по-разному оценивать проводившуюся Екатериной политику просвещенного абсолютизма.



Большая часть отечественных историков, рассматривающих просвещенный абсолютизм как надстройку феодального общества на том его этапе, когда товарно-денежные отношения становятся важнейшим фактором общественного развития, подчеркивают, что именно развитие буржуазных отношений, ослабление государственной власти, обострение классового антагонизма между крестьянскими массами и властвующим дворянством подтолкнули Екатерину выбрать путь просвещенного абсолютизма, который она проводила с учетом сохранения крепостнических порядков, самодержавия и господствующего положения дворянства.

Но как бы то, ни было, если отбросить тщеславие и лицемерие Екатерины II, стратегические цели ее политической программы состояли в следовании гуманным идеям западноевропейских просветителей, направленным на создание справедливого, разумно организованного общества, с поправкой на российскую действительность. Все сводилось к всемерному укреплению абсолютистского государства путем создания ему опоры в виде гражданского общества (с сословной структурой), опирающегося на законодательство, регулирующее взаимоотношения общества и государства и на механизм управления подданными. За годы правления Екатерины II были осуществлены серьезные преобразования (носившие созидательный, а не разрушительный характер), коснувшиеся всех сторон жизни государства и имевшие долговременное значение.

Эпоха Екатерины была эпохой формирования национального сознания, складывания в обществе понятий чести и достоинства, духовного и культурного роста русского общества. Несомненно, в молодые годы Екатерина II искренне увлекалась идеями французских просветителей, но после французской революции завершилось заимствование ею идей европейского Просвещения. Узнав о штурме Бастилии, Екатерина приказала вынести бюст Вольтера из своего кабинета (от Дидро она отреклась еще в 1785 г., а Руссо не признавала уже с середины 60-х годов). Радикализм и последовательность их идей были ей чужды. После казни Людовика XVI Екатерина II порвала всякие отношения с революционной Францией, став душой контрреволюционной европейской антифранцузской коалиции. Дворцовое просветительство пришло к своему естественному и закономерному завершению. Императрица окончательно утвердилась

во взгляде на совершенную неприменимость и особую вредность просветительских моделей для абсолютистской России. В одном из писем Екатерина II написала, что мир никогда не перестанет нуждаться в повелителе, и лучше предпочесть безрассудство одного, чем безумие многих, заражающее бешенством двадцать миллионов людей во имя слова “свобода”. Несомненно, что на перемену взглядов Екатерины II повлияла и крестьянская война под предводительством Е.И. Пугачева (1773–1775 гг.) — самое крупное стихийное восстание крестьян в истории России.

В самом общем виде, итоги политики просвещенного абсолютизма можно свести к следующему: укрепилось и модернизировалось самодержавие, оживилась общественная жизнь, появились зачатки гражданского общества. Усилилось крепостничество, но впервые был поставлен вопрос о смягчении или даже отмене крепостного права, зародились понятия свободы и прав личности. Политика «экономического либерализма» правительства способствовала зарождению капиталистического уклада и началу разложения крепостнических отношений.

### *Список литературы*

1. Бумаги императрицы Екатерины II, хранящиеся в Государственном архиве Министерства иностранных дел. Т. 2. 1765–1771 гг. СПб.: Тип. Императ. Акад. наук, 1872. 477 с.; Т. 3. 1762–1774 гг. 471 с.
2. Клепацкий В. В. Проблема повторных переводов XVIII в.: переписка Вольтера с Екатериной II (историко-библиографические заметки)//Литературная культура России XVIII века. СПб.: СПбГУ, 2009. Вып. 3. С. 233–241.
3. Время Екатерины Второй. Специальный курс, составленный по лекциям ординарного профессора университета Св. Владимира. Вып. 1. Киев, Литография Г. Розенталя, 1881. 287 с.
4. Щебальский П. К. Екатерина II как писательница // Заря, 1869. № 8. С. 68–111.

## ОЦЕНКА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

*А.М. Подкустов, Н.В. Холодова*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье систематизированы основные практические подходы к цифровой трансформации, выделены ключевые тенденции существующих механизмов цифровых преобразований.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, эффективность цифровизации, цифровые преобразования, Четвертая промышленная революция.

Цифровая трансформация — это трансформация системы управления путем пересмотра стратегии, моделей, операций, продуктов, маркетингового подхода и целей, обеспечиваемая принятием цифровых технологий. Она призвана ускорить продажи и рост бизнеса и увеличить эффективность деятельности организаций, не относящихся к чисто коммерческим (например, университетов и других образовательных учреждений).

Внедрение цифровых технологий в учетно-управленческую деятельность организаций является важным инструментом трансформации экономической системы на современном этапе новейшей промышленно-технологической революции. В настоящее время нет однозначного представления о методологическом аппарате для описания состояния и перспектив развития цифровой трансформации. Анализ объективных закономерностей цифровой трансформации российской экономики может быть осуществлен на основе построения математико-статистических моделей, позволяющих проанализировать стадии цифровой зрелости в прошлом и определить развитие прогнозируемых явлений цифровизации в будущем [4].

Одним из самых заметных явлений последнего десятилетия является переход к очередному этапу глобализации — цифровой трансформации, заключающейся в принципиальном изменении структуры мировой экономики, ее глобальной виртуализации благодаря появлению новых форм трансграничного движения виртуальных товаров, капиталов, труда. В связи с этим измерение уровня разви-

тия цифровой экономики конкретной страны и степени ее цифровой глобализации становится важнейшей задачей для исследователей.

Уровень развития цифровой экономики и рейтинг страны изменяют на основе различных композитных индексов, интегрирующих отдельные субиндексы, которые отвечают за цифровую трансформацию отдельных секторов экономики и жизни общества.

Европейская Комиссия ежегодно оценивает состояние цифровизации стран ЕС по Индексу цифровой экономики и общества (DESI), который дает представление об уровне развития цифровой экономики в 28-ми странах ЕС.

DESI-2018 рассчитывается как композитный индекс, который суммирует разные индикаторы цифрового развития и отслеживает эволюцию стран ЕС с точки зрения их цифровой конкурентоспособности. Базами данных индекса DESI являются базы Евростата, МСЭ и ООН [1].

DESI есть среднее арифметическое пяти субиндексов, агрегирование которых происходит с разными весами:

- подключенность (отражает уровень развития инфраструктуры фиксированного и беспроводного широкополосного доступа);
- человеческий капитал (позволяет оценить долю населения, которая обладает навыками, необходимыми для пользования сервисами, предоставляемыми сетью Интернет);
- использование Интернета населением (учитывает активность использования населением различных сервисов в сети Интернет);
- интеграция бизнеса с цифровыми технологиями (определяет уровень цифровизации бизнеса, включая использование e-торговли);
- цифровые государственные услуги (оценивает объем государственных услуг, предоставляемых в электронной форме).

Швейцарская школа бизнеса IMD представила в 2018 г. свой уже шестой Индекс мировой цифровой конкурентоспособности (WDCI-2018), отражающий оценку возможностей и готовности стран адаптироваться к развитию цифровых технологий. WDCI базируется на 50 критериях, которые агрегируются в три субиндекса первого уровня (состоящие из трех субиндексов второго уровня):

- знания (таланты, образование, наука);
- технологии (регулирование, капитал, уровень развития связи, экспорт);

– готовность (адаптация, гибкость бизнеса, IT-интеграция бизнеса).

Популярен также рейтинг цифрового развития и конкурентоспособности страны, составляемый университетом Тафта (США) совместно с Mastercard. Рейтинг формируется с учетом двух основных факторов: текущий уровень цифрового развития и темпы роста оцифровывания за последние девять лет, которые определяются на базе 170-ти показателей, характеризующих темпы цифровизации и объединенных в четыре субиндекса: уровень предложения, спрос на цифровые технологии, институциональная среда, инновационный климат. В итоге рассчитывается Индекс цифровой эволюции (DEI), отражающий прогресс в развитии цифровой экономики, в соответствии с которым все страны разделяются на четыре категории.

Первая категория включает страны-лидеры в инновациях, в прошлом уже демонстрировавшие свое цифровое развитие и сохраняющие темпы роста, эффективно использующие свои преимущества. Вторая категория — страны, которые достигли высокого уровня цифрового развития ранее, но в настоящее время замедлили свою активность и находятся на грани риска «выпадения» из этой категории. В третьей категории группируются страны, достигшие не самого высокого уровня цифрового развития, но обладающие большим потенциалом и демонстрирующие последовательный и уверенный рост, что в перспективе дает им возможность для перехода в более высокую категорию цифрового развития. В четвертой категории находятся страны с низким уровнем цифрового развития. рового развития [5].

Авторитетным экспертом в области цифровой экономики выступает компания The Boston Consulting Group (BCG), которая с 2008 г. по 2015 г. оценивала уровень развития цифровой экономики в 85 странах мира по Индексу цифровизации экономики BCG (e-Intensity). Индекс e-Intensity есть комплексная оценка по 28 показателям, которая рассчитывается как средневзвешенная сумма трех субиндексов: развитие инфраструктуры, онлайн-расходы, активность пользователей [2].

Индекс сетевой готовности (NRI) рассчитывается ежегодно совместно Всемирным экономическим форумом (WEF), Всемирным банком (WB) и Международной школой бизнеса INSEAD с 2002 г.

NRI представляет собой оценку способности страны использовать возможности ИКТ в сетевых целях.

Индекс развития электронного правительства (EGDI) рассчитывается Департаментом экономического и социального развития ООН (UNDESA) один раз в два года. EGDI — это композитный индекс, измеряющий готовность и возможность национальных органов управления использовать ИКТ для организации и реализации государственных услуг населению и бизнесу.

Еще одной составляющей оценки развития цифровой экономики является публикуемый ООН Индекс электронного участия (EPART) — показатель развития сервисов активной коммуникации между гражданами и государством. Цель индекса EPART заключается в отражении механизмов электронного участия граждан в правительственных веб-сайтах [3].

Глобальный индекс сетевого взаимодействия (GCI) с 2014 г. публикуется компанией Huawei для оценки прогресса крупнейших стран мира в области развития цифровых технологий. GCI анализирует 40 показателей на основе четырех субиндексов — предложения, спроса, опыта и потенциала, учитывающих пять передовых технологий: сети широкополосной связи, центры обработки данных, облачные сервисы, большие данные и интернет вещей. GCI-2018 оценивает 79 стран, на которые приходится 95% мирового ВВП.

Глобальный инновационный индекс (The Global Innovation Index — GII) рассчитывается с 2007 г. французской бизнес-школой INSEAD и Корнельским университетом (США) при поддержке Всемирной организации по интеллектуальной собственности (WIPO), является важнейшим в мире индикатором инновационных успехов страны.

Таким образом, индексы WDCR, DEI, NRI и GCI объединяют в большей степени институциональные, экономические и технологические показатели, отражающие развитость нормативно-правовой и научно-исследовательской базы, использование ИКТ в бизнесе, информационную безопасность.

К недостаткам международных индексов развития цифровой экономики можно отнести то, что они не учитывают особенности каждой из стран, происходит своеобразная подгонка показателей стран под расчетные требования международных индексов [5].

Существующие методики не позволяют, по нашему мнению, всесторонне оценить степень развития в стране цифровой экономики. Указанные методики оценивают в основном техническую сторону, отождествляя, таким образом, развитие цифровой экономики и уровень ИКТ-инфраструктуры и подготовленности населения. Но цифровая экономика — это сложное комплексное явление, связанное с процессом трансформации социально-экономических институтов общества на микро- и макроуровне. В этой связи, на наш взгляд, необходимо проводить оценку цифровой экономики на основе целого ряда показателей, которые позволяют проанализировать цифровую экономику на различных уровнях.

