

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Нижнетагильский
технологический
институт (филиал)**

МОЛОДЕЖЬ И НАУКА

В двух томах

ТОМ 1

Материалы XXI международной научно-практической конференции
старшеклассников, студентов и аспирантов 23 мая 2025 года

Нижний Тагил
2025

УДК 378
ББК Ч21
М73

Ответственные редакторы:

Миронова М. В., канд. техн. наук;
Андреева Т. Н., ст. преподаватель кафедры ОМ

Молодежь и наука : материалы XXI международной научно-практической конференции старшекласников, студентов и аспирантов (23 мая 2025 г., г. Нижний Тагил) : в 2 т. Т. 1 ; Мин-во науки и высш. образования РФ, ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина», Нижнетагил. технол. ин-т (фил.). – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2025. – 212 с.

ISBN 978-5-9544-0158-5 (*т. 1*).

ISBN 978-5-9544-0157-8.

Сборник составлен по материалам XXI Международной научно-практической конференции старшекласников, студентов и аспирантов «МОЛОДЕЖЬ И НАУКА», состоявшейся 23 мая 2025 года. Тематика докладов охватывает актуальные вопросы, стоящие перед современными исследователями, в области машиностроения, металлургии, мехатроники и робототехники.

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей, магистрантов, студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

УДК 378
ББК Ч21

*Сборник составлен на основе материалов,
предоставленных участниками конференции.*

ISBN 978-5-9544-0158-5 (*т. 1*)
ISBN 978-5-9544-0157-8

© НТИ (филиал) УрФУ, 2025
© Авторы статей, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛООБРАБОТКА	8
<i>Ершова М. А., Пегашкин В. Ф.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕЛИНЕЙНОСТИ ДЕТАЛИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ.....	9
<i>Ильченко И. А., Пегашкин В. Ф.</i> ПОСТРОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ПРОИЗВОДСТВА.....	12
<i>Ильченко И. А., Пегашкин В. Ф.</i> ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ	15
<i>Колениченков В. В., Ерисов Я. А.</i> ТРЕХОСЕВОЙ КОМПЛЕКС СИЛОВОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПРОЦЕССА ИНКРЕМЕНТАЛЬНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ	18
<i>Лапшин И. С., Мурзина О. В., Климова И. В.</i> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЛИНЕНИЯ ТЕЛА БОЛТА ПРИ ЗАТЯЖКЕ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ	21
<i>Мурзин П. А., Пегашкин В. Ф.</i> МАШИНА ДЛЯ УБОРКИ ПРОСЫПЕЙ КОКСА	24
<i>Папрусжная Д. Е., Гулькова О. Л., Флерко Т. Г.</i> ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	27
<i>Saleh K., Almarri O., Alshamsi A., Almewali A., Goman V.</i> OUTRUNNER BLDC MOTOR DEVELOPMENT	32
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО	36
<i>Бессонова Е. А., Шевченко О. И.</i> НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ПРИМЕРЕ ОТЛИВКИ «СКОБА УВЯЗОЧНАЯ».....	37
<i>Виноградова Е. С., Мазурина Е. Ю., Мартыненко С. В., Фирстов А. П.</i> ОСОБЕННОСТЬ ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА	40
<i>Демидов Д. А., Пыхтеева К. Б.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ШИХТЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ РАЗЛИЧНОГО ВИДА ШЛАКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВАНАДИЕВОГО ЧУГУНА..	43
<i>Загайнов А. С., Шамина И. В.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ СКАНДИЯ ИЗ ХВОСТОВ МОКРОЙ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ КАЧКАНАРСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА	46
<i>Кабанов Д. В., Шевченко О. И.</i> ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ КОНВЕЙЕРОВ АСПИРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДОМЕННОГО ЦЕХА	49

<i>Кондюрин В. С., Пыхтеева К. Б.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЧУГУНА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ В УСЛОВИЯХ АО «ЕВРАЗ НТМК».....	52
<i>Кузьмич К. С., Шевченко О. И.</i> ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ШЛАКООБРАЗУЮЩИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ СЛЯБОВЫХ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК.....	55
<i>Мильчаков М. О., Стародубцев Д. В., Лановенко И. Э.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СТАНДАРТА ASTM A255-20A ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОКАЛИВАЕМОСТИ, ИСХОДЯ ИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТАЛИ, ПРОИЗВОДИМОЙ ПО ГОСТ 7524-2015.....	58
<i>Миронова М. В., Пыхтеева К. Б., Серкин А. Г., Половец М. В., Сидоров Е. А.</i> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ФИЛЬТРУЕМОСТИ РАСПЛАВОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЧЕРЕЗ КОКСОВУЮ НАСАДКУ	61
<i>Понамарева Е. А.</i> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КАТАПУЛЬТНОГО УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ ШИБЕРНОГО ЗАТВОРА СТАЛЕРАЗЛИВОЧНОГО КОВША	65
<i>Слепнев К. В., Егизарьян Д. К., Шешуков О. Ю., Метелкин А.А.</i> К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ TiO ₂ ПРИ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА В ДОМЕННОМ ПРОЦЕССЕ	69
<i>Тимощенко А. В., Куперман Э. Ю.</i> КОМПЛЕКС ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ФУТЕРОВКИ ЗАЩИТНОГО УКРЫТИЯ ГЛАВНОГО ЖЕЛОБА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ.....	72
<i>Хлопунов И. Д., Форшев А. А., Половец М. В., Николаев Ф. П.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗВЕСТИ В ШИХТЕ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА	74
СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ	76
<i>Ван Кэци, Наумов А. А.</i> МИКРОСТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА В95АТ1, ПОЛУЧЕНОГО МЕТОДОМ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ.....	77
<i>Трекин Г. Е., Сафонов Е. Н.</i> РАСЧЕТ ДЛИНЫ СВАРОЧНОЙ ВАННЫ ПРИ АДДИТИВНОЙ 3D НАПЛАВКЕ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА	80
ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПОЛИМЕРЫ, КОМПОЗИТЫ, КЕРАМИКА... 83	
<i>Берсенева Р., Ноговицына Е. В.</i> СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ.....	84

<i>Дмитриев А. В.</i> ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ КОМПЛЕКСНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК ОТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЫ	87
<i>Залесов П. О., Килякова А. Ю., Орлянский В. Л.</i> ПРИМЕНЕНИЕ 2,5-БИС(Т-ДОДЕЦИЛДИТИО)-1,3,4-ТИАДИЗОЛА В КАЧЕСТВЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРИСАДКИ ДЛЯ КОМПРЕССОРНЫХ МАСЕЛ.....	89
<i>Шоасалзода И. Д., Рахмонов Х. Н., Артёмов А. В.</i> ПЛАСТИКИ БЕЗ СВЯЗУЮЩЕГО НА ОСНОВЕ БИОМАССЫ ТРОСТНИКА: ОЦЕНКА СТЕПЕНИ БИОРАЗЛАГАЕМОСТИ И МЕХАНИЗМ ДЕСТРУКЦИИ	92
<i>Sulima V., Trusova E.</i> LOW-MELTING GLASSES.....	95
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА.....	97
<i>Алиев С. Э. О., Слепынина Т. Н.</i> КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЯ	98
<i>Смолокурова С. А., Слепынина Т. Н.</i> ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ.....	101
<i>Старцева С. С., Пудинов А. В., Слепынина Т. Н.</i> РЕСТАВРАЦИЯ ДЕМИДОВСКОЙ ПОЛИКЛИНИКИ.....	104
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ.....	108
<i>Игнатова Н. Ю.</i> ЦЕННОСТЬ КРЕАТИВНОСТИ: МНОГОМЕРНАЯ ПЕРСПЕКТИВА.....	109
<i>Лазарева Е. В.</i> ИНЖЕНЕРНОЕ МЫШЛЕНИЕ КАК ОСНОВА СОВРЕМЕННОЙ КУЛЬТУРЫ	112
<i>Курашова М. В., Сандалова Н. Ш.</i> НАЛОГОВЫЙ АУДИТ КАК ОСНОВА ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЮБОЙ СФЕРЫ БИЗНЕСА	115
<i>Курашова М. В., Хильченко Л. В.</i> ОТВЕТ РОССИИ НА МЕЖДУНАРОДНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ САНКЦИИ.....	119
<i>Курашова М. В., Шлеткова В. В.</i> РАБОТА С ДЕБИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ КАК ОСНОВА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ РАСЧЕТНО- ИНФОРМАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ И ОРГАНИЗАЦИЙ ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА	121
<i>Селюкова С. Е., Маркина С. А.</i> АНАЛИЗ РИСКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ.....	124

<i>Сукиасян Р. В., Вольфман А. С., Романов И. Н., Строгонов А. Ю., Пономарев А.И., Назырова М. А.</i>	
ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «АНГАРСКАЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ»	128
<i>Ярулина Г. З.</i>	
ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ КИБЕРСПОРТА НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА.....	132

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ..... 135**

<i>Акбулатов М. С., Мырина Н. В.</i>	
СОЗДАНИЕ АНК-СКРИПТОВ ДЛЯ МНОГИХ ЗАДАЧ	136
<i>Аляутдинова Л. Е., Рябоконт Т. А.</i>	
ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА» В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ	139
<i>Баранов Н. А., Искрицкая К. И.</i>	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И РЕГУЛИРОВАНИЕ СПРОСА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	142
<i>Белоусова Е. Д., Киселева Н. А.</i>	
ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТРЕХМЕРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ СРАВНЕНИЯ ГОЛОГРАФИИ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	144
<i>Букаринова С. Е., Мырина Н. В.</i>	
РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ПОМОЩНИКА «ОЦЕНКА СОСТАВА КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ» ДЛЯ ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДА ЛЕСНОГО	148
<i>Бурков В. А.</i>	
ВЫЧИСЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ И НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАКРУЧЕННОГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В КОЛЬЦЕВОМ КАНАЛЕ	150
<i>Зеленукин А. В.</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ ОРГАНИЗАЦИЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧАТ-БОТОВ	153
<i>Куратова А. Е., Пепельшев Д. И.</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ И ВЕДЕНИЕ IT ПРОЕКТОВ В СТУДЕНЧЕСКОЙ СРЕДЕ ПОСРЕДСТВОМ ИНСТРУМЕНТОВ <i>PROJECT MANAGEMENT</i> И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	158
<i>Лукович Е. В., Демин С. Е.</i>	
ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ТОРМОЖЕНИЯ ТЕЛА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИЛАХ СОПРОТИВЛЕНИЯ	161
<i>Лукьянец С. Е.</i>	
ГИБРИДНЫЕ СИСТЕМЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ТРАФИКА ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ СОВРЕМЕННЫМ УГРОЗАМ.....	163

<i>Мырина А. А., Иванова Е. П., Калабина И. Ю.</i> МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ПУТЕШЕСТВИЕ ПО РЕЛЬСАМ»	167
<i>Овчинников К. В.</i> СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ФЛЮОРОГРАФИИ С ПОМОЩЬЮ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	170
<i>Рябокоть Т. А., Аляутдинова Л. Е.</i> КАК РАСПРЕДЕЛЯЮТСЯ СИЛЫ ПО ВИТКАМ РЕЗЬБЫ	177
<i>Савельева А. В.</i> РАЗРАБОТКА ПЛАНА ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ	181
<i>Савин А. А.</i> АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ СЕТЕВЫХ ПРОТОКОЛОВ И МЕТОДЫ ИХ БЕЗОПАСНОЙ НАСТРОЙКИ В КОРПОРАТИВНОЙ СРЕДЕ	184
<i>Тыжбир П. С., Демина Е. Л., Демин С. Е.</i> МЕТОД КИНЕМАТИЧЕСКОГО ГРАФА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ТОЧЕК ПРИ ПЛОСКОМ ДВИЖЕНИИ	188
<i>Харьковская В. А.</i> МОДЕЛЬ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	191
<i>Черезов Я. А., Сидоров О. Ю.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ НАГРЕВА УГОЛЬНОЙ ШИХТЫ В КАМЕРЕ КОКСОВАНИЯ	195
<i>Черезов Я. А., Сидоров О. Ю.</i> ОЦЕНКА ТЕРМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОГНЕУПОРНОЙ КЛАДКЕ КАМЕРЫ КОКСОВАНИЯ	198
МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ	201
<i>Барцевский С., Куликов П., Павлов Р. В.</i> МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ С ОПТИЧЕСКИМ ДАТЧИКОМ НА ОСНОВЕ ARDUINO UNO	202
<i>Демина Е. Л., Демин С. Е.</i> КООРДИНАТНЫЙ СПОСОБ НАХОЖДЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕТЫРЕХЗВЕННИКА	204
<i>Пепельшев Д. И., Воробьев Д. А., Кулагина Е. С.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ИОТ. СРАВНЕНИЕ ПОПУЛЯРНЫХ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ	206
<i>Сивков Е. А., Прохасько С. А., Ситников И. И., Орёл А. С., Карелова Р. А., Дубских П. О.</i> МЕТОД РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕННИКОВ ГАЗ-ЖИДКОСТЬ, ПОЗВОЛЯЮЩИЙ РАССЧИТАТЬ РАЗМЕРЫ И АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПОТОКУ ГАЗА В ТЕПЛООБМЕННИКЕ	209

**МАШИНОСТРОЕНИЕ
И
МЕТАЛЛООБРАБОТКА**

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕЛИНЕЙНОСТИ ДЕТАЛИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Ершова Мария Александровна, студент
Пегашкин Владимир Федорович, д-р техн. наук, проф.
E-mail: v.f.pegashkin@urfu.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Рассмотрено моделирование процедур формирования параметров качества при механической обработке деталей на металлорежущих станках. Показано, что эксплуатационные свойства деталей создаются не только на финишных операциях – они формируются на протяжении всего технологического процесса. При этом некоторые характеристики и свойства наследуются от операции к операции: копирование погрешностей формы заготовки на обработанную деталь в виде одноименной погрешности. Нелинейности заготовки соответствует нелинейность детали. Исследована степень пооперационного копирования нелинейности – биения поверхности вала в среднем сечении.

Ключевые слова. Механическая обработка, точность обработки, нелинейность детали.

В жестких технологических системах изменение упругих деформаций системы вызывает значительные отклонения формы обработанной поверхности. В стационарном, установившемся режиме работы оборудования при обработке деталей небольших габаритов погрешности, определяемые упругими деформациями технологической системы, являются доминирующими. Упругие деформации технологической системы от действия силы резания приводят к появлению как погрешности размеров, так и погрешности формы обрабатываемой детали.

В технологической системе с линейной упругой характеристикой деформация (y) при статической нагрузке определяется по формуле [1]

$$y = P \cdot \omega, \quad (1)$$

где ω – податливость технологической системы.

В качестве силы, действующей на технологическую систему в процессе обработки, целесообразно отдать предпочтение составляющей силы резания P_y потому, что действие этой составляющей оказывает наибольшее воздействие на точность обработки.

С учетом деформации системы [2]

$$P = P_y = C v^u s^z (t_3 - y)^z, \quad (2)$$

где y – величина деформации системы; t_3 – заданная глубина резания, v – скорость резания, s – подача.

Рассмотрим определение формы погрешности детали – отклонение от прямолинейности продольной оси. Как уже определялось выше, эту погрешность определим эксцентриситетом e среднего сечения детали относительно оси, соединяющей центры сечений концов деталей (рис. 1, *a*). Таким образом, схему образования погрешности детали можно представить в следующем виде (см. рис. 1, *b*).

В результате смещения центра сечения заготовки c относительно оси вращения a на величину e_3 припуск по окружности сечения располагается неравномерно. Следовательно, и деформация технологической системы также будет неравномерна по окружности. В результате после обработки получаем профиль детали B с центром среднего сечения – b .

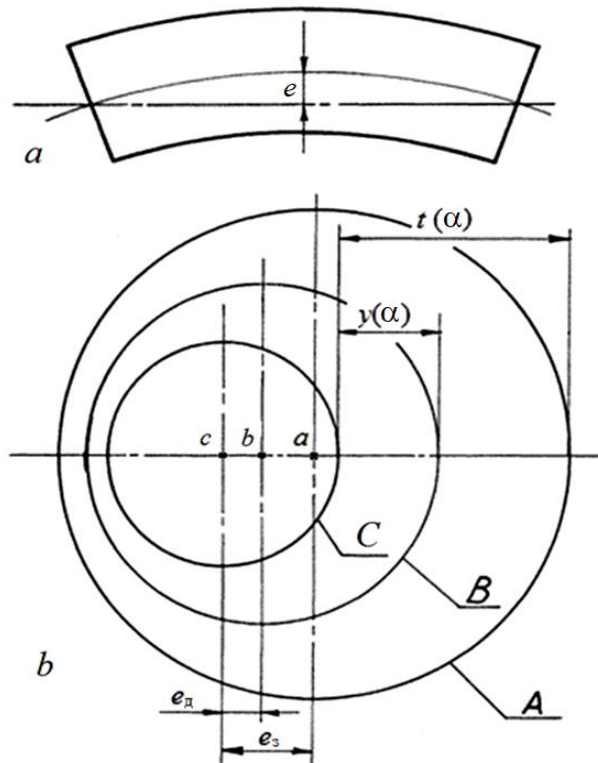


Рис. 1. Схема определения погрешности в продольном (а) и поперечном (б) сечениях

Изменение заданного припуска по окружности зададим уравнением

$$t_3 = t + e_3 \sin(\alpha\tau), \quad (3)$$

где t – среднее значение глубины резания; e_3 – эксцентриситет заготовки; α – угол поворота детали; τ – время.

Подставляя уравнение (3) в (2), получим

$$P_y = C v^{-u} s^z [t + e_3 \sin(\alpha\tau) - y]^2. \quad (4)$$

Разложим выражение (4) в ряд Маклорена относительно y и $e_3 \sin(\alpha\tau)$. Учитывая только линейные члены, получим

$$P_y = CV^{-u} S^z [t^z + zt^{z-1} e_3 \sin(\alpha\tau) - zt^{z-1} y]. \quad (5)$$

Как показали расчеты, погрешность линеаризации функции (4) в области возможных значений y и $e_3 \sin(\alpha\tau)$ при любых возможных значениях v , s , t не более 7,5 %.

После подстановки (5) в (1) получаем уравнение

$$y = \frac{\omega CV^{-u} S^z t^z}{1 + CV^{-u} S^z z t^{z-1}} + \frac{\omega CV^{-u} S^z z t^{z-1}}{1 + CV^{-u} S^z z t^{z-1}} \sin(\alpha\tau). \quad (6)$$

Таким образом, если упругая характеристика технологической системы в области возможных значений y практически линейна, то под действием переменной силы резания вследствие переменного припуска по окружности детали в системе возникает изменение деформации

$$y_2(\alpha; \tau) = \frac{\omega CV^{-u} S^z z t^{z-1}}{1 + CV^{-u} S^z z t^{z-1}} \sin(\alpha\tau), \quad (7)$$

относительно среднего положения

$$y_1 = \frac{\omega CV^{-u} S^z t^z}{1 + CV^{-u} S^z z t^{z-1}}. \quad (8)$$

Амплитуда колебания определит погрешность детали. С учетом того, что

$$\omega C v^{-u} s^z z t^{z-1} \ll 1,$$

получим

$$e_d = \omega CV^{-u} S^z z t^{z-1} e_3. \quad (9)$$

Коэффициент уточнения погрешности детали при механической обработке равен отношению погрешности детали к погрешности заготовки и характеризует степень уменьшения погрешности заготовки при обработке. Для рассматриваемого случая определяется как

$$K_y = \frac{e_d}{e_3}$$

Отсюда

$$K_y = \frac{1}{\omega_{CV} - u_S z t^{z-1}} \quad (10)$$

Из зависимости (10) видно, что при статической силе резания с увеличением податливости технологической системы и скорости резания коэффициент уточнения уменьшается. Влияние глубины резания зависит от показателя степени z .

При $0 < z < 1$ показатель степени при t меньше нуля и с увеличением глубины резания возрастает коэффициент уточнения.

При $z > 1$ влияние уровня на K_y обратное.

При $z = 1$ коэффициент уточнения не зависит от глубины резания (рис. 2).

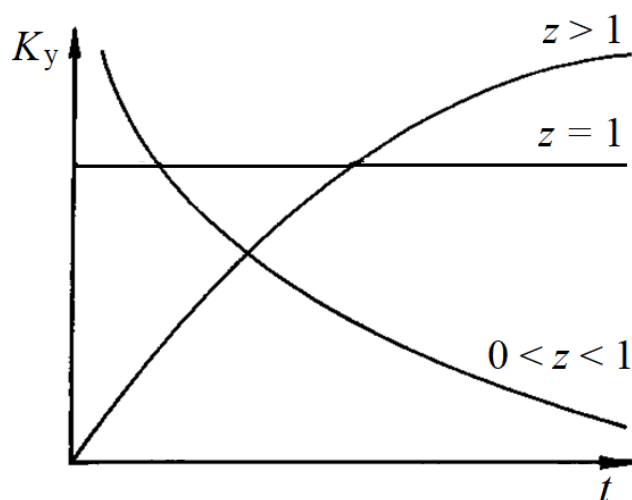


Рис. 2. Характер зависимости коэффициента уточнения от глубины резания при различных z

Библиографический список

1. Беляев, Н. М. Сопротивление материалов / Н. М. Беляев. – Москва : Наука, 1976. – 547 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя / ред. совет А. М. Дальский (пред.) ; в 2 т. Т. 1. – 5-е изд., испр. – Москва : Машиностроение – 1. – 2003. – 912 с.
3. Пегашкин, В. Ф. Моделирование и оптимизация технологических процессов : метод. указания к практ. занятиям / В. Ф. Пегашкин. – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2018. – 86 с.

ПОСТРОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ПРОИЗВОДСТВА

Ильченко Иван Алексеевич, аспирант
Пегашкин Владимир Федорович, д-р техн. наук, проф.
E-mail: ilchenkoia@yandex.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Одной из составляющих конкурентоспособности изделия является его технологичность, которая закладывается на стадии разработки. При этом изделие, технологичное на одном предприятии, может оказаться совершенно не технологичным на другом, отличающемся от первого количественным и качественным составом оборудования и технологических процессов. Несмотря на большую значимость проблемы, отсутствует системный подход к сопоставлению разрабатываемой конструкции технологическим возможностям производства. Технологическая подготовка производства, а по сути, модернизация предприятия, производится по факту под уже разработанное изделие. Разработан методологический подход к обеспечению технологического проектирования, базирующийся на применении классификации технологий, отличающейся от существующих использованием в качестве классификационных признаков не только способов, но и результатов воздействия на предметы труда, обеспечивающих требуемые характеристики продукции.

Ключевые слова. Конструкторско-технологическая подготовка производства, оптимизация процесса.

Одной из составляющих конкурентоспособности изделия является его технологичность, которая закладывается на стадии разработки. При этом изделие, технологичное на одном предприятии, может оказаться совершенно не технологичным на другом, отличающемся от первого количественным и качественным составом оборудования и технологических процессов.

Необходимость разработки нового подхода к классификации технологий диктуется потребностью подведения единой общей основы для сравнения производств различных предприятий при помощи универсальных критериев. На основе предлагаемого подхода к классификации технологий в дальнейшем строится технологический профиль проектируемой машиностроительной и технологический профиль производства.

Технологический профиль производства с представлением производственных мощностей предприятия в форме временных ресурсов по каждой группе технологий с детализацией по типам технологий дает возможность однозначного описания технологических возможностей предприятия [1, 2].

Для изготовления и сборки опытного образца изделия «Вал» в опытном производстве предприятия было выделено следующее технологическое оборудование и рабочие места:

1. Токарно-фрезерный станок с ЧПУ.
2. Сварочный пост (ручная дуговая сварка).
3. Шлифовальный станок.
4. Слесарный пост.

Режим работы – односменный, 8 часов смена. Коэффициент загрузки оборудования 0,7.

Токарно-фрезерный станок нормальной точности имеет возраст 7 лет. Временные ресурсы станка распределяются следующим образом: 30 % ресурса предназначено для обеспечения свойств поверхности (чистовой обработки); 70 % ресурса станка предназначено для обеспечения формообразования (черновой обработки).

В соответствии с условиями работы распределение ресурсов в сутки будет иметь вид

$$T_{(B, I)_{\text{ток.чист.}}} = 60 \cdot 8 \cdot 0,7 \cdot 0,3 = 100,8 \text{ мин.}$$

$$T_{(B, I)_{\text{ток.черн.}}} = 60 \cdot 8 \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 235,2 \text{ мин.}$$

Шлифовальный станок предназначен только для обеспечения свойств поверхности (чистовой обработки), следовательно

$$T_{(B, I)_{\text{шлиф}}} = 60 \cdot 8 \cdot 0,7 = 336 \text{ мин.}$$

Общая сумма времени на чистовую обработку составляет

$$T_{(B, I)} = T_{(B, I)_{\text{ток}}} + T_{(B, I)_{\text{шлиф}}} = 235,2 + 336 = 571,2 \text{ мин.}$$

Ресурсы сварочного и слесарного постов равны и составляют

$$T_{(E, III)} = 60 \cdot 8 \cdot 0,7 = 336 \text{ мин.}$$

Ресурс слесарного поста целесообразно распределить между позиционированием и сборкой механической

$$T_{(E, IX)} = T_{(D, X)} = T_{(E, III)} / 2 = 168 \text{ мин.}$$

В соответствии с [3] заполнена форма технологического профиля производства (табл. 1).

Таблица 1

Технологический профиль производства

Тип технологии	Группа технологий				
	Изменение структуры материала (А)	Формообразование (В)	Формирование свойств поверхности (С)	Позиционирование (D)	Закрепление (Е)
Мехобработка (I)	–	235,2	571,2	–	–
Сварка, пайка (III)	–	–	–	–	336
Сборка механическая (IX)	–	–	–	–	168
Позиционирование (X)	–	–	–	168	–

Суммируя временные ресурсы по группам технологий (столбцам) можно построить технологический профиль предприятия:

$$P_A = 0 \text{ мин; } P_B = 235,2 \text{ мин; } P_C = 571,2 \text{ мин; } P_D = 168 \text{ мин; } P_E = 504 \text{ мин.}$$

Данные величины являются исходными и ограничивающими параметрами для разработки изделия.

Для построения технико-экономического профиля изделия выбран опытный образец изделия «Вал», предназначенный в качестве предмета поставки в рамках модернизации ранее изготовленного образца спецмашины.

Изделие «Вал» состоит из трех (рис. 1) компонентов: вал, диск, цевка.

Данный вал является типовой деталью в машиностроении. Наиболее точными элементами являются посадочные шейки – поверхности $\varnothing 40h9$ и посадочная поверхность $\varnothing 60h11$, которые требуют чистовой обработки. Названная чистовая обработка может осуществляться как на шлифовальных, так и токарных станках. Так данная деталь входит в сварное соединение, необходима термообработка и чистовая обработка после термообработки.

В соответствии [3] заполнена форма технико-экономического профиля изделия (табл. 2).

Суммируя временные ресурсы по группам технологий (столбцам) можно построить технико-экономический профиль изделия:

$$I_{A1} = 60 \text{ мин; } I_{B1} = 30 \text{ мин; } I_{C1} = 25 \text{ мин; } I_{D1} = 10 \text{ мин; } I_{E1} = 15 \text{ мин.}$$

$$\text{Сумма по группам технологий } I_{01} = 150 \text{ мин.}$$

Данные величины получены в ходе разработки технического проекта изделия и предназначены для сравнения с ограничивающими параметрами технологического профиля изделия.