С целью преодоления отсталости от ведущих цифровых стран следует создавать общество, обладающее необходимыми цифровыми навыками. Для ускорения развития использования Интернета населением необходимо продолжить обучение широких слоев населения цифровой грамотности, расширить социальную базу использования ИКТ и повысить их социальную востребованность; обеспечить возможность использования ИКТ, в частности Интернета, как можно более широкому слою населения в Беларуси.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что на сегодняшний день сформирован достаточно обширный аппарат оценки степени развития цифровой экономики с помощью различных международных композитных индексов. Методология формирования рейтинга стран по уровню развития цифровой экономики создана в виде иерархической трехуровневой модели: готовность страны к внедрению новых цифровых технологий; интенсивность применения цифровых технологий в народном хозяйстве; влияние цифровых технологий. Таким образом, требуется усиление инвестиционной активности в сфере цифровой экономики, стимулируемое соответствующей государственной политикой, также необходима дальнейшая цифровизация бизнес-процессов в компаниях, что повлечет за собой рост эффективности, сокращение временных и стоимостных затрат. В целом принятие подобных мер приведет к обеспечению высоких конкурентных позиций нашей страны в мировой экономике в силу того, что между уровнем «продвинутости» сектора ИКТ и уровнем экономического развития имеет место прямая связь: чем больше значение индекса развития цифровой экономики, тем выше ее ВВП.

### *Список литературы*

1. Шваб К. М. Четвертая промышленная революция / К. М. Шваб. — М.: Эксмо, 2016. — 317 с.
2. Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С. Ю. Глазьев. — М.: ВлаДар, 1993. — С. 61–126.
3. Глазьев С. Ю. Стратегия опережающего развития и интеграции на основе становления шестого технологического уклада / С. Ю. Глазьев // Партнерство цивилизаций. — 2013. — No5. — С. 195–232.
4. <https://dt.gias.by/jour/article/view/141/85> Дата обращения — 18.02.22.
5. Лешакова М. Н. Государственное регулирование инновационного развития Республики Корея // Вопросы инновационной экономики: научно-практический журнал. — 2017. — No2. — С.161–172.

## **ПРОБЛЕМА БЕДНОСТИ В СССР И В РОССИИ**

*Г.Н. Маякова, Т.Е. Тарловский*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию проблемы бедности в СССР и в России.

**Ключевые слова:** бедность, прожиточный минимум, бюджет, малообеспеченные, минимальная заработная плата, коррупция.

Актуальность проблемы бедности объясняется тем, что в современной России с каждым годом увеличивается процент населения, которые могут отнести к бедному классу.

На данный момент большое влияние оказывает появление коронавируса, а также совсем недавно начало военной операции между Россией и Украиной. Все это ухудшает социально-экономическую ситуацию в стране. Для предотвращения развития бедности, нужно изучить причины, объекты, предметы, цели и подробно разберем понятие «прожиточный минимум», сколько он составляет, что в него входит и как он изменяется. Так же попытаемся самим найти меры снижения бедности в России.



Однако, для того чтобы решить проблему сейчас — нужно посмотреть назад, то есть в прошлое. «Жизнь здесь и сейчас, а история нужна для того, чтобы не повторять ошибок прошлого.». Ведь именно там, возможно наши предки уже решали подобную трудность, но своими методами.

В СССР понятие бедность как социально-экономическое явление появилось только в 80-х годах. Так как чтобы стать бедным, было достаточно сложно. Государство поддерживало низкую стоимость продукции, а для увеличения потребительских способностей оно старалось держать на высоком уровне минимальную оплату труда, так же предоставлялся ряд социальных услуг и выплачивались пособия.

Функционировали общественные фонды потребления, которые формировались из государственного бюджета. Эти фонды помогали детям учиться на равных условиях. В учебных заведениях не было платных мест, молодые люди могли поступить только на бюджетное место.

ОФП являлся национальным доходом СССР. Из этого фонда денежные средства выделялись на пособия, пенсии, стипендии, оплату труда и отпусков, а также было доступно всем медицинское обслуживание, содержание детских садов, выдавались путевки в санатории.

Государство старалось поддерживать социальное равенство. Отмечавшееся упорное социально-психологическое неприятие капитализма в любых формах и проявлениях доказывало склонность советских граждан к сохранению основных элементов советской социальной системы. При этом разрастающийся экономический кризис и снижение уровня жизни большая часть населения рассматривала как некоторые негативные результаты перестроечных реформ. Уравнительность как извращенная форма неверно понимаемого социального равенства казалась населению менее страшной, чем все атрибуты капиталистического общества (безработица, ответственность индивида за собственное социальное обеспечение, платность социальных услуг и др.)

Все-таки существует много мнений про экономическое состояние советского народа, но я считаю, что раньше государство правильно распределяло денежные средства, стимулировало людей к работе и всячески поддерживало.

В современной России проблема бедности стала наиболее актуальной темой для обсуждения, которая находится в центре внима-

ния государственных органов. Однако проблема бедности только продолжает ухудшаться из-за отсутствия эффективных мер, направленных на предотвращение обнищания населения России, причем наблюдается рост как по численности, так и в процентном соотношении.

Также, основываясь на исследовании, можно сделать вывод, что количество людей с доходом ниже прожиточного минимума, по статистике за 2016 год, составляет 19,8 млн человек, что составляет более тринадцати процентов от общей численности населения России, это только подтверждает тезис о серьезности ситуации.

Согласно определению относительной бедности Евростата, в эту категорию входят люди, чей доход составляет менее 60 процентов от среднего национального дохода, то есть значение, ниже и выше которого получает доход одинаковое число граждан.

Многие эксперты отмечают, что российский прожиточный минимум по величине и функциональному назначению кардинально отличается от прожиточного минимума в развитых странах. Стоит отметить, что в развитых странах стоимость прожиточного минимума в разы превышает стоимость минимального набора продуктов питания, при этом, к примеру, в европейских странах в него включаются также расходы на алкогольные напитки и табачные изделия, общественное питание, организацию отдыха и содержание автомобиля.

Давайте обратимся к показателям минимальной заработной платы в России. Анализ показывает, что минимальная заработная плата, несмотря на неуклонный рост, который, на первый взгляд, может свидетельствовать об улучшении жизни в стране, не приводит к увеличению покупательной способности, также стоит отметить разрыв между минимальной заработной платой и МРОТ. (Минимальная заработная плата на 2022 год составляет 13 890 рублей, а МРОТ составляет для трудоспособного населения 15 172 рубля. Разница составляет 1 282 рубля.)

Предпринимались попытки правительством в устранении разницы, но данное решение привело к расходованию значительных средств из бюджета, при этом существовал риск роста цен и увеличения числа предпринимателей, перешедших в теневую экономику.

Одной из ведущей причиной роста бедности в России можно отметить прежде всего, продолжающийся рост числа бедных людей. Ока-

зывает большое влияние недавно произошедшие событие (Президент России Владимир Путин подписал федеральные конституционные законы о вхождении в состав России Донецкой и Луганской народных республик (ДНР и ЛНР), а также Херсонской и Запорожской областей.)

Бедность начала поглощать те слои населения, которые до недавнего времени считались устоявшимися представителями среднего класса и были достаточно квалифицированными работниками; Рост населения, уровень доходов которого находится ниже черты бедности, влияет на стабильность российской социальной структуры в целом и соотношение различных слоев общества; проблема роста населения, принадлежащего к низшему классу, начала приобретать наследственный характер, а миграция в другие страны стало намного сложнее.

Так же можно выделить основные причины проблемы бедности для России: 1) приватизация предприятий привела к тому, что несколько процентов населения России стали владельцами бывших государственных предприятий вследствие чего имели большой уровень дохода. 2). Другая же часть людей не получала никакой экономической выгоды от государства, вследствие чего люди поддались процессу обнищанию.

С начала коронавирусной инфекции процент безработных среди населения трудоспособного возраста сильно возрос из-за того, что не каждый работодатель мог предоставить дистанционную работу как его вынуждало государство и из-за этого происходило массовое сокращение. Но сейчас ситуация с пандемией стабилизируется и безработицы в стране становится меньше. На данный момент примерно 4% безработных от трудоспособного населения, но на самом деле процент должен быть выше, так как существует скрытая безработица.

Также стоит отметить, что сегодня Россия отстает от ведущих западных стран по уровню доходов примерно в пятнадцать раз, а в таких важных сферах, как образование, — более чем в 30 раз.

Большая группа бедных людей — пенсионеры. Если мы сравним нынешние российские пенсии и размер прожиточного минимума, то обнаружим, что в основном пенсия меньше прожиточного минимума и пенсионерам не хватает денежных средств для стабильного существования.

Основываясь на приведенной выше информации, мы можем сделать вывод об актуальности и сложности проблемы бедности насе-

ления в России. Однако многие исследования свидетельствуют о том, что в настоящее время государство не уделяет должного внимания этой проблеме, а уже принятые меры носят двойственный характер и не могут существенно сократить число бедных людей.

Отсутствие решительных мер по увеличению реальных доходов низшего и среднего класса при одновременном ограничении обогащения высшего класса неизбежно приведет к катастрофе национального масштаба. Таким образом, необходимо разработать комплекс последовательных мер, которые действительно могут помочь в преодолении проблемы бедности российского населения.

В заключение приведем цитату российского экономиста М. Делягина, который отмечает, что «прожиточный минимум по калорийности включенных в него продуктов примерно соответствует тому, что получали немецкие военнопленные в советских лагерях во время Великой Отечественной войны», а также Ольгу Голодец, которая является заместителем председателя Правительства Российской Федерации «Та бедность, которая в стране есть и фиксируется, — это бедность работающего населения. Это уникальное явление в социальной сфере — работающие бедные»

### *Список литературы*

1. Официальный сайт Министерства труда и социальной защиты: [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.rosmintrud.ru> (дата обращения 25.09.2019).
2. Попов Н.П. Главные социальные проблемы России последнего десятилетия // Мир измерений. — 2010 г. — № 3 — Режим доступа: <https://riastk.ru/mi/adetail.php?ID=39422> (дата обращения: 1.10.2019). EDN: PDDTTF
3. Российский статистический ежегодник. 2018: Стат.сб. / Росстат. — Р76 М., 2018–694с.
4. Социальное положение и уровень жизни населения России. 2017: стат. сб. / Росстат. М., 2017–332 с.
5. Простяков И.И., Уваров Ю.В. Двенадцатая пятилетка. Темпы, пропорции, социальная политика. М., Финансы и статистика, 1986.
6. Социальное развитие СССР. Стат. сб. М., Финансы и статистика, 1990.

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ

*В.Д. Чуркин, И.В. Мялкин*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация:** *Статья посвящена исследованию цифровой среды. Выполнен анализ основных ее технологий. Особенное внимание уделено анализу больших данных, искусственному интеллекту и дополненной реальности.*

**Ключевые слова:** *цифровая технология, цифровая среда, большие данные, искусственный интеллект, дополненная реальность.*

Четвертая промышленная революция предполагает новый подход к производству, основанный на массовом внедрении информационных технологий в промышленность, масштабной автоматизации бизнес-процессов и распространении искусственного интеллекта.

Преимущества Четвертой промышленной революции:

- повышение производительности;
- большая безопасность работников за счет сокращения рабочих мест в опасных условиях труда;
- повышение конкурентоспособности;
- принципиально новые продукты и многое другое.

Целью данной работы является анализ и сравнение различных цифровых технологий с оценкой потенциала их использования.

Четвертая промышленная революция обычно описывается путем указания ключевых технологий, которые «скоро» выйдут из R&D. К данным технологиям причисляют следующие собирательные понятия грядущих технологий [4]:

- аналитика больших данных;
- искусственный интеллект;
- автономные роботы;
- автономный транспорт;
- облачные вычисления;
- квантовые вычисления;
- «интернет вещей»;
- дополненная, виртуальная реальность и метавселенная;
- моделирование и симуляторы;

- трехмерная печать;
- печатная электроника;
- нанотехнологии и нейротехнологии;
- «блокчейн»;
- информационная безопасность.

Рассмотрим несколько из этих технологий подробнее.

1. Аналитика больших данных — это процесс анализа больших и сложных источников данных для выявления тенденций, моделей поведения клиентов и рыночных предпочтений, что помогает принимать более эффективные бизнес-решения. Сложность анализа больших данных требует новых аналитических инструментов, таких как прогнозирующая аналитика, машинное обучение, потоковая аналитика, и такие методы, как анализ в базе данных и в кластере [1].

Преимущества:

- видимость в неизвестность — надежная платформа для анализа больших данных позволяет пользователям обнаруживать невидимые тенденции и закономерности в больших и сложных наборах данных, которые способствуют более быстрой идентификации стратегических возможностей и угроз.
  - единый взгляд на бизнес — благодаря унифицированной архитектуре данных компаниям предоставляется обширное, согласованное и всеобъемлющее окно данных, повышающее эффективность принятия решений и позволяющее пользователям работать с самой точной и своевременной информацией.
  - самое быстрое время для действий — аналитика больших данных повышает производительность принятия решений, позволяя любому сотруднику компании предвидеть ситуации и возможности, задавать актуальные и своевременные вопросы и получать ответы, которые ведут к решительным действиям.
2. Искусственный интеллект — свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. ИИ связан со сходной задачей использования компьютеров для понимания человеческого интеллекта, но не обязательно ограничивается биологически правдоподобными методами [3].

Преимущества:

- искусственный интеллект позволяет автоматизировать повторяющиеся процессы обучения и поиска за счет использования данных. Однако ИИ отличается от роботизации, в основе которой лежит применение аппаратных средств. Цель ИИ — не автоматизация ручного труда, а надежное и непрерывное выполнение многочисленных крупномасштабных компьютеризированных задач. Такая автоматизация требует участия человека для первоначальной настройки системы и правильной постановки вопросов;
- искусственный интеллект делает существующие продукты интеллектуальными. Как правило, технология ИИ не реализуется как отдельное приложение. Функционал ИИ интегрируется в имеющиеся продукты, позволяя усовершенствовать их точно так же, как технология Siri была добавлена в устройства Apple нового поколения. Автоматизация, платформы для общения, боты и «умные» компьютеры в сочетании с большими объемами данных могут улучшить различные технологии, которые используются дома и в офисах: от систем анализа данных о безопасности до инструментов инвестиционного анализа;
- искусственный интеллект адаптируется благодаря алгоритмам прогрессивного обучения, чтобы дальнейшее программирование осуществлялось на основе данных. ИИ обнаруживает в данных структуры и закономерности, которые позволяют алгоритму освоить определенный навык. Таким образом, по тому же принципу, по которому алгоритм осваивает игру в шахматы, он может научиться предлагать подходящие продукты онлайн. При этом модели адаптируются по мере поступления новых данных. Обратное распространение — это метод, который обеспечивает корректировку модели посредством обучения на базе новых данных, если первоначальный ответ оказывается неверным [2];
- искусственный интеллект осуществляет более глубокий анализ больших объемов данных с помощью нейросетей со множеством скрытых уровней. Несколько лет назад создание системы обнаружения мошенничества с пятью скрытыми уровнями было практически невозможным. Все изменилось с колоссальным ростом вычислительных мощностей и появлением «больших данных». Для моделей глубокого обучения необходимо огромное количе-

ство данных, так как именно на их основе они и обучаются. Поэтому чем больше данных, тем точнее модели;

- глубинные нейросети позволяют искусственному интеллекту достичь беспрецедентного уровня точности. К примеру, работа с поисковой системой Google Search и сервисом Google Photos осуществляется на базе глубокого обучения, и чем чаще мы используем эти инструменты, тем эффективнее они становятся. В области здравоохранения диагностика раковых опухолей на снимках МРТ с помощью технологий ИИ (глубокое обучение, классификация изображений, распознавание объектов) по точности не уступает заключениям высококвалифицированных рентгенологов;
- искусственный интеллект позволяет извлечь максимальную пользу из данных. С появлением самообучающихся алгоритмов сами данные становятся объектом интеллектуальной собственности. Данные содержат в себе нужные ответы — нужно лишь найти их при помощи технологий ИИ. Поскольку сейчас данные играют гораздо более важную роль, чем когда-либо ранее, они могут обеспечить конкурентное преимущество. При использовании одинаковых технологий в конкурентной среде выиграет тот, у кого наиболее точные данные.

3. Дополненная реальность — результат введения в зрительное поле любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и изменения восприятия окружающей среды. Она уже сейчас меняет представление о процессах проектирования и сборки продукта, снижает вероятность ошибок, увеличивает производительность труда и экономит деньги предпринимателей. Основное конкурентное преимущество в том, что технологию можно использовать на всех этапах производства. Рассмотрим применение дополненной реальности на примерах.

а) помогает избежать ошибок во время проектирования. Разработка нового оборудования — процесс трудоемкий и затратный. Недочеты, которые закрались на этом этапе, могут дорого обойтись, а на их устранение понадобится много времени. Дополненная реальность экономит средства и ресурсы за счет работы с виртуальными прототипами будущей модели. С помощью планшетов или через специальные очки специалисты видят чертежи как объемные проекции. Можно даже устроить виртуальный тест конструкции. Это помогает



оценить эргономику продукта и обнаружить недочеты, которые не видны на этапе проектирования [5].

б) ускоряет сборку продукции. У специалистов технологических компаний много времени уходит на расшифровку инструкций. Компании ищут, как ускорить сборку механизмов и гарантировать качество выполненных работ. Дополненная реальность позволяет тратить меньше усилий и получать готовые изделия быстрее. Дополненная реальность полностью заменяет бумажные распечатки. Каждый объект в поле зрения специального устройства сопровождается подробной справкой о его использовании;

в) упрощает ремонт и содержание производства. Производственные помещения требуют постоянного обслуживания и своевременного ремонта. Пренебрежение в этом вопросе может обернуться простым и потерей запланированных доходов. Дополненная реальность — это удобный для бизнеса инструмент решения подобных проблем. Она позволяет увидеть инфраструктуру зданий, спрятанную от глаз внутри стен. Датчики передают информацию о работоспособности системы, а интерактивные схемы позволяют установить точное расположение поврежденного участка. Мастеру не придется тратить время на поиск проблемных мест, а ремонт будет точечным и максимально эффективным. Работая с дополненной реальностью, мастер получает подсказки о характере проблемы и способе ее устранения [6];

г) Обучает персонал быстрее и эффективнее людей. На сложных производствах даже высококвалифицированный персонал приходится обучать. Это отнимает время, которое сотрудник мог потратить на работу. Дополненная реальность позволяет обучаться в процессе. Система подсказок лучше личного наставника справится с этой задачей.

Таким образом, в работе рассмотрены несколько технологий с оценкой потенциала их использования.

### ***Список литературы***

1. <https://asu-analitika.ru/chto-takoe-analitika-bolshih-dannyh>
2. [https://www.sas.com/ru\\_ru/insights/articles/analytics/what-is-artificial-intelligence.html](https://www.sas.com/ru_ru/insights/articles/analytics/what-is-artificial-intelligence.html)

3. <https://www.orange-business.com/ru/blogs/kak-dopolnennaya-realnost-pomogaet-proizvodstvam>
4. Потапов А. С. Искусственный интеллект и универсальное мышление. СПб.: Политехника, 2012.— 711 с.
5. Папагианнис Х. Дополненная реальность. Все, что вы хотели узнать о технологии будущего. — Эксмо, 2019.— 220 с.
6. Благирев А., Хапаева Н. Dig Data простым языком. — АСТ, 2019.— 250 с.

## **ПРИМЕРЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ**

*П.А. Шаныгин, К.С. Шибанов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье описывается понятие «Четвертая промышленная революция». Показаны пути развития современного производства в конкурентной среде. Приводятся примеры цифровизации для конкретных промышленных производств.

**Ключевые слова:** цифровизация производства, облачные технологии, четвертая промышленная революция, цифровая трансформация

Термин «Четвертая промышленная революция» позволяет объединить под собой резкое изменение технологий, промышленных и социальных практик и процессов в начале XXI века в результате увеличения взаимосвязанности и распространения умной автоматизации. Частью процесса этих индустриальных изменений является возникновение таких технологий, как искусственный интеллект, генная инженерия и продвинутая робототехника, которые «размывают» границы между понятиями физического, цифрового и биологического миров.

В результате происходят фундаментальные изменения в системе глобального производства и снабжения благодаря происходящей автоматизации традиционных производственных и индустриаль-

ных практик, с применением умных технологий, расширенного применения коммуникаций между машинами и применения интернета вещей. Это позволяет уменьшить необходимость присутствия человека в процессе производства.

Понятие «Четвертая индустриальная революция» было введено группой ученых, разрабатывавших стратегию высокотехнологичного развития Германии. Клаус Шауб, исполнительный председатель Мирового экономического форума, ввел понятие в более широкое употребление в статье, опубликованной в 2015 году журналом *Foreign Affairs*. «Освоение четвертой промышленной революции» — было темой Мирового Экономического Форума в 2015 году, проводившегося в Швейцарии.

Четвертая индустриальная революция подразумевает тренд к развитию автоматизации, расширению обмена данными в производственных технологиях и процессах, которые включают в себя киберфизические системы, индустриальный интернет вещей, облачные вычисления и искусственный интеллект.

Организации ожидают, что постоянно растущие объемы данных будут использованы для создания добавленной стоимости и конкурентных преимуществ. В свою очередь, сотрудники надеются, что им будут предоставлены простые и эффективные инструменты работы с данными, которые помогут добиться выполнения конкретных бизнес-целей. ИТ-подразделения должны обеспечить прозрачный доступ к данным, соблюдая при этом все более жесткие стандарты безопасности. Эти тенденции, движущей силой которых являются новые технологии и цифровизация, справедливы для компаний любого размера, работающих в самых разных отраслях. Конкурентная среда постоянно меняется, и все чаще компаниям приходится «держаться удар» с двух сторон:

- со стороны традиционных конкурентов — компаний, давно присутствующих на рынке;
- со стороны новичков-стартапов и крупных технологических компаний, осваивающих новые рынки.

Во многих случаях экономические барьеры, препятствовавшие выходу на рынок небольших компаний, более не существуют — сегодня небольшой стартап может приобрести «как услугу» те же ИТ-мощности, которые раньше были доступны только крупным компаниям,

инвестирующим значительные суммы в свое технологическое развитие. Более того, зачастую у таких компаний больше возможностей для инноваций и выше потенциал, чтобы осуществить настоящий переворот не только среди конкурентов, но и в отрасли в целом. Эти новаторы используют преимущества цифровой трансформации, им не препятствуют устаревшие технологии и производственные мощности. Компании, упустившие такую возможность, рискуют не дожить до лучших времен. Недавнее исследование McKinsey показало, что в 1958-м средний срок жизни компаний, входящих в список S&P 500, составил 61 год. Сейчас он сократился до 18 лет. По оценкам McKinsey, к 2027 г. 75% компаний, входящих в этот список на сегодняшний день, исчезнут. Они будут поглощены, либо будут вынуждены объединяться с более удачливыми конкурентами, либо обанкротятся [3].

Эти изменения ставят новые задачи перед ИТ-подразделениями. В трансформирующихся организациях ИТ уже не рассматриваются как «центр затрат», финансируемый бизнесом и обеспечивающий информационную поддержку бизнес-процессов. Информационные технологии сами становятся неотъемлемой частью бизнеса, делая компанию более быстрой, более гибкой, более конкурентоспособной.

Цифровая трансформация помещает информационные технологии в центр деятельности организации, используя их для кардинального повышения производительности и ценности предприятий — будь то взаимодействие с клиентами, внутренние операционные процессы или бизнес-модель.

Если говорить предметно, то цифровая трансформация, как правило, подразумевает развитие трех основных компетенций:

- во-первых, генерирование новых знаний и идей с использованием инструментов аналитики и больших данных. Успешные компании должны уметь генерировать инсайты (insights, понимание, осознание, проникновение в суть) в реальном времени. ИТ-служба обеспечивает хранение, обработку и анализ информации из множества источников структурированных и неструктурированных данных. Только в этом случае бизнес может в реальном времени принимать решения, адаптированные к потребностям конкретных заказчиков [1, 2];
- во-вторых, переход к использованию программного обеспечения как основы функционирования организации и предлагаемых ею

решений. В цифровом мире успех компании зависит прежде всего от качества предлагаемых продуктов и/или услуг. Если в основе ваших решений лежит ПО, вы можете итеративно улучшать их потребительские свойства даже после того, как они были поставлены заказчику. В первом приближении можно утверждать, что компании с экспертизой в области разработки и развертывания ПО всегда будут обладать заметным преимуществом. Это касается практически всех вертикальных рынков — от производства потребительских товаров до автомобилей, от ритейлеров до поставщиков телекоммуникационных услуг;

- в-третьих, принятие и практическое применение концепции Интернета вещей. Цифровая трансформация затрагивает не только виртуальные ИТ-системы, но и конечную продукцию инновационных организаций. Компании должны уметь измерять и количественно оценивать то, как их продукты взаимодействуют с заказчиками и окружающей средой. Информация о состоянии оборудования и его использовании позволяет улучшать качество продукции на основании объективной статистики, быстрее выявлять и разрешать эксплуатационные проблемы и развивать инновационные бизнес-модели с оплатой за потребление [4].