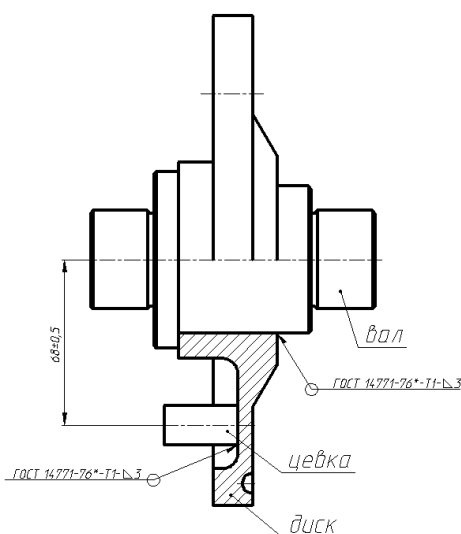


Рис. 1. Эскиз изделия «Вал»

Таблица 2

Технико-экономический профиль изделия

Тип технологии	Группа технологий				
	Изменение структуры материала (А)	Формообразование (В)	Формирование свойств поверхности (С)	Позиционирование (D)	Закрепление (Е)
Мехобработка (I)	–	30	25	–	–
Сварка, пайка (III)	–	–	–	–	15
Объёмная ТО (IV)	60	–	–	–	–
Позиционирование (X)	–	–	–	10	–

Библиографический список

1. Ильченко, И. А. Классификация технологий в системе автоматизированного проектирования изделий машиностроения / И. А. Ильченко, В. Ф. Пегашкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 3. – С. 73–76.
2. Ильченко, И. А. Оптимизация процесса конструкторско-технологической подготовки производства / И. А. Ильченко, В. Ф. Пегашкин // Молодежь и наука : мат-лы международной науч.-практ. конф. старшеклассников, студентов и аспирантов (28 мая 2021 г.). – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2021. – С. 50–53.
3. Ильченко, И. А. Методика сопряжения технико-экономического и технологического профилей изделия и производства / И. А. Ильченко, В. Ф. Пегашкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 4. – С. 135–137.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Ильченко Иван Алексеевич, аспирант
Пегашкин Владимир Федорович, д-р техн. наук, проф.
E-mail: ilchenkoia@yandex.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Проектирование любого изделия машиностроения является неотъемлемой частью его жизненного цикла. В современных условиях как производства, так и потребления машиностроительной продукции все этапы, все стадии жизненного цикла изделия (ЖЦИ) неразрывно связаны между собой. В связи с этим создание изделия, его проектирование необходимо рассматривать как составную часть всей системы ЖЦИ. Проблемы взаимосвязи и сопряжения различных участников сложных организационных, финансовых и производственных процессов, имеют важное значение в любых масштабах и направлениях деятельности предприятий. В этой связи необходимо отметить, что задача обеспечения эффективности инвестиций в машиностроительное производство, создание, внедрение и продвижение новой конкурентоспособной продукции с обеспечением требуемого уровня рентабельности при минимально возможных рисках находится на стыке финансово-экономической деятельности, производственного менеджмента и собственно производственной деятельности машиностроительного предприятия. Предлагается введение в научный оборот термина «экономическое проектирование» как комплекса мероприятий стратегического управления, обеспечивающих максимальную эффективность разработки и внедрения новой продукции на основе взаимной оптимизации конструкторской и технологической подготовки производства, учитывающей производственные и эксплуатационные требования к изделию на протяжении всего его жизненного цикла.

Ключевые слова. Конструкторско-технологическая подготовка производства, оптимизация процесса.

В прогнозе долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, разработанном Министерством экономического развития России, особое внимание уделяется обрабатывающим производствам, в первую очередь машиностроению. Как отмечается, к числу прочих негативных общесистемных факторов, ограничивающих развитие машиностроительного комплекса, относятся технологическая отсталость некоторых производств, высокая материало- и энергоемкость производства, и недостаток финансовых ресурсов (в т. ч. на НИОКР). Для устранения ограничений развития отдельных секторов машиностроительного комплекса необходима реализация ряда мероприятий, способствующих технологическому перевооружению предприятий, увеличению НИОКР, направленных на создание новых конкурентоспособных видов продукции, создание новых и развитие действующих машиностроительных предприятий.

В настоящее время в научной среде широко используется термин «технико-экономическое проектирование». При этом однозначного определения данного термина нет. Под технико-экономическим проектированием понимается технико-экономическое обоснование проекта, определение экономических показателей деятельности предприятия, расчет эффективности инвестиций в проект.

Технико-экономическое обоснование проектов, как правило, заключается в решении инвестиционных задач – наиболее выгодного вложения денежных средств с целью получения прибыли. Для гарантированного получения прибыли необходимо спланировать и обеспечить сбыт производимых товаров или услуг.

Технико-экономическое обоснование дает представление о направлении развития производства, роста производительности и выпуска продукции, методах и способах продвижения товара на рынок, уровне цен, величине возможной прибыли, о планируемых экономических результатах деятельности предприятия, выявляет риски и пути управления ими. Технико-экономическое проектирование применяется в любой сфере деятельности предприятия, независимо от размеров, формы собственности и организационно-правовой формы организации. В рамках технико-экономического обоснования рассматриваются как внутренние вопросы, связанные с управлением предприятием, так и задачи внешней среды, связанные с взаимоотношениями с другими предприятиями и организациями.

В целом же технико-экономическое обоснование представляет собой аналог бизнес-плана, но в более узком понимании в связи с тем, что оно разрабатывается, как правило, в рамках уже существующего предприятия с учетом использования уже существующих технологий на основе ранее проведенных маркетинговых исследований.

Например, в исследовании [1] предлагается модель организации опытного производства приборных комплексов на основе технико-экономического проектирования с использованием критериев функции и стоимости с позиции функциональности.

При этом под технико-экономическим проектированием понимается комплекс мероприятий, обеспечивающих: совершенствование принципов организации опытного производства и методов его планирования с использованием современных автоматизированных систем проектирования и управления производственно-технологическими и организационными процессами на основе априорного экономико-математического их моделирования; внедрения новых и совершенствование существующих производственно-технологических и технико-экономических процессов; повышение уровня автоматизации проектирования, планирования труда и организации производства и управления.

В основе предлагаемой модели лежит сопряжение экономико-математических моделей со стоимостными показателями, разработка оптимальных экономико-математических моделей со взаимоувязкой всех подсистем на основе методологии функционально-стоимостной инженерии.

Как было отмечено выше, технико-экономическое проектирование может иметь различные масштабы и широту охвата. В частности, при организационно-экономическом проектировании производственно-финансовых систем (ПФС) на основе системного подхода и общей теории систем, практически отсутствуют методологические и методические основы их организационно-экономического проектирования. Также не учитываются функционально-экономические связи промышленных предприятий с финансово-кредитными и научными организациями в рамках ПФС. Данная проблема существует несмотря на наличие нормативно-правовой базы, научных разработок отдельных теоретико-методических вопросов формирования и функционирования интегрированных корпоративных структур (ИКС), в частности, ПФС [2].

Очевидно, что проблемы взаимосвязи и сопряжения различных участников сложных организационных, финансовых и производственных процессов, имеют важное значение в любых масштабах и направлениях деятельности предприятий. В этой связи необходимо отметить, что задача обеспечения эффективности инвестиций в машиностроительное производство, создание, внедрение и продвижение новой конкурентоспособной продукции с обеспечением требуемого уровня рентабельности при минимально возможных рисках находится на стыке финансово-экономической деятельности, производственного менеджмента и собственно производственной деятельности машиностроительного предприятия. В соответствии с принципами системного и комплексного подходов, автор считает целесообразным выделить в отдельное направление исследования сферу деятельности предприятия, включающую в себя элементы названных выше видов деятельности. В связи с тем, что в начале создания любой новации лежат процессы планирования и проектирования, а также с учетом того, что в основе любой производительной деятельности лежит экономическая

целесообразность, предлагается введение в научный оборот термина «экономическое проектирование» как комплекса мероприятий стратегического управления, обеспечивающих максимальную эффективность разработки и внедрения новой продукции на основе взаимной оптимизации конструкторской и технологической подготовки производства, учитывающей производственные и эксплуатационные требования к изделию на протяжении всего его жизненного цикла.

Условно область экономического проектирования во взаимодействии с базовыми видами деятельности представлена на рис. 1.

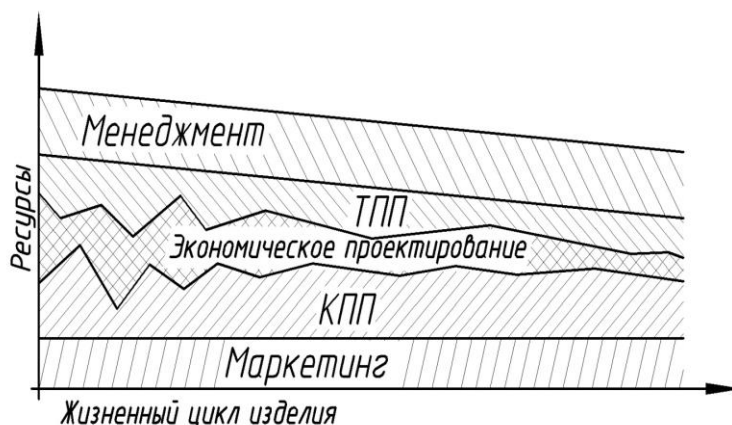


Рис. 1. Место экономического проектирования в хозяйственной деятельности предприятия

В общем случае, финансово-экономическая и производственная деятельность определяется бизнес-планированием. Однако процесс бизнес-планирования находится вне данных видов деятельности и не имеет рычагов влияния на производственные процессы и обратной связи с ними.

Процессы бизнес-планирования достаточно подробно описаны и формализованы [3, 4].

При этом в ходе бизнес-планирования, как правило, управлению затратами на конструкторско-технологическую подготовку производства (КТПП) уделяется недостаточное внимание. Это происходит, во-первых, в силу отсутствия формализованных процедур оптимизации КТПП, а во-вторых, из-за организационного разрыва в силу разобщенности предприятия-изготовителя и предприятия-разработчика конструкторской документации (КД).

Библиографический список

1. Друкер, П. Задачи менеджмента в XXI веке.: пер. с англ. : учебное пособие / П. Друкер. – Москва : Издательский дом «Вильямс», 2007. – 288 с.
2. Морозова, В. Д. Организационно-экономическое проектирование промышленно-финансовых систем : автореф. дис.... д-ра экон. наук : 08.00.05 / Морозова Вера Данииловна. – Санкт-Петербург, 2001. – 367 с.
3. Гуров, В. Г. Управление проектными рисками в процессе бизнес-планирования / В. Г. Гуров // Вестник российского государственного гуманитарного университета. – 2012. – № 10. – С. 203–211.
4. Ковалёв, С. В. Методология проектирования производственных систем и обеспечение высокого технического уровня машиностроительных предприятий / С. В. Ковалёв // Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия: Приборостроение и информационные технологии. – 2010. – № 25. – С. 61–73.

ТРЕХОСЕВОЙ КОМПЛЕКС СИЛОВОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПРОЦЕССА ИНКРЕМЕНТАЛЬНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Колениченков Валентин Владимирович, аспирант
Ерисов Ярослав Александрович, д-р техн. наук, зав. кафедрой
E-mail: kalesikaue92@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева (Самарский университет)
г. Самара, РФ

Аннотация. Авиационный и ракетно-космический кластеры промышленности являются наиболее наукоемкими сегментами производственного комплекса. Специфика производимой техники обуславливает применение инновационных технологий, обеспечивающих выполнение задач, связанных с требованиями к качеству изготавливаемых изделий и к свойствам применяемых материалов. В области обработки металлов давлением одним из перспективных методов холодной листовой штамповки является инкрементальное формообразование. Инкрементальное формообразование представляет собой последовательное локальное деформирующее воздействие на заготовку пуансоном, движущимся по заданной траектории. Литературный обзор показал дисбаланс между теоретическими и эмпирическими исследованиями проблем инкрементального формообразования. Наряду с большим количеством теоретических исследований явно прослеживается дефицит практической составляющей вопроса. Представленная трехосевая система силового измерения усилия при инкрементальном формообразовании позволяет получить эмпирические данные в каждый момент времени реализации процесса последовательной формовки листовой заготовки. Система объединяет в себе комплекс оборудования, позволяющего выполнить замеры усилия формообразования в каждой точке пространства в процессе формообразования, обеспечивает обработку данных и визуализацию обработанных результатов в виде подборки сведений в программном интерфейсе на мониторе электронной вычислительной машины в виде персонального компьютера оператора установки. Перед выполнением работ система измерения усилия калибруется с применением специально разработанной оснастки и эталонного груза, что позволяет определить усилие формообразования с точностью до 0,1 кгс. Данные, получаемые в процессе проведения эксперимента, выводятся в виде таблицы в режиме реального времени с визуализацией вектора силового воздействия на две проекции измерительного устройства и аппроксимацией данных с пяти датчиков в результирующий показатель действующей силы.

Ключевые слова. Система измерения усилия при инкрементальном формообразовании, программное обеспечение, калибровка трехосевой системы, оснастка для калибровки, визуализация данных процесса формообразования.

Процесс инкрементального формообразования является инновационным методом обработки листовой заготовки давлением с целью получения отформованной детали или ее части со сложной геометрической конфигурацией. Суть процесса заключается в последовательной локальной деформации, закрепленной на специальном стенде заготовки согласно заранее установленной в рабочей программе траектории движения формующего инструмента, состоящего из крепления и, непосредственно, самого пуансона со сферическим накопником деформирующей части. Пуансон может быть, как цельным, так и со сменными формообразующими головками. Способ крепления деформирующего инструмента унифицирован со стандартным посадочным местом применяемого оборудования, что в свою очередь позволяет выполнять обработку различных металлов и сплавов, в т. ч. жаропрочных и нержавеющей, а также титановых и цветных сплавов [1, 2].

Многие исследователи рассматривали в своих работах теоретическую составляющую реализации процесса инкрементального формообразования [3, 4]. Наиболее важным аспектом принято считать силы, действующие в процессе локального деформирования листовой заготовки. Усилие процесса формообразования является определяющим фактором при выборе промышленного оборудования и при определении максимальных возможностей процесса. При рассмотрении основных исследовательских подходов удалось выделить наиболее рациональную и объективную формулу, применяемую для оценки действующих при деформации заготовки сил и для описания самого процесса. Такой формулой является модель Аэрнса, разработанная на основе эмпирических исследований дифференциации изменения толщины заготовки в зависимости от заданного диаметра пуансона и базовой толщины листа заготовки [5, 6]. Модель Аэрнса позволяет наиболее приближенно к действительности спрогнозировать силы процесса формообразования, действующие как на макроуровне, так и распределяющиеся в структуре материала.

Представленная работа описывает трехосевую систему, позволяющую выполнить эмпирические исследования фактически действующих сил в процессе деформации заготовки. На рис. 1 показано устройство трехосевого силового измерения инкрементального формообразования в каждый момент времени реализации процесса.

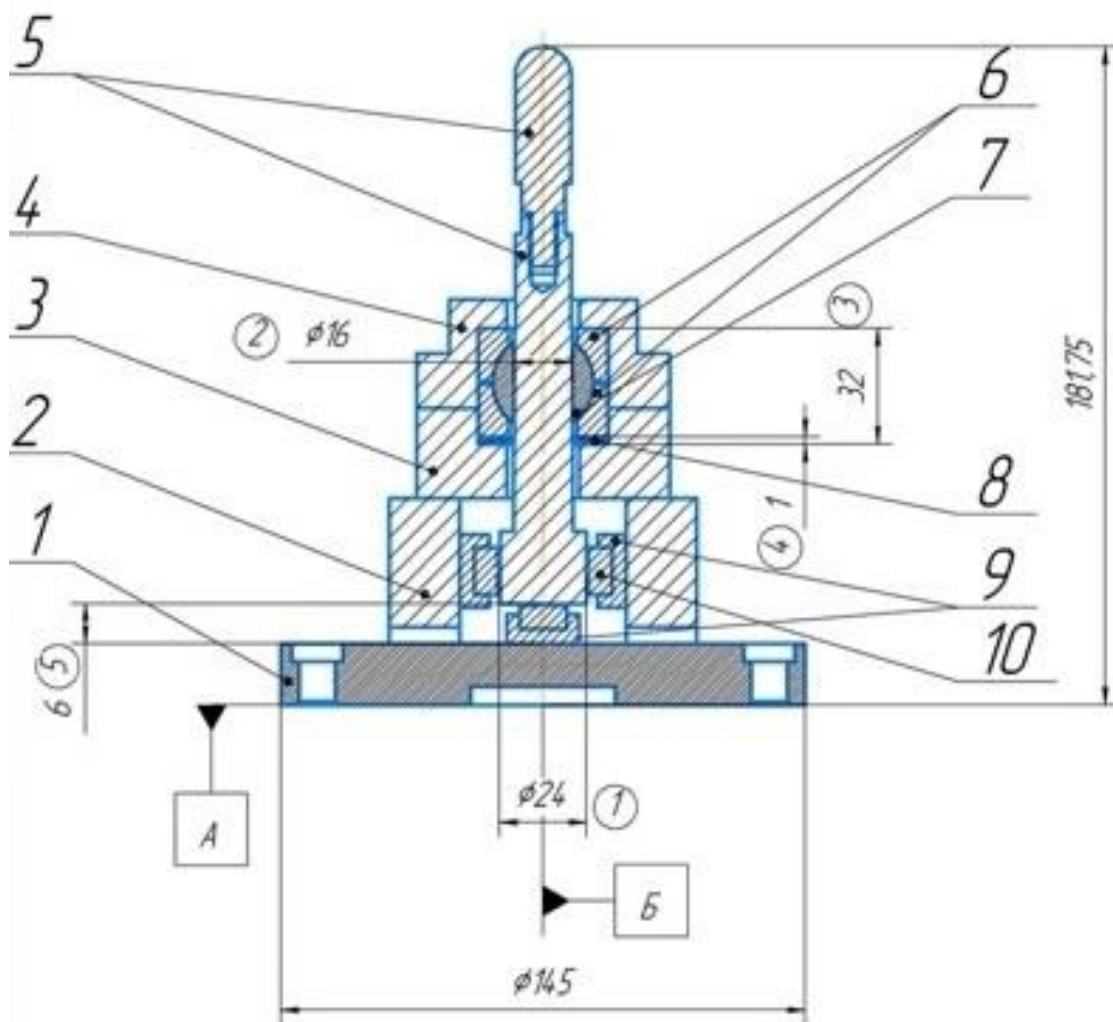


Рис. 1. Устройство силового измерения процесса инкрементального формообразования: 1 – основание; 2 – боковая грань; 3 – нижняя крышка; 4 – верхняя крышка; 5 – пуансон; 6 – вставка; 7 – сфера; 8 – переходник для датчика; 9 – тарельчатая пружина; 10 – датчик

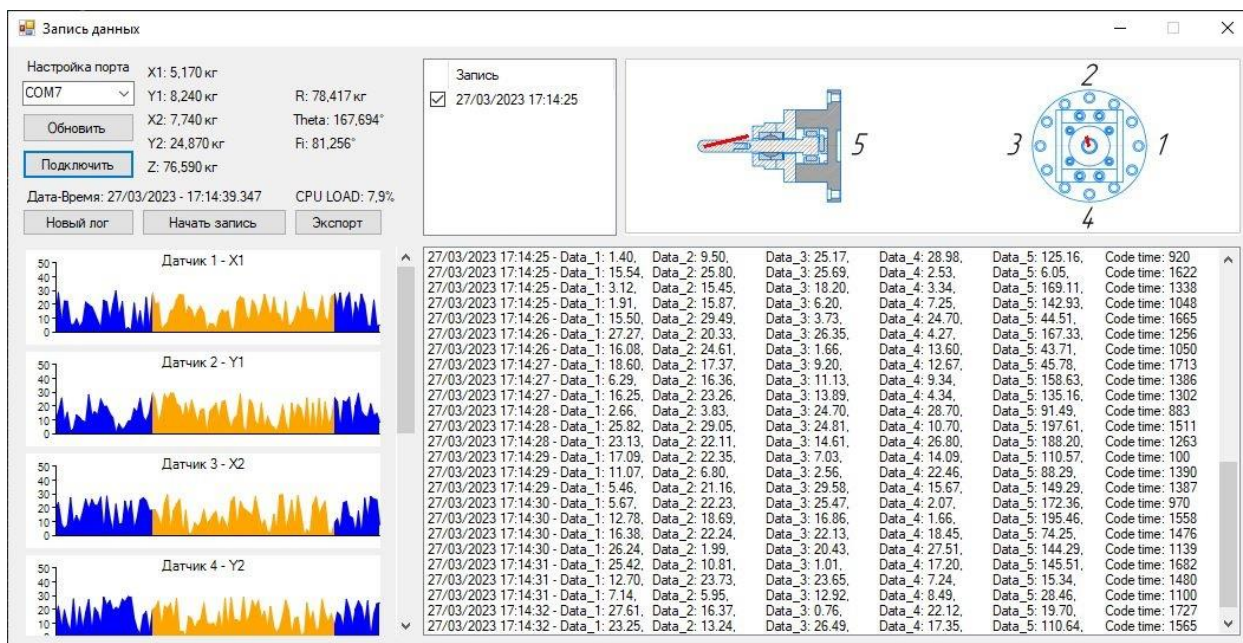


Рис. 2. Интерфейс программы визуализации полученных данных

Устройство силового измерения оснащено пятью тензометрическими датчиками, считывающими информацию о взаимодействии пуансона и заготовки в декартовой системе координат. Полученная информация обрабатывается посредством контроллеров и аппроксимируется в результирующую силу, представленную вектором воздействия пуансона, направленным по нормали к его сферической поверхности.

Полученные данные выводятся на экран подключенного к системе компьютера в виде параметров силовых величин на каждом датчике, величины результирующего воздействия и визуализации вектора приложения действующей силы. На рис. 2 изображен интерфейс программного обеспечения с данными, полученными при выполнении эмпирического исследования. Задержка передачи и обработки данных не превышает 50 мс.

Библиографический список

1. Кривошеин, В. А. Перспективы использования технологий инкрементальной формовки в современном производстве / В. А. Кривошеин, А. А. Анцифиров, Ю. В. Майстров // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2014. – Вып. 11 (656). – С. 84–89.
2. Чумадин, А. С. Новое в листовой штамповке / А. С. Чумадин, Д. А. Батулин // РИТМ Машиностроения. – 2016. – № 1. – С. 20–22.
3. Bahloul, R. Application of response surface analysis and genetic algorithm of the optimization of single point incremental forming process / R. Bahloul, H. Arfa, H. Belhadjsalah // Key Engineering materials. – 2013. – N 554–557. – С. 1265–1272/ DOE 10/4028/www.scientific.net/KEM. 554-557–1265.
4. Attanasio, A. Optimization of tool path in two points incremental forming / A. Attanasio, E. Ceretti, C. Giardini // Journal of Materials Processing Technology, 2006. – Т. 177. – Вып. 1–3. – С. 409–412. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2006.04.047.
5. Aerens, R. Force prediction for single point incremental forming deduced from experimental and FEM observations / R. Aerens [and other] // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2010. – № 46. – P. 969–982.
6. Eyckens, P. Small-scale finite element modeling of the plastic deformation zone in the incremental forming process / P. Eyckens [and other] // Int J. Mater. Form. – 2008. – № 1. – P. 1159–1162.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЛИНЕНИЯ ТЕЛА БОЛТА ПРИ ЗАТЯЖКЕ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Лапшин¹ Иван Сергеевич, студент
Мурзина¹ Ольга Викторовна, канд. техн. наук, доц.
Климова² Ирина Вячеславовна, аспирант
E-mail: tms@dksta.ru

1 – Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева,
г. Ковров, РФ
2 – МГТУ «СТАНКИН»
г. Москва, РФ

Аннотация. Основной продукцией машиностроительного производства являются сборные конструкции, агрегаты и машины. При сборке машиностроительных изделий наиболее часто применяются резьбовые соединения, для обеспечения надежности функционирования которых выполняются необходимые расчеты. Главным параметром при расчетах резьбовых соединений является осевая сила затяжки, под действием которой происходит деформация резьбовой детали. В статье предложена методика для определения степени деформации болта при затяжке резьбового соединения.

Ключевые слова. Резьбовое соединение, сила затяжки, удлинение болта, момент трения, момент затяжки, абсолютная погрешность, относительная погрешность.

При скреплении узлов и деталей резьбовыми соединениями при их затяжке под действием осевой силы происходит удлинение части болта, расположенной между головной и резьбовой частями.

Найдем математическую зависимость удлинения болта от осевой силы затяжки.

Схема испытательного макета для определения удлинения тела болта при затяжке резьбового соединения показана на рис. 1.

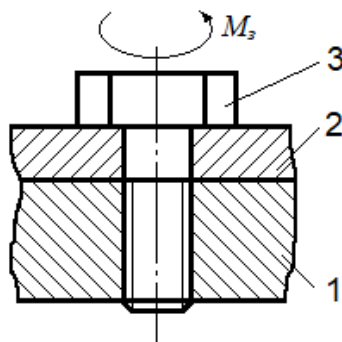


Рис. 1. Резьбовое соединение:
1 – узел; 2 – фланец; 3 – болт

Согласно [1] осевая сила затяжки резьбового соединения находится из выражения

$$Q_3 = \frac{M_3}{\left[\frac{1}{3} \mu_T \frac{D^3 - d_0^3}{D^2 - d_0^2} + \frac{d_2}{2} \operatorname{tg} \left(\frac{P}{\pi d_2} + \rho' \right) \right]}, \quad (1)$$

где M_3 – момент затяжки резьбового соединения;

μ_T – коэффициент трения на торце головки болта;
 D – средний диаметр головки болта (размер под гаечный ключ);
 d_0 – диаметр части болта без резьбы;
 d_2 – средний диаметр резьбы;
 P – шаг резьбы;
 ρ' – угол трения в резьбе.

Удлинение болта под действием осевой силы затяжки находится из выражения [1]

$$\Delta l = \frac{Pl}{ES}, \quad (2)$$

где $P = Q_3$ – осевая сила растяжения;
 l – длина растягиваемой части болта;
 E – модуль упругости материала;
 S – площадь сечения части болта без резьбы.

Подставим выражение осевой силы затяжки в выражение удлинения болта и окончательно получим теоретическое выражение удлинения тела болта под действием осевой силы затяжки:

$$\Delta l_T = \frac{M_3 l}{\left[\frac{1}{3} \mu_T \frac{D^3 - d_0^3}{D^2 - d_0^2} + \frac{d_2}{2} \operatorname{tg} \left(\frac{P}{\pi d_2} + \rho' \right) \right] ES}. \quad (3)$$

Выполним расчет удлинения болта.

Расчетные параметры резьбовых соединений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные параметры резьбовых соединений						
Диаметр резьбы, мм	M_3 (Нм)	Q_3 (кН)	P (мм)	D (мм)	d_0 (мм)	d_2 (мм)
8	42	20,5	1,25	13	6,466	7,188
10	84	32,7	1,5	16	8,376	9,026
12	150	47,7	1,75	18	10,106	10,863

Окончание таблицы 1

Расчетные параметры резьбовых соединений					
Диаметр резьбы, мм	l (мм)	S (мм ²)	μ_T	ρ'	E (кг/см ²)
8	10	32,82	0,3	0,4	$2 \cdot 10^6$
10	10	78,5	0,3	0,4	$2 \cdot 10^6$
12	10	113,0	0,3	0,4	$2 \cdot 10^6$

Испытательный макет

Для проведения эксперимента необходимы: средства крепления заготовки, затяжки и измерения удлинения, узел с резьбовым отверстием, фланец с отверстием, резьбовые детали длиной 50 мм, тиски, в которых закрепляется узел, микронный индикатор для измерения удлинения тела болта, моментный ключ для затяжки резьбового соединения.

Примечание: для исключения влияния момента трения в резьбе на осевую силу затяжки (растяжения) посадка в резьбовом соединении выполнена с зазором.

Проведение эксперимента

В узел с резьбовым отверстием и фланец вручную (без использования моментного ключа) завинчивают болт до упора его торца головки в плоскость скрепляемого фланца. С обратной стороны узла от его нижней плоскости микронным индикатором измеряют расстояние до торца ввинченного болта.

Узел закрепляют в тиски и моментным ключом затягивают резьбовые соединения до заданного момента M_3 . Узел раскрепляют из тисков. Микронным индикатором измеряют расстояние от нижней плоскости узла до торца затянутой резьбовой детали.

Разность показаний индикатора до и после затяжки равна абсолютному удлинению тела болта:

$$\Delta l_3 = l_1 - l_0, \quad (4)$$

где Δl_3 – абсолютное удлинение тела болта, определенное в результате проведения эксперимента,

l_0 – показание индикатора до затяжки болта;

l_1 – показания индикатора после затяжки болта.

Примечание: эксперимент проводится для трех диаметров резьбовых соединений.

Обработка результатов эксперимента

Полученные значения при расчете удлинения тела болта и при эксперименте сравниваются и находятся абсолютная и относительная погрешности.

Абсолютная погрешность равна [2]

$$\delta l_a = \Delta l_T - \Delta l_3, \quad (5)$$

где Δl_m – расчетное значение удлинения.

Относительная погрешность находится из выражения [2]

$$\delta l_o = \frac{\Delta l_3 \cdot 100 \%}{\Delta l_T}. \quad (6)$$

Итак, в результате применения предложенной методики определяется степень деформации болта в резьбовом соединении в зависимости от осевой силы затяжки. Расчетные значения удлинения болта близки к реальным и подтверждены экспериментально.

Библиографический список

1. Бельков, В. Н. Прикладная механика. Расчет соединений деталей машин : учебное пособие / В. Н. Бельков, Н. В. Захаренков, Н. В. Захарова, И. Ю. Лесняк ; под общ. ред. Н. В. Захаренкова. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2021. – 252 с.: ил.

2. Зайдель, А. Н. Погрешности измерений физических величин. – Ленинград : Наука, 1985. – 112 с.

МАШИНА ДЛЯ УБОРКИ ПРОСЫПЕЙ КОКСА

Мурзин Павел Александрович, магистрант
Пегашкин Владимир Федорович, д-р техн. наук, проф.
E-mail: prostoipochan@mail.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В процессе выдачи коксового пирога на коксовых батареях на рабочих площадках с коксовой и машинной стороны образуются просыпи кокса, которые убираются вручную. Предложено использовать мобильный концеуборщик, работающий в автоматическом режиме либо на дистанционном управлении, исключая при этом доступ персонала к работе в условиях воздействия высоких температур при нахождении рядом с открытыми дверями коксовых батарей. Разработана концепция механизма для уборки обслуживающей площадки машинной стороны коксовой батареи. Механизм состоит из продольной тележки, на которой установлены шнек и питатель. Шнек, двигаясь с постоянной скоростью, производит забор просыпи в коксоборник. Питатель – механизм, при вращении которого происходит удаление собранного кокса.