Примеры отраслевых решений

- Финансовые услуги. Чтобы чувствовать себя уверенно на волатильных финансовых рынках, обслуживать клиентов, бороться с мошенничеством, поддерживать соблюдение правил комплаенса, финансовым организациям необходимы решения для консолидации данных, традиционно управляемых на уровне департаментов, и позволяющие создавать корпоративные хранилища с поддержкой аналитики, доступной в режиме самообслуживания.
- Производство. Производители собирают огромное количество данных, относящихся к производству компонентов продукции, дальнейшему ее использованию, а также к процессам производства и цепочкам поставок. Сегодня, в эпоху Интернета вещей, проблемы управления данными производителей растут, поскольку продукты постоянно генерируют данные, связанные с их производительностью, функциональностью и качеством. Задача состоит не только в том, чтобы фиксировать все эти данные, но и

управлять ими, а также анализировать их для генерации информации о продуктах и процессах.

- Добыча нефти и газа. Нефтегазовым компаниям необходимо ускорить открытие и продлить срок службы существующих месторождений за счет повышения эффективности их восстановления. Для увеличения добычи и минимизации непроизводительного времени (NPT) требуется огромное количество данных. Проблема состоит в том, что традиционные технологии работы с данными не позволяют эффективно обрабатывать большие массивы информации. Это приводит к созданию множества небольших хранилищ, и в результате на получение полезной информации на основе этих данных могут уйти месяцы.
- Розничная торговля. Чтобы конкурировать в век интернет-магазинов, лучше понимать своих клиентов и повышать эффективность своих операций, крупным ритейлерам нужны масштабируемые системы управления информацией, объединяющие онлайн- и офлайн-данные. В частности, розничным торговцам теперь необходимо подключать и обрабатывать данные во многих форматах из разрозненных систем и источников, включая сайты социальных сетей, с которыми взаимодействуют потребители [5].
- Телекоммуникационные компании и сервис-провайдеры. Поставщики услуг связи сегодня относятся к крупнейшим потребителям больших данных. Аналитика данных является одним из путей к выявлению и пониманию тенденций развития сетевых услуг, снижению затрат на инфраструктуру, увеличению среднего дохода на одного пользователя, расширению предложений услуг, улучшению качества обслуживания клиентов и предотвращению их оттока. В традиционных средах информация о клиентах фиксируется в разных системах. Такая фрагментация затрудняет провайдерам анализ данных, который позволил бы получить целостное консолидированное представление о подписчиках. Источники данных в разрозненных системах не обеспечивают простого доступа и не поддаются полноценному анализу для выявления рыночных возможностей, целевых новых предложений услуг и достижения других бизнес-целей.

Независимо от отрасли ИТ-служба организации играет ключевую роль в создании безопасной и универсальной среды совмест-

ной работы, которая нужна для прозрачной интеграции технологий, персонала и процессов цифровой трансформации. Назовем главные составляющие надежной цифровой платформы.

1. Проверенные данные, получаемые в режиме реального времени.
2. Эффективная аналитика и знания, поддерживающие высокие стандарты ведения бизнеса.
3. Непрерывная оптимизация расходов на ИТ и эксплуатационные технологии в сочетании с высокой степенью гибкости.
4. Культура инноваций, охватывающая всю организацию.

Цифровая трансформация уже не является чем-то новым для российских компаний, они весьма критично оценивают свои успехи: всего четверть (26%) опрошенных считают, что они располагают необходимыми ресурсами и компетенциями для реализации планов по цифровизации. Среди направлений инвестиций на 2019–2021 гг. чаще других называют кибербезопасность, мультиоблачные среды, технологии флэш-хранения и Интернет вещей.

### ***Список литературы***

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция: монография: пер. с англ. / К. Шваб. — М: Изд-во «Э», 2017. — 208 с.: ил.— (Top Business Awards).
2. Зубрицкая И. А. Анализ мирового опыта цифровой трансформации промышленности: институциональная модель. Цифровая трансформация. 2019;(1): 21–35.
3. Буза М.К. Подготовка квалифицированных ИТ-специалистов в условиях цифровой трансформации образования. Цифровая трансформация. 2019;(1):81–84.
4. Куликова Т.А., Тактарова С.В. Производственный менеджмент: учеб.-метод. пособие для подготовки магистрантов / Т.А. Куликова. — Пенза: Изд-во ПГУ, 2017.— 100 с.
5. Леонтьева Л. С. Производственный менеджмент: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / под редакцией Л. С. Леонтьевой, В. И. Кузнецова. — Москва: Издательство Юрайт, 2019.— 305 с.

## ESG-ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РОССИИ

**Ю.Н. Комарова, В.В. Грошев**

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация:** Целью работы является рассмотрение вопросов и проблем цифровой трансформации экономики и финансов, обусловленных новейшими трендами технологического развития, а также вызовами глобального экономического кризиса, обусловленного нынешней пандемией, большинство промышленных компаний придерживаются в своей хозяйственной деятельности принципа приемлемого риска, то есть принципа оценивания рисков через соотношения между получаемыми результатами и затратами на нивелирование риска. Отмечено, что переход к концепции нулевого экологического риска является важным направлением формирования ESG стратегии предприятия, особенно промышленного. Основные сложности реализации ESG-принципов проиллюстрированы на примере ведущих металлургических предприятий. В качестве основных экологических целей, включенных в стратегию развития предприятия заявлено соблюдение экологических нормативов, снижение эмиссии CO<sup>2</sup> при изготовлении стали и чугуна, сокращение сброса загрязняющих веществ, увеличение степени утилизации отходов.

**Ключевые слова:** металлургическая компания, загрязнения окружающей среды, экономическую эффективность, ESG-трансформация, ESG-принципы.

Согласно докладу Всемирного экономического форума 2022 года, восемь из десяти ключевых рисков для человечества на горизонте ближайших десяти лет связаны с экологическими и социальными факторами и относятся к проблематике устойчивого развития. В первую очередь, в центре внимания находятся риск неудачи противостоять изменению климата, негативные последствия экстремальных погодных условий и потеря биоразнообразия. К социальной группе рисков относятся, прежде всего, снижение социальной сплоченности, а также кризисы, лишаящие людей средств к существованию. При этом COVID-19 также оказал существенное влияние на рост



социальных и экологических рисков, в том числе ухудшение общественной сплоченности, кризис экономического положения людей, а также климатический вопрос. Все это говорит о растущей значимости повестки устойчивого развития как на глобальном, так и на национальном уровнях, а также учета ESG-факторов в деятельности компаний.

В основу концепции устойчивого развития легла практика корпоративной социальной ответственности (КСО), возникшая в середине 20 века в ответ на возрастающие общественные проблемы: неравенство, бедность, голод и другие. Сама концепция устойчивого развития возникла позже и была впервые сформулирована только в 1987 году в докладе ООН «Наше общее будущее», где под устойчивым развитием подразумевалось единство общественных, экологических и экономических систем. Эта концепция задала тон глобальной повестке, акцентируя внимание на важных проблемах современности.

Теоретические подходы к анализу устойчивости и устойчивого развития промышленных систем отличаются высокой вариабельностью. Устойчивость и устойчивое развитие промышленных систем в качественном смысле однородны. В количественном аспекте данные явления имеют различные векторы. Устойчивость системы характеризуется нулевым вектором. Устойчивое развитие носит разновекторный характер, зависящий от типа промышленной системы, ее включенности в системы более высокого порядка, воздействия точек притяжения различного рода, в том числе — целеполагания управляющих систем. Разграничение промышленных систем по типам целесообразно осуществлять на основе их типологии. При использовании этого подхода промышленные предприятия необходимо рассматривать как объектную систему, устойчивое развитие которой базируется на максимальном использовании пространственного ресурса. Более сложные функциональные и пространственные промышленные системы имеют выраженные средовые свойства, устойчивое развитие которых основывается на «узловой» элементной базе, определяющей состояние и динамику соответствующих «сложных» систем, включающих всю совокупность аттракторов [1].

Для оценки устойчивого развития и сложных промышленных систем целесообразно использовать ряд допущений: возможность оце-

нивать развитие как набор стационарных состояний, перемещения между которыми несущественны для их положения в координатах времени, пространства и функций; чем более сложной является система, тем ниже степень определенности параметров, отражающих переход от одного стационарного состояния к другому; набор необходимых параметров (количественных характеристик) определяется управляющей системой в зависимости от ее целей («внецелевой» устойчивости развития не существует).

ПАО «ГМК «Норильский Никель» (Норникель) — крупнейшая металлургическая компания в мире. Основные направления: добыча и производство никеля и палладия. Промышленная деятельность «Норникель» является источником масштабных загрязнений окружающей среды. В части реализации экологической повестки в 2020 году в компании была разработана экологическая стратегия. В качестве ключевых индикаторов экологического риска были приняты нулевая смертность на производстве, значительное (до 85–90%) снижение выбросов диоксида серы. [10] Раскрытие нефинансовой информации по экологическим рискам производится предприятием на регулярной основе по широкому спектру позиций: изменение климата, выбросы парниковых и озоноразрушающих газов, энергопотребление и энергоэффективность потребление воды, загрязнение воздуха и воды, утилизация отходов, истощение природных ресурсов, использование экосистем и сохранение биоразнообразия, опустынивание, обезлесение, восстановление ландшафтов, инновации в области. На практике можно наблюдать некоторую нестыковку заявленных целей и конкретных действий по нивелированию экологических рисков. Авария на ТЭЦ в Норильске, спровоцировавшая разлив дизельного топлива, по сути, продемонстрировала слабости реализации практических инструментов нивелирования рисков. Здесь интересно отметить существенное расхождение между размером ущерба, рассчитанным Енисейским межрегиональным управлением Росприроднадзора и самой компанией (148 млрд рублей и 21,4 миллиарда рублей). [11]

Новолипецкий металлургический комбинат (ПАО «НЛМК») рассматривает «устойчивое развитие как свою социальную миссию», [12] связывая его с экономическими интересами бизнеса. В качестве основных экологических целей, включенных в стратегию развития

предприятия заявлено соблюдение экологических нормативов, снижение эмиссии CO<sup>2</sup> при изготовлении стали и чугуна, сокращение сброса загрязняющих веществ, увеличение степени утилизации отходов [2].

ПАО «Северсталь» — металлургическая компания, у которой устойчивое развитие является одной из важнейших компонент стратегии развития. [13] В качестве ключевых индикаторов экологического риска на предприятии приняты к 2025 году снижение производственного травматизма (на 50%), снижение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ (на 13%), снижение массы отходов (на 20%), снижение интенсивности выбросов парниковых газов (на 3% к 2023 году по сравнению с 2020 годом.)

Даже при таком кратком анализе можно выделить несколько противоречий, возникающих при реализации ESG-подхода, а именно сложность решения трилеммы «люди, планета, прибыль». Трилемма невозможности (по Дж. Кейнсу): невозможно одной рукой взять три шара — совместить экономическую эффективность, социальную справедливость и индивидуальную свободу.

В политике и стратегии крупных промышленных предприятий цели устойчивого развития отражены достаточно полно, разрабатывается широкий круг организационно-технических мероприятий по уменьшению воздействия на окружающую среду. Но каждое предприятие достаточно обособленно реализует свои цели устойчивого развития, без учета так называемой совокупной экологической нагрузки на окружающую среду. Многие эксперты указывают на необходимость разработки методик расчета совокупной экологической нагрузки промышленных предприятий, определяющих риски развития не только отдельного хозяйствующего субъекта, но всего общества.