Ключевые слова. Уборка просыпей кокса, обслуживающей площадки коксовой батареи.

В процессе выдачи коксового пирога на коксовых батареях на рабочих площадках с коксовой и машинной стороны образуются просыпи кокса, которые убираются дверевым при помощи лопаты и закидываются обратно в печь. Дверь коксовой батареи при этом открыта, температура внутри порядка 1200 °С.

Для уборки просыпей кокса с последующей загрузкой в печь предложено использовать мобильный уборщик просыпей (конецуборщик), работающий в автоматическом режиме либо на дистанционном управлении, исключая при этом доступ персонала к работе в условиях воздействия высоких температур при нахождении рядом с открытыми дверями коксовых батарей. При этом механизм должен обеспечивать:

- бесперебойную работу оборудования в зоне запыленности и загазованности, высоких температур (до 80 °С), пониженных температур в зимний период времени;
- обеспечение уборки просыпей кокса с температурой до 1200 °С и объемом до 0,2 м³ за время до 1 мин;
- беспрепятственное передвижение по рабочей площадке;
- глубину закидывания в камеру за 700 мм от фасада [1].

Известные механизмы типа мини погрузчиков не удовлетворяют заявленным требованиям, эти механизмы и устройства имеют достаточно сложные конструкции и малонадежны в работе. Анализ приведен в [1].

В предлагаемом решении задачи уборки просыпи с обслуживающих площадок коксовой печи используется тележка, которая перемещается вдоль коксовой батареи. Привод осуществляется двумя независимыми электродвигателями (по одному на сторону). Для корректировки курса движения тележки осуществляется поворот тележки «по танковому» – двигатели работают во встречных направлениях.

На тележке установлены шнек и питатель. Шнек, двигаясь с постоянной скоростью, производит забор просыпи в коксоборник. Питатель – механизм, при вращении которого происходит удаление собранного кокса (рис. 1).

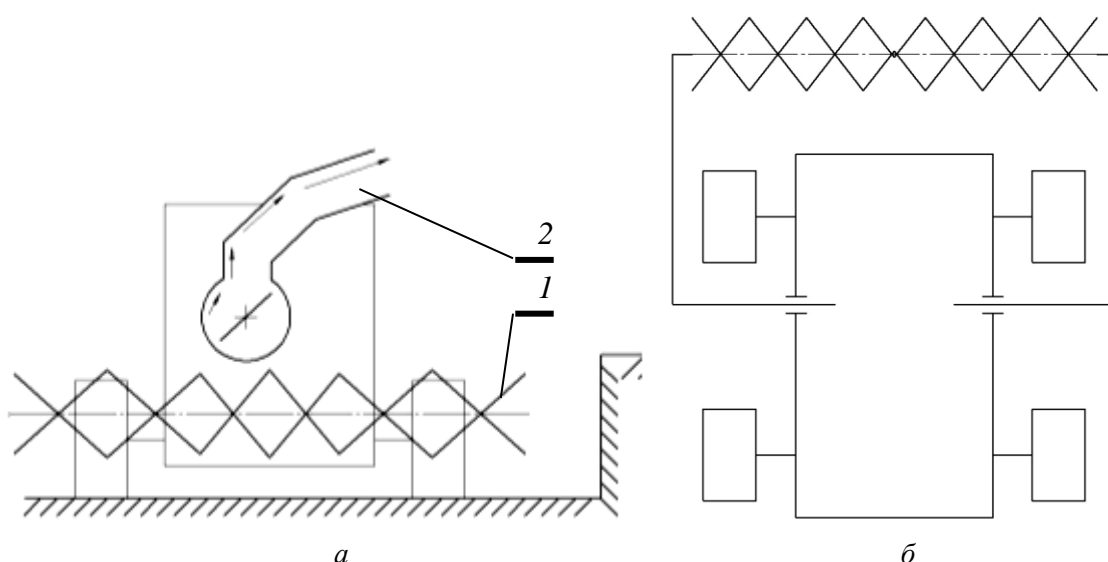


Рис. 1. Конструктивная схема уборщика:
a – фронтальный вид, *б* – вид сверху,
 1 – шнек, 2 – питатель

Шнек необходим для постоянного забора просыпанных концов с прохода. Шнек представляет из себя объемную винтовую спираль, составленную из разрезанных дисков. У шнека есть левая и правая части, которые зеркальны друг другу. При постоянном вращении шнека, просыпанные концы будут сводиться к центру, подходя максимально близко к питателю.

Питатель – механизм, при вращении которого происходит удаление собранного кокса из шнека. При быстром вращении происходит забор концов и выброс их через направляющий желоб в сторону открытой части печи. Примечательно, что питатель работает независимо от шнека. Данная функция позволяет проходить сначала места с просыпанным коксом, а потом при подходе к печи выбросить его. Большая скорость вылета и правильно подобранные углы вылета желоба позволяют забрасывать кокс на расстояние от 1,5 до 3 м.

В работе был проведен расчет шнека, как одного из самых нагруженных элементов. Параметры шнека приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры шнека		
Обозначение	Наименование	Значение
<i>l</i>	Рабочая длина оси вала шнека	1,5 м
<i>n</i>	Скорость вращения шнека	150 об/мин
<i>D</i>	Диаметр шнека	0,36 м
<i>S</i>	Шаг винта шнека	0,288 м

Теоретическая производительность $Q_{\text{теор.}}$

$$Q_{\text{теор.}} = \frac{\pi}{4} D^2 S \psi \rho 60n = 105,5 \text{ кг/мин,}$$

где ψ – коэффициент заполнения, ρ – плотность просыпей кокса.

В реальных случаях эксплуатации вариант того, что просыпи кокса будут распределены равномерно по всей длине шнека маловероятен. Поэтому нужно рассмотреть случаи неравномерного распределения просыпей кокса. Для расчета рассмотрены случаи, когда большая часть просыпей кокса (70 % от всей массы) сосредоточены в одной точке. Остальная масса просыпей (30 %) распределены равномерно. Для прочностного расчета построены эпюры изгибающих моментов на шнек при различных вариантах распределения просыпи по следующим формулам.

Для $0 \leq x < x_1$ (до силы F)

$$M(x) = Rx - \frac{qx^2}{2}.$$

Для $x_1 \leq x < l$ (после силы F)

$$M(x) = Rx - F(x - x_1) - \frac{qx^2}{2},$$

где F – приложенная сила, x – координата приложения силы, x_1 – реперная точка, R – реакция опор, q – распределенная сила от веса шнека.

В результате получены эпюры изгибающих моментов на шнек (рис. 2).

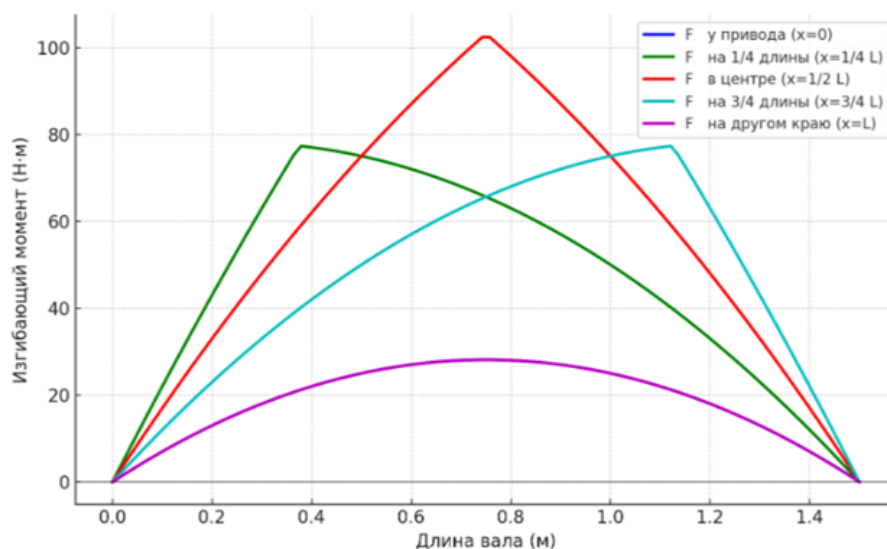


Рис. 2. Эпюры изгибающих моментов на шнек при различных вариантах распределения просыпи (координаты F)

Эпюры позволяют определить геометрические параметры шнека в любой координате по его длине.

Достоинства:

- все рабочие механизмы находятся в достаточно холодной зоне печи, что снижает шанс быстрого выхода машины из строя;
- отсутствие «хобота» с ковшом в конструкции машины делает ее легче предыдущих вариантов, а также не ограничивает конструктивно длиной забрасывания кокса;
- центр тяжести не смещен, что делает машину надежней предыдущих вариантов;
- прилипание кокса маловероятно, потому что шнек и питатель постоянно будут в движении и будет происходить процесс самоочистения.

Библиографический список

1. Белозеров, С. В. Особенности конструкции механизма для уборки просыпей кокса / С. В. Белозеров, В. Ф. Пегашкин // Молодежь и наука : мат-лы международной науч.-практ. конф. старшеклассников, студентов и аспирантов (26 мая 2023 г., г. Нижний Тагил). – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2023. – С. 14–17.

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Папружная¹ Дарья Евгеньевна, учащаяся школы
Гулькова¹ Ольга Леонидовна, учитель информатики
Флерко² Татьяна Григорьевна, канд. геогр. наук, доц.
E-mail: gulkova.olya@mail.ru

1 – ГУО «Средняя школа № 66»
2 – УО «ГГУ имени Ф. Скорины»
г. Гомель, Республика Беларусь

Автомобильная промышленность – одна из крупнейших отраслей в мире. Значение автомобильной промышленности и перспективы ее развития определяются тем, какое место занимает автотранспорт в транспортно-энергетической инфраструктуре, и его общей ролью в национальной экономике той или иной страны.

Автомобилестроение сегодня – одна из наиболее науко- и капиталоемких отраслей машиностроения и промышленности в целом. Практически вся продукция машиностроения используется в автомобилестроении. Все «новинки» науки и техники находят широкое применение в данной отрасли.

Цель исследования – выявить особенности территориальной организации и современного состояния автомобильной промышленности в Республике Беларусь.

Для достижения цели необходимо решить ряд задач: изучить теоретические основы автомобилестроения Беларуси; охарактеризовать географию автомобилестроения Беларуси; выявить проблемы и оценить перспективы автомобилестроения Беларуси.

При проведении исследования применялись следующие методы: описательный, сравнительно-географический, исторический, картографический, статистический.

Подходы, которые использовались в работе: теоретический, исторический, конструктивный и проблемный.

Автомобильный транспорт имеет большое значение в общей транспортной системе экономики нашей страны. Он широко применяется во всех отраслях народного хозяйства. В эпоху научно-технического прогресса и экономической глобализации гигантский рост и развитие этой отрасли подтверждает актуальность изучения ее географии, отраслевой и территориальной структуры.

Вопросы развития автомобилестроения в Республике Беларусь рассматривали в своих работах М. С. Высоцкий [2], А. Г. Дмитракович [3], А. Н. Егоров [4], Ж. В. Комарова [5] и др. Авторы указывают, что машиностроение является важнейшей отраслью Республики Беларусь с активным развитием сельскохозяйственного и транспортного направлений.

Автомобилестроение в Беларуси имеет свою долгую и интересную историю развития. По некоторым данным, автомобильная промышленность в Беларуси зародилась в 1944 г., когда был открыт Минский автомобильный завод, но первый автомобильный завод в республике был открыт в 1924 г. на территории современного Минска. Это был завод «БелАВТОМАЗ», который специализировался на производстве автобусов и грузовых автомобилей и был популярен не только в советской Беларуси, но и во всем СССР.

Позже, в 1944 г., был основан Минский автомобильный завод (МАЗ), который стал известен своими грузовиками и автобусами. МАЗ уверенно занимает лидирующие позиции на рынке грузовой техники и является важным экспортером своей продукции.

До войны в БССР не существовало собственной автомобильной промышленности. В Советской Беларуси существовало с 1930-х гг. лишь несколько авторемонтных заводов и мастерских, например, в Могилеве, Гомеле, Минске [1].

В настоящее время автомобилестроение является одной из важнейших отраслей промышленности Беларуси. Производятся различные типы транспортных средств, включая грузовики, автобусы, специальную технику и легковые автомобили. Заводы стремятся к модернизации производственных процессов, внедряют новые технологии и повышают качество выпускаемой продукции.

Важным направлением развития в автомобилестроении Беларуси является улучшение экологической безопасности и эффективности автотранспорта. Компании активно работают над разработкой и производством экологически чистых автомобилей, включая электрические и гибридные модели. Это помогает сокращать выбросы вредных веществ и снижать негативное воздействие на окружающую среду.

Кроме того, автомобильные предприятия Беларуси сосредотачивают свое внимание на цифровизации производства и внедрении инновационных решений в сфере автомобилестроения. Применение современных технологий, таких как цифровое проектирование, 3D-печать, автоматизированные производственные процессы, позволяет повысить эффективность производства, сократить сроки выпуска новых моделей и повысить качество продукции.

Развитие мобильности и технологий связи также оказывает влияние на автомобильную отрасль Беларуси. Компании стремятся интегрировать современные системы навигации, интернет-сервисов и систем безопасности в свои автомобили, чтобы предложить потребителям более комфортное и безопасное вождение.

Машиностроение является ведущей отраслью обрабатывающей промышленности мира. Она обеспечивает остальные отрасли мирового хозяйства средствами труда и различными видами оборудования. Доля машиностроения в структуре обрабатывающей промышленности составляет 47,5 %.

Автомобильная промышленность в республике представлена 38 предприятиями на самостоятельном балансе.

Среди них самыми крупными являются: МАЗ, выпускающий среднетоннажные автомобили, магистральные автопоезда семейства МАЗ, автобусы, прицепы и полуприцепы, лесовозы; БелАЗ в г. Жодино, специализирующийся на производстве карьерных автосамосвалов большой грузоподъемности 32–40, 45–55, 120–130, 200–220 т (30 % мирового рынка самосвалов); Минский завод колесных тягачей (седельные тягачи, армейские многоцелевые полноприводные шасси); Могилевский автомобильный завод (МоАЗ), выпускающий строительно-дорожные автомобили, колесные бульдозеры, аэродромные тягачи, шахтные самосвалы. Около 80 % производимых в Беларуси автомобилей экспортируются более чем в 80 стран мира.

Создана разветвленная сеть предприятий-смежников, производящих детали, узлы, комплектующие изделия. Они размещены в Минске (рессорный завод), Гродно (заводы «Кардан», автоагрегатов), Борисове («Автогидроусилитель»), Барановичах (автомобильных агрегатов), Осиповичах, Дзержинске и других городах.

К автомобильной промышленности относится и крупнейший Минский мотовелосипедный завод.

Осуществление модернизации и технического перевооружения предприятий отрасли (в первую очередь МАЗа, БелАЗа, МоАЗа) должно обеспечить рост выпуска грузовых автомобилей и увеличение их экспорта на 26 %. Осваивается производство автомобилей и автобусов, адаптированных к требованиям стандартов ЕВРО-2 и ЕВРО-3, большегрузных карьерных самосвалов новой компоновки, высокоэффективной дорожно-строительной техники [6].

В Республике Беларусь существуют несколько центров автомобилестроения, где расположены крупные предприятия автомобилестроительной отрасли.

Некоторые из них.

1. Город Минск – это один из основных центров автомобилестроения в Беларуси. В Минске находится автомобильный завод «МАЗ», который специализируется на производстве грузовых автомобилей, автобусов, спецтехники и другой транспортной техники и тракторный завод «МТЗ». Минский автомобильный завод является одним из крупнейших производителей автомобильной техники в мире. Производит широкую гамму автотехники более 500 моделей и модификаций. Серийно выпускает автомобильную технику, полностью соответствующую требованиям европейских стандартов Евро-3, Евро-4, Евро-5. Минский тракторный завод – один из лидеров мирового сельхозмашиностроения с мощным техническим и технологическим потенциалом, многолетним опытом создания тракторной и специальной техники. Конкурентным преимуществом предприятия является производство полного цикла.

2. Город Жодино – здесь находится Белорусский автомобильный завод, который известен производством самосвальных грузовиков и карьерной техники. «БелАЗ» – крупнейший производитель самосвальных грузовиков в мире. ОАО «Белорусский автомобильный завод» – крупнейший мировой производитель карьерных самосвалов большой и особо большой грузоподъемности, а также другого тяжелого транспортного оборудования, применяемого в горнодобывающей и строительной отраслях промышленности.

3) Город Борисов – в этом городе располагается автомобильный завод «БелДжи», который специализируется на производстве легковых автомобилей, а также автобусов. «БелДжи» – это автомобильный завод, который был открыт в Беларуси в 2019 г. Завод специализируется на производстве легковых и коммерческих автомобилей. В комплектации автомобилей используются запчасти и компоненты китайского производства. «Белджи» стал одним из крупнейших предприятий по сборке автомобилей в стране и важным игроком на рынке автопромышленности Беларуси.

Эти автомобилестроительные предприятия играют значительную роль в хозяйстве и экономике Республики Беларусь и имеют давние традиции в производстве автотранспортной техники, но это далеко не все предприятия автомобильной промышленности Республики Беларусь (рис. 1).

Машиностроение является ведущей отраслью страны и фундаментом всего промышленного комплекса. 15 % всего объема промышленного производства страны обеспечивают 245 крупных и средних организаций машиностроения. В отрасли трудится около 193 тыс. человек. Среди занятых в отрасли – мужчины (68,7 %), женщины (31,3 %), а средний возраст работников составляет 43,3 года. Средняя заработная плата в январе–августе 2021 г. в отрасли машиностроения составила 1 411,5 руб.



Рис. 1. Центры автомобилестроения Беларуси

В январе–августе 2021 г. произведено продукции машиностроения на сумму 14,6 млрд руб., что в сопоставимых ценах на 17,1 % больше, чем в январе–августе 2020 г.

Производство видов продукции автомобилестроения в январе–августе 2021 г. (в процентах к январю–августу 2020 г.) составило:

- автомобили – 18,6 тыс. шт. (в 1,5 раза больше);
- велосипеды – 70,2 тыс. шт. (в 1,4 раза больше);
- тракторы для сельского и лесного хозяйства – 30 тыс. шт. (на 19 % больше);
- зерноуборочные комбайны – 813 шт. (на 15,6 % больше);
- мотоциклы – 3152 шт. (на 4,8 % больше).

В целом, в 2021 г. наблюдалась положительная динамика в объемах производства продукции автомобильной промышленности по сравнению с прошлыми годами [6].

Продукция предприятий автомобилестроения в Беларуси включает в себя широкий спектр автомобилей и специальной техники.

Основные продукты белорусских автопроизводителей

Грузовики: Минский автомобильный завод (МАЗ) производит различные модели грузовиков, начиная от среднетоннажных до тяжелых. Эти автомобили используются в различных отраслях, таких как логистика, строительство, горнодобывающая промышленность и транспортировка грузов. Также БелАЗ производит крупнейшие в мире карьерные самосвалы.

Автобусы: МАЗ также специализируется на производстве автобусов различных классов, включая городские, междугородные и туристические автобусы. Белорусские автобусы отличаются комфортом, надежностью и эффективностью. Также автобусы выпускает Лидский автомобильный завод «Неман».

Троллейбусы: ВКМ HOLDING (ранее известный как «Белкоммунмаш») является ведущим производителем наземного городского электрического транспорта в странах СНГ.

Специализированная техника: Помимо грузовиков и автобусов, предприятия автомобилестроения Беларуси также производят разнообразную специализированную технику, такую как пожарные автомобили, рефрижераторы, самосвалы, бетоносмесители и другие специализированные машины для различных отраслей. Примером такого предприятия является предприятие «Амкодор».

Легковые автомобили: Несмотря на то, что легковые автомобили не являются основным направлением для белорусских автопроизводителей, они также выпускаются некоторыми предприятиями, такими как СЗАО «БЕЛДЖИ».

В целом, продукция предприятий автомобилестроения в Беларуси заслуженно пользуется спросом на рынке благодаря своему качеству, инновационным технологиям и конкурентоспособным ценам.

Эксперты Евразийского банка развития (ЕАБР) констатируют, что автомобилестроительная отрасль Беларуси подвержена ряду серьезных рисков и, несмотря на имеющийся потенциал в экспорте, сможет получить развитие только благодаря усилению интеграционных и кооперационных связей с иностранными партнерами.

Слабой позицией белорусского автомобилестроения является ее высокая импортоспособность. Высокая зависимость от импортных комплектующих, необходимость закупок оборудования за пределами страны для модернизации отрасли также является сдерживающим фактором.

Автомобилестроение Беларуси необходимо выводить принципиально на новый уровень развития. Главным при этом должно стать освоение современных технологий, выпуск высокотехнологичной и наукоемкой продукции, которая сможет не только закрыть потребности внутреннего рынка, но и позволит успешно конкурировать на внешних рынках (табл. 1).

SWOT-анализ развития автомобильной промышленности Беларуси

Сильные стороны	Слабые стороны
<ul style="list-style-type: none"> • Большая роль автомобильного транспорта • Занимает значительную долю в ВВП Беларуси • Экономически-выгодное расположение предприятий • Выгодное ЭГП Беларуси • Повышенный спрос на продукцию • Скорость развития технологий • Конкуренция предприятий • Высокая квалификация кадров 	<ul style="list-style-type: none"> • Расположение только в 2-х основных регионах (Минская и Гомельская область) • Высокая стоимость продукции • Высокая стоимость обслуживания • Мало сырьевых ресурсов
Возможности	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"> • Внедрение новейших технологий • Повышение экологичности продукции • Привлечение высококвалифицированных кадров • Внедрение альтернативных видов топлива 	<ul style="list-style-type: none"> • Угроза исчезновения основных видов топлива (газ, бензин) • Повышение стоимости продукции • Социально-экономическая и политическая ситуация в странах, которые импортируют продукцию в Беларусь и в которые экспортирует продукцию Беларусь

Таким образом, перспективное развитие автомобилестроения невозможно без инвестиций в основные фонды предприятий. Их привлечение и рост инновационной составляющей может обеспечиваться за счет вступления предприятий автомобилестроения в холдинговые компании, использования государственно-частного партнерства, интеграции академических институтов в реальный сектор экономики.

Библиографический список

1. Автомобильная промышленность Беларуси. [Электронный ресурс] / Информационные данные. – URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Автомобильная_промышленность_Беларусии – Дата доступа : 06.04.2025.
2. Высоцкий, М. Состояние и перспективы инновационного отечественного транспортного машиностроения / М. Высоцкий // Наука и инновации. – 2012. – № 5. – С. 36–40.
3. Дмитракович, А. Г. О национальном техническом комитете «землеройные и строительно-дорожные машины» / А. Г. Дмитракович, В. С. Меркулов // Стандартизация. – 2007. – № 1. – С. 16–17.
4. Егоров, А. Н. Новая техника «БелАЗ» : в содружестве науки и производства рождается будущее белорусского карьерного автомобилестроения / А. Н. Егоров // Механика машин, механизмов и материалов. – 2012. – № 3–4. – С. 200–202.
5. Комарова, Ж. Автомобили – главная цель моей жизни и ее первостепенные герои / Ж. Комарова, М. Высоцкий // Наука и инновации. – 2013. – № 2. – С. 56–61.
6. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Промышленность Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, – Минск : 2022. – 325 с.

OUTRUNNER BLDC MOTOR DEVELOPMENT

Khaled Saleh, student
Omar Almarri, student
Ali Alshamsi, student
Abdulrahman Almewali, student
Victor Goman, assistant professor
E-mail: victor.goman@actvet.gov.ae

Abu Dhabi Polytechnic
Abu Dhabi, United Arab Emirates

Abstract. The growing demand for sustainable and efficient transportation solutions has driven the advancement of high-performance electric motors, particularly Permanent Magnet Synchronous Motors (PMSMs) and Brushless Direct Current Motors (BLDCs). These motors offer advantages such as high torque density, compact design, and exceptional efficiency, making them ideal for Electric Vehicle (EV) applications. This study investigates the optimization of three-phase outer rotor motors, focusing on addressing design challenges related to torque, output power and efficiency. The research employs advanced simulation techniques to analyze the impact of rotor and stator configurations and material choice. Key findings demonstrate that optimized motor geometry significantly improves torque density and efficiency. This study contributes to the field by presenting a refined design methodology that balances compactness, performance, and cost-effectiveness for EV and UAV (unmanned aerial vehicles) applications. The findings have implications for the broader adoption of sustainable propulsion systems, particularly in urban and air mobility solutions. Future research directions include experimental validation of proposed designs.

Keywords. Electric motors, permanent magnet synchronous motors, brushless direct current motors, electric vehicles, unmanned aerial vehicles.

The rapid advancements in electric propulsion technologies have propelled the development of high-efficiency electric motors, especially for transportation and industrial applications. Among these, Permanent Magnet Synchronous Motors (PMSMs) and Brushless Direct Current Motors (BLDCs) have emerged as pivotal innovations due to their excellent torque density, compact size, and operational efficiency [1]. These attributes make them ideal for Electric Vehicles (EVs), including electric bicycles, scooters, and compact cars [2]. However, the transition to energy-efficient mobility has introduced challenges such as design constraints, thermal management, and the need for optimization within confined physical spaces [3, 4].

Historically, the adoption of PMSMs and BLDCs has been supported by innovations in materials and motor geometry. Despite these advancements, existing motor designs often struggle to balance compactness, efficiency, and cost-effectiveness, especially for in-wheel applications where space is a critical limitation and UAVs where the weight is crucial [5].

The primary aim of this study is to optimize the design and functionality of three-phase outer rotor motors to achieve superior efficiency and torque for urban and air mobility applications. The key objectives are:

- To analyze the influence of rotor and stator configurations on motor performance.
- To design, manufacture and test the prototype.

For the final motor design, we considered several configurations and used MotorXP software to optimize various parameters, including rotor and stator geometry, winding configuration, and material properties.

The motor's core components (stator and rotor) were designed. We used Sura NO20 steel for the stator core and carbon steel for the rotor core, copper winding and N35 magnets.

The stator features a 36-slot configuration with a double-layer fractional slot concentrated winding. The rotor has 21 pole pairs, with surface-mounted magnets. The geometry ensures low cogging torque and high winding factor which is critical for smooth and efficient motor operation.

Design optimizations included magnet sizing: optimized the magnet dimensions for maximum torque production without excessive rare-earth material use.

Pictures of the motor geometry and material configurations are provided below to further illustrate the motor's design (Fig. 1–5).