Для промышленности необходимость улучшать свои экологические показатели в первую очередь связана с технологической трансформацией. Путь к «зеленым» инновациям, требует времени, финансовых вложений и вовлекает целые команды экспертов и профессионалов. Ярким примером возможности эко-трансформации является декарбонизация. Сейчас это одно из ключевых направлений, так как его законодательно контролируют государство и международные соглашения [3].

В первую очередь работа здесь начинается с критической оценки уровня вредных выбросов и карбонового следа предприятия. Для таких измерений применяют цифровые технологии, например, систему экомониторинга, которая объединяет технологии видеоаналитики, геопозиционирования, а также сбора, хранения и анализа данных, она позволяет в онлайн-режиме моделировать состояние атмосферного воздуха. Также для контроля за снижением эмиссий CO<sub>2</sub> и других вредных веществ промышленные компании применяют решения на основе Big Data, Machine Learning, Интернета вещей, робототехники и другие технологии.

Вопрос окупаемости проектов по устойчивому развитию внутри компаний — важный элемент в этой теме. Инновации могут вызывать длительные дискуссии внутри компании, прежде чем будут взяты в работу. Компании по всему миру сталкиваются с проблемами в реализации стратегий декарбонизации, включая планирование бюджета без учета инициатив в области устойчивого развития и отсутствие понимания потенциальных выгод. Кроме того, цели финансовых команд иногда просто не соответствуют целям команд по устойчивому развитию. Но есть и обратные успешные примеры: международному производителю стали, благодаря автоматизированной системе контроля удалось превратить выбросы вредного углерода в экологически чистый этанол. Теперь компания сможет производить около 80 миллионов литров этанола в год — побочного продукта, используемого во многих отраслях промышленности, включая производство чистящих средств и пластмассы. Предприятие смогло превратить вредные выбросы в дополнительный источник дохода.

Другое направление, где промышленность уже достигает ощутимых улучшений — энергоэффективность. Например, компании Mars даже при значительном росте объема производства за последние пять лет удалось сократить потребление энергии на 9%, на 11% — воды, на 17% — выбросы парниковых газов. Таких результатов получилось добиться благодаря проектам по фрикулингу — охлаждению с использованием уличного холода, рекуперации тепла, оптимизации освещения, внедрению «умных» и энергосберегающих технологий.

Чтобы соответствовать принципам устойчивого развития, промышленным предприятиям необходима донастройка, которая

позволит меняться в направлении ESG. Такая трансформация возможна в том числе при помощи внедрения цифровых технологий — одного из основных инструментов для достижения стратегических целей, заложенных в ESG-повестку. Цифровая трансформация действительно является важнейшим фактором устойчивого развития. Именно технологии обеспечивают безопасность процессов, их предсказуемость и эффективность, поэтому логично встраиваются в повестку ответственного ведения бизнеса [4].

В промышленности одна из наиболее прогрессивных технологий — создание так называемых цифровых двойников. Это своего рода виртуальный прототип реальных производственных активов, например, станков, скважин, турбин, транспорта, электроники и пр. Технология позволяет управлять технологическими и производственными процессами, проигрывать сценарии «что, если» без риска поломки, возникновения аварийной ситуации и ущерба для экологии.

Отказ сложного технологического оборудования — серьезная угроза жизни и здоровью сотрудников предприятий. Такие последствия лучше спрогнозировать и предотвратить, чем ликвидировать. Для организации на предприятиях системы прогнозной аналитики применяются технологии, основанные на сборе и анализе больших данных.

Другое востребованное решение — система экомониторинга. Решение, объединяющее технологии видеоаналитики, геопозиционирования, а также сбора, хранения и анализа данных, позволяет в онлайн-режиме моделировать состояние атмосферного воздуха при фактических метеоусловиях и с учетом всех возможных источников выбросов. Если выявляется превышение допустимых концентраций, специалисты предприятий оперативно организуют дополнительные меры по снижению выбросов в атмосферу. Также экомониторинг помогает определять основных вкладчиков в загрязнение атмосферы, корректировать стратегию мероприятий, направленных на снижение выбросов парниковых газов [5].

Для контроля за снижением эмиссий CO<sub>2</sub> и других вредных веществ промышленные компании применяют в производственных нуждах IT-решения на основе больших данных, машинного обучения, интернета вещей, робототехники и т. д. Здесь особенно стоит отметить развитие сценариев раздельного сбора и переработки отхо-

дов за счет компьютерного зрения, прогнозной аналитики, системы искусственного интеллекта.

На фоне пандемии COVID-19 существенно возросло значение Social в политике компаний. С точки зрения привлечения инвестиций важно, как соблюдаются права работников, вопросы социального страхования, организации труда, корпоративной культуры в целом [6].

Сфера охраны труда и промышленной безопасности претерпевает сегодня существенные изменения, в том числе за счет цифровизации системы управления в сфере охраны труда и производственной безопасности. Например, растет популярность проведения виртуальных вводных инструктажей для новых сотрудников в системе управления обучением персонала LMS. Такой процесс обучения, включающий детальный обучающий курс и обязательную сдачу экзаменов в удаленном формате, позволяет сделать прохождение инструктажа не просто формальностью, а личной ответственностью каждого сотрудника.

В первую очередь речь идет об организации непрерывного обмена информацией между субъектами бизнес-процессов, который крайне важен для принятия управленческих решений. Важно отметить, что для обеспечения эффективного менеджмента критичным фактором является достоверность и полнота данных, которыми оперируют участники процессов.

Существенное препятствие для быстрого и бесшовного перехода к системе прозрачного управления и выстраивания последовательной цепочки процессов — набор корпоративных информационных систем (ИС), одновременно действующих на предприятиях. Зачастую наблюдается разобщенность ИС, которые внедрялись на промышленных предприятиях еще в 90-х и 00-х с использованием разных программных средств, их несовместимость и противоречивость поступающей из них информации [7].

Задача по консолидации данных решается внедрением на предприятии цифровой корпоративной платформы, которая аккумулирует сведения из разных информационных систем и является единой точкой доступа к объективной и корректной информации.

Цифровая платформа объединяет сведения о процессах из всех действующих на предприятии корпоративных систем. В результате

их консолидации на предприятии создается единая информационная среда, содержащая достоверную и объективную информацию. Таким образом исключается дублирование данных, их потеря, искажение при занесении или переносе из одной системы в другую [8].

Цифровая корпоративная платформа может включать в себя неограниченное количество надстраиваемых модулей (информационных систем) для бухгалтерского, HR-, складского, логистического и других видов учета и позволяет обмениваться информацией о производственных процессах, финансовых операциях, закупках сырья, рынках сбыта и т. д. На основе этой информации управленцы могут вносить корректировки в деятельность предприятия.

Особую ценность единая цифровая платформа корпоративных данных представляет для руководства холдингов, так как система позволяет объединить информацию, поступающую из филиалов, осуществлять дистанционный мониторинг деятельности всех подразделений, обеспечивать прозрачность корпоративного управления и всех бизнес-процессов для инвесторов и акционеров.

Для повышения уровня управления предприятием применяются как привычные на корпоративном рынке решения класса ERP, BPM и MES, так и новейшие цифровые инструменты, позволяющие управлять рисками и повышать прозрачность и эффективность бизнес- и производственных процессов. Это системы управления надежностью оборудования, качеством продукции, роботизация рутинных операций, они являются модулями цифровой платформы [9].

В России понятия «устойчивое развитие» и «ESG» зачастую используют как взаимозаменяемые термины. Устойчивое развитие — несколько более широкое понятие, чем ESG. ESG — это ответственное ведение бизнеса с учетом параметров экологической, социальной ответственности и открытых стандартов управления, то есть тех механизмов, которые обеспечивают устойчивое развитие компании. Иными словами, ESG — это инструменты, а устойчивое развитие — цель. Устойчивое развитие — это процесс гармоничного роста, к которому компании и общество должны стремиться, а ESG — это инструменты реализации этого процесса [10].

С учетом текущей геополитической ситуации можно предположить, что акценты в стимулах для российских компаний будут сме-

щаться. Скорее всего, существенно возрастет роль регулятора за счет развития общей законодательной базы в области устойчивого развития, в том числе стимулирующих мер. Роль западных инвесторов как ключевого драйвера принятия ESG-решений, вероятнее всего, существенно снизится — при этом необходимо понимать, что переориентация российского бизнеса на новые рынки (в первую очередь, Азиатско-Тихоокеанского региона) также столкнется с существенными требованиями в области ESG. При таком сценарии российским промышленным компаниям придется учитывать требования азиатских партнеров в области устойчивого развития.

### *Список литературы*

1. Орлова Л.Н. Риск-культура промышленных предприятий в контексте реализации ESG-принципов // Креативная экономика. — 2022. — Том 16. — № 6. — С. 2257–2276. — doi: 10.18334/ce.16.6.114822.
2. ESG: три буквы, которые меняют мир [Текст]: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2022 г. / И. В. Ведерин, К. И. Головщинский, М. И. Давыдов, Б. Б. Петько, М. С. Сабирова, С. В. Терсков, Е. А. Шишкин; под науч.ред. К. И. Головщинского; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2022. — 138 с. — ISBN 978-5-7598-2659-0 (в обл.). — ISBN 978-5-7598-2469-5 (e-book).
3. <https://tass.ru/ekonomika/12690763>
4. <https://vc.ru/offline/346690-kak-rossiyskaya-promyshlennost-vklyuchaetsya-v-povestku-esg>
5. Устойчивое развитие промышленных систем — анализ теоретических подходов, 93УДК 338.24; 338.012 Штрих Николай Иванович<sup>1</sup>, д-р техн. наук, доц. Гардт Александр Александрович, ст. преп. Гладких Максим Олегович, канд. экон. наук Сургутский государственный университет, Воронежский государственный университет.
6. Афанасьев А.М. Устойчивость социально-экономических систем: сущность и механизм // Экономика и управление, 2011, no. 10 (83), с. 146–151.2.
7. Боткин И.О., Гуленок О.И. Многоуровневое производство инноваций как ресурс повышения устойчивости развития социально-



- экономической системы // Журнал экономической теории, 2015, по. 4, с. 7–14.3.
8. Вертакова Ю.В. Индикативное управление устойчивым развитием регионального хозяйственного комплекса: диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук. Курск, 2005, с. 44.4.
  9. Восканян Е. Управление устойчивостью социально-экономических систем: направления решений обозначены // Эффективное антикризисное управление, 2016, по. 6 (99), с. 20–25.5.
  10. Гегель Г. Наука логики. Москва, Мысль, 1998. 6. Иванова Е.В. Управление институциональной устойчивостью региональных социально-экономических систем.

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ В РФ

*К.С. Манахов, Т.Е. Тарловский*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** *Целью является изучение одной из самых сложных и масштабных отраслей нашей страны — машиностроения.*

**Ключевые слова:** *машиностроение, отрасль машиностроения, инвестиции в машиностроении, перспектива машиностроения.*

Машиностроение является основой промышленности любой страны. Важность данной отрасли для государства состоит в том, что машиностроение снабжает многие отрасли своей продукцией. Машиностроение обеспечивает любое производство машинами и оборудованием, а население — предметами потребления. На сегодняшний день не существует области, в которой тем или иным образом не использовалась бы продукция отраслей машиностроения. От уровня развития машиностроения зависит устойчивость и эффективность развития экономики страны [1].

Машиностроение как отрасль насчитывает почти тысячелетнюю историю. Изменяясь по своей структуре и видах выпускаемой продукции, она соединила в себе сотни подотраслей, направленных на

производство различных товаров: от простого станка до сложнейшей высокоточной техники. Такой симбиоз внутри данной отрасли делает ее основным проводником в достижении новых открытий и развития общества в целом. В то же время наличие большого количества составляющих делают оценку отрасли довольно затруднительным. В современных условиях жесткой конкуренции, санкциях и других внешних факторов встает вопрос о перспективах машиностроения в стране. Для этого сначала необходимо понимать о текущем состоянии отрасли и основных проблемах, с которыми сталкиваются участники машиностроительной отрасли [2, 3].

В последнее время динамика развития в машиностроительном комплексе России находится на спаде. Положительная динамика оказалась только у пяти подотраслей по итогам первой половины 2022 года (производство турбин, авиационной техники и др.). В то же время в железнодорожном машиностроении третий год подряд сохраняется отрицательная динамика производства. В производстве сельскохозяйственной техники отрицательная динамика, вызванная дефицитом импортных комплектующих. Производство легковых автомобилей снизилось в 10 раз. Многие заводы были остановлены. Все эти факты заставляют задуматься об основных проблемах, которые могли вызвать упадок данной отрасли.

Во-первых, по моему мнению, одна из причин проседания машиностроения в нашей стране — это сильная зависимость от импортных изделий. Ввод санкций и уход части производителей из страны сильно ударил по многим заводам. Несмотря на быстрый на «поворот Восток», качество аналогов оставляет на данный момент много вопросов. В то же время аналогов собственного производства в стране просто нет [4].

Второй причиной может являться низкое техническое оснащение машиностроительных предприятий, выпуск морально устаревшей продукции. Кроме этого, у многих производителей остается проблема большого физического и морального износа оборудования. На решения этих проблем требуются огромные инвестиции, которых у предприятий просто нет из-за низкой инвестиционной и кредитной привлекательности отечественных машиностроительных предприятий.

Еще одной причиной низкого уровня развития машиностроения в России это — острая нехватка квалифицированных кадров. В по-

следнее время уровень образования в нашей стране хромает и это отражается на производстве. Предприятиям все сложнее найти квалифицированного специалиста [5].

Конечно, есть и много других проблем таких как недостаточный темп роста и развития отдельных направлений машиностроения (приборостроения, электроники, станкостроения), низкое качество отечественного металла, низкая скорость перепрофилирование крупных предприятий с учетом современных тенденций, недостаточное развитие наукоемкого машиностроения и переизбыток металлоемкого.

Несмотря на большое количество проблем перспективы рассматриваемой отрасли огромны. В текущих реалиях есть возможность восстановить позиции России на мировой арене по уровню техники и технологий. Однако для этого потребуются большое количество инвестиций и поддержка государства. Развитие данной отрасли для нашей страны на мой взгляд это вопрос выживания.

В заключении можно сделать вывод, что в сложившейся обстановке в машиностроении есть много проблем, но есть и огромные перспективы. Необходимо постепенно уходить от импортных товаров к своим. При этом следует развивать технологии и улучшать качество товаров и услуг.

### ***Список литературы***

1. Дмитриев Н.Д., Зайцев А.А. Управление рыночной стоимостью с помощью регулирования инновационной активности предприятия // В сборнике: Цифровая экономика и индустрия 4.0: Форсайт Россия. Сборник трудов научно-практической конференции с зарубежным участием. — Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.— 2020. — С. 55–64.
2. Казин Д.Р., Шибанов К.С. Цифровые технологии настоящего и будущего // Сборник материалов IX Региональной межвузовской научно-практической конференции «Творчество молодых — родному региону» / Казань, 2022. — С. 198–207.
3. Наминова К.А., Бадминов М.Б. Персонал — главный потенциал для роста и развития предприятия // В сборнике: Экономический рост: управление и организация. Материалы Национальной на-

- учно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора З.Н. Босчаевой. Редколлегия: К.И. Макаева [и др.]. — Элиста, 2021. — С. 71–73.
4. Щербакова Н.С., Теплых М.Д., Дин Л., Шитова А.В. Методы повышения конкурентоспособности высокотехнологичных предприятий // Экономика и предпринимательство.— 2020.— № 1 (114). — С. 809–812.
  5. Юрлов Ф.Ф., Яшин С.Н., Лапаев Д.Н., Плеханова А.Ф. Многокритериальная оценка экономического состояния и инновационной деятельности промышленных предприятий // Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов России по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 220600 — «Инноватика» и специальности 220601 — «Управление инновациями» / Нижний Новгород, 2009.

## **РОЛЬ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Е.А. Паршин, С.П. Орлов, А.А. Шиков*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация:** *Статья посвящена инновациям в промышленности. В ней описаны типичные задачи, для которых применяют инновации. Определены сложности, с которыми сталкиваются при их внедрении.*

**Ключевые слова:** *инновации в промышленности, искусственный интеллект, машинное зрение, машинное обучение.*

В промышленной индустрии внедрение инновационных технологий, как правило, соединено с автоматизацией производственных процессов и сокращением сотрудников. Машина с системой искусственного интеллекта собирает детали, легко запоминает последовательность действий, безошибочность крепления элементов, точно

рассчитывает данные и оптимизирует сборку: в каком порядке расположить детали и как надежно их закрепить.

Так, например, корейская компания LG планирует в 2033 году запустить полностью автоматизированный завод. Все процессы будут выполняться с помощью ИИ — от закупки сырья и расходных материалов до изготовления продукции, и ее отгрузки. Дополнительно искусственный интеллект будет отвечать за контроль износа производственного оборудования, ценообразования, выполнения планов. Позволяющее тем самым в будущем, при быстром росте информационных технологий, удешевить свою продукцию за счет уменьшения производственного брака, связанного с человеческим фактором.

Типичные задачи, для которых российские компании применяют искусственный интеллект, уже включают:

1. кластерный анализ в маркетинге;
2. классификация обращений в техподдержку;
3. распознавание отметок в бюллетенях и формах для переноса в электронную базу данных;
4. персонализация контента;
5. планирование материальных, финансовых и человеческих ресурсов;
6. прогноз поведения заказчика на основе предыдущего опыта;
7. прогноз срока изготовления и времени доставки заказа.

Для отраслей, которые традиционно занимаются эксплуатацией оборудования, важно иметь постоянную обратную связь от работающего изделия для оценки поведения объекта в режиме реального времени, прогноза возможных нештатных ситуаций, предотвращения внезапного выхода оборудования из строя. В этих случаях необходим анализ большого объема данных для извлечения информации из систематически собираемых сведений. Но в промышленности зачастую не хватает полученной информации от реально работающих объектов, поэтому базу данных нужно дополнять результатами натуральных и виртуальных экспериментов, используя технологии инженерного анализа на основе численного моделирования, проводя регулярную калибровку для повышения качества прогноза. В результате мы получаем модель на основе исторических данных, дополненных результатами виртуальных экспериментов, чтобы информации было достаточно для качественного обучения. Это помогает объ-

яснить выявленные в ходе анализа тенденции, а также предсказать появление новых аспектов и даже провести классификацию или сегментирование данных на основе шаблонов поведения, обнаружить которые с помощью традиционных «человеческих» способов практически невозможно. В этом случае могут применяться самые разные алгоритмы машинного обучения. Например, в случае технической диагностики оборудования, когда достаточно сообщить только состояние объекта (исправен/неисправен), можно применить метод обучения с учителем (бинарная классификация: объект исправен/объект неисправен).

При внедрении систем искусственного интеллекта специалисты сталкиваются с рядом сложностей:

1. На данный момент остается непонятным, кто должен отвечать за возникающие инциденты при работе с искусственным интеллектом — создатели или те, кто его использует.
2. Инновационные технологии доступны лишь крупнейшим компаниям или министерствам, которые могут позволить себе вложить большие суммы и получить от этого отдачу только через несколько лет. Так, на развитие программы «Цифровая экономика», которая включает в себя технологии с ИИ.
3. Для обучения и успешной работы с искусственным интеллектом требуются массы информации. Вместе с этим возникает проблема безопасности данных. Создание инновационных проектов не всегда обеспечено необходимым уровнем конфиденциальности для сохранности данных.
4. После закупки робототехники или инновационных программ наступает этап интеграции в бизнес, где возникает ряд проблем с кадрами. В 2020 году наблюдается дефицит специалистов, способных выполнить все необходимые надстройки искусственного интеллекта для их внедрения в бизнес.

Для решение некоторых проблем машинного обучения, необходимо применять технологию машинного зрения. Данная технология позволяет значительно удешевить процессы внедрения и поддержки ПО.

Машинное зрение — это набор технологий, позволяющий компьютерам не просто обрабатывать изображения как массив данных, а воспринимать их и интерпретировать подобным человеку образом.

Все популярнее оно становится в промышленности, поскольку такие методы позволяют автоматизировать и существенно улучшить процесс, за которым нужен визуальный контроль.

В качестве примера можно привести отбраковка, анализ, сбор информации о различного рода продукций, к примеру:

1. Металлургических предприятиях;
2. Машиностроительных отраслях;
3. Военной промышленности.

Основная задача состоит в локализации и классификации дефектов с помощью выбранных алгоритмов. Один из ключевых методов в данном случае — глубокое обучение. Для тренировки «глубоких» сетей необходимы корректно сформированные обучающие выборки достаточно больших размеров, качество которых определяется полнотой и непротиворечивостью входных данных. При этом обеспечивается реализация воспроизводимого процесса, позволяющего на основе общих представлений о качестве продукции получать устойчивые, пригодные для принятия решения о наличии дефектов выходные данные.

Крупные компании России уже начинают вводить данные технологии машинного обучения. Так, на прессово-рамном заводе «КАМАЗа» апробировали проект по внедрению системы машинного зрения, который позволит вести идентификацию сложных деталей в цифровом формате.

Проект по внедрению системы оценки деталей на основе технического зрения был разработан в рамках решения проблем по идентификации и прослеживаемости комплектующих в окрасочных цехах прессово-рамного завода. Связано это, в первую очередь, с увеличением количества номенклатуры, проходящей через отдельные участки окрасочных линий. При этом, видимая маркировка имела не на всех окрашиваемых деталях.

Внедрение технологии машинного зрения позволит исключить возможную пересортицу деталей за счет устранения проблем с их идентификацией, простой конвейера сведется к минимуму из-за отсутствия необходимости сверки деталей с документацией. Кроме того, если расширить функционал этой системы, можно оценивать изделие на соответствие требованиям конструкторской документации, в том числе и по лакокрасочному покрытию.

Робототехника является традиционной областью применения машинного зрения. Однако основная доля парка роботов долгое время приходилась на промышленность, где ощущение роботов не было лишним, но благодаря хорошо контролируемым условиям (низкой недетерминированности среды) возможными оказывались узкоспециализированные решения, в том числе и для задач машинного зрения. Кроме того, промышленные приложения допускали использование дорогостоящего оборудования, включающего оптические и вычислительные системы.

В этой связи показательно то, что доля парка роботов, приходящаяся на промышленных роботов, стала менее 50% лишь в начале 2000-х годов. Стала развиваться робототехника, предназначенная для массового потребителя. Для бытовых роботов, в отличие от промышленных, критичной является стоимость, а также время автономной работы, что подразумевает использование мобильных и встраиваемых процессорных систем. При этом такие роботы должны функционировать в недетерминированных средах. К примеру, в промышленности долгое время использовались фотограмметрические метки, наклеиваемые на объекты наблюдения или калибровочные доски, — для решения задач определения внутренних параметров и внешней ориентации камер. Естественно, необходимость наклеивать пользователю такие метки на предметы интерьера существенно ухудшила бы потребительские качества бытовых роботов. Не удивительно, что рынок бытовых роботов ждал для начала своего бурного развития достижения определенного уровня технологий, что произошло в конце 90-х.

Точкой отсчета этого события может служить выпуск первой версии робота AIBO (Sony), который, несмотря на сравнительно высокую цену (\$2500), пользовался большим спросом. Первая партия этих роботов в количестве 5000 экземпляров была раскуплена в Интернете за 20 мин., вторая партия, и далее темп продаж составлял порядка 20 000 экземпляров в год.

В заключение можно отметить, что применение статистических методов в производстве и на этапе эксплуатации — это тупиковая ветвь развития. Симбиоз алгоритмов машинного обучения и численного моделирования — это полностью обусловленное решение. Да, есть риски, но их можно нивелировать с помощью сильной от-



раслевой экспертизы и лучших в классе технологий. Цифровизация промышленности — это настоящее и будущее промышленности, простой, отказы, перегруз мощностей влекут за собой большие риски и серьезные финансовые потери. Система только вырабатывает рекомендации — принятие решения все равно остается за человеком. Возможно, в очень скором времени искусственный интеллект сможет решать новые творческие задачи, но сегодня наиболее реалистично выглядит технологический тандем человека и машины.