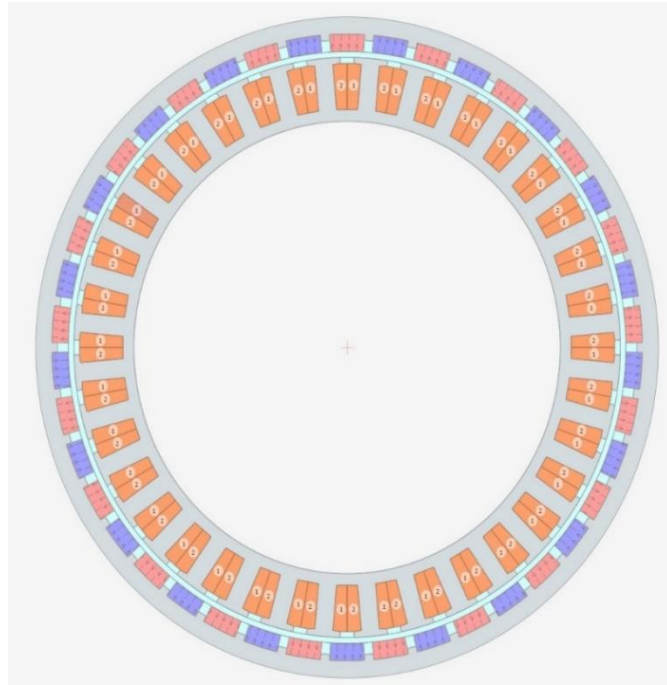


Fig. 1. Cross-section of the motor: gray areas indicate magnetic cores; orange areas – a stator winding; red and purple are magnets; other areas represent the air

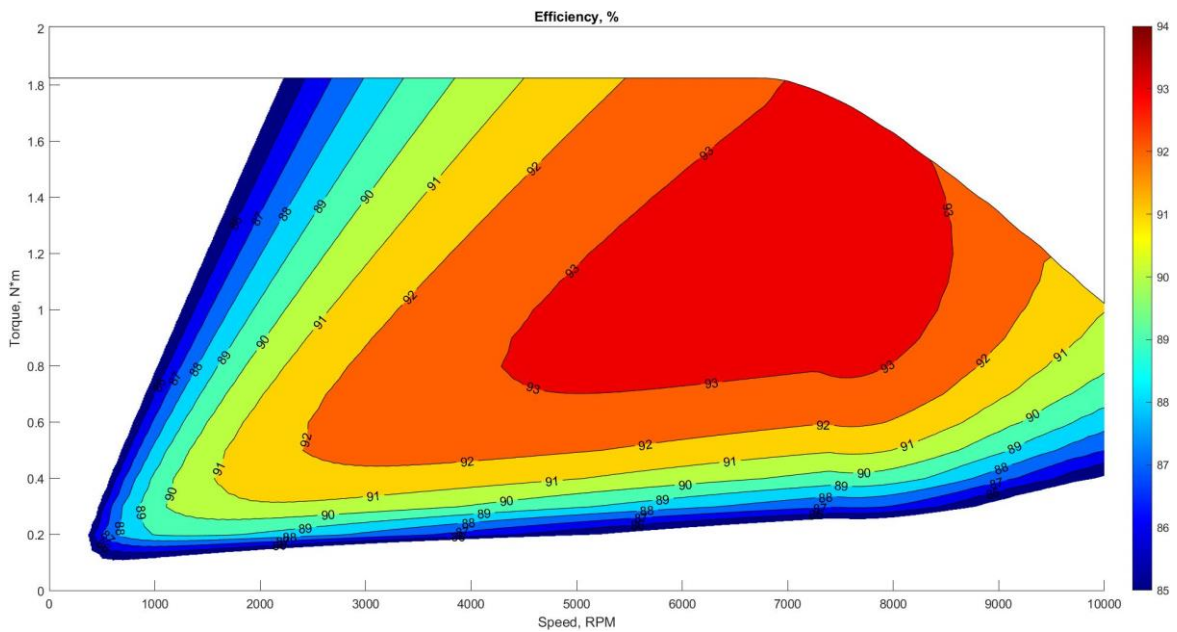


Fig. 2. Efficiency map: maximum efficiency zone 93% spans from approx. 4K to 8.5K RPM and from 0.7 to 1.8 Nm torque

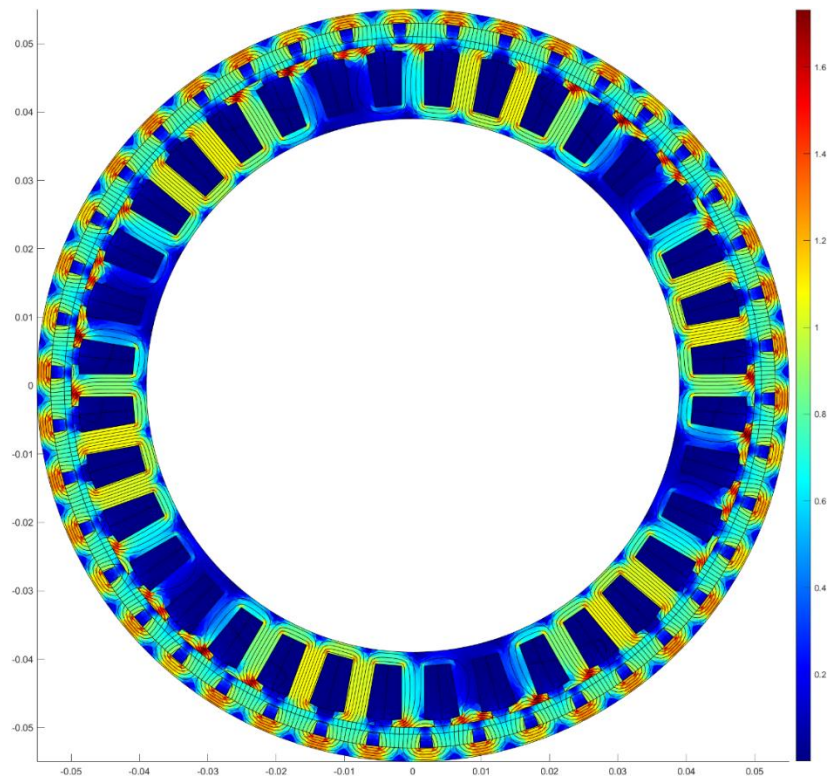


Fig. 3. Flux density (T)

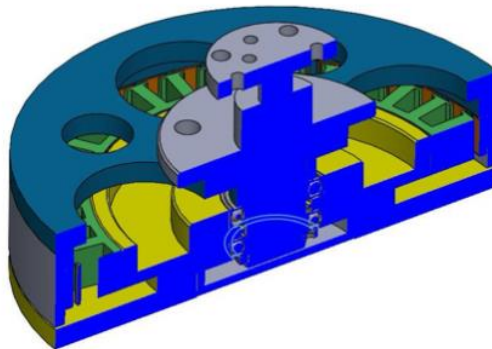


Fig. 4. Cut-out 3D-view



Fig. 5. Prototype photo

This study successfully met its objectives by designing and optimizing a BLDC motor that balances efficiency and torque output. Through iterative refinement, the motor demonstrated competitive efficiency for this size, good torque-to-weight ratio, and reliable performance under varying operational conditions and finally reached the expected trade-off between torque, magnet and total weight, and efficiency. These outcomes validate the feasibility of the design for practical applications, particularly in sectors prioritizing energy efficiency and sustainability.

Although the project met its goals, several limitations and opportunities for future research emerged:

- Material innovation: investigating alternatives to rare earth magnets could address ethical and environmental concerns while maintaining performance.
- Cooling techniques: exploring advanced cooling systems or materials that could withstand higher currents.
- Wider applications and testing: testing the motor in various real-world scenarios, such as EV or UAV, would validate its performance.
- Economic feasibility: additional studies on cost optimization required for scaling production.

By addressing these aspects, future work can expand upon the findings of this study, contributing to the advancement of sustainable and efficient motor technologies in an evolving global market.

Reference list

1. Mohanraj, D.; Aruldavid, R.; Verma, R.; Sathiyasekar, K.; Barnawi, A.B.; Chokkalingam, B.; Mihet-Popa, L. A Review of BLDC Motor: State of Art, Advanced Control Techniques, and Applications. *IEEE Access* 2022, 10, 54833–54869.
2. Markovic, M.; Muller, V.; Hodder, A.; Perriard, Y. Optimal design of an in-wheel BLDC motor for kick scooter. In *Proceedings of the 2010 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, Atlanta, GA, USA, 12–16 September 2010*; pp. 292–296.
3. Dorrell, D. G., Knight, A. M., & Popescu, M. (2011). Performance improvement in high-performance brushless rare-earth magnet motors for hybrid vehicles by use of high flux-density steel. *IEEE Transactions on Magnetics*, 47(10), 3016–3019. <https://doi.org/10.1109/TMAG.2011.2157103>
4. Wang, J., Yuan, X., & Atallah, K. (2012). Design optimization of a surface-mounted permanent-magnet motor with concentrated windings for electric vehicle applications. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 62(3), 1053–1064.
5. Zhao, L., Yang, M., He, Z., Ma, J., & Lu, Q. (2021). Optimization design of outer-rotor permanent magnet synchronous motor. In *2021 Sixteenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EVER52347.2021.9456655>

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ПРИМЕРЕ ОТЛИВКИ «СКОБА УВЯЗОЧНАЯ»

Бессонова^{1,2} Екатерина Алексеевна, инженер-технолог отдела гл. металлурга, студент
Шевченко² Олег Игоревич, д-р техн. наук, зав. кафедрой МТ
E-mail: bessonovak0719@icloud.com

1 – АО «НПК «Уралвагонзавод»»

2 – НТИ (филиал) УрФУ

г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Рассмотрено влияние автоматизации и аддитивных технологий на производственные процессы, выявлены проблемы и перспективы развития на примере отливки «Скоба увязочная». За счет анализа и изменения технологии производства выявлена положительная динамика выхода годной продукции. Методом конечных элементов с использованием программного комплекса *LVMFlow* проведено исследование литниково-питающей системы базового варианта. Предложены новые решения, позволившие снизить вероятность образования дефекта «Усадочная раковина». Проанализирован имеющийся в настоящее время процесс изготовления стержней из песчано-глинистых смесей и предложен переход на технологию *Cold-Box-Amin* (холодно-твердеющих смесей). Новая технология позволяет исключить дефект типа «Засор» на поверхности литой заготовки. Снижается осыпаемость стержневой смеси, повышается плотность и прочность сцепления за счет связующих добавок, что обеспечивает лучшие условия автоматизированного изготовления элементов литейных форм. Производство серии экспериментальных отливок показало увеличение выхода годной продукции на 51 % по сравнению с базовой технологией изготовления.

Ключевые слова. Дефекты форм и отливок, усадочная раковина, засор формы, моделирование, холодно-твердеющие смеси, автоматизация производства.

Целью данного исследования является анализ современных тенденций и технологий в литейной отрасли, их влияния на эффективность. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи: изучение инновационных технологий и их применения в литейном производстве, оценка влияния автоматизации и аддитивных технологий на производственные процессы, а также выявление проблем и перспектив развития отрасли в условиях глобализации [1–3].

Одним из примеров успешного внедрения инноваций является использование технологии литья в песчаных формах с применением моделирования и 3D-печати. Этот метод позволяет значительно сократить время производства качественных изделий, что в свою очередь ускоряет общий производственный процесс [4]. Исследования показывают, что применение данной технологии уменьшает временные затраты на изготовление форм на 30 %, что является значительным достижением для отрасли.

На примере отливки одного из литейных цехов АО «НПК «Уралвагонзавод»» был проведен анализ влияния изменения технологии изготовления и выявлена положительная динамика выхода годной продукции. В ходе визуального осмотра литой заготовки были выявлены основные дефекты в виде усадочной раковины (рис. 1) выходящей на поверхность литой заготовки и засоры (рис. 2).

Анализ текущей (рис. 3) литниково-питающей системы в программном комплексе – *LVMFlow* и подбор подходящей (рис. 4) позволило снизить образование дефекта «Усадочная раковина».



Рис. 1. Дефект в виде усадочной раковины



Рис. 2. Дефект в виде засора

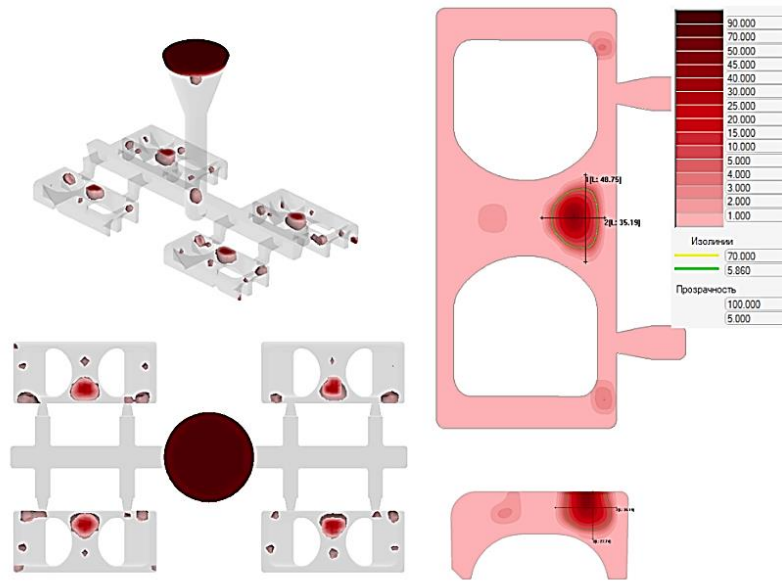


Рис. 3 Дефект «Усадочная раковина», выявленный расчетным путем в программе *LVMFlow*

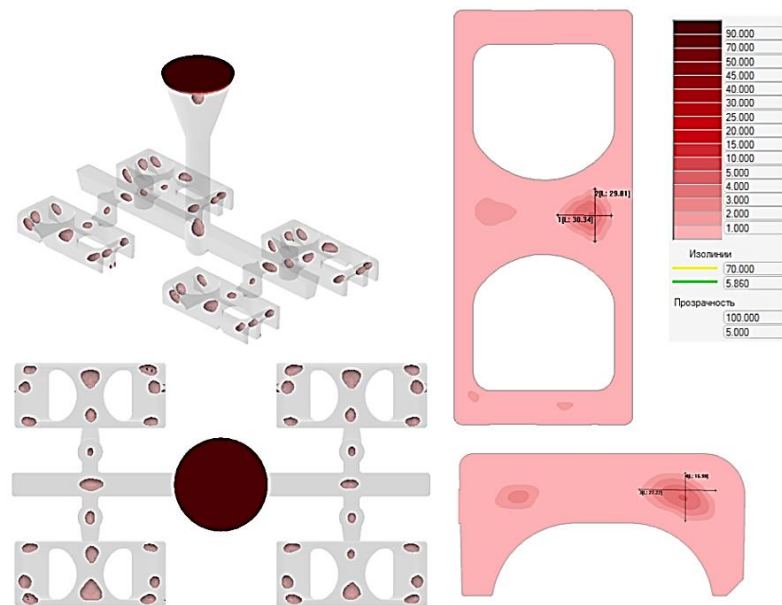


Рис. 4. Результаты расчета по усовершенствованной технологии

В ходе визуального осмотра литой заготовки после изготовления дефект «Усадочная раковина» не был обнаружен.

При исследовании текущей технологии был проведен анализ и принято решение о переходе с метода изготовления стержней технологии ПГС на использование стержней, изготавливаемых по технологии *Cold-Box-Amin* процессу с использованием автоматической машины по изготовлению стержней. Данный метод в технологии подразумевает исключение дефекта «Засор», выходящего на поверхность литой заготовки за счет снижения осыпаемости стержневой смеси и высокой плотности и сцепления за счет связующих добавок, что обеспечивает возможность автоматизированного изготовления стержней.

После изменения технологии была произведена проверка выхода годной продукции за текущий месяц с момента изменения технологии, который составил 90 %, что позволило увеличить уровень выхода годного на 51 % по сравнению со базовой технологией изготовления.

Таким образом, замена стержневых смесей и изменение технологии изготовления с переходом на автоматизацию и применение современных методов анализа дает возможность снизить процент брака выпускаемой продукции, улучшить и ускорить процесс изготовления, избавиться от различных видов дефектов в отливке, таких как: «Засор» и «Усадочная раковина». Модернизация оборудования и применение в производстве цифрового моделирования и аддитивных технологий представляет собой ключевой шаг к повышению конкурентоспособности литейного производства.

Библиографический список

1. Олейник, Н. В. Модернизация технологий в литейном производстве / Н. В. Олейник, А. В. Судакова // Наука и образование: новое время. – 2019. – № 1. – [Электронный ресурс]. – URL: www.articulus-info.ru. – 5 с.
2. Пелых, С. Г. Современные методы управления качеством в литейном производстве / С. Г. Пелых, О. И. Пономаренко // Литье и металлургия. – 2002. – [Электронный ресурс]. – С. 36–38.
3. Полуэктов, А. Е. Актуальность модернизации технологического процесса изготовления отливных изделий / А. Е. Полуэктов // Рязанский государственный радиотехнический университет. – [Электронный ресурс]. – С. 129–130.
4. Дибров, И. А. Состояние и перспективы развития литейного производства в России / И. А. Дибров // FOUNDRY PRODUCTION AND METALLURGY // Литейное производство и металлургия. – 2021. – Беларусь. – [Электронный ресурс]. – С. 6–11.

ОСОБЕННОСТЬ ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА

Виноградова¹ Екатерина Сергеевна, студент
Мазурина¹ Екатерина Юрьевна, студент
Мартыненко² Сергей Витальевич, канд. техн. наук, гл. металлург
Фирстов¹ Александр Петрович, канд. техн. наук, доц.
E-mail: first55@mail.ru

1 – НТИ (филиал) УрФУ

2 – АО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод»
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Применение в качестве поверхностного слоя на литейной форме растворов натриевых жидких стекол с пористой структурой позволит не только сократить дефектность отливок, но и улучшить качество поверхностного слоя фасонного изделия и снизить затраты на ее механическую обработку.

Ключевые слова. Жидкое стекло, золь, мицелла, литейная форма, покрытие, испарение, внутренние напряжения.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ШИХТЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ РАЗЛИЧНОГО ВИДА ШЛАКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВАНАДИЕВОГО ЧУГУНА

Демидов Денис Алексеевич, студент
Пыхтеева Ксения Борисовна, канд. техн. наук, доц.
E-mail: k.b.pykhiteeva@urfu.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Современное металлургическое предприятие накапливает ежегодно большие объемы различного рода шлака. В статье приводится исследование, целью которого является сравнение различных видов металлургического шлака и выбор наиболее экономически эффективного побочного продукта для дальнейшего использования в доменной печи. Необходимо разработать технические решения, которые позволят сократить объемы отвальных накоплений. В работе проведена оценка существующих технологий по переработке доменного и сталеплавильного шлака. Шлаки десульфурации конвертерного цеха, несмотря на повышенное содержание железа и ванадия, используются в производстве на сегодняшний день крайне незначительно. В статье предложена методика рециклинга шлака десульфурации, которая может способствовать снижению удельного расхода кокса, уменьшению экологической нагрузки на окружающую среду и увеличению производства ванадиевого чугуна. Проведены балансовые расчеты по приходу железа, из которых видно повышение содержание его в проектом варианте.

Ключевые слова. Ванадиевый чугун, металлдобавки, шлак десульфурации, доменное производство, переработка шлаков, доменный шлак.

Металлургическая отрасль является одной из ключевых в современном мире. Однако производство металла сопровождается образованием значительного количества отходов, включая металлургические шлаки. Эти отходы представляют собой серьезную угрозу для окружающей среды, поскольку они накапливаются на отвалах и могут нанести значительный вред природе.

На долю доменного и сталеплавильного производства приходится образование основной части отходов. К ним относятся шлаки, образующиеся на всех этапах производства, а также железосодержащие отходы: аглоотсев, аспирационные пыли и шламы. Шлак – это побочный продукт доменного и сталеплавильного передела, образующийся в доменной печи из пустой породы железорудного сырья и золы топлива, а также при окислении примесей в сталеплавильных процессах. Поэтому шлаки являются неотъемлемой частью доменного и сталеплавильного производства, на долю которых приходится до 80 % всех видов отходов в данных металлургических переделах. Уровень образования доменных шлаков зависит от содержания железа в исходной шихте и удельного расхода твердого топлива (т. е. кокса и пылеугольного топлива) на выплавку чугуна. Уровень образования сталеплавильных шлаков напрямую связан с содержанием шлакообразующих и вредных примесей в передельном чугуне.

Одним из способов решения задачи по утилизации шлаков является оптимизация технологических процессов производства за счет их использования непосредственно в доменной печи. Такой подход позволяет не только утилизировать отходы, но и дополнительно извлекать ценные элементы. Это, в свою очередь, приводит к снижению удельного расхода кокса, уменьшению экологической нагрузки на окружающую среду и увеличению производства ванадиевого чугуна.

Доменный шлак АО «ЕВРАЗ НТМК» обладает высоким содержанием оксидом кальция, оксидом кремния и алюминия (рис. 1). В результате оценки установлено, что практически весь он перерабатывается на щебень с попутным извлечением из него металла на специальном участке, включающем траншеи литого щебня, и две дробильно-сортировочные установки [1, 2].

Таблица 1

Химический состав доменного шлака

Материал	Содержание %						
	V ₂ O ₅	MgO	S	Mn	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
Доменный шлак	0,31	13,68	0,46	0,6	32,19	26,39	15,45

Кроме того, ежегодно на предприятиях АО «ЕВРАЗ НТМК» образуется около 20 000 т шлака десульфурации конвертерного цеха. Шлак десульфурации является крайне ценным железо- и ванадийсодержащим материалом для производства чугуна. Химический состав шлака десульфурации представлен в табл. 2. Так как доменный шлак полностью перерабатывается и уступает по химическому составу шлаку десульфурации, то целесообразней применять шлак десульфурации в составе доменной шихты как металлдобавку для возврата в производственный цикл ванадия, железа и оксида марганца [3].

Таблица 2

Химический состав шлака десульфурации

Материал	Содержание %							
	Fe _{общ}	V ₂ O ₅	MgO	S	Mn	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
Шлак десульфурации	62,68	2,47	5,53	1,87	0,90	17,19	2,69	1,47

Для оценки возможности применения шлака десульфурации был проведен расчет прихода железа, ванадия, оксида магния, марганца и серы со шлаком в доменную печь. В базовом варианте содержание железа в шихте составило 57,153 % (табл. 3). В проектном варианте содержание железа в шихте составит 57,158 %, что на 0,005 % больше чем в базовом варианте.

Таблица 3

Баланс прихода железа

Наименование	Базовый период				Проектный период			
	Расход, кг	% в ЖРС	Fe, %	Fe, кг	Расход, кг	% в ЖРС	Fe, %	Fe, кг
Агломерат КГОК	616,87	36,96	55,08	339,77	616,86	36,92	55,08	339,77
Окатыши КГОК	817,45	48,97	61,03	498,89	817,45	48,93	61,03	498,89
Железофлюс ВГОК	209,83	12,57	49,04	102,90	209,82	12,56	49,04	102,90
ЖРС всего	1644,14	98,50	57,27	941,56	1644,14	98,41	57,27	941,56
Доменный присад	25,04	1,50	49,67	12,44	25,04	1,50	49,67	12,44
Шлак десульфурации	–	–	–	–	1,5	0,09	62,68	0,94
Всего	25,04	1,50	49,67	12,44	26,54	1,59	50,405	13,38
Итого шихты	1669,18	100,00	–	954,00	1670,68	100,00	–	954,94
Железо в шихте	–	–	57,153	–	–	–	57,158	–

Также проведен расчет прихода ванадия с шихтой. В базовом варианте приход ванадия с шихтой составит 5,594 кг/т чугуна. В проектном варианте приход ванадия с шихтой составит 5,614 кг/ т чугуна, что на 0,021 кг больше, чем в базовом варианте.

При использовании шлака десульфурации увеличится содержание ванадия в чугуне, что положительно повлияет на технологическую схему извлечения ванадия, ведь ванадий – это ценнейший продукт и приносит большую прибыль предприятию [4, 5].

Проведен расчет доменной плавки с использованием профакторных коэффициентов на АО «ЕВРАЗ НТМК» Расход кокса при использовании шлака десульфурации снижается на 0,17 кг/т чугуна и увеличивается производство чугуна на 4,1 т. Это связано с тем, что шлак содержит ценные компоненты, которые могут быть восстановлены в процессе плавки.

Шлак десульфурации целесообразно применить в качестве шихты при производстве чугуна в доменной плавке с рециклингом железа и ванадия с замещением в доменной шихте железорудного сырья и получением в дальнейших переделах дополнительных объемов товарного ванадия.

Расчеты показали, что предлагаемая технология совершенствования выплавки ванадиевого чугуна с использованием шлака десульфурации позволит повысить производительность доменной печи на 4,1 т/сутки, снизить себестоимость 1 т чугуна на 2,4 руб. и увеличить прибыль на 9,07 млн руб./год.

Шлак наиболее эффективно использовать в качестве чистой металлдобавки. В этом случае ванадий будет полностью восстановлен и включен в состав чугуна. Этот метод является наиболее эффективным с точки зрения повышения степени сквозного извлечения ванадия. Таким образом, использование шлака десульфурации является целесообразным способом повышения эффективности производства чугуна, снижения негативного воздействия на окружающую среду от металлургического производства за счет высвобождения земель от промышленных отходов.

Библиографический список

1. Переработка отвальных металлургических шлаков. Технологическая инструкция. ТИ 102-ШЛ-328-2020. – 56 с.
2. Дробление, помол и обогащение ванадиевого шлака. Технологическая инструкция. ТИ 102-МГ-242-2020. – 52 с.
3. Технология восстановления оксидов железа из жидких сталеплавильных шлаков в процессе их комплексной переработки / В. В. Журавлев, В. М. Паршин, Я. Ш. Школьник // Бюллетень: «Черная металлургия». – № 1. – 2014. – 244 с.
4. Переработка сталеплавильного шлака как вторичного сырья для получения фосфора и марганца / ОАО «Черметинформация» // Новости черной металлургии за рубежом. – № 4. – 2017. – С. 32–38.
5. Использование шлаков черной металлургии в дорожном строительстве / ОАО «Черметинформация» // Новости черной металлургии за рубежом. – № 5. – 2014. – С. 22–32.

ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ СКАНДИЯ ИЗ ХВОСТОВ МОКРОЙ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ КАЧКАНАРСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

Загайнов Александр Сергеевич, студент
Шамина Инна Васильевна, преподаватель спец. дисциплин
E-mail: shamina01@mail.ru

ГАПОУ СО «Качканарский горно-промышленный колледж»
г. Качканар, РФ

Аннотация. Вопросам получения и применения редкоземельных металлов посвящено много научных трудов. Данная тема является актуальной, т. к. в современном мире происходит достаточно кардинальные изменения производственных мощностей, быстрыми темпами развиваются отрасли, связанные с освоением космоса, авиастроение, энергетика и электроника. А это, в свою очередь, требует создания новых материалов, отличающихся уникальными свойствами. Применение редкоземельных металлов в данном направлении – очень перспективная сфера деятельности.

Качканарский горно-обогатительный комбинат (КГОК) уже более 50 лет добывает и перерабатывает железную руду. Добыча руды ведется открытым способом. В процессе обогащения руда проходит стадии дробления, сухой и мокрой магнитной сепарации с выделением железо-ванадиевого концентрата. Отходы мокрой магнитной сепарации в виде пульпы перекачиваются в хвостохранилище. Хвостохранилище представляет собой огромный запас ценного сырья. В хвостах второй стадии мокрой магнитной сепарации содержится 130 г скандия на 1 т отходов. С появлением новых современных технологий это сырье можно вовлекать в повторную переработку для извлечения попутного, ранее не востребованного компонента.

К настоящему времени в шламоохранилище комбината уложено 1,8 млрд т хвостов ММС. Ежегодный прирост отвалов составляет около 42 млн т.

При использовании описанной в работе технологии выпуск товарной продукции может составить около 10 т скандия в год.

Ключевые слова. Технология добычи скандия, мокрая магнитная сепарация, повторное использование отходов, пироксенитовый концентрат, сернокислотное выщелачивание, черновой концентрат скандия, оксид скандия.

Вопросам получения и применения редкоземельных металлов посвящено много научных трудов. Современное развитие производства требует создания принципиально новых материалов, отличающихся уникальными свойствами.

Применение редкоземельных металлов в данном направлении – очень перспективная сфера деятельности, т. к. их сплавы улучшают свойства исходного сырья.

Одним из перспективных металлов, относящихся к редкоземельным, является скандий. Незначительные добавки скандия к алюминию позволяют резко увеличить прочность и пластичность конструкций. Применение скандия перспективно во многих отраслях.

Цель данной работы: познакомиться с технологией извлечения скандия из хвостов мокрой магнитной сепарации титаномагнетитовых руд, предложенной в 1992 г., выяснить причины отказа от внедрения этой технологии.

Основные задачи работы:

- рассмотреть основные свойства и области применения скандия;
- познакомиться с историей производства скандия в нашей стране;
- проанализировать причины изменения спроса на скандий на мировом рынке;

– собрать информацию о технологии получения скандия, разработанную для Качканарского ГОКа и выяснить причины, по которым данная технология не была запущена в производство.

Большой интерес к проблеме получения скандия в нашей стране возник в 70-е годы прошлого века с началом работы по программе «Энергия–Буран». Эта космическая программа советской многоцелевой транспортной космической системы (МТКС) была ответом на аналогичную многоцелевую военно-гражданскую программу США «Спейс шаттл».

В ходе этой программы Всесоюзным институтом авиационных материалов (ВИАМ) было создано 230 новых технологий и 39 принципиально новых материалов, в т. ч. и со скандием.

Профессор Н. И. Колобнев, сотрудник ВИАМ, в своей статье «Алюминиево-литиевые сплавы со скандием» описывает характеристики этих сплавов. Дополнительное легирование скандием Al–Li-сплавов повышает их прочностные свойства, улучшает свариваемость и оказывает влияние на характер и скорость распада пересыщенного твердого раствора, а также дает возможность снизить массу аппарата, что при запуске ракет имеет немаловажную роль.

Проблема получения скандия очень интересна и актуальна для Качканарского горно-обогатительного комбината, т. к. результат лабораторных исследований показал, что в отходах предприятия, так называемых шламах, содержится до 130 г скандия на 1 т.

Качканарский ГОК уже более 50 лет добывает и перерабатывает руду. Сегодня объемы производства фиксируются на уровне 58 млн т титаномагнетитовой руды в год со средним содержанием железа не менее 15,6 %.

Практически 80 % добываемого сырья – это пустая порода, которую складировать в хвостохранилище. Именно хвосты мокрой магнитной сепарации Качканарского ГОКа представляют особый интерес с точки зрения внедрения технологий повторного использования отходов.