### **Список литературы**

1. Применение искусственного интеллекта в промышленности. Предпосылки и возможности (sapr.ru).
2. Нейронные сети: мировой рынок и известные разработки нейросетей — Бизнес-журнал В-МАГ.
3. «КАМАЗ» внедрил технологии машинного зрения для распознавания деталей / ComNews.

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МИРОВОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*В.Е. Райхман, Д.А. Сафронова, А.С. Сафронов*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В статье рассматриваются актуальные проблемы нефтегазовой промышленности. Выявлены проблемы в сфере увеличения объемов добычи в развивающихся странах мира, вопросы экологии, конкуренция на мировом рынке; изменение цен на нефть и газ.  
**Ключевые слова:** нефтегазовая промышленность, сырье, нефть, газ.

В настоящее время развитие нефтегазовой индустрии продолжается, в связи с этим задачей статьи является рассмотрение актуальных проблем этой отрасли. Глобальная нефтегазовая промышленность является одной из важнейших частей мировой экономики, а также оказывает большое воздействие на развитие других отраслей.

Состав нефтегазовой индустрии состоит из:

1. Разведки и добычи нефти и газов;
2. Переработки нефти и газов;
3. Транспортировки нефти и газов.

В комплекс сырьевой отрасли входит не только добыча нефтегазового энергоресурса из земли, но также период механизмов по очистке топлива, его проработке к транспортировке, доставке по трубопроводам или же с помощью грузовых средств, обработке материалов в нефтепродукты и его складирование.

Развитие нефтегазовой промышленности в настоящее время включает урегулирование двух целей: увеличение долговременной устойчивости и результативности осуществления деятельности в данной промышленности. Сюда также входит обеспечение требуемых инвестиций в сырьевую структуру, что даст необходимость получить новые пути для экономического развития. Эти задачи абсолютно взаимосвязаны.

Решение имеющихся проблем зависит от стабильного и продолжительного развития нефтегазовой отрасли. Это намного увеличивает вероятность осуществления поставленных задач. Поэтому к нефтегазовой промышленности необходимо привлекать отечественные власти и государственные органы. Только таким образом развитие нефтегазового сектора может получить наибольшую эффективность, успешно будут применяться все запасы полезных ископаемых [1].

Крупнейшими производителями нефти в мире являются Роснефть, Лукойл, Газпром нефть, Саудовская Арамко, Национальная иранская нефтяная компания, ExxonMobil и PetroChina [2].

В свою очередь, в развитых странах Азии строятся новейшие современные нефтеперерабатывающие заводы. Ликвидация проектов заданет в основном США и страны ЕС, политика которых ориентирована на расширение использования биотоплива в транспортном секторе и внедрение альтернативных типов двигателей.

Неувязка отстающего от научно-технического оснащения станет решена методом модернизации заводов, собственно, что приведет к улучшению свойства сырья. Несмотря на итоги становления нефтегазовой индустрии, в ее работе сложились проблемные истории и отрицательные свойства.

Актуальные проблемы, которые стоят перед нефтегазовой отраслью, включают в себя:

1. Недостаточные резервы нефти и газов в некоторых крупнейших странах мира (США, Франция, Норвегия и др.). Эта трудность обуславливает целесообразность увеличения товарооборотов геологоразведочных работёнок, использования нетрадиционных видов сырья, проведения геополитики ресурсосбережения во всех областях и инвестирования нефти у разных стран.
2. Нарастание объемов добычи нефти и газов в развитых странах мира. Нефтяная компетентность таких стран, как Пакистан, Венесуэла, Боливия, Индонезия, разрастается. Национальные госкомпании стран, совершенствуются достаточно динамично, что в целевой перспективе символизирует повышение их нужности в нефтегазовом комфорт-классе мира.
3. Формирование независимых нефтедобывающих заводов в Евросоюзов и Западной Англии. Конкуренция между юго-восточными и восточными госпредприятиями в нефтегазовой индустрии будет способствовать не только усложнению технологии предприятия и увеличению объёмов производства бензинов, но и увеличению приростов производства товаров нефтегазового биосинтеза.
4. Дефицит нефтедобычи в странах Дальнего Востока, а именно в Японии и Китае.
5. Изменение на нефть и газ в последние годы.
6. Социально-экономические проблемы. Самое главное — это рост наценок на топливо. Это влечёт к повышению акцизов на проезд в социальном транспорте, наценок на продукты продовольствия и т.д.
7. Вопросы экологии. Это одна из самых больших трудностей нефтяной промышленности. Довольно часто во время добычи или транспортировки нефти возникают чрезвычайные ситуации, причиняющие большой урон экологии. Следует также обозначить, что нефть является не возобновляемым биоресурсом, и ее добыча приводит к дополнительному увеличению температуры атмосферы, развитию антропогенного эффекта и переутомлению озонового пласта. Решение техногенной проблемы будет заключаться, прежде всего, в углублении утилизации нефти и газов, что

воздействует на рациональность ее внедрения и состояние естественной среды.

Также стоит отметить, что в России в 2020 году произошел спад добычи нефти и газа.

На фоне пандемии Covid-19 и всеобщего падения экономики добыча главных ресурсов страны упала до антирекордных минимумов [3].

По сведениям ЦДУ ТЭК, совместные объёмы изготовления нефти и конденсата составили 512,7 млн т, собственно, что на 8,6% меньше прошлогоднего итога. Показатель «достиг» 10-летнего минимального количества — в 2010 году нефтяники возымели 512,3 млн т. Среднесуточная нефтедобыча закреплена на уровне 10,27 млн баррелей.

Большой лепта обычно занесла НК «Роснефть», добыв за 2020 год 179,9 млн т (35,1% от совместного объёма добычи). Фирмы «ЛУК-ОЙЛа» за 12 месяцев извлекли 73,4 млн т нефти, «Сургутнефтегаза» — 54,7 млн т. С итогом в 38,9 млн т завершила год «Газпром нефть», на отметке чуток больше 26 млн т тормознула «Татнефть».

Создание газа в РФ равняется 692,3 миллиардов м<sup>3</sup>, собственно, что на 6,2% меньше сравнительно 2019 года. Из их на долю «Газпрома» довелось 452,7 кубов. Отметим, собственно, что в декабре газовики сумели уменьшить снижение до 1,6% — за конечный луна ушедшего года было получено 66,28 миллиардов кубов [4].

Для сопоставления, в 2019 году нефтегазовые фирмы добыли рекордные 560,2 млн т нефти и 738 миллиардов кубов природного газа.

К перечню задач русского НКГ прибавляется мощный износ ведущих фондов топливно-энергетического ансамбля (в электроэнергетике и газовой индустрии — практически 60%, в нефтеперерабатывающей индустрии — 80%).

Отличаются еще: небольшая уровень инвестирования, подневольность экономики и энергетики государства от припаса природного газа и несоответствие производственного потенциала топливно-энергетического ансамбля РФ и становление его инфраструктуры по отношению к крупному научно-техническому уровню, включающему экологические стереотипы.

Вспомогательный минус нефтегазового ансамбля государства — невысокий степень нефтяной переработки. В год приблизительно перерабатывается в пределах пятидесяти процентов всей добываемого сырья. В качестве примера пойдем процентное соответствие

переработки добытого сырья в различных государствах мира: глубина переработки в РФ оформляет 75%, в USA — 92–93%, в Западной Европе — 85–90%, в КНР — 85%. Прежние республики СССР не перебегают порог 80%, а в государствах — членах ОПЕК (Организация государств — экспортёров нефти) — 85%. В итоге, русская продукция не популярна по ряду оснований. Неувязка отстающего от научно-технического оснащения станет решена методом модернизации заводов, собственно, что подъедет к улучшению свойства сырья и подымет его востребованность на крупном рынке. ОАО «НК «Роснефть» содержит большой прогресс в модернизации оснащения на являющихся собственностью ей нефтепромышленных заводах [5].

По результатам работы, следует отметить, что ценность нефти считается интересы Соединенных Штатов и многих других развитых стран с рыночной экономикой, а не интересами самой нефтяной промышленности. В большинстве ограниченных стран мира используется сверхприбыльная налоговая система, которая задумана за счет использования природных ресурсов. Например, в Норвегии, Венесуэле, Кувейте, Соединенных Штатах, Омане платежи за ренту взимаются с пользователей нефтегазовой отрасли, а в Чили — с компаний.

В прогрессивной Российской Федерации нефтегазовые компании полагаются на руководство одного человека и диалог, конкуренцию с необходимыми структурами, поэтому могут быть установлены идеальные отношения между страной и бизнесменом.

### ***Список литературы***

1. Aralbaev, Z. T. Directions for improving the management of innovative development of the oil and gas industry / Z. T. Aralbaev, G. G. Aralbaeva, A. M. Savina // International Research Journal.— 2021. — No. 2–2(104). — P. 6–12. — DOI 10.23670/IRJ.2021.103.2.032.
2. Chalikova-Ukhanova, M. V. Improvement of mechanisms of project implementation in oil and gas industry / M. V. Chalikova-Ukhanova, A. V. Samarukha, O. N. Baklashkina // Journal «Economy and Entrepreneurship» Journal of Economy and entrepreneurship Journal Economy and Entrepreneurship.— 2020. — No. 7(120). — P. 217–221. — DOI 10.34925/EIP.2020.120.7.040.

3. Olimov, B. Technology of obtaining effective corrosion inhibitors in the oil and gas industry / B. Olimov, M. Sadiqova, I. Beshimov.— 2022. — No. 1–3(94). — P. 85–87. — DOI 10.32743/UniTech.2022.94.1.12950.
4. Covid-19 pandemic impact on the oil and gas industry.— 2020. — Vol. 3, No. 1. — P. 102–108.
5. Olimov, B. Production and properties of corrosion inhibitors in the oil and gas industry / B. Olimov, G. Gafurova, O. Qudratov // Universum: chemistry and biology.— 2022. — No. 2–2(92). — P. 47–51. — DOI 10.32743/UniChem.2022.92.2.13009.

## **АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ТЕКУЧЕСТИ КАДРОВ И СПОСОБОВ МИНИМИЗАЦИИ ИХ ПОТЕРЬ**

*К.С. Манахов, Т.Е. Тарловский*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСИС», г. Выкса*

**Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы текучести кадров и негативных последствий данного явления. Изучены основные виды текучести кадров, разобраны основные причины возникновения текучести. По итогам работы даны рекомендации по снижению текучести кадров.

**Ключевые слова:** текучесть кадров, естественная текучесть кадров, адаптивная текучесть, пассивная текучесть, скрытая текучесть.

На сегодняшний день ключевым элементом для достижения целей компании является человеческий ресурс. Именно кадры обеспечивают работу всех процессов в организации. Если у организации возникают проблемы с сырьем или оборудованием, это можно решить дополнительными закупками. Но проблемы с персоналом не всегда можно решить так просто. Отсутствие быстрого решения проблемы с персоналом может привести к негативным последствиям и потере прибыли организации. Одной из таких проблем с персоналом может являться текучесть кадров. Данный процесс естественный для любой компании, но только в рамках определенных границ характерных отрасли, в которой данная компания работает [3]. Общепринятая нормальная текучесть составляет 5% в год, но в некоторых отраслях

она может достигать и 35% (торговля). Для более полного анализа данного процесса необходимо разобраться в видах текучести и определить негативные последствия высокой текучести.

Основные негативные факторы, которые несет за собой текучка кадров:

1. Уходят опытные, проверенные временем сотрудники. Особенно плохо, если ушли они по вине работодателя или из-за плохого климата в коллективе. В результате компания лишится ценного работника, который приносил прибыль и знал все тонкости работы [2].
2. Опытные работники уходят к конкурентам. Вероятность того, что работник сменит сферу деятельности очень низкая, поэтому ценный ресурс компании перетечет к конкуренту.
3. На вакантные места приходят новички с малым опытом. Новичков необходимо будет обучать, а это дополнительные затраты. Первое время сотрудник будет работать с низкой производительностью, пока не наработает навык, а это может занять не один год. Кроме этого, велик риск ухода данного сотрудника в следствии не вливания в коллектив и ритм работы. В этот период компания гарантированно теряет прибыль [4].
4. Компания может потерять клиентов если ушел, например, менеджер по продажам.
5. Изменение климата в коллективе. Увольнение ключевого сотрудника может отразиться на всем коллективе. Некоторые сотрудники могут последовать примеру одного и покинуть компанию.
6. Снижается эффективность труда других сотрудников. Если текучесть кадров вызвана решением менеджмента это может отразиться на мотивации остального коллектива и уважительное отношение к руководству компании [7].

Текучесть кадров не всегда приносит только отрицательные моменты, но также и положительный эффект. Как ранее уже было сказано, текучесть кадров — это естественный процесс, который помогает обновить кадры и привести в компанию свежую кровь. Обновление кадров помогает компании совершенствоваться и развиваться несмотря на возможные негативные эффекты. Кроме этого, компания может экономить на данном процессе, т.к. молодому сотруднику на первых этапах можно меньше платить.

Текучесть кадров — это количество уволенных сотрудников за определенный период. Для минимизации рисков по текучести необходимо разбираться в её видах:

- Естественная текучесть кадров. Обычно не превышает 3–5% в год. Полезна для коллектива: меняет возрастную структуру и повышает кадровый потенциал. Естественная текучесть в разных сферах деятельности различны и могут достигать 30%. Особых мер контроля за данной текучестью не требуется [6].
  - Адаптивная текучесть. Вначале трудовой деятельности в новой организации сотруднику требуется адаптироваться к новым условиям. Обычно за работником в этот период закрепляют наставника. Сотрудник уходит в этот период, потому что понимает, что работать здесь не сможет [2].
  - Активная текучесть. По сути это уход по собственному желанию в следствии ряда причин: не устраивают условия труда, низкая зарплата, обязанности и т.д. Данный уровень текучести не должен превышать уровень естественной текучести.
  - Пассивная текучесть. Увольнение по инициации работодателя: сокращение, ликвидация организации, несоответствие занимаемой должности, невыполнение трудовых обязанностей, нарушение установленных правил внутреннего трудового распорядка и т.д.
  - Скрытая (психологическая) текучесть. Сотрудники при такой текучести физически не покидают организацию, но фактически выключаются из организационной деятельности.
  - Текучесть по категориям персонала. Анализ такой текучести показывает, что какие группы персонала утекают быстрее [9].
- Разберем основные причины текучести кадров:
- Ошибки менеджмента. Зачастую работники, не получая обратную связь от руководителя, выгорают и теряют мотивацию к хорошей работе.
  - Ошибки в подборе персонала. Если отсутствует четкая система подбора и принимают всех подряд, то это может привести к тому, что сотрудники приходят работать на рабочие места без должной подготовки и долго не задерживаются.
  - Сложности адаптации. В период адаптации важно, чтобы сотрудник влился в коллектив. Для этого к нему рекомендуется прикреплять опытного наставника.



- Сложные условия труда. Не каждый сотрудник готов к вредным или тяжелым условиям труда, даже если этот труд хорошо оплачивается [10].
- Сложный психологический климат в коллективе. Отношение в коллективе не маловажный фактор хорошей работы участка. Интриги и сплетни коллег могут стать поводом для увольнения ключевого специалиста.
- Отсутствие дальнейших перспектив. Некоторые сотрудники готовы смириться с отсутствием дальнейшего роста, но некоторые ищут компании, где смогут удовлетворить свои карьерные амбиции.
- Низкий уровень оплаты труда. Рост уровня жизни и амбиции подстёгивают сотрудников искать более оплачиваемую работу [5].

По итогам всего сказанного можно сделать вывод о том, что для стабильной работы компании необходимо постоянно контролировать уровень текучести кадров. Для стабилизации и минимизации данного показателя можно применять следующие инструменты:

- Правильная и выработанная линия подбора персонала;
- Разработка программы адаптации новых сотрудников, которая поможет сотрудникам влиться в коллектив и быстро адаптироваться на рабочем месте;
- Постоянно мотивировать сотрудников на достижение новых целей (премии, благодарности, подарки и т.д.);
- Проводить анализ уровня оплаты труда с рынком и вовремя инициировать пересмотры заработных плат;
- Минимизировать количество сотрудников, которые не поддерживают цели организации;
- Дать каждому сотруднику возможность роста (вертикального или горизонтального);
- Разработать систему оценки деятельности персонала и давать адекватную обратную связь по итогам работы;
- Развивать корпоративную культуру;
- Проводить мероприятия по повышению сплоченности коллективов.

Представленные мероприятия лишь часть возможных инструментов, которые можно будет применить для снижения уровня текучести персонала, но для этого в первую очередь необходимо про-

вести разносторонний анализ по причинам текучести персонала, найти первопричину.

### **Список литературы**

1. Бычков Е.В., Туганов Р.Б. Системы информационного обеспечения сквозной подготовки кадров для отраслевых институтов // Информационные системы и технологии ИСТ-2020. Сборник материалов XXVI Международной научно-технической конференции. — Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.— 2020. — С. 262–268.
2. Васильева С.В., Манова Н.В. Организационная культура — методика улучшения // Проблемы развития социально-экономических и правовых отношений: внешние и внутренние факторы. — Сборник материалов III международной научно-практической конференции. — Сост.: В.А. Орлов; Новгородский филиал Российского университета кооперации; Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого.— 2018. — С. 8–12.
3. Комолов О.О. Деглобализация: новые тенденции и вызовы мировой экономике // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова.— 2021. — Т. 18.— № 2 (116). — С. 34–47.
4. Корнилов Д.А., Яшин С.Н. Использование методов портфельного анализа при стратегическом планировании на предприятиях // Экономический анализ: теория и практика.— 2005.— № 16 (49). — С. 2–8.
5. Лещинская А.Ф., Романченко О.В. Траектории формирования интеллектуального капитала для реализации финансового механизма стимулирования и эффективного восстановления национальной экономики // В книге: Национальная концепция качества: подготовка управленческих кадров. сборник тезисов докладов национальной научно-практической конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 2020. С. 406–410.
6. Макарова Л.В. Стратегии формирования межкультурной стратегии формирования межкультурной компетенции средствами культурологического чтения // Язык, культура и общество в современном мире. — Материалы международной научной конференции.— 2012. — С. 146–148.

7. Мялкин И.В. Формирование информационной образовательной среды, на примере Выксунского филиала ФГАОУ Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» // Информатизация непрерывного образования — 2018. — Материалы Международной научной конференции: в 2 томах. Под общей редакцией В. В. Гриншкуна.— 2018. — С. 683–685.
8. Ногинова Л.Ю. Математическая модель для адаптивной системы аутентификации // Доклады ТСХА.— 2020. — С. 317–321.
9. Фортунатов А.Н. Теоретические основы отбора содержания обучения студентов технических вузов в условиях социального партнерства // Современные проблемы науки и образования.— 2014.— № 3. — С. 237.

## **ИСТОРИЯ «ВЫКСУНСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА»**

*С.А. Копылов, В.В. Грошев*

*Выксунский филиал НИТУ «МИСиС», г. Выкса*

*Аннотация* В статье исследована история «Выксунского металлургического завода».

*Ключевые слова:* Выксунский металлургический завод, ВМЗ.

Выксунский металлургический завод (ВМЗ) — металлургическое предприятие, основной продукцией которого являются стальные трубы и железнодорожные колеса, входит в состав Объединенной металлургической компании (с 1999 года). Находится на территории города Выкса (Нижегородская область).

В состав ОАО «ВМЗ» входят дочерние общества:

- ООО «ВМЗ-Авто» (перевозки автомобильным транспортом),
- ООО «ВМЗ-Техно» (производство инструментов и деталей, переработка отходов металлургического производства, производство товаров народного потребления, садово-огородного инвентаря, отгрузочных реквизитов, порошковая металлургия),
- ООО ЧОП «Булат» (охранные услуги),
- НП СОЦ «Металлург» (физкультура и спорт),

- ООО «Санаторий-профилакторий «Металлург» (санаторно-медицинские услуги).  
Обслуживают зависимые предприятия:
- ООО «ВМЗ-Комфорт» (благоустройство и клининг, содержание зданий),
- ООО «УРС» (организация общественного питания).

В первых десятилетиях XVIII века в окрестностях реки Выксы появились первые примитивные предприятия (родники-«дудки»), где велось кустарное изготовление железа. В 1757 году начался выпуск чугуна на Унженском заводе, расположенном во Владимирской губернии. Осваивание берегов Выксы и Велетьмы началось в 1765 году.



Строительство новых цехов завода



ВМЗ стал крупнейшим в СССР изготовителем электросварных труб и железнодорожных колес. Завод первым в стране освоил технологию порошковой металлургии, а трубоэлектросварочный цех № 5, построенный в 1987 году по японской технологии, считался лучшим в Советском Союзе. В последний год существования СССР на Выксе вошел в строй сверхсовременный трубоэлектросварочный цех № 4 — самый совершенный технологический комплекс в советской трубной индустрии.

В 1992 году стал Открытым акционерным обществом. В 1999 году вошел в состав Объединенной металлургической компании. Завод ввел в эксплуатацию уникальное современное оборудование — участок по нанесению наружной антикоррозийной изоляции. С 2002 года испытания в лабораториях МПС проходят новые, не имеющие аналогов железнодорожные колеса ВМЗ. В 2004 году завод сделал решающие шаги к запуску в серийное производство колес нового поколения, в эксплуатацию введена установка внепечной обработки стали (ВПО). Установка ВПО позволила начать выпуск металла, предназначенного для производства колес нового, более высокого качества. На заводе запустили установку дробебетонного упрочнения колес.

В 2005 году Выксунский трубный завод запустил линию по производству одношовных труб диаметром 1420 мм, предназначенных для магистральных газопроводов. На строительство линии проектной мощностью 450–500 тыс. тонн в год было потрачено порядка \$170 млн.

В 2006 году ВМЗ был признан крупнейшим российским производителем металлических труб. В 2007 году введен в эксплуатацию участок объемной термообработки труб, предназначенный для закалки и отпуска труб диаметром 114–530 мм длиной от 6 м до 13,72 м. ВМЗ, по итогам международного тендера, стал единственным российским поставщиком труб для строительства подводного участка газопровода «Nord Stream» по дну Балтийского моря.

В 2008 году ВМЗ освоил технологию эпоксидного антикоррозионного покрытия труб, предназначенных для использования в конструкциях скважин нефтегазовых месторождений на морском шельфе.



Строительство первых в мире сетчатых оболочек-перекрытий двойкой кривизны конструкции В. Г. Шухова на Выксунском металлургическом заводе, 1897

На Выксунском металлургическом заводе находятся уникальные памятники промышленной архитектуры и технического искусства, построенные великим русским инженером, ученым и почетным академиком Владимиром Григорьевичем Шуховым в конце XIX века. Это цех с первыми в мире парусообразными стальными сетчатыми оболочками покрытия двойкой кривизны и одна из первых в мире гиперboloидных конструкций — стальная ажурная сетчатая гиперboloидная башня. Парусообразные перекрытия цеха — единственные сохранившиеся в России стальные сетчатые перекрытия-оболочки из более тридцати, возведенных по проектам В. Г. Шухова. В здании этого цеха, возможно, будет создан «Музей стального дела в России».

### *Список литературы*

1. Конищев Б.П., Родионов А.А., Митин А.С. Трубы для подводных магистральных газонефтепроводов производства АО «Выксунский металлургический завод» 2010 г.
2. Тимагина Е.Н., Блинова Г.Ф. Акционирование Выксунского металлургического завода. 2007 г.
3. Шумилкин А.С. Шуховская башня в г. Выкса. 2018 г.

*Электронное научное издание*

ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ — РОДНОМУ РЕГИОНУ

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова  
Подготовка оригинал-макета М. В. Голубцов

Подписано к использованию 15.09.2023. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. \_\_\_\_.  
Заказ 1739.

Издательство «Бук». 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.



**БУК**

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
[www.bukbook.ru](http://www.bukbook.ru)



9 785907 753341 >