В начале 90-х гг. Всесоюзный научно-исследовательский институт химической технологии (ВНИИХТ) разработал способ получения скандия из хвостов мокрой магнитной сепарации (ММС). По этой технологии первоначально предусматривается подготовка хвостов с целью получения наиболее обогащенного пироксенового концентрата. Схема комплексной переработки хвостов ММС включает ряд операций:

- 1 – мелкое измельчение хвостов ММС в стержневых мельницах (до 0,1 мм);
- 2 – классификация измельченного продукта;
- 3 – две стадии мокрой магнитной сепарации на барабанных магнитных сепараторах с высокой напряженностью магнитного поля;
- 4 – сгущение и обогащение на концентрационных столах;
- 5 – фильтрация железного, магнетитового и пироксенового концентратов.

По этой схеме, помимо пироксенового, предусмотрено получение платинового, золото-сульфидного и ильменитового концентратов.

Полученный пироксеновый концентрат подвергается технологической обработке по следующей схеме:

- серно-кислотное выщелачивание подготовленного сырья (это процесс, широко используемый в добывающей металлургии, когда руду обрабатывают химическими веществами для превращения ценных металлов внутри нее в растворимые соли, в то время как примеси остаются нерастворимыми);
- отделение жидкой фазы от твердой после выщелачивания отстаиванием и фильтрацией;
- промывка и концентрирование осадка с получением твердого силикатного продукта, направляемого для получения стройматериалов;
- экстракция скандия из жидкой фазы специальными смесями с получением черного концентрата скандия (ЧКС) с содержанием 2–5 % скандия;

– последовательное выделение из рафинатов скандиевой экстракции концентратов титана и ванадия осаждением с последующей фильтрацией и сушкой.

Последующие операции включают экстракционное концентрирование скандия из сернокислого раствора с использованием Д2ЭГФК (Ди (2-этилгексил) фосфорная кислота) – экстрагента редкоземельных металлов. Образующийся осадок отделяют фильтрацией, промывают от маточного раствора, высушивают и получают черновой концентрат скандия (ЧСК) с содержанием 2–3 % скандия. Из полученного ЧКС экстракционным методом получают оксид скандия чистотой 99,0 %.

Данная технология прошла опытно-промышленную проверку на Качканарском ГОКе.

В 1991 г. на опытной установке из пироксеновых хвостов Качканарского ГОКа были получены первые образцы оксида скандия. В 1992 г. завершено технико-экономическое обоснование строительства в Качканаре опытно-промышленного производства оксида скандия, который будет получаться из хвостов обогатительной фабрики. Было даже организовано строительство предприятия по переработке отходов обогащения. Но по ряду причин технология так и не была запущена в промышленное производство.

В качестве причин, повлиявших на сворачивание проекта можно назвать следующее:

– во-первых, в 1993 г. КГОК прошел процесс приватизации, основными владельцами акций стали несколько московских фирм, которые на протяжении нескольких лет не могли поделить собственность комбината. Естественно в подобных условиях проблемы производства, а тем более капитальные вложения в новые проекты были никому не интересны;

– во-вторых, определенную роль сыграло сокращение спроса на скандий на мировом рынке, что также привело к снижению цен и сделало данный бизнес не столь выгодным;

– в-третьих, общая экономическая ситуация в стране в кризисные 90-е годы, также не способствовала подъему предприятия;

– в-четвертых, экологические последствия производства.

И тем не менее вопрос получения скандия остается очень актуальным для Качканарского ГОКа, т. к. запасы отходов огромны, а металл востребован.

Качканарский ГОК имеет ряд преимуществ, способствующих снижению стоимости проекта по добыче скандия: не нужно тратить огромные средства на добычу сырья, т. к. оно уже готово и в огромном количестве находится в цехе хвостового хозяйства комбината; процент содержания скандия в хвостах в разы превышает содержание его в других рудах и минералах и, самое главное, на комбинате уже осуществлялись работы по пробному извлечению скандия, имеется разработанная технология, документация и знакомые с ней специалисты. И, возможно, с развитием науки и современных технологий в ближайшем будущем будет возможно комплексное извлечение полезных элементов из хвостов КГОКа, что, в свою очередь, обеспечит рабочие места и перспективы развития нашего моногорода.

Библиографический список

1. Косынкин, В. Д. Патриарх редкоземельной отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rareearth.ru/ru/pub/20161018/02901.html>. – (Дата обращения: 29.04.2025).

2. ВИАМ – кузница специалистов высокого класса [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://viam.ru/interview/346>. – (Дата обращения: 29.04.2025).

3. Элемент с непростой судьбой [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rareearth.ru/ru/pub/20150417/01563.html>. – (Дата обращения: 29.04.2025).

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ КОНВЕЙЕРОВ АСПИРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДОМЕННОГО ЦЕХА

Кабанов Дмитрий Викторович, зав. лабораторией кафедры МТ
Шевченко Олег Игоревич, д-р техн. наук, зав. кафедрой МТ
E-mail: oleg.shevchenko@urfu.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Для улучшения характеристик поверхностей элементов привода конвейеров, используемых в системе аспирации для транспортировки пыли, применена технология плазменной закалки с поверхностным оплавлением. Данный метод обеспечивает более высокую твердость обработанной зоны, способствует повышению износостойкости и долговечности рабочих поверхностей. Микротвердость оплавленного слоя имеет значение около 7000 HV, что более чем в 3 раза превышает значение твердости детали в состоянии поставки. Участок с «полумартенситной» зоной располагается на глубине максимально допустимого износа. Это позволяет получить эффективное сопротивление истиранию в течение всего периода эксплуатации звездочки. Сердцевина зуба при данном методе упрочнения остается вязкой, способной к восприятию знакопеременных нагрузок на протяжении всего межремонтного срока. На основании изучения рабочих параметров и выполненных анализов структуры и функциональных характеристик закаленных сталей марок 40, 45Л, 40Х была произведена процедура упрочнения ряда компонентов механической оснастки доменного подразделения с последующей передачей для эксплуатационных испытаний в производственных условиях.

Ключевые слова. Плазменная закалка, оплавление, твердость, абразивный износ, сопротивление истиранию, допустимый износ, упрочнение.

Важной проблемой в сфере доменного производства является значительное количество выбросов пыли и газов на литейном дворе. Основные выбросы происходят через лёток доменных печей, желобов участков слива, чугуновозов и шлаковозов. Формирование частиц пыли существенно зависит от технологических особенностей и условий производства, таких как температурные характеристики расплавов и их химический состав [1]. Уменьшение уровня пыли до безопасных норм обеспечивается системой аспирации, но ее компоненты, взаимодействуя с абразивными материалами, подвергаются значительному износу, вызывая преждевременную поломку.

Наибольшему износу подвержены многолучевые звездочки привода и натяжения конвейерных лент пылеудалительной системы [2]. Число лучей и их размеры могут варьироваться, однако размеры и форма самих зубьев близки (рис. 1). Звездочки производятся из сталей марок 45Л по стандарту ГОСТ 977–88 или 40Х согласно ГОСТ 4543–2016. По характеру силового воздействия абразивных частиц на трущиеся поверхности детали данный тип можно охарактеризовать как взаимодействие сопряженных деталей в контакте с абразивными частицами. В этом случае показано упрочнение детали на величину допустимого износа [3].

Плазменная закалка в этом случае является перспективным методом повышения износостойкости звездочек, особенно когда требуется поверхностное упрочнение с минимальными деформациями. Однако, для выбора оптимального режима обработки необходимо учитывать конкретные условия эксплуатации и требования к детали. Термическое воздействие на определенные участки детали с использованием плазменной дуги может проводиться как с поверхностным оплавлением, так и без него [4, 5]. Чаще востребована технология без оплавления, т. к. она позволяет сохранить исходные параметры шероховатости, полученные в результате предыдущей механической обработки. Вариант обработки

с оплавлением рекомендуется для увеличения максимального повышения твердости и износостойкости поверхностного слоя, подвергшегося переплаву, в стальных изделиях. В таком сценарии термообработка плазменной дугой становится завершающим этапом и легко интегрируется в производственный или ремонтный цикл.

Процесс упрочнения звездочек осуществлялся с помощью ручной плазменной закалки, что давало возможность точно регулировать температурный режим при обработке деталей сложной конфигурации, включая даже упрочнение деталей, содержащих изношенные элементы.

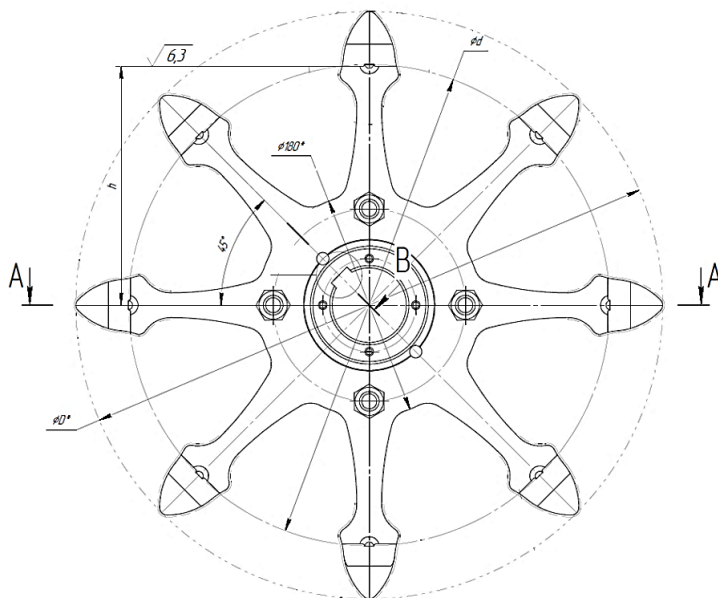


Рис. 1. Звездочка 8-лучевая приводная

На рис. 2 демонстрируется график распределения микротвердости по глубине упрочненного слоя образцов, изготовленных из стали марки 45, полученный в ходе лабораторных исследований. Микротвердость оплавленного слоя имеет значение около $H_{100} = 7000$ МПа, что более чем в 3 раза превышает значение твердости детали в состоянии поставки. Участок с «полумартенситной» зоной располагается на глубине максимально допустимого износа, что позволяет получить эффективное сопротивление истиранию в течение всего периода эксплуатации звездочки. При этом сердцевина зуба остается вязкой, способной к восприятию знакопеременных нагрузок на протяжении межремонтного срока.

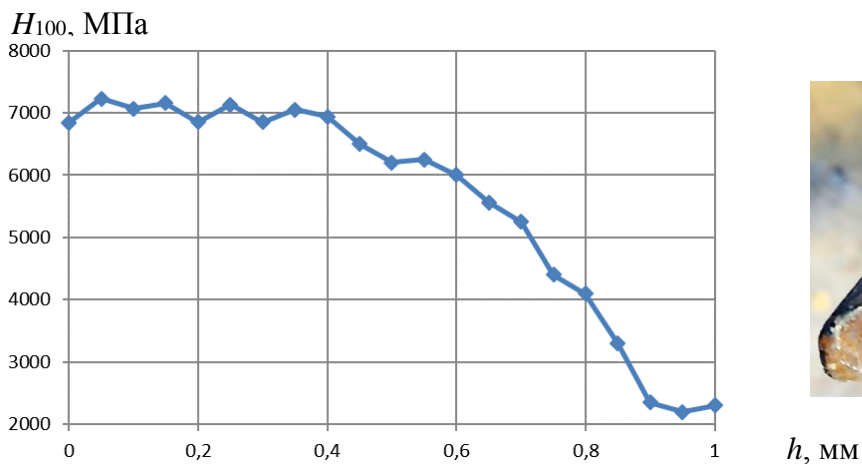


Рис. 2. Распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя и вид упрочненной поверхности

Таким образом, для улучшения характеристик поверхностей элементов привода конвейеров, используемых в системе аспирации для транспортировки пыли, была применена технология плазменной закалки с поверхностным оплавлением. Данный метод, обеспечивающий более высокую твердость обработанной зоны, способствует повышению износостойкости и долговечности рабочих поверхностей. На основании изучения рабочих параметров и выполненных анализов структуры и функциональных характеристик закаленных сталей марок 40, 45Л, 40Х была произведена процедура упрочнения ряда компонентов механической оснастки доменного подразделения с последующей передачей для эксплуатационных испытаний в производственных условиях.

Библиографический список

1. Рутковский, Ю. А. Совершенствование системы аспирации литейного двора доменной печи / Ю. А. Рутковский, А. Ю. Рутковский // 65 лет ДонГТИ. Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации : Сб. тез. докладов международной науч.-техн. конференции (13–14 октября 2022 г.). Часть 1. – Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2022. – С. 179–180.
2. Кропотов, Ю. И. Основные причины снижения срока эксплуатации ленточных конвейеров / Ю. И. Кропотов, Е. М. Жуков, И. А. Лугинин, С. И. Полошков // Молодой ученый. – 2015. – № 23 (103). – С. 172–175.
3. Филиппов, М. А. Износ и износостойкие материалы : учеб. пособие / М. А. Филиппов, А. В. Макаров, О. Ю. Шешуков, О. И. Шевченко, А. А. Метелкин. – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2019. – 372 с. – ISBN 978-5-9544-0098-4.
4. Сафонов, Е. Н. Плазменная закалка деталей машин : монография / Е. Н. Сафонов. – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2014. – 116 с. – ISBN: 978-5-9544-0064-9.
5. Шевченко, О. И. Управление структурой, составом и свойствами покрытий при плазменной наплавке – Нижний Тагил : НТИ (ф) УГТУ–УПИ, 2006. – 290 с. – ISBN 5-9544-0029-6.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЧУГУНА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ В УСЛОВИЯХ АО «ЕВРАЗ НТМК»

Кондюрин Владимир Сергеевич, студент
Пыхтеева Ксения Борисовна, канд. техн. наук, доц.
E-mail: k.b.pykhiteeva@urfu.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В последнее время существенно изменились шихтовые условия доменной плавки, что, в частности, связано с ухудшением качества кокса и вовлечением вторичных ресурсов и отходов, содержащих значительное количество щелочных соединений и других вредных примесей, влияющих на процессы формирования жидких фаз, их поведение в доменной печи и, как следствие, на потери производства и перерасход кокса. Целью данной работы является разработка методики оценки качества чугуна на основе интегральных показателей доменной плавки в условиях АО «ЕВРАЗ НТМК». Проанализированы ключевые показатели доменной плавки и их влияние на качество чугуна. На основе математической статистики проанализирован химический состав чугуна и предложена методика оценки качественных показателей чугуна на основе интегральных показателей доменной плавки. Рассчитана экономическая эффективность от проведенных мероприятий. Предложена автоматическая программа для внедрения в подсистему управления доменными печами, которая дает рекомендации по корректировке технологических параметров.

Ключевые слова. Чугун, кремний, показатели доменной плавки, производительность, расход кокса, интегральные показатели, корреляция, вариация, интегральные показатели.

АО «ЕВРАЗ НТМК» является единственным предприятием в России, на котором реализована технология переработки титаномагнетитовых руд с целью извлечения ванадия и последующей их переработкой. Требования к качеству ванадиевого чугуна несколько отличаются от простого передельного. Это связано с дополнительными параметрами, такими как содержание ванадия и титана в чугуне.

В ходе выполнения работы были проанализированы исследования способов оценки качества железорудного сырья на технико-экономические показатели доменной печи, характерной особенностью которых является закономерность влияния количественной и качественной характеристики железорудного сырья. Был проведен анализ исследования качества высокопрочного чугуна с применением методов математической статистики, в котором впервые был использован программный комплекс для получения уравнений регрессии влияния химического состава шихты на качественные показатели чугуна. Данная методика расчетов использована для последующих расчетов оценки качественных показателей чугуна на основе интегральных показателей доменной плавки.

Вначале было определено изменение технологических параметров на примере доменной печи № 7 за 2022 г., с тех пор технология существенно не изменилась. Выявлено, что по величине коэффициента вариации наиболее существенно изменяется содержание в чугуне трех химических элементов – кремния, марганца и титана, из которых кремний является наиболее нестабильным. Так же выявлены наиболее нестабильные показатели, которыми являются: расход ПУТ, железо в добавках, содержание доменного присада и железозофлюса.

При выборе оценки качества чугуна акцент был сделан на анализе парной корреляции [1, 2], результаты которой представлены на рис. 1.

Технологические параметры	Пропан факт, т	Кокс всего факт, кг/т	ПУТ факт, кг/т	Ш факт, куб.м/т	Содержание Fe в шихте, %	Удельный весок шихты, кг/т	Fe в ШГО факт, кг/т	Fe в ЖРС факт, кг/т	Fe в дробовом весок факт, кг/т	Влажность кокса, %	Порист, шт	Давление гор. дутья, кг/см.кв.	Расход газа, куб.м/шт.	Темп. гор. дутья, °C	Темп. жем. горения, °C	Давление над высоким, атм.	Переход давления, атм.	Расход O2 в дутье, куб.м/т	Содержание O2 в дутье, %	S, %	Ti, %	V, %	Mn, %	S, %	NiO, %	Al2O3, %	Fe	пл. КТОК, %	ок. КТОК, %	ЖФ домен. газ, %	Домен. газ, факт	
Пропан факт, т	1,00																															
Кокс всего факт, кг/т	-0,73	1,00																														
ПУТ факт, кг/т	-0,55	-0,79	1,00																													
Ш факт, куб.м/т	-0,04	0,17	-0,51	1,00																												
Содержание Fe в шихте, %	0,01	-0,07	0,11	0,17	1,00																											
Удельный весок шихты, кг/т	-0,07	0,29	-0,10	-0,10	-0,69	1,00																										
Fe в ШГО факт, кг/т	-0,11	0,44	0,01	-0,05	0,04	0,45	1,00																									
Fe в ЖРС факт, кг/т	-0,13	0,46	-0,02	-0,02	0,14	0,34	0,94	1,00																								
Fe в дробовом весок факт, кг/т	-0,10	-0,11	0,09	-0,08	-0,30	0,26	0,84	-0,30	1,00																							
Влажность кокса, %	0,06	-0,09	0,17	0,26	0,38	-0,16	0,21	0,25	-0,15	1,00																						
Порист, шт	-0,98	-0,63	0,55	-0,04	0,03	-0,01	0,03	0,03	0,07	0,09	1,00																					
Давление гор. дутья, атм.	0,78	-0,79	0,50	0,28	0,13	-0,23	-0,36	-0,38	0,10	0,16	0,72	1,00																				
Расход газа, куб.м/шт.	-0,69	-0,66	0,36	0,26	-0,01	-0,16	-0,37	-0,39	0,12	-0,01	0,65	0,85	1,00																			
Темп. гор. дутья, °C	0,59	-0,57	0,27	0,31	-0,05	-0,06	-0,37	-0,36	0,03	0,00	0,52	0,74	0,66	1,00																		
Темп. жем. горения, °C	-0,29	0,46	-0,66	0,14	-0,27	0,15	-0,21	-0,20	0,00	-0,44	-0,34	-0,26	-0,12	0,06	1,00																	
Давление над выш., атм.	0,80	-0,77	0,48	0,14	-0,05	-0,15	-0,37	-0,40	0,13	0,00	0,75	0,93	0,83	0,68	-0,18	1,00																
Переход давления, атм.	0,66	-0,70	0,46	0,36	0,28	-0,27	-0,29	-0,29	0,06	0,30	0,60	0,94	0,74	0,70	-0,31	0,74	1,00															
Расход O2 в дутье, куб.м/т	0,74	-0,75	0,44	0,18	0,09	-0,27	-0,41	-0,41	0,07	0,02	0,65	0,84	0,73	0,64	-0,03	0,79	0,77	1,00														
Содержание O2 в дутье, %	0,75	-0,73	0,45	0,12	0,06	-0,21	-0,31	-0,33	0,10	0,03	0,66	0,79	0,58	0,61	-0,04	0,77	0,70	0,95	1,00													
Si, %	-0,51	0,61	-0,23	-0,27	0,13	0,06	0,42	0,44	-0,12	0,05	-0,41	-0,71	-0,59	-0,74	-0,06	-0,69	-0,63	-0,70	-0,71	1,00												
Ti, %	-0,27	0,26	-0,03	-0,13	0,17	-0,13	0,21	0,23	-0,08	0,09	-0,20	-0,33	-0,20	-0,47	-0,15	-0,31	-0,30	-0,38	-0,41	0,78	1,00											
V, %	0,12	-0,11	0,15	-0,05	0,19	-0,25	0,02	0,00	0,07	0,08	0,12	0,10	0,09	-0,07	-0,14	0,07	0,12	0,11	0,09	0,08	0,23	1,00										
Mn, %	-0,22	0,33	-0,14	-0,26	-0,25	0,14	0,08	0,02	-0,19	-0,19	-0,17	-0,36	-0,31	-0,34	0,05	-0,26	-0,41	-0,38	-0,34	0,35	0,28	0,30	1,00									
S, %	0,00	0,03	-0,14	0,11	0,09	0,01	-0,13	-0,07	-0,14	-0,09	-0,01	0,03	0,03	0,16	0,18	0,05	0,00	0,09	0,07	-0,29	-0,54	-0,11	-0,19	1,00								
MgO, %	0,02	-0,03	0,01	-0,13	-0,25	0,10	-0,03	-0,10	0,22	-0,26	0,01	-0,09	0,06	0,02	0,09	0,02	-0,18	0,01	0,00	-0,05	0,02	-0,20	0,15	-0,21	1,00							
Al2O3, %	-0,06	0,07	-0,03	0,18	0,66	-0,46	0,10	0,23	-0,39	0,29	-0,03	0,02	0,00	-0,13	-0,16	-0,12	0,16	-0,04	-0,11	0,24	0,24	0,33	-0,18	0,13	-0,57	1,00						
Fe	0,12	-0,13	0,08	0,00	-0,10	-0,05	-0,09	-0,08	-0,02	0,09	0,07	0,20	0,06	0,17	0,05	0,14	0,22	0,15	0,19	-0,23	-0,12	0,02	-0,14	-0,24	-0,38	0,07	1,00					
пл. КТОК, %	-0,32	0,22	-0,11	-0,04	-0,24	0,36	0,04	-0,02	0,17	-0,07	-0,29	-0,24	-0,17	-0,13	0,03	-0,23	-0,21	-0,35	-0,41	0,21	0,08	-0,23	-0,04	-0,11	-0,06	-0,09	-0,01	1,00				
ок. КТОК, %	0,14	-0,10	0,10	-0,08	0,48	-0,58	0,00	0,04	-0,24	0,06	0,16	0,02	0,03	-0,11	-0,12	0,06	-0,02	0,14	0,14	0,07	0,14	0,25	0,14	0,16	0,12	0,26	-0,25	-0,73	1,00			
ЖФ домен. газ, содерж, %	0,27	-0,18	0,02	0,17	-0,29	0,26	-0,06	-0,08	0,07	0,02	0,21	0,31	0,19	0,32	0,12	0,25	0,32	0,31	0,38	-0,38	-0,30	0,00	-0,13	-0,05	-0,08	-0,21	0,35	-0,44	-0,29	1,00		
Домен. газ, факт	-0,07	-0,16	0,19	0,09	0,22	-0,22	0,05	0,00	0,09	0,38	0,08	0,24	0,12	0,07	-0,34	0,10	0,29	0,14	0,10	-0,05	0,03	0,15	0,09	-0,19	0,07	0,02	-0,01	-0,04	0,11	-0,11	1,00	

Рис. 1. Матрица коэффициентов парной корреляции

Основными показателями качества доменного чугуна является его химический состав, а именно содержание кремния, серы, ванадия, марганца и титана, поэтому изучена только объединенная выборка технологических параметров и химического состава. Для дальнейшего анализа качества чугуна уделено особое внимание содержанию кремнию в чугуне, как наиболее нестабильный параметр из других элементов [3].

При анализе видно (рис. 2), что наибольшая нестабильность и колебания наблюдались именно по содержанию кремния в чугуне, поэтому именно данный параметр взят за основу [4].

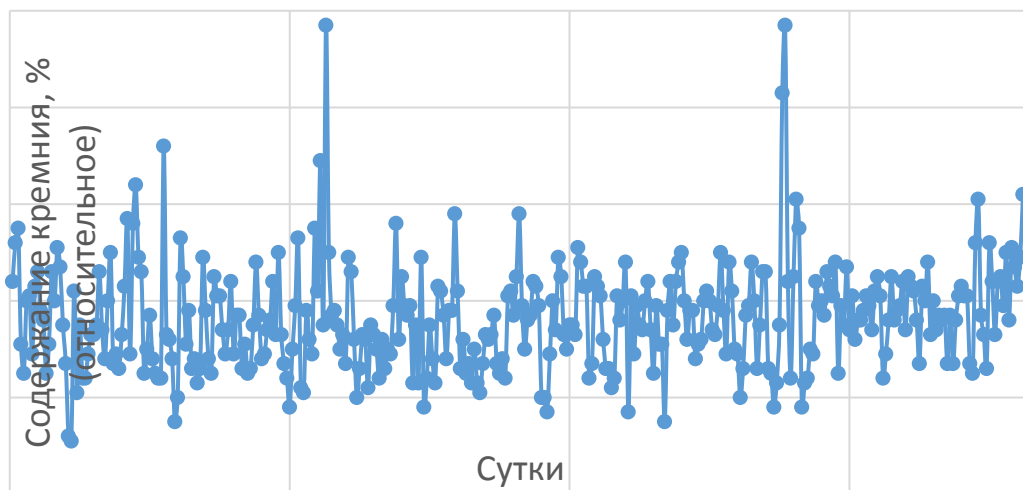


Рис. 2. Динамика изменения содержания кремния в чугуне

Вопросы о влиянии параметров на качество чугуна ведутся не первое десятилетие. В настоящее время за счет развития цифровых технологий появилась возможность оценки параметров с помощью искусственного интеллекта. В работе рассмотрена методика прогнозирования химического состава чугуна, основанная на применении искусственных нейронных сетей [5].

Для подготовки обработанного структурированного массива данных датасета использовали суточные данные о работе доменной печи № 7 за 2022 г. Целевая функция

нейросетевой модели – содержание кремния в чугуне, среднее за все выпуски в сутки. Поэтому, в качестве факторов, определяющих результат, рассматривали все имеющиеся суточные параметры доменной плавки – всего 42 параметра [6].

На основании корреляционных распределений для моделирования нейронной сетью были выбраны 20 параметров. Далее проведена Z-оценка выбросов (статистическая мера, которая показывает, насколько значение отклоняется от среднего значения выборки в единицах стандартного отклонения) и нормализация значений. После подготовки датасета стало возможным реализовать нейронную сеть, способную в первом приближении предсказывать содержание кремния в чугуне.

При построении методики прогнозирования был использован трехслойный персептрон. Активационные функции всех нейронов – сигмовидные. Для обучения персептрона использовался метод обратного распространения ошибки. В результате нейронного моделирования выявлено, что наибольшее влияние на содержание кремния в чугуне влияют следующие технологические параметры: расход природного газа, содержание железа, теоретическая температура горения, расход холодного дутья, расход агломерата КГОК.

В качестве обоснования были рассчитаны химический состав в базовом и проектном варианте с более низким содержанием кремния в чугуне. Анализируя материальный баланс можно сделать вывод, что незначительно повысился выход шлака и снизился расход кокса. А также согласно химическому составу видно, что происходит незначительное снижение ванадия, серы и фосфора, незначительное повышение марганца и железа и значительное снижение содержания титана в чугуне, что приводит к стабильности процесса и предполагает возможность в дальнейшем переработку высокотитанистых руд.

На основании расходов были рассчитаны технико-экономические показатели проекта. Внедрение подсистемы является экономически выгодным и целесообразным. Предлагаемая технология оптимизации технологических параметров и улучшение качества чугуна за счет снижения содержания кремния в чугуне, позволит увеличить производительность на 9744 т/год и уменьшить расход кокса на 0,6 кг/т. Это даст снижение себестоимости чугуна на 26 руб., которое приведет к увеличению прибыли на 88 млн руб./год и увеличение рентабельности на 0,17 % без каких-либо капитальных вложений.

Библиографический список

1. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – Москва : Наука, 1976. – 280 с.
2. Спиринов, Н. А. Модельная система поддержки принятия решений для управления доменной плавкой / Н. А. Спиринов, Л. Ю. Гилева, В. Ю. Рыболовлев и др. // Доменное производство – XXI век. Труды международного конгресса доменщиков. – Москва : Издательский дом Кодекс, 2010. – С. 454–459.
3. Спиринов, Н. А. Модельная система поддержки принятия решений для управления доменной плавкой / Н. А. Спиринов, Л. Ю. Гилева, В. Ю. Рыболовлев и др. // Доменное производство – XXI век. Труды международного конгресса доменщиков. – Москва : Издательский дом Кодекс, 2010. – С. 454–459.
4. Назаров, А. В. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем / А. В. Назаров, А. И. Лоскутов. – Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2013. – 384 с.
5. Крянев, А. В. Математические методы обработки неопределенных данных / А. В. Крянев, Г. В. Лукин. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2016. – 216 с.
6. Ивахненко, А. Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами / А. Г. Ивахненко. – Киев : Техшка, 2015. – 312 с.

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ШЛАКООБРАЗУЮЩИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ СЛЯБОВЫХ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

Кузьмич Кирилл Станиславович, студент
Шевченко Олег Игоревич, д-р техн. наук, зав. кафедрой МТ
E-mail: psix220890@mail.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Шлакообразующие смеси играют значительную роль в процессе разлива стали, обеспечивая защиту от окисления и являясь прослойкой между кристаллизатором и корочкой слитка. Часть используемых смесей ранее поставлялась из-за рубежа, возникла необходимость в разработке и производстве аналогов отечественного производства и их апробации. Основное внимание в данной статье уделено тестированию отечественных шлакообразующих смесей на практике. Проведена сравнительная оценка эффективности использования опытных и серийно применяемых смесей по факту наличия поверхностных дефектов на слябовой заготовке. По результатам проведения испытаний подтверждена технологическая возможность использования шлакообразующих смесей *Ecotherm GSH/5.4-18* для отливки слябов в условиях МНЛЗ № 4 АО «ЕВРАЗ НТМК» из углеродистых и низколегированных марок стали с содержанием углерода от 0,14 до 0,35 %, а также «граничные марки стали» с минимальной массовой долей углерода менее 0,35 % и максимальной массовой долей углерода более 0,35 %. В конечном итоге, продемонстрирована возможность импортозамещения шлакообразующих смесей машин непрерывного литья без ухудшения качества производимой продукции.

Ключевые слова. Импортозамещение, шлакообразующие смеси, машина непрерывного литья заготовок, слябовая заготовка.

Практически весь объем производимой стали разливается на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Шлакообразующие смеси (ШОС) играют важную роль в процессе разлива стали. ШОС подаются на зеркало металла в кристаллизатор МНЛЗ для защиты жидкой стали от окисления и адсорбции всплывающих неметаллических включений, обеспечения равномерного теплоотвода от слитка к кристаллизатору и теплоизоляции зеркала металла, а также обеспечения смазки между корочкой затвердевающего слитка и стенкой кристаллизатора. В России в процессе непрерывной разлива применяют различные ШОС как отечественного, так и импортного производства. Однако доля импортных ШОС значительно преобладает [1, 2]. Стоимость импортных ШОС как минимум вдвое превышает стоимость отечественных смесей. Наличие экономических санкций со стороны западных стран повышает риски для металлургических предприятий России, использующих продукцию только импортных производителей [2]. Эти положения определяют цель и задачи данной работы.

В апреле-мае 2023 г. в условиях МНЛЗ № 4 АО «ЕВРАЗ НТМК» проведены испытания опытно-промышленной партии шлакообразующей смеси (далее – ШОС) марки *Ecotherm GSH/3.0-6* поставки ООО «ЭКОС». Объем опытной партии ШОС марки *Ecotherm GSH/3.0-6* составлял 9,63 т. Согласно рекомендациям поставщика, опытная ШОС являлась аналогом серийно применяемой смеси *Accutherm ST-SP/616-A*, предназначенной для непрерывной разлива слябовых заготовок из низкоуглеродистых и низколегированных марок стали с максимальной массовой долей углерода менее 0,14 %, а также «граничных» марок стали с минимальной массовой долей углерода менее 0,14 % и максимальной массовой долей углерода более 0,14 %.

В ходе проведения испытаний отмечено, что смесь после подачи в кристаллизатор равномерно распределялась по мениску и не комковалась при изменениях скорости разливки. По периметру кристаллизатора грубый гарнисажный рант отсутствовал. Средний удельный расход опытной ШОС составил 0,66 кг/т при нормативном расходе серийно применяемых ШОС *Accutherm ST-SP/616-A* 0,655 кг/т.

Для сравнения эффективности использования опытной и серийно применяемой ШОС оценивалось возможность появления продольных трещин на поверхности слябовой заготовки (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная оценка серийных *Accutherm ST-SP/616-A* и опытных *Ecotherm GSH/3.0-6* шлакообразующих смесей

Сечение заготовок, мм	Марка стали	Тип ШОС	Всего слябов	Слябов с продольной трещиной			
				всего		в т.ч. отсортировано	
			шт.	шт.	%	шт.	%
200×1600	10Ю-4	<i>Ecotherm GSH/3.0-6</i> (опытная)	79	7	8,9	–	–
		<i>Accutherm ST-SP/616-A</i> (серийная)	3359	186	5,5	1	0,03
200×1800	12-4 11Г-6	<i>Ecotherm GSH/3.0-6</i> (опытная)	50	24	48,0	–	–
		<i>Accutherm ST-SP/616-A</i> (серийная)	85	21	24,7	1	2,8
250×1550	15Г-31	<i>Ecotherm GSH/3.0-6</i> (опытная)	44	–	–	–	–
		<i>Accutherm ST-SP/616-A</i> (серийная)	44	–	–	–	–
300×2000	14Г-14	<i>Ecotherm GSH/3.0-6</i> (опытная)	64	2	3,1	–	–
		<i>Accutherm ST-SP/616-A</i> (серийная)	118	2	1,7	–	–

Анализ результатов производственных испытаний показал, что качество поверхности НЛЗ сечением 250×1550 мм и 300×2000 мм, отлитых с использованием опытной и серийно применяемых ШОС, сопоставимо. Для слябов толщиной 200 мм отмечено увеличение количества продольных трещин на заготовках, отлитых с использованием опытной ШОС, наиболее существенно – для слябов сечением 200×1800 мм из перитектических низколегированных марок стали (12-4, 11Г-6).

В этот же временной период в условиях МНЛЗ № 4 АО «ЕВРАЗ НТМК», проведены испытания другой опытно-промышленной партии шлакообразующих смесей марки *Ecotherm GSH/5.4-18* поставки ООО «ЭКОС». Объем опытно-промышленной партии ШОС составил 9,88 т. Согласно рекомендациям поставщика, опытная ШОС марки *Ecotherm GSH/5.4-18* предназначена для отливки слябовых заготовок из углеродистых и низколегированных марок стали с содержанием углерода от 0,14 до 0,35 %, а также «граничные марки стали» с минимальной массовой долей углерода менее 0,35 % и максимальной массовой долей углерода более 0,35 %. Опытные промышленные испытания ШОС марки *Ecotherm GSH/5.4-18* проводились на отливке слябовых заготовок толщиной 200, 250 и 300 мм в одно- и двухручьевом вариантах разливки.

Важным требованием к опытной партии ШОС являлось исключение наличия комков в смеси на всем поставляемом объеме. ШОС была расфасована в полиэтиленовые пакеты весом по 10 кг, упакованные в мягкие контейнеры для упакованных и насыпных материалов – «биг-бэги». В процессе проведения испытаний опытно-промышленной партии замечаний по наличию комков после вскрытия мешков не зафиксировано.

Сравнительная оценка эффективности использования опытной и серийно применяемой ШОС по наличию поверхностных дефектов на слябовой заготовке представлена в табл. 2.

Сравнительная оценка серийных *Sinthesis DF-12-SW AT* и опытных *Ecotherm GSH/5.4-18* шлакообразующих смесей

Формат заготовок, мм	Тип ШОС	Всего слябов	Слябов с продольной трещиной			
			Всего		в т. ч. отсортировано	
			шт	%	шт	%
200 (двухручьевая разливка)	<i>Sinthesis DF-12-SW AT</i> (серийная)	84	8	9,52	0	0
	<i>Ecotherm GSH/5.4-18</i> (опытная)	84	0	0,00	0	0
200 (одноручьевая разливка)	<i>Sinthesis DF-12-SW AT</i> (серийная)	254	3	1,94	0	0
	<i>Ecotherm GSH/5.4-18</i> (опытная)	174	0	0,00	0	0
250 (двухручьевая разливка)	<i>Sinthesis DF-12-SW AT</i> (серийная)	66	5	7,58	0	0
	<i>Ecotherm GSH/5.4-18</i> (опытная)	68	1	1,47	0	0
250 (одноручьевая разливка)	<i>Sinthesis DF-12-SW AT</i> (серийная)	484	0	0,00	0	0
	<i>Ecotherm GSH/5.4-18</i> (опытная)	253	0	0,00	0	0
300 (одноручьевая разливка)	<i>Sinthesis DF-12-SW AT</i> (серийная)	1743	0	0,00	0	0
	<i>Ecotherm GSH/5.4-18</i> (опытная)	241	1	0,51	0	0

Из табл. 2 видно, что количество слябов с выявленными продольными трещинами на поверхности, отлитых с использованием опытной и серийно применяемой ШОС, сопоставимо. Отмечено отсутствие слябов с продольными трещинами глубиной, превышающей предельно допустимую, как при использовании опытной ШОС, так и при использовании серийно применяемой ШОС.

Таким образом, по результатам проведения испытаний подтверждена технологическая возможность использования ШОС *Ecotherm GSH/5.4-18* для отливки слябов на МНЛЗ № 4 из углеродистых и низколегированных марок стали с содержанием углерода от 0,14 до 0,35 %, а также «граничные марки стали» с минимальной массовой долей углерода менее 0,35 % и максимальной массовой долей углерода более 0,35 %. Средний удельный расход опытной ШОС составил 0,42 кг/т.

Библиографический список

1. Лозовский, Е. П. Разработка и использование шлакообразующих смесей собственного производства на МНЛЗ ККЦ И ЭСПЦ / Е. П. Лозовский, А. Г. Алексеев, Д. В. Юречко, С. Н. Хорин, А. Б. Великий // *Сталь*. – 2021. – № 1. – С. 14–15.
2. Ряхов, А. А. Разработка ресурсосберегающей шлакообразующей смеси для кристаллизаторов слябовых машин непрерывного литья заготовок. Дисс. канд. техн. наук 05.16.02 – *Металлургия черных, цветных и редких металлов ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова»*, 2019. – 143 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ СТАНДАРТА *ASTM A255-20A* ДЛЯ РАСЧЕТА
ПРОКАЛИВАЕМОСТИ, ИСХОДЯ ИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТАЛИ,
ПРОИЗВОДИМОЙ ПО ГОСТ 7524-2015**

Мильчаков^{1,3} Максим Олегович, инженер-технолог бюро производства РБЦ, студент
E-mail: Maksim.Milchakov@evraz.com

Стародубцев¹ Дмитрий Владимирович, начальник бюро производства КСЦ

Лановенко² Иван Эдуардович, эксперт

1 – АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат» (АО «ЕВРАЗ НТМК»),

2 – ООО «ЕВРАЗ Торговая компания» (ООО «ЕВРАЗ ТК»)

3 – НТИ (филиал) УрФУ

г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. При переработке руды одним из основных этапов является процесс измельчения в шаровых мельницах. В связи с этим, расширяется объем производства мелющих шаров. Возникает потребность в разработке новых марок стали, соответствующих высоким критериям качества и свойств (4, 5 групп твердости по ГОСТ 7524–2015 [1]) и нацеленных под различные условия эксплуатации. Настоящей статьей показана возможность использования зарубежного стандарта *ASTM A255-20A* «Стандартные методы определения прокаливаемости стали» [4] для предварительной теоретической оценки прокаливаемости мелющих шаров. Дана оценка целесообразности применения метода и сходимости расчетов с фактическими результатами замеров.

Прокаливаемость определяется в соответствии со стандартом *ASTM A255-20A*. Оценивался идеальный диаметр по методу М. А. Гроссмана. Метод заключается в определении идеального диаметра стали на основе ее химического состава, который характеризует способность воспринимать закалку в независимости от закалочной среды.

В результате работы рассчитан идеальный диаметр (D_i) шара $\varnothing 60$ мм из стали марки 70ХГФН-2. Средний результат составил 103,84 мм. Проведено сравнение рассчитанной и фактической прокаливаемости шара путем замера твердости по его сечению. Сопоставление результатов показало удовлетворительную сходимость.

Ключевые слова. Прокаливаемость, мелющие шары, мартенсит, твердость.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ФИЛЬТРУЕМОСТИ РАСПЛАВОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЧЕРЕЗ КОКСОВУЮ НАСАДКУ

Миронова¹ Мария Владимировна, канд. техн. наук, зам. директора по ОиН
Пыхтеева¹ Ксения Борисовна, канд. техн. наук, доц.
Серкин¹ Александр Германович, зав. лабораторией
Половец² Михаил Вячеславович, начальник бюро
Сидоров² Евгений Александрович, начальник лаборатории
E-mail: k.b.pykhiteeva@urfu.ru

1 – НТИ (филиал) УрФУ

2 – АО «ЕВРАЗ НТМК»

г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Современное металлургическое производство на сегодняшний момент озадачено проблемами снижения эмиссии CO₂. В черной металлургии под пристальное внимание попало доменное производство, которое подразумевает включение таких производств, как коксохимическое и агломерационное. Одной из наиболее перспективных направлений в этой области считается снижение доли агломерата в шихте и возможность использования в большем расходе окатышей, в т. ч. и предварительно металлизированных. С целью определения возможностей данной технологии, необходимо определить свойства расплавов агломерата и окатышей. В частности, необходимо оценить фильтруемость железорудных материалов через коксовую насадку.

Ключевые слова. Доменная печь, окатыши, чугуны, титаномагнетиты, кокс, эмиссия CO₂, агломерат.

На сегодняшний день металлургическое производство проходит через стадию трансформации по многим направлениям. Это и изменение рынка сбыта и потребления, и внедрение автоматизированных и информационных технологий в массовое производство, а также переход к более безопасному производству как для человека, так и для окружающей среды. В частности, в металлургии в последнее время достаточно активно поднимается вопрос о снижении выбросов CO₂. Под наиболее пристальным вниманием оказалось аглококсодоменное производство, на которое приходится почти 75 % выбросов CO₂ от всей черной металлургии [1, 2].

В условиях АО «ЕВРАЗ НТМК» в доменном цехе в качестве железорудных материалов используют окатыши и агломерат АО «ЕВРАЗ КГОК» в соотношении 60/40, а в качестве топлива кокс собственного производства. Как известно [3], при производстве окатышей выбросы CO₂ существенно ниже, чем при производстве агломерата. Поэтому повышение доли окатышей в составе доменной шихты является достаточно перспективным направлением.

При оценке возможных путей снижения эмиссий CO₂ в условиях доменного цеха ЕВРАЗ НТМК, были рассмотрены вопросы изменения технологии, т. е. переход на внедоменный процесс. Но на данный момент это трудно осуществимо, т. к. влечет за собой большие капитальные затраты, а также отсутствует проработанная технология внедоменного способа переработки титаномагнетитового сырья ЕВРАЗ КГОК. К тому же доменное производство ЕВРАЗ НТМК на данный момент представлено двумя новыми печами (пуск 2018 и 2020 гг.) и остановка их раньше отработанного срока кампании будет нерациональна [4].

Поэтому одним из возможных и реальных путей снижения CO₂ является оптимизация соотношения окатышей и агломерата в условиях доменной печи. Известно [5], что при повышении расхода окатышей возможно снижение газопроницаемости слоя шихты в печи, что может негативно сказаться на процесс в целом.

Естественная основность (CaO/SiO_2) окатышей АО «ЕВРАЗ КГОК» составляет 0,3 ед. Для получения конечного доменного шлака с основностью 1,20 ед. необходимо увеличение расхода флюсов, либо дополнительное офлюсование агломерата. Поэтому при изменении соотношений окатышей и агломерата в доменной печи, необходимо определить свойства расплавов железорудных материалов с различной основностью.

Целью данной работы является создание методики для определения поведения шихтовых материалов в шахте и распаре доменной печи (в зоне вязко-пластичного состояния). В НТИ (филиале) УрФУ были проведены эксперименты по оценке фильтруемости расплавов железорудных материалов через коксовую насадку. Основой для данных опытов стал ГОСТ 26517–85 «Метод определения температуры начала размягчения и температурного интервала размягчения».

Для проведения испытаний была собрана установка (рис. 1), которая включает:

- печь сопротивления Таммана с возможностью нагрева более 1500 °С;
- жесткого термостойкого стержня – штока диаметром 10 мм;
- подпятника из огнеупорного бетона диаметра 23 мм;
- груза для создания через шток давления на плунжер 0,1 МПа/см²;
- термопары для регулировки и контроля температуры нагрева пробы.



Рис. 1. Вид установки

При проведении испытаний использовались корундовые и графитовые тигли. Схема расположения представлена на рис. 2.

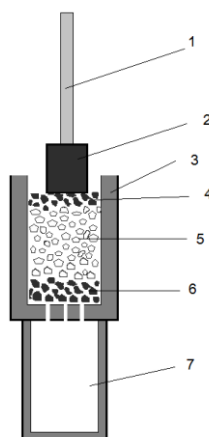


Рис. 2. Принцип проведения испытания:

- 1 – жесткий термостойкий стержень – шток;
- 2 – бетонный плунжер;
- 3 – графитовый тигель с отверстиями в донной части;
- 4 – верхний слой кокса;
- 5 – металлизированные (60 %) окатыши;
- 6 – нижний слой кокса;
- 7 – керамический тигель

В качестве материала были использованы окатыши (хим. состав в табл. 1), восстановленные до 60 % фракцией 3–5 мм и кокс фракцией 9–10 мм (технический анализ кокса и химический состав золы в табл. 2, 3).

Таблица 1

Химический состав окатышей

Fe	V ₂ O ₅	MgO	S	TiO ₂	Mn	CaO	SiO ₂	P	Al ₂ O ₃	Осн.	O (Fe)
72,18	0,71	2,72	0,00	3,31	0,20	1,30	4,38	0,00	2,96	0,30	10,3

Таблица 2

Технический анализ кокса

Технический анализ, %				Прочность, %			CRI
влага	зола	летучие	S	M25	M10	CSR	
0,3	11,3	0,6	0,45	85,9	8,5	56,43	31,61

Таблица 3

Химический состав золы кокса

Fe	Fe ₂ O ₃	S	P	SiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	K ₂ O
7,97	11,4	-	0,46	53,1	4,94	1,9	1,08	23,7	1,77

Нагрев материала в печи производили со скоростью 16 °С/мин до 1500 °С и при данной температуре выдержали 20 мин. Давление на пробу было 0,1 МПа.

Фильтруемость металла через коксовую насадку (Φ) считалась как процент выхода металла в нижний тигель относительно теоретического выхода чугуна (ТВЧ) с содержанием Fe – 94,0 % и определялась по уравнениям (1) и (2).

$$\text{ТВЧ} = \frac{Fe_{\text{ЖРС}} \cdot M_{\text{ЖРС}} + Fe_{\text{К}} \cdot M_{\text{К}}}{94,0}, \quad (1)$$

$$\Phi = \frac{M_{\text{мет}}}{\text{ТВЧ}} \cdot 100, \quad (2)$$

где ТВЧ – теоретический выход чугуна;

Fe_{ЖРС}, Fe_К – содержание Fe в ЖРС и коксе, соответственно, %;

M_{ЖРС} и M_К – масса ЖРС и кокса, соответственно, г;

Φ – фильтруемость расплава через коксовую насадку, %;

M_{мет} – масса металла прошедшего в нижний тигель, г.

В результате эксперимента с частично восстановленными окатышами фильтруемость расплава составила 60,81 %. На рис. 3 видны застывшие капли металла, которые имеют хорошие магнитные свойства.



Рис. 3. Металл, прошедший через слой кокса и накопленный в керамическом тигле (слева) и дно графитового тигля с каплями металла (справа)

Были проведены несколько испытаний с разными условиями ведения. Менялись скорость нагрева, время выдержки, а также давление на пробу. В некоторых испытаниях фильтрации металла через коксовую насадку не было, т. к. не были созданы необходимые условия. Все это послужит опытной базой для последующих экспериментов, т. к. основной задачей было отработать методику определения фильтруемости расплава железорудных материалов.

Библиографический список

1. Половец, М. В. Перспективные направления снижения эмиссии CO₂ при производстве ванадиевого чугуна / М. В. Половец, С. А. Загайнов, К. Б. Пыхтеева, Е. А. Сидоров, А. М. Бижанов // *Металлург*. – 2024. – № 6. – С. 17–21.
2. Половец, М. В. Использование рудоугольных брикетов при производстве ванадиевого чугуна / М. В. Половец, Е. А. Сидоров, К. Б. Пыхтеева, С. А. Загайнов // *Черные металлы*. – 2024. – № 11. – С. 9–13.
3. Черникова, О. П. Направления декарбонизации российской черной металлургии / О. П. Черникова, О. В. Афанасьева, Е. Г. Афанасьев // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. – 2025. – Т. 68. – № 1. – С. 90–97.
4. Производство чугуна: ТИ 102-Д-132-2021. Введ. 16.06.2021 АО «ЕВРАЗ НТМК». – Нижний Тагил : НТМК, 2021. – 117 с.
5. Вегман, Е. Ф. Доменное производство : справочное издание / Е. Ф. Вегман. – В 2-х т. Т. 1. Подготовка руд и доменный процесс. – Москва : Металлургия, 1989. – 486 с.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КАТАПУЛЬТНОГО УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ ШИБЕРНОГО ЗАТВОРА СТАЛЕРЕЗЛИВОЧНОГО КОВША

Пономарева Елена Александровна, мл. науч. сотрудник
E-mail: ponamary.ifgp@mail.ru

ФГБНУ «Институт физики горных процессов»
г. Донецк, ДНР, РФ

Аннотация. В представленной работе рассматривается актуальная и до настоящего времени не решенная задача обеспечения стабильности процесса разлива стали из металлургических ковшей через скользящие шиберные затворы. Основное внимание уделено проблеме образования спекшейся корки на границе между стартовой смесью и жидким металлом, что затрудняет или полностью блокирует свободное истечение стали при открытии затвора. Приведены примеры пружинных катапультирующих устройств, запатентованных в России и за рубежом и предназначенных для механического разрушения перемычки в момент раскрытия шиберного затвора. Указаны их сильные и слабые стороны. С учетом необходимости защиты катапультирующей системы от теплового воздействия и брызг металла разработана схема конструктивного усовершенствования отечественного образца подобного устройства с изменением формы и позиции размещения ключевых силовых элементов. Для проверки правильности принятых технических решений проведен лабораторный эксперимент на физической модели, подобной натурному объекту. Проведенный эксперимент позволил установить результат применения новой модели катапультирующей системы в отношении имитаторов плоских перемычек из свинца и оргстекла. Такой выбор модельных материалов дал возможность оценить разрушение перемычки, находящейся в пластичном и хрупком состояниях.

Ключевые слова. Металлургический ковш, шиберный затвор, катапульта, перемычка, стартовая смесь, физическая модель.

В настоящее время практически все сталеразливочные ковши оборудованы шиберными затворами. Последнее поколение таких устройств объединяет затворы кассетного типа, обладающие высокими рабочими характеристиками. Вместе с тем при их эксплуатации производители по-прежнему довольно часто сталкиваются с проблемой, связанной с необходимостью прожигания кислородом при первом открывании затвора твердой корки, образующейся в поверхностном слое стартовой смеси на входе в выпускной канал ковша и препятствующей началу свободного истечения из него жидкой стали. Для решения указанной проблемы предлагается снабдить систему ковшового затвора специальным устройством для механического разрушения затвердевшей перемычки на входе в сталевыпускной канал.

Как показал анализ результатов патентного поиска, в настоящее время имеются патенты на десятки конструктивных схем таких пружинных катапультирующих устройств. Однако практический интерес представляют только те, что нашли промышленное применение.

На рис. 1, а показана схема применения катапультирующей системы, защищенной патентом США [1]. К недостаткам данной системы следует отнести значительную трудоемкость изготовления и однократное использование всего комплекта, что в итоге приводит к повышенным эксплуатационным затратам. Устройство, защищенное патентом ФРГ [2] и схематично представленное на рис. 1, б содержит меньшее количество деталей, но может быть использовано только в комплекте со специальным погружным стаканом, который снабжают дополнительным элементом, служащим опорой для пружины.

В катапультирующей системе, защищенной патентом Российской Федерации [3], в отличие от двух зарубежных аналогов вместо витых пружин сжатия используются две плоские пружины

(рис. 1, в), обеспечивающие при совмещении отверстий в огнеупорных плитах выброс ударного стержня по сталевыпускному каналу с последующим разрушением перемычки.

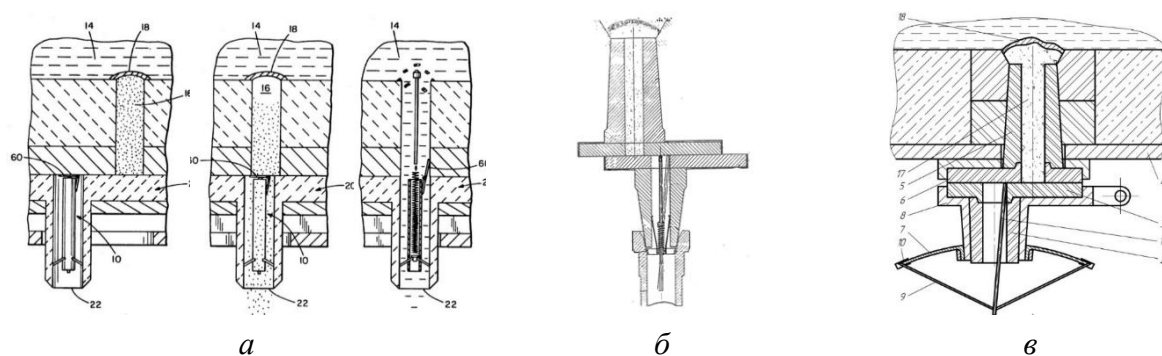


Рис. 1. Схемы установки катапультных устройств на шиберные затворы

Главным преимуществом отечественного образца катапульти выступает минимизация эксплуатационных затрат: расходуется лишь ударный металлический стержень, тогда как все остальные элементы могут быть использованы неоднократно. Вместе с тем листовые пружины катапульти подвержены интенсивному тепловому воздействию и не защищены от попадания брызг жидкой стали. С целью исключения указанного недостатка автором предложена усовершенствованная катапульта для использования в составе затвора, снабженного защитным металлическим экраном. Конструктивная схема данной катапульти приведена на рис. 2.

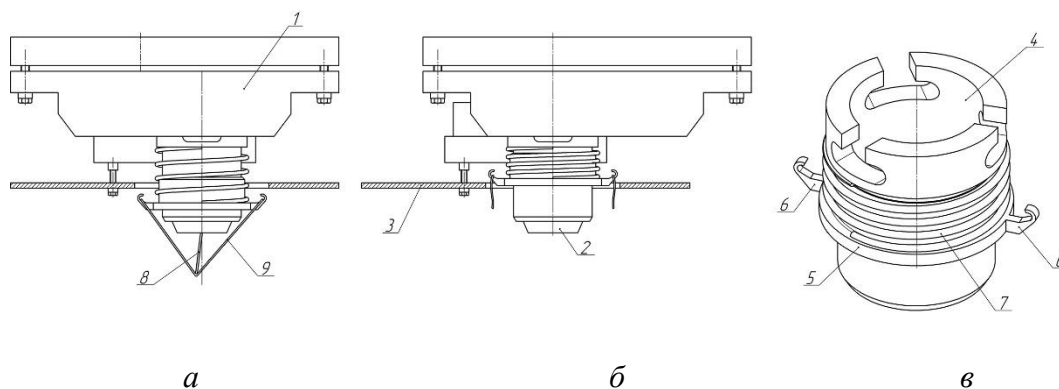


Рис. 2. Состав усовершенствованной катапульти и схема ее установки на ковшовый затвор: а – катапульта во взведенном состоянии; б – положение частей катапульти после срабатывания; в – схема размещения катапульти на байонетной втулке

Байонетная втулка 4, входящая в состав затвора 1 и служащая для размещения огнеупорного стакана-коллектора 2, в комплексе со скользящей по ней подвижной гильзой 5 выступает основой нового устройства. Обе указанные детали размещены соосно и связаны между собой витой пружиной сжатия 7. Подвижная гильза 5 снабжена двумя крюками 6, к которым крепятся концы струны 9, передающей силовое воздействие от растянутой пружины 7 на металлический стержень 8, размещенный в сталевыпускном канале и упирающийся верхним своим концом в рабочую поверхность верхней огнеупорной плиты затвора. При совмещении отверстий огнеупорных плит во время открытия затвора стержень под действием упругой силы пружины выбрасывается вверх и разрушает образовавшуюся на входе сталевыпускного канала твердую перемычку, обеспечивая тем самым начало разливки в штатном режиме.

С целью проверки работоспособности предложенной катапульти перед началом проектирования ее промышленного образца провели лабораторный эксперимент. Для этого с учетом рекомендаций работы [4] в масштабе 1:2,5 изготовили физическую модель ковшового затвора, снабженного новой катапультной системой (фото на рис. 3). В качестве материала для изготовления силового элемента катапульти в виде пружины растяжения использовали пружинную проволоку из кремнемарганцовистой бронзы диаметром 5 мм.

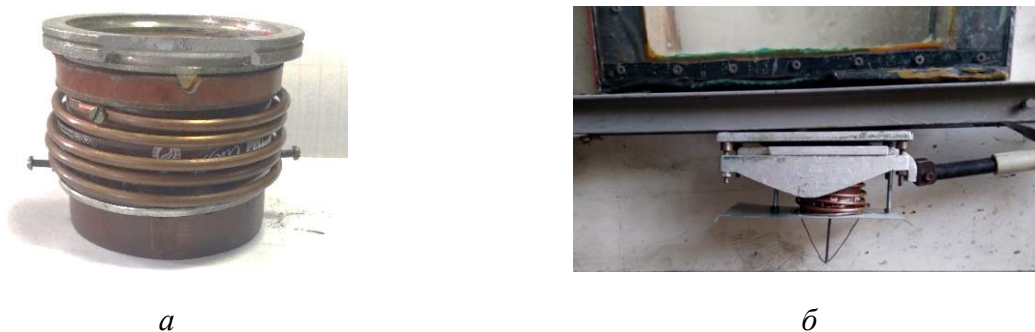


Рис. 3. Конструктивное исполнение действующей катапульти (*а*) и относительное положение ее элементов во взведенном (*б*) состоянии после установки на модель

Лабораторный эксперимент проводили по ранее опробованной методике, подробно изложенной в работе [5]. Задачей эксперимента была симуляция процесса разрушения препятствия на входе в канал ковшового стакана при известных прочностных характеристиках образовавшейся перемычки. Вариационное разнообразие обеспечивал набор плоских перемычек толщиной 0,5–1,5 мм из свинца и оргстекла. Подобный выбор материалов позволил оценить характер разрушения спекшейся корки, когда структура этого элемента признана пластичной или хрупкой.

Каждый образец плоской перемычки последовательно закрепляли на входе в выпускной канал и подвергали силовому воздействию. После срабатывания катапульти разрушенную перемычку извлекали для визуального анализа. Если материал имитатора перемычки обладал пластичными свойствами (свинец), то в момент удара стержня катапульти, имевшего малое лобовое сопротивление, в перемычке образовывалось сквозное пробитое отверстие. В случае, когда материал имитатора перемычки был хрупким (оргстекло), происходило его разрушение на отдельные куски.

Результаты модельного эксперимента подтвердили правильность технических решений, заложенных в конструкцию предложенной катапульти, которая может быть рекомендована к промышленному использованию в составе шиберного затвора сталеразливочного ковша.

Библиографический список

1. Patent № 5,167,902 USA, IPC B22D41/22 (1992.12). Device for piercing an obstruction in a well-block opening of a ladle for transporting molten steel : заявл. 19.07.1991 : опубл. 01.12.1992 / W. A. McCray, M. D. Cope, T. J. Connors, A. Csaszar; заявитель Tri-C Corporation. – 14 с. : ил.
2. Patent № DE 102005010842 A1, IPC B22D41/46, B22D41/44. Katapult zum Öffnen des Kanals einer Stahlgießpfanne : заявл. 28.02.2008 : опубл. 21.11.2007 / D. Jacob, заявитель Besitzgesellschaft Jacob GMBH. – 1 с. : ил.

3. Патент № RU 2751946 C2, МПК В22D 41/08, В22D 41/46 (2020.08). Катапульта для открытия выпускного канала металлургического ковша с донным шиберным затвором : № 2019128141 : заявл. 06.09.2019 : опубл. 21.07.2021 / С. П. Еронько, М. Ю. Ткачев, А. А. Байчоров, Е. А. Понамарева, Д. О. Федяев, А. А. Байчоров ; заявитель ООО «Волгодонский энергомеханический завод». – 6 с. : ил.

4. Еронько, С. П. Физическое моделирование технических систем сталеплавильного производства : учебное пособие / С. П. Еронько [и др.]. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 324 с.

5. Еронько, С. П. Разработка новой конструкции и модельные исследования функционирования катапульты для ковшового затвора / С. П. Еронько, Б. И. Стародубцев, Е. А. Понамарева, Е. С. Цыхмистро // Черная металлургия: Бюлл. ин-та «Черметинформация». – 2021. – Т 77. – № 5. – С. 540–546.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ TiO_2 ПРИ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА В ДОМЕННОМ ПРОЦЕССЕ

Слепнев¹ Кирилл Владимирович, студент
Егиазарьян^{2,3} Денис Константинович, канд. техн. наук, доц.
Шешуков^{2,3} Олег Юрьевич, д-р техн. наук, проф.
Метелкин^{1,2} Анатолий Алексеевич, д-р техн. наук, доц.

1 – НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

2 – Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

3 – Институт металлургии УрО РАН
г. Екатеринбург, РФ

Аннотация. Десульфурация – ключевой этап доменного процесса, направленный на снижение содержания серы в чугуне. Избыточное количество серы (свыше 0,03– 0,05 %) ухудшает механические, технологические и эксплуатационные свойства металла, поэтому эффективное ее удаление критически важно.

Поскольку на АО «ЕВРАЗ НТМК» осуществляется переработка титаномагнетитового сырья, то необходимость учитывать поведение оксида титана TiO_2 в существующей концепции процесса десульфурации в доменной печи становится первостепенной.

Опираясь на ионное строение шлаков отмечена необходимость перехода от оптической основности L к показателю основности L^* . Известное значение показателя основности позволяет количественно оценить параметры десульфурационного процесса: сульфидную емкость шлака C_S , коэффициент распределения серы между металлом и шлаком L_S и, как следствие, конечное содержание серы в металле $[S]$.

Расчеты, осуществленные на основе данных, взятых при проведении промышленных плавов чугуна, показывают, что при увеличении содержания оксида титана TiO_2 в диапазоне от 9,5 до 14,5 % его кислотные свойства постепенно уравниваются с основными.

Как итог, полученные результаты позволяют сказать, что для определения сульфидной емкости целесообразно пользоваться теорией ионного строения шлаков.

Ключевые слова. Десульфурация, сульфидная емкость, доменный процесс, оптическая основность, показатель основности.

Количественную оценку десульфураторных свойств шлака в доменном процессе определяют формулой [1]:

$$L_S = \frac{(S)}{[S]} = C_S \cdot \gamma_{[S]} \cdot \frac{1}{p_{\{O_2\}}^{1/2}} \cdot \frac{1}{K_{[S]}}, \quad (1)$$

где C_S – сульфидная емкость шлака;

$\gamma_{[S]}$ – коэффициент активности серы в металле;

$p_{\{O_2\}}^{1/2}$ – окислительный потенциал системы «металл-шлак»;

$K_{[S]}$ – константа равновесия реакции $\frac{1}{2}\{S_2\} = [S]$, зависит от температуры.

Эффективность десульфурации в большей степени обуславливается сульфидной емкостью шлака, которая определяется как функция, зависящая от состава шлака и температуры [1].

В работе [2] графически изображается зависимость сульфидной емкости от оптической основности L при разных температурах, которую предлагается описывать формулой

$$\lg C_S = \frac{22690 - 54640 \cdot L}{T} + 43,6 \cdot L - 25,2 \quad (2)$$

Оптическая основность отражает способность анионов кислорода в расплаве отдавать электроны [3]. С позиции ионного строения шлаков основностью принято считать наличие свободных анионов кислорода, чья концентрация коррелирует с Λ . Исходя из вышенаписанного – $\Lambda \approx O^{2-}$, поэтому поведение TiO_2 можно предсказать через его взаимодействие с расплавом. Например, в основной среде (высокая Λ , избыток O^{2-}) происходит образование титанат-ионов, в кислотной (низкая Λ , дефицит O^{2-}) диссоциирует с выделением Ti^{4+} .

Значение Λ определяется по эмпирической формуле [3]:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n (X_i \cdot \Lambda_i), \quad (3)$$

где X_i – эквивалентная катионная доля оксида в расплаве оксидов;

Λ_i – оптическая основность оксида.

Однако, учитывая ионное строение шлаков, использовать формулу (3) более нецелесообразно по следующим причинам:

- не учитывается поведение амфотерных оксидов, присутствующих в шлаках;
- т. к. десульфуризирующая способность шлака связана с присутствием свободных анионов кислорода, то влияние на процесс различных катионов, ввиду отличающихся у них сил электростатических полей, не может быть одинаково положительным.

По аналогии с оптической основностью и на основе ионной модели шлаков было предложено использовать показатель основности (Λ^*):

$$\Lambda^* = \sum_{i=1}^n (X_i \cdot Y_i)_{\text{осн}} - \sum_{i=1}^n (X_i \cdot Y_i)_{\text{кис}} + X_{TiO_2} \cdot Y_{TiO_2}, \quad (4)$$

где X_i – мольная доля оксида, присутствующего в расплаве;

Y_i – параметр взаимодействия рассматриваемого оксида, связанный с электроотрицательностью элементов по Полингу;

Y_{TiO_2} – параметр взаимодействия оксида TiO_2 .

Таблица 1

Исследованные шлаковые составы

CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂
29,1...34,4	11,8...15,6	14,5...15,5	25,7...28,6	9,9...14,2

Для определения параметра взаимодействия TiO_2 в многокомпонентной системе было исследовано свыше 2000 шлаков (табл. 1) с учетом ограничения по содержанию амфотерного оксида Al_2O_3 , который в диапазоне 14,5–15,5 % проявляет только основные свойства. Для каждой плавки рассчитывался:

1. $L_{S_{\text{факт}}} = \frac{(S)}{[S]}$ – фактический коэффициент распределения.
2. $\gamma_{[S]}$ – коэффициент активности серы в металле.
3. $p_{\{O_2\}}^{1/2}$ – окислительный потенциал системы «металл-шлак».
4. $K_{[S]}$ – константа равновесия реакции $\frac{1}{2}\{S_2\} = [S]$.
5. C_S – сульфидная емкость шлака считалась при условии, что фактический коэффициент распределения серы между металлом и шлаком равен теоретическому за счет изменения параметра взаимодействия оксида TiO_2 .

Данные по расчетам графически отображены на рис. 1, из которых видно, что с повышением содержания TiO_2 в диапазоне от 9,5 до 14,5 % его кислотные свойства постепенно уравниваются с основными. Объясняется тем, что за счет своей амфотерной природы TiO_2 снижает концентрацию свободных активных ионов (SiO_4^{4-} , Ca^{2+} , O^{2-} и т. д.), образуя устойчивые соединения ($TiSiO_4$, $CaTiO_3$ и т. д.) и стабилизируя, тем самым, шлак.

Параметр взаимодействия Y_{TiO_2} может быть определен выражением

$$Y_{TiO_2} = 0,0334 \cdot (TiO_2)^2 - 1,0863 \cdot TiO_2 + 11,535 \quad (5)$$

Тогда показатель основности рассчитывается:

$$A^* = \sum_{i=1}^n (X_i \cdot Y_i)_{\text{осн}} - \sum_{i=1}^n (X_i \cdot Y_i)_{\text{кис}} + X_{\text{TiO}_2} \cdot (0,0334 \cdot (\text{TiO}_2)^2 - 1,0863 \cdot \text{TiO}_2 + 11,535) \quad (6)$$

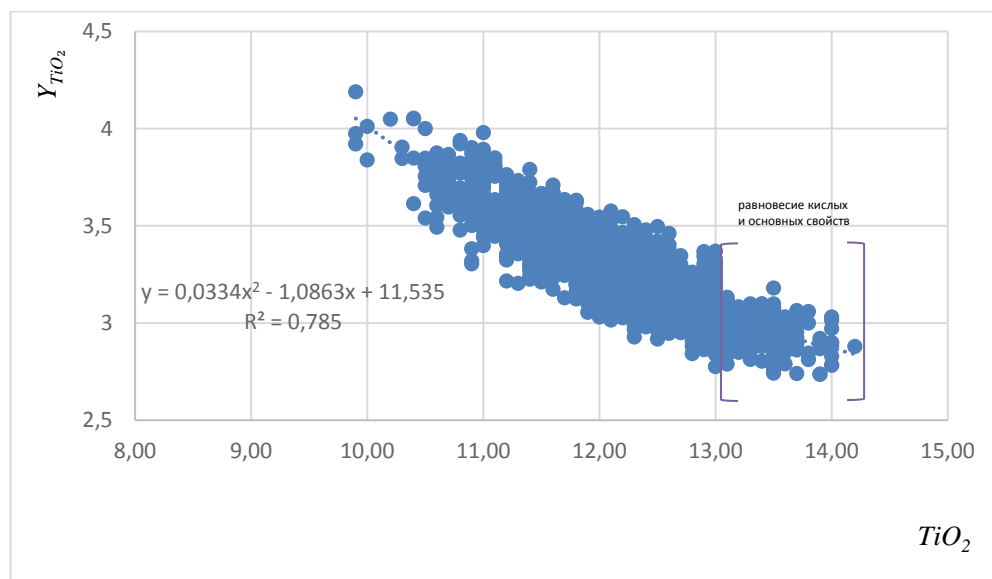


Рис. 1. Изменение параметра взаимодействия Y_{TiO_2} в зависимости от содержания TiO_2

По итогам работы теоретически подтверждено, что при описании механизма десульфурации титанистого шлака рационально пользоваться теорией ионного строения шлаков. Полученное уравнение показателя основности (6) позволяет скорректировать состав шлака для достижения наилучших десульфурующих свойств.

Библиографический список

1. Бурмасов, С. П. Анализ массообменных процессов при ковшевом рафинировании стали в условиях газового перемешивания / С. П. Бурмасов, А. Г. Гудов, Ю. Г. Ярошенко [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2015. – Т. 58. – № 9. – С. 638–644.
2. Sommerville, И. Д. Измерение, прогноз и применение емкостей металлургических шлаков : пер. с англ. / И. Д. Sommerville // Инжекционная металлургия '86. – Москва : Металлургия, 1990. – С. 107–120.
3. Duffy J. A., M.D. Ingram and I.D. Sommerville. Acid-Base Properties of Molten Oxides and Metallurgical Slags, J. Chem. Soc. Faraday Trans. 74 (1978) 1410–1419.

КОМПЛЕКС ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ФУТЕРОВКИ ЗАЩИТНОГО УКРЫТИЯ ГЛАВНОГО ЖЕЛОБА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Тимощенко^{1,2} Александр Васильевич, начальник участка, студент
Куперман² Эмиль Юрьевич, начальник цеха
E-mail: sasunya.20@mail.ru

1 – НТИ (филиал) УрФУ
2 – АО «ЕВРАЗ НТМК»
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. При производстве чугуна на доменных печах чугун поступает через лётку в главный желоб доменной печи и далее в чугуновозные ковши. Выпуск чугуна из доменной печи сопровождается выбросом газа, пыли, шлака под воздействием высокой температуры, что агрессивно влияет на футеровку укрытия главного желоба доменной печи. Для снижения нагрузки на экологию и улучшения условий труда применяются укрытия главных желобов (далее укрытия), которые устанавливаются на главный желоб и являются частью аспирации. Укрытие представляет из себя металлический каркас изнутри зафутерованный дорогостоящим огнеупорным бетоном, который предотвращает разрушение металлоконструкции укрытия. После восстановления огнеупорной футеровки производится термообработка огнеупорного бетона на стенде сушки укрытий при помощи инжекторных газовых горелок неполного смешания, которые не дают необходимого эффекта при термообработке, а именно на нижней части укрытия термообработка практически не производится из-за конструктивных особенностей стенда, в следствии бетон не обладает необходимыми свойствами и быстро изнашивается, в связи с чем появилась необходимость разработать комплекс для термической обработки футеровки защитного укрытия главного желоба доменной печи для получения необходимых характеристик огнеупорного бетона.

Ключевые слова. Футеровка, укрытие, желоб, стенд сушки укрытий, термообработка.

Укрытие представляет из себя металлический каркас изнутри зафутерованный дорогостоящим огнеупорным бетоном, который предотвращает разрушение металлоконструкции укрытия. После восстановления огнеупорной футеровки производится термообработка огнеупорного бетона на стенде сушки укрытий при помощи инжекторных газовых горелок неполного смешания, которые не дают необходимого эффекта при термообработке, а именно на нижней части укрытия термообработка практически не производится из-за конструктивных особенностей стенда, в следствие бетон не обладает необходимыми свойствами и быстро изнашивается, в связи с чем появилась необходимость разработать комплекс для термической обработки футеровки защитного укрытия главного желоба доменной печи для получения необходимых характеристик огнеупорного бетона, вышеуказанный комплекс относится к черной металлургии и может быть использован для сушки защитного укрытия желобов доменной печи.

Комплекс для термической обработки футеровки защитного укрытия главного желоба доменной печи содержит футерованную подину 2, на которой установлены защитное укрытие главного желоба 1, стационарная торцевая стенка 3 и подвижная торцевая стенка 4. Комплекс оснащен горелочным устройством 6, установленным в отверстие 12 торцевой стенки 3, горелочным тоннелем 7, образованным путем примыкания металлической гильзы 9, снаружи футерованной огнеупорным блоком 10, расположенной внутри или вне рабочего пространства 5 защитного укрытия главного желоба 1 к отверстию 12 рассекателем 8, представляющим собой V образную конструкцию, образуя линию рассечения 15 продуктов го-

рения – газовой смеси, из огнеупорных изделий 14 и установленным на футерованную подину 2 напротив горелочного тоннеля 7 с возможностью линейного перемещения по всей длине футерованной подины 2.

При этом высота размещения горелочного тоннеля 7, расстояние от торца горелочного тоннеля 7 до раскатки 8, высота раскатки 8 выполнены со следующими соотношениями размеров: $H_1 = (0,2-0,6) H$; $L_1 = (0,1-0,9) L$; $h = (0,3-0,7) H$, где H_1 – высота размещения горелочного тоннеля 7 над футерованной подиной 2, мм; H – высота стационарной торцевой стенки 3, мм; L_1 – расстояние от торца горелочного тоннеля 7 до раскатки 8, мм; L – длина защитного укрытия главного желоба 1, мм; h – высота раскатки 8, мм, а подвижная торцевая стенка 4 имеет в верхней части отверстие 13. Технический результат заключается в увеличении срока службы футеровки защитного укрытия главного желоба и снижении удельного расхода огнеупорных материалов.

Схема комплекса для термической обработки футеровки защитного укрытия главного желоба доменной печи представлена на рис. 1.

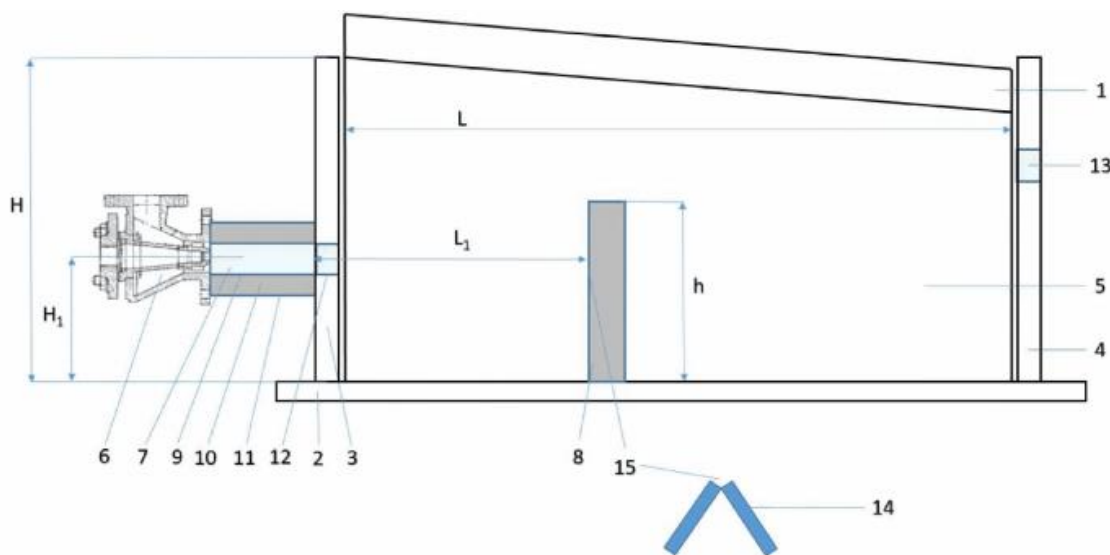


Рис. 1. Схема комплекса для термической обработки футеровки защитного укрытия главного желоба доменной печи

Перед разработкой комплекса для термической обработки футеровки защитного укрытия главного желоба доменной печи были проведены опытно-промышленные испытания (далее ОПР) в результате которых были выявлены недостатки, а именно отклонения температуры при нагреве объема воздуха внутри комплекса с диапазоном от 40 до 230 градусов, рабочая среда внутри комплекса негативно влияла на окружающую среду из-за недогорания CO, а также стойкость укрытия, это то количество жидкого чугуна, которое проходило через него до вывода в ремонт, варьировалась от 40 до 80 тыс. т.

После разработки нового комплекса для термической обработки футеровки защитного укрытия главного желоба доменной печи и проведения ОПР были существенно улучшены результаты, а именно отклонения температуры при нагреве объема воздуха внутри комплекса с диапазоном до 40 градусов, рабочая среда была безопасна для рядом стоящих работников, а стойкость укрытий варьировалась от 80 до 160 тыс. т, что дало уменьшить расходы дорогостоящих огнеупоров и человеческих ресурсов в разы.

Библиографический список

1. Патент «Комплекс для термической обработки футеровки защитного укрытия главного желоба доменной печи» № RU 2 837 072 С1.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗВЕСТИ В ШИХТЕ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Хлопунов¹ Иван Дмитриевич, студент
Форшев² Андрей Анатольевич, зам. начальника
Половец² Михаил Вячеславович, начальник бюро
Николаев² Федор Павлович, гл. специалист доменного производства
E-mail: hlopunovivan4@gmail.com

1 – НТИ (филиал) УрФУ

2 – АО «ЕВРАЗ НТМК»

г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В современных условиях доменной плавки ключевым аспектом повышения эффективности производства является оптимизация состава шихты, направленная на увеличение выхода целевых продуктов и снижение энергетических затрат. Одним из перспективных направлений в этой области является использование пылеугольного топлива (ПУТ). Пылеугольное топливо (ПУТ) представляет собой измельченный до микронных размеров уголь, используемый в качестве альтернативного энергоносителя в металлургии. В доменном производстве его применение приобретает особую значимость на фоне растущих требований к экологической безопасности и экономической эффективности. Традиционно доменные печи, предназначенные для выплавки чугуна, работают на коксе – продукте переработки коксующегося угля. Однако использование пылеугольного топлива позволяет частично заместить кокс, что снижает зависимость от дорогостоящего сырья [1].

В данной статье будет рассмотрен способ офлюсования золы ПУТ известью на АО «ЕВРАЗ НТМК». Офлюсование золы пылеугольного топлива известью осуществляется с целью коррекции ее кислотно-основных свойств. Добавление извести (CaO) способствует связыванию кислых оксидов (SiO₂, Al₂O₃), присутствующих в золе, в легкоплавкие соединения, что снижает общую основность шихты. Это, в свою очередь, уменьшает потребность во введении дополнительных флюсов на этапе доменной плавки, высвобождая место в шихте для железосодержащих компонентов. Как следствие, концентрация железа в шихте возрастает, что напрямую влияет на увеличение производительности доменной печи и сокращение удельных расходов сырья.

Ключевые слова. Доменная печь, пылеугольное топливо, офлюсование, известь, шлак.

Основность шлака – ключевой параметр в металлургии, определяющий его химические и физические свойства. Она характеризует соотношение основных (щелочных) и кислых оксидов в составе шлака, что напрямую влияет на его способность взаимодействовать с расплавленным металлом, удалять примеси и формировать оптимальные условия для технологического процесса. Основность шлака формируется из содержания основных и кислых оксидов в шихте железосодержащего материала (ЖРМ) и топлива. Основность рассчитывается с помощью формулы (1).

$$B = \frac{\text{Основные оксиды}}{\text{Кислые оксиды}}, \quad (1)$$

В промышленных условиях в основном используют двух- и трехкомпонентную основность:

$$B_2 = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}, \quad (2.1)$$

$$B_3 = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2}, \quad (2.2)$$

Фактическая основность в доменном цехе АО «ЕВРАЗ НТМК» в среднем составляет: $B_2 = 1,21$ и $B_3 = 1,72$.

Согласно формулам (2.1)–(2.2), повышение концентрации оксидов кальция (CaO) и магния (MgO) в составе шихты увеличивает основность доменного шлака. На практике наиболее распространенным флюсом остается CaO, что обусловлено его доступностью в промышленных масштабах: он содержится в таком материале, как известняк. В доменном производстве флюсы вводятся в состав окатышей, агломерата или железофлюса. Однако высокое содержание CaO в железорудных материалах (ЖРМ) снижает долю железа, что негативно влияет на производительность доменной плавки, а именно снижение конечного выхода продукта и прочность ЖРМ.

Для оптимизации процесса предлагается снижение (замещение) флюсов из состава ЖРМ и их перенос в компоненты топлива. Этот инструмент позволит повысить содержание железа в железорудной массе. В качестве решения предлагается введение извести в ПУТ для офлюсования золы за счет повышения доли CaO в ее составе. Известь, состоящая из CaO (~ 90 %) и SiO₂ (~ 0,3 %), будет подаваться и перемалываться совместно с углем для смеси ПУТ.

Исходя из данных, приведенных в табл. 1, основность золы ПУТ в среднем составляет 0,22 при концентрации оксида кальция (CaO) около 10,5 %. Для повышения основности золы ПУТ до требуемых значений (например, 1,20–1,25) необходимо введение извести в количестве порядка 4–5 % от общей массы. Однако дозировка извести должна корректироваться с учетом изменения химического состава и доли золы подаваемых углей для приготовления смеси ПУТ. Расчеты демонстрируют, что увеличение основности золы ПУТ до 1,20–1,25 обеспечит сохранение требуемой жидкотекучести шлака с меньшим количеством флюсов с ЖРМ.

Таблица 1

Химический состав золы ПУТ

ПУТ	W, %	A, %	V, %	S, %	Химический состав золы, %						B ₂
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P	
База	1,42	8,40	19,20	0,45	37,50	23,30	10,50	2,87	11,90	0,56	0,22
Офл-ПУТ	0,79	11,05	19,30	0,30	31,30	15,83	38,23	2,46	9,28	0,378	1,26

Как итог, офлюсование золы ПУТ известью позволит снизить офлюсование ЖРМ. Что, в свою очередь, приведет к увеличению концентрации железа в составе ЖРМ. Концентрация железа влияет на производительность доменной плавки и прочность ЖРМ [2].

Дозировка извести должна корректироваться специальным оборудованием с учетом изменения химического состава и доли золы подаваемых углей для приготовления смеси ПУТ. Некорректная дозировка извести может привести к затрудненному выходу шлака или образованию кислого шлака, который хуже связывает вредные примеси (например, серу).

На данный момент ведутся опытные работы по введению извести в смесь ПУТ на АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат».

Библиографический список

1. Сущенко, А. В. Повышение энергоэффективности технологии доменной плавки с вдуванием пылеугольного топлива / А. В. Сущенко, М. А. Томаш // Вестник приазовского государственного технического университета. – 2010 г. – С. 29–32.
2. Берсенев, И. С. Методика оценки качества железорудного агломерата по его химическому составу / И. С. Берсенев, В. И. Клейн, В. И. Матюхин, Ю. Г. Ярошенко // Известия вузов. Черная металлургия. – 2009. – № 10. – С. 3–6.

СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

МИКРОСТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА В95АТ1, ПОЛУЧЕНОГО МЕТОДОМ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Ван Кэци, аспирант
Наумов Антон Алексеевич, канд. техн. наук, доц.
E-mail: van5.k@edu.spbstu.ru

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
г. Санкт-Петербург, РФ

Аннотация. В этом исследовании изучается микроструктурная эволюция в алюминиевом сплаве В95АТ1, полученном сваркой трением с перемешиванием (СТП) с использованием оптической микроскопии (ОМ) и дифракции обратного рассеяния электронов (EBSD). Анализ фокусируется на зоне перемешивания (ЗП) и зоне термомеханического влияния (ЗТМВ), выявляя значительное измельчение зерна и динамическую рекристаллизацию в ЗП, в то время как ЗТМВ демонстрирует градиентную микроструктуру с частичной рекристаллизацией и деформированными зернами. Результаты EBSD подчеркивают изменения текстуры и разориентацию границ зерен, предоставляя информацию о механизмах деформации во время СТП.

Ключевые слова. Сварка трением с перемешиванием (СТП), алюминиевый сплав В95АТ1, электронная обратно-рассеянная дифракция (EBSD).

В данном исследовании использовалась термоупрочняемая пластина из алюминиевого сплава В95АТ1 толщиной 1,8 мм, сваренного СТП с оптимизированными параметрами (скорость вращения 700 об./мин, скорость перемещения 100 мм/мин).

Основной материал показывает типичные удлиненные зерна (средняя длина 40,2 мкм) с текстурой прокатки (рис. 1).

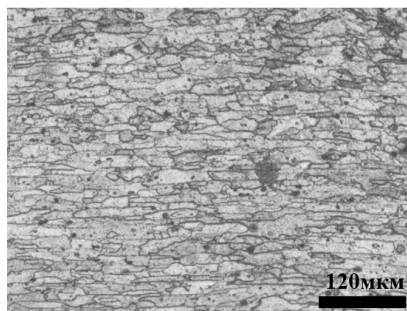


Рис. 1. Основной материал В95АТ1 под оптическим микроскопом

Морфология зерен ЗТМВ представляет собой сильно деформированные удлиненные зерна, которая возникает из-за сильной сдвиговой деформации, создаваемой вращающимся инструментом, в результате чего зерна вытягиваются вдоль направления потока материала. ЗП показывает мелкие равноосные зерна, указывающие на полную динамическую рекристаллизацию (рис. 2).

EBSD – это метод, основанный на сканирующем электронном микроскопе, который широко используется для изучения микроструктуры и микротекстуры материалов [0, 2]. Результаты EBSD предоставляют количественные данные о том, что зерна не имеют предпочтительной ориентации в ТМАЗ и SZ (рис. 3).

Распределение размеров зерен ЗП (Рис. 4) показывает узкое распределение размеров (1,2–7,11 мкм).

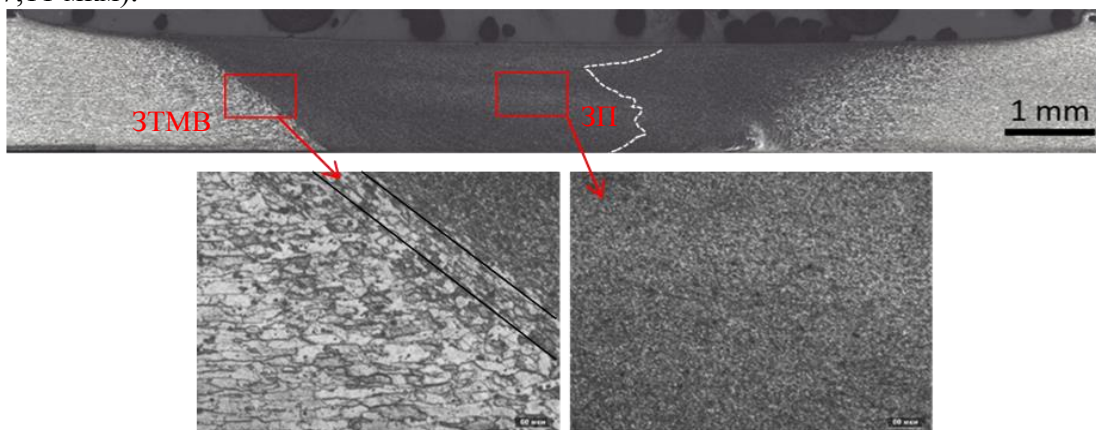


Рис. 2. Панорамный вид сварного шва и ЗТМВ, ЗП под оптическим микроскопом

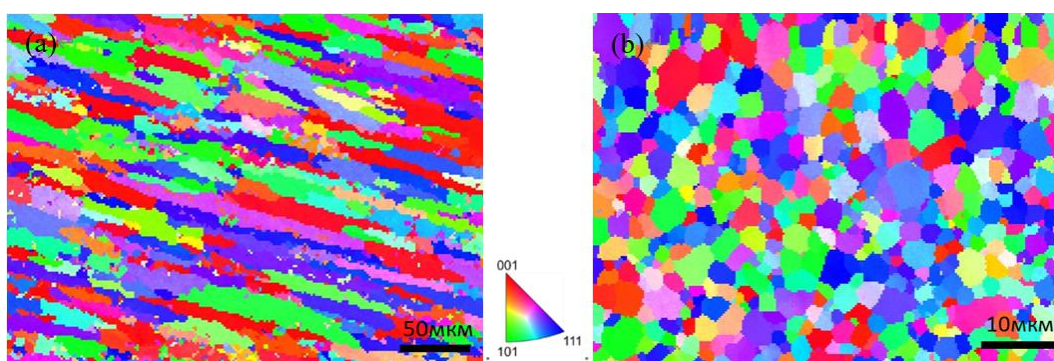


Рис. 3. Карты ориентации EBSD (ОПФ) в соединении B95AT1: *a* – ЗТМВ; *b* – ЗП

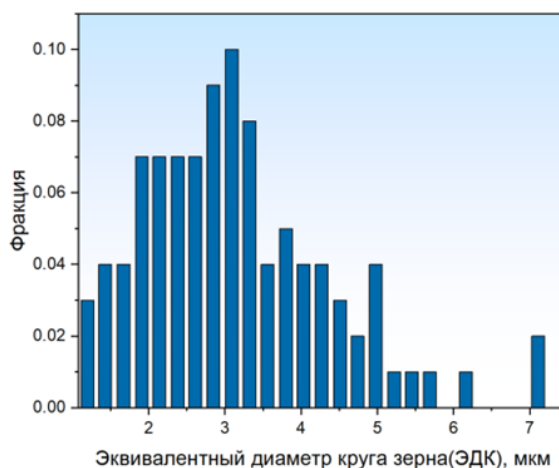


Рис. 4. Распределение размеров зерен в ЗП при СТП

Непрерывная деформация, приводящая к повороту границ субзерен и увеличению разницы в ориентации между соседними субзернами, что приводит к трансформации малоугловых границ зерен (МУГЗ) в большеугловые границы зерен (БУГЗ) [3], образованию рекристаллизованных зерен. Характеристики границ зерен ЗП показывают высокую долю БУГЗ (>15°, ~70 %), ЗТМВ: смешанные границы с ~40 % МУГЗ (2–15°) и 60 % БУГЗ

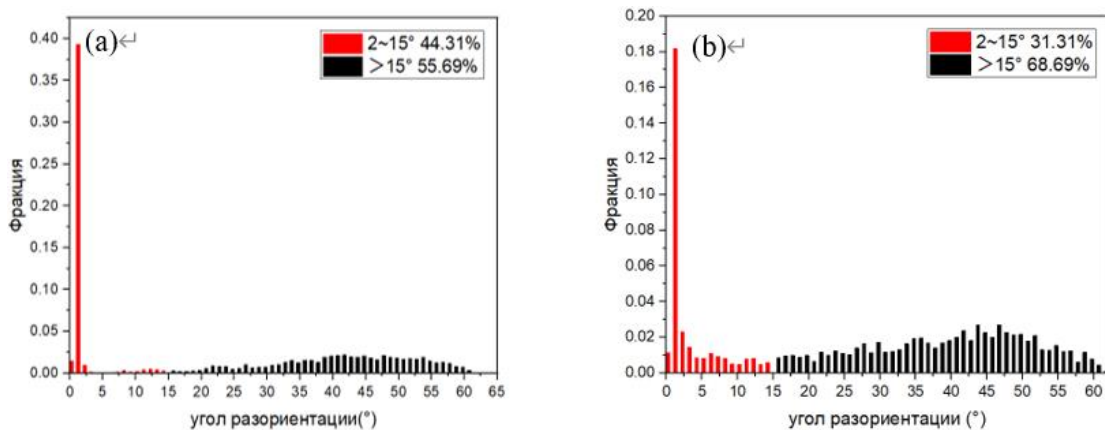


Рис. 5

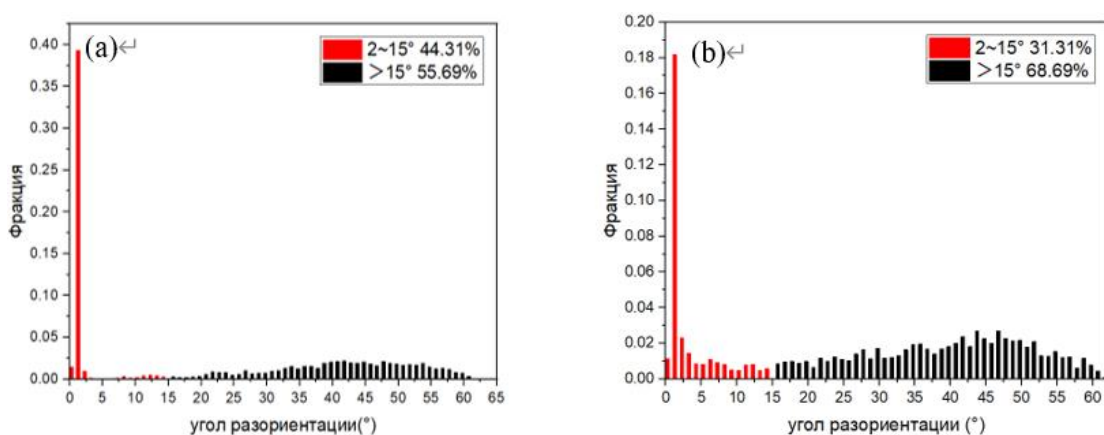


Рис. 5. Распределение углов разориентации в ЗП при ЗТМВ (а); ЗП (b)

Выводы

1. OM успешно характеризует макроскопическую эволюцию морфологии зерен в различных зонах сварки: от основного металла до полностью рекристаллизованного ЗП и переходного ЗТМВ.
2. EBSD обеспечивает количественный анализ микроструктурных особенностей, выявляя:
 - значительное измельчение зерна в ЗП с сильным развитием текстуры;
 - градиентную микроструктуру в ЗТМВ со смешанными границами зерен;
 - явные различия в распределении характера границ зерен между различными зонами.
3. Сочетание OM и EBSD обеспечивает всестороннее понимание микроструктурной эволюции во время СТП алюминиевого сплава В95АТ1.

Библиографический список

1. Sharma, J., Nicolaÿ, A., De Graef, M., Bozzolo, N. Phase discrimination between δ and η phases in the new nickel-based superalloy VDM Alloy 780 using EBSD. *Materials Characterization*. – 2021 –176: –111105.
2. Wilkinson, A. J., & Britton, T. B. Strains, planes, and EBSD in materials science. *Materials today*. – 2012 –15(9) – P. 366–376.
3. Lv J, Zheng J-H, Yardley VA, Shi Z, Lin J. A Review of Microstructural Evolution and Modelling of Aluminium Alloys under Hot Forming Conditions. *Metals*. – 2020 – 10(11) – 1516.

РАСЧЕТ ДЛИНЫ СВАРОЧНОЙ ВАННЫ ПРИ АДДИТИВНОЙ 3D НАПЛАВКЕ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

Трекин Григорий Евгеньевич, канд. техн. наук, лаборант-исследователь
Сафонов Евгений Николаевич, д-р техн. наук, директор школы магистратуры
E-mail: g.e.trekin@urfu.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Современные расчеты тепловых процессов при сварке и аддитивной наплавке используют объемные источники теплоты, близкие по форме к сварочной ванне. Поскольку аналитической модели сварочной ванны требуют затратных численных расчетов, в большинстве случаев используют эмпирические данные или проводят практическую наплавку. Для сварки-наплавки под слоем флюса накоплены достаточные эмпирические данные по длине сварочных ванн. В данной статье оцифровывались данные, содержащиеся в сварочной литературе, преимущественно в рисунках, и аппроксимировались степенной зависимостью. Большой разброс данных предлагается нивелировать учетом эффективного коэффициента полезного действия сварочной дуги, который определялся также по известным зависимостям, которые для удобства использования в компьютерных расчетах также были оцифрованы. Поскольку определенная длина сварочной ванны справедлива при наплавке на массивную заготовку или толстую пластину, выполнялось приведение ее к схеме линейного подвижного источника в тонкой пластине, соответствующей 3D наплавке, путем умножения на отношение термических коэффициентов полезного действия для тонкой пластины и трехмерного тела. Поскольку схема тонкой пластины предусматривает теплоотвод в обе стороны от траектории движения источника, его термический коэффициент полезного действия следует определять для удвоенной мощности 3D наплавки.

Ключевые слова. Тепловые расчеты сварочных процессов, аддитивная наплавка под слоем флюса, размеры сварочной ванны, расчет длины сварочной ванны.

Использование модели с объемным источником теплоты в форме сварочной ванны при термических расчетах сварочных процессов предполагает известные размеры сварочной ванны: длину, ширину и глубину, которые предлагается рассчитать по эмпирическим зависимостям либо брать экспериментальные значения для данного режима. При этом есть две особенности для определения длины сварочной ванны: эмпирические зависимости определены для листовых заготовок; данные по длинам сварочных ванн труднонаходимы, поскольку в большинстве публикаций анализируются только ширина и глубина, а где приведены данные, то не вынесены в заголовки или ключевые слова. Поэтому расчетное определение длины сварочной ванны является актуальным.

Оцифровка рисунков зависимостей производилась программой *Graph2Digit* по их сканированным копиям. Аппроксимация оцифрованных данных производилась степенными функциями и полиномами пятой-седьмой степени, составление матриц с равномерным шагом выполнялись средствами программы *Mathcad 14*. Программный модуль для двумерной интерполяции матриц кубическими полиномами для *Mathcad 14* взят из работы [1].

Анализ зависимости длины сварочной ванны от полной тепловой мощности сварочной дуги, определяемой как произведение тока на напряжение по данным работ [2–4], показал, что они аппроксимируются возрастающей степенной зависимостью с легким выгибом вверх. В работе [3] предлагается использовать линейную зависимость длины свароч-

ной ванны, полученной из модели быстро движущегося точечного источника на поверхности полубесконечного тела с соответствующим поправочным коэффициентом, который, в свою очередь, также аппроксимирован нами степенной зависимостью (формулы (1), (2)).

$$L(P) = \frac{\eta_{\text{и}} \cdot P \cdot 1000}{m(P) \cdot 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (T_{\text{пл}} - T_0)}, \quad (1)$$

$$m(P) = 0,17789 \cdot (P)^{0,29150} + 0,39752, \quad (2)$$

где $L(P)$ – длина сварочной ванны, м; P – полная тепловая мощность дуги, равная произведению тока на напряжение, кВт; $m(P)$ – поправочный коэффициент; $\eta_{\text{и}}$ – эффективный КПД; λ – коэффициент теплопроводности основного металла, Вт/(м·°С); $T_{\text{пл}}$, T_0 – температура плавления и начальная температура основного металла соответственно, °С.

Это позволяет учесть эффективный коэффициент полезного действия (КПД) источника теплоты ($\eta_{\text{и}}$), который обуславливает разброс экспериментальных данных (рис. 1).

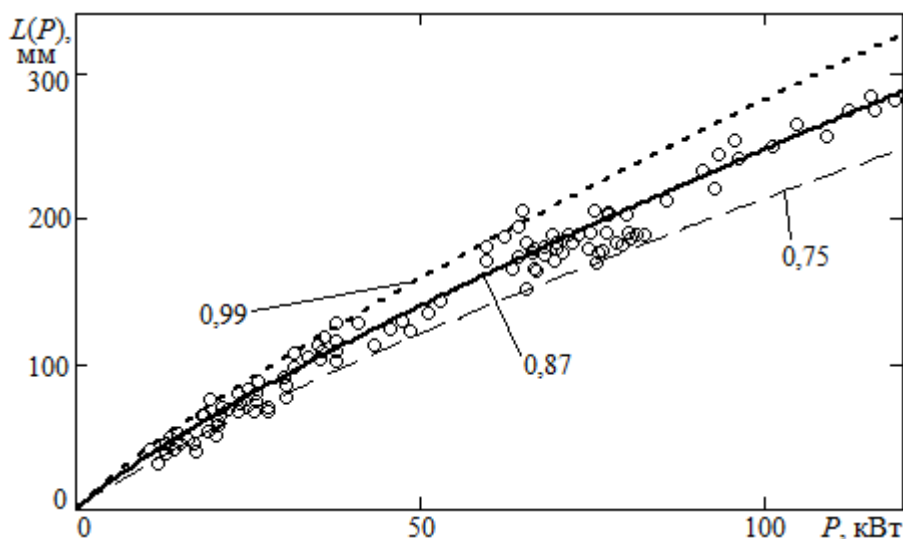


Рис. 1. Зависимость длины сварочной ванны от полной тепловой мощности сварочной дуги. Цифры возле кривых – значение эффективного КПД в формуле (1), кружки – данные работы [3]

Эффективный КПД для конкретного режима определим как отношение теплового КПД ($\eta_{\text{пр}}$) к термическому КПД (η_t). Значения теплового КПД вычислялись с помощью программного модуля интерполяции матрицы, сформированной из оцифрованных кривых рис. 107 из работы [5], в зависимости от скорости сварки и плотности тока (рис. 2, а). Аналогично для термического КПД нагрева трехмерного тела только по фиг. 134 из [6], который зависит от отношения глубины к ширине зоны проплавления и критерия ε_3 (рис. 2, б). Поскольку термический КПД зависит от рассчитываемого эффективного КПД, то используется итерационная процедура, которая сходится после 3-х или 4-х итераций. Найденная таким образом длина сварочной ванны справедлива для сварки толстых листов или наплавки на массивное тело. Поэтому ее нужно откорректировать для условий 3D наплавки путем умножения на отношение термического КПД для тонкой пластины, определенного для удвоенной эффективной мощности, к уже определенному термическому КПД для трехмерного тела.

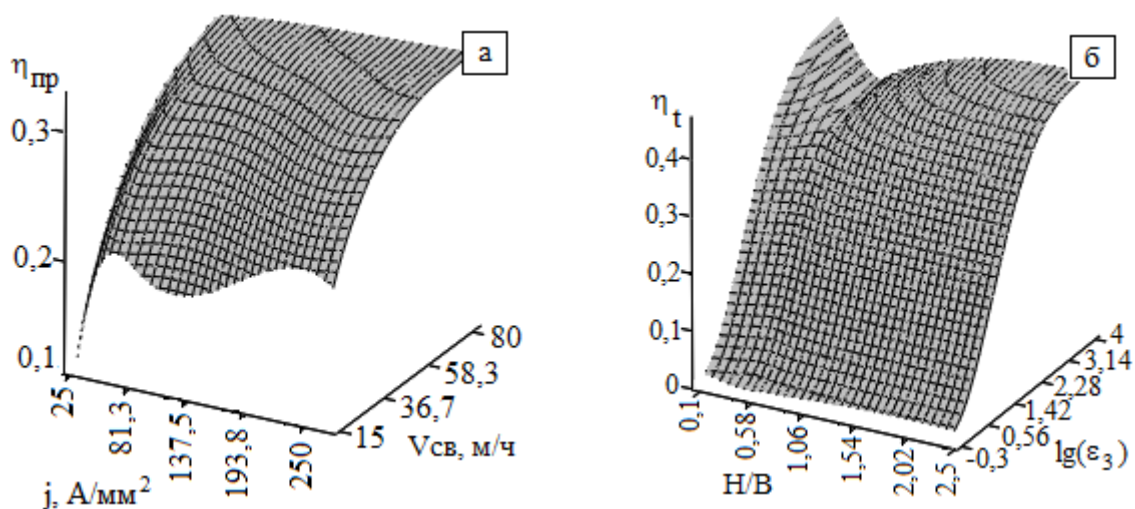


Рис. 2. Результаты оцифровки использованных зависимостей теплового КПД – $\eta_{гр}$ (а) и термического КПД – η_t (б)

Таким образом, разработана методика определения длины сварочной ванны при 3D аддитивной наплавке под слоем флюса для известного режима наплавки. Данная методика реализована в программе инженерных расчетов *Mathcad 14*.

Библиографический список

1. Очков, В. Ф. *Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов*. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2007. – 368 с.
2. *Сварочные материалы для дуговой сварки : справочное пособие* / Б. П. Конищев, С. А. Курланов, Н. Н. Потапов [и др.]. – В 2-х т. Т 1. Защитные газы и сварочные флюсы ; под общ. ред. Н. Н. Потапова. – Москва : Машиностроение, 1989. – 544 с.
3. *Физические процессы в металлах при сварке. Т 1. Элементы физики металлов и процесс кристаллизации* / Н. Н. Прохоров. – Москва : Металлургия, 1968. – 695 с.
4. Размышляев, А. Д. Методика расчетов размеров сварочной ванны при дуговой наплавке под флюсом / А. Д. Размышляев, В. Р. Маевский // «Сварочное производство». – № 7. – 1994. – С. 20–23.
5. Акулов, А. И. *Технология и оборудование сварки плавлением : учебник для студентов вузов* / А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демьяцевич. – Москва : Машиностроение, 1977. – 432 с.
6. Рыкалин, Н. Н. *Расчеты тепловых процессов при сварке* / Н. Н. Рыкалин. – Москва : МАШГИЗ, 1951. – 296 с.

**ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ,
ПОЛИМЕРЫ, КОМПОЗИТЫ,
КЕРАМИКА**

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ

Берсенева¹ Руслана, ученица 10 класса
Ноговицына² Елена Викторовна, канд. хим. наук, доц.
E-mail: e.v.nogovitsyna@urfu.ru

1 – Политехническая гимназия
2 – НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Пищевая аллергия является причинным фактором появления и развития atopического дерматита и бронхиальной астмы. В данной работе рассмотрены энтеросорбенты, которые наиболее часто используют в комплексной терапии при лечении аллергических заболеваний. Длительное применение таких препаратов может негативно отразиться на общем состоянии здоровья, т. к. одновременно с аллергенами сорбенты могут захватывать и выводить из организма жизненно важные макро- и микроэлементы. Полученные результаты исследования специфичности энтеросорбентов по отношению к ионам кальция и магния помогут простым потребителям-пациентам в понимании важности соблюдения назначенной врачом дозировки препарата и предостерегут от негативных последствий самолечения.

Ключевые слова. Энтеросорбенты, аллергены, пищевые красители, селективность сорбции.

Химическое загрязнение окружающей среды, расширение спектра химических веществ, используемых в пищевой промышленности и проблема дефицита чистой питьевой воды приводят к нарушению иммунных реакций организма и появлению различных видов аллергических заболеваний как у детей, так и у взрослых. Наиболее часто пищевая аллергия отмечается у детей в возрасте до двух лет и составляет 6–8 % [1, 2]. В настоящее время практически любой пищевой продукт может стать пищевым аллергеном. При повторном воздействии пищевого аллергена развиваются хронические воспаления, зуд, анализ физического статуса аллергологических больных показывает высокий процент сопутствующих патологий печени, почек и т. д. [3].

Внутренним «активатором» аллергических реакций является гистамин, который содержится в гранулах тучных клеток и базофилов. В ряде случаев выброс гистамина происходит вследствие прямого воздействия на них ряда лекарственных веществ, пищевых красителей и консервантов [4]. Отсутствие диагностики аллергии к пищевым добавкам, среди которых красители занимают первое место, приводит к занижению результатов встречаемости доказанной пищевой аллергии по отношению к пищевым красителям [5].

Лечение аллергии включает в себя комплекс лекарственных средств, принимать которые нужно по определенной схеме. Для выведения аллергенов из организма назначают прием энтеросорбентов на период от одной недели до одного месяца.

Энтеросорбция – это метод лечения, основанный на способности веществ энтеросорбентов связывать и выводить из организма экзогенные вещества, микроорганизмы и их токсины, промежуточные и конечные продукты обмена веществ, накапливающиеся в просвете ЖКТ [6].

Энтеросорбенты широко применялись в качестве биологически активных добавок в 90-е годы 20 в. и только спустя десятилетие начали появляться результаты исследовательских работ, в которых были зафиксированы негативные последствия применения энтеросорбентов [7], проявляющиеся в нарушении баланса нутриентов в организме.

В данной работе были изучены энтеросорбенты следующих марок: полисорб, белый уголь и активированный уголь. Данные инструкций по применению этих препаратов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Информация о препаратах от производителей

Показатель	Полисорб	Белый уголь	Активированный уголь
Действующее вещество	Кремния диоксид коллоидный	Диоксид кремния, микрокристаллическая целлюлоза	Активированный уголь
Заболевания	Отравление, аллергия, диарея	Отравление, аллергия, диарея	Отравление, аллергия, диарея, гиперсекреция соляной кислоты в желудке
Дозировка на 1 прием для взрослого человека	3 г	3–4 таблетки по 0,7 г	50 мг на 1 кг

Для исследования были выбраны массы навески сорбентов белого и активированного угля по 0,25 г и 0,5 г полисорба (что соответствует рекомендуемой дозе на 5 кг массы тела за однократный прием).

Сорбцию пищевых красителей изучали на образцах газированной воды «Тархун», «Orange» (красители соответственно синий патентованный V и бета-апо-8'- Каротиновый альдегид (C30)) и бриллиантового зеленого.

Для бриллиантового зеленого было установлено, что наиболее эффективно его адсорбируют полисорб и активированный уголь, при этом белый уголь показал менее эффективную адсорбцию за то же время воздействия.

По отношению к красителям, содержащимся в образцах газированной воды, за то же самое время наблюдения: 0,5 часа, 1 час и 24 часа, можно отметить снижение концентрации красителя в образцах газированной воды «Тархун» в присутствии полисорба и активированного угля в 4 раза за 24 часа. Белый уголь не изменил цвет образца, что говорит об отсутствии сорбции или незначительном поглощении красителя сорбентом. Краситель из газированной воды «Orange» не смог удалить ни один из энтеросорбентов.

Оценку энтеросорбентов по способности к поглощению ионов кальция и магния определяли по разности концентраций этих ионов в растворах до контакта с сорбентом и после 1 часа. Для определения концентраций ионов кальция и магния мы использовали комплексометрическое прямое титрование [8]. Исходные концентрации ионов в модельных растворах брали в соответствии с их концентрацией в организме человека [9].

Результаты проведенных экспериментов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты исследований сорбции ионов кальция и магния энтеросорбентами

Наименование показателя	Единицы измерений	Исходный раствор	Полисорб	Белый уголь	Активированный уголь
<i>Кальций</i>					
Концентрация	ммоль/дм ³	4,117	3,200	2,783	3,117
Снижение концентрации, %	–	–	22,27	32,39	24,29
<i>Магний</i>					
Концентрация	ммоль/дм ³	2,067	1,875	1,542	1,950
Снижение концентрации, %	–	–	9,27	25,40	5,65

Исследуемые энтеросорбенты демонстрируют различную способность к адсорбции ионов кальция и магния. При этом белый уголь показал наибольшую адсорбционную способность по отношению к каждому металлу. Снижение концентрации ионов кальция составило 32,39 %, а концентрации ионов магния составило 25,4 %. Долгосрочное применение этого препарата может привести к выведению из организма и к возникновению дефицита ионов кальция и магния.

Активированный уголь и полисорб не проявляют высокой сорбционной способности к ионам кальция и магния, поэтому при длительном применении этих препаратов снижается риск безизбирательной адсорбции из организма этих важных нутриентов, которые являются в традиционном питании населения России и без того дефицитными.

Библиографический список

1. Национальная программа оптимизации вскармливания детей первого года жизни в Российской Федерации (Утв. на XVI Съезде педиатров России). – Москва : Союз педиатров России, 2011. – 68 с.

2. Меньшикова, С. В. Аллергические заболевания и энтеросорбция. Научное обоснование проблемы / С. В. Меньшикова, Г. Г. Кетова, М. А. Попилов [Электронный ресурс] // cyberleninka.ru : [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/allergicheskie-zabolevaniya-i-enterosorbtsiya-nauchnoe-obosnovanie-problemy/viewer> (дата обращения: 18.05.2025).

3. Жаков, Я. И. Применение энтеросорбента Полисорб МП в педиатрии / Я. И. Жаков, А. С. Вершинин, А. Н. Попилов // Врач. – 2007. – № 11. – С. 30–31.

4. Образцов, А.С. Особенности острых пищевых аллергических реакций у детей и взрослых в современной практике / А. С. Образцов [Электронный ресурс] // <https://www.cmd-online.ru> : [сайт]. – URL: <https://www.cmd-online.ru/patsientam/poleznuyestatii/osobennosti-ostrykh-pishchevykh-allergicheskikh-reaktsiy-u-detey-i-vzroslykh-v-sovremennoy-praktike/> (дата обращения: 19.05.2025).

5. Титова, Н. Д. Выявление аллергических реакций *in vitro* к пищевым красителям у детей с бронхиальной астмой и atopическим дерматитом / Н. Д. Титова [Электронный ресурс] // <https://cyberleninka.ru> : [сайт]. – URL: https://pediatriajournal.ru/files/upload/mags/311/2011_3_2928.pdf (дата обращения: 19.05.2025).

6. Данилова, Е. И. Эффективность энтеросорбента на основе пектина, инулина и экстракта фенхеля в комплексной терапии детей с atopическим дерматитом: проспективное исследование по типу «случай-контроль» / Е. И. Данилова, О. Ю. Трусова, А. Н. Рощупкин и др. [Электронный ресурс] // cyberleninka.ru : [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-enterosorbenta-na-osnove-pektina-inulina-i-ekstrakta-fenhelya-v-kompleksnoy-terapii-detey-s-atopicheskim-dermatitom/viewer> (дата обращения: 18.05.2025).

7. Горчаков, В. Н. Нежелательные эффекты компонентов биологически активных добавок. – Новосибирск : СО РАМН, 2003. – 194 с.

8. Шварценбах, Г. Комплексометрическое титрование / Г. Шварценбах, Г. Флашка. – Москва : Химия, 1970. – 360 с.

9. Колесниченко, Л.С. Биологическая роль макроэлементов – Mg, Ca, P (Лекция 3) / Л. С. Колесниченко, В. И. Кулинский // Сибирский медицинский журнал. – 2004. – Т. 47. – № 6. – С. 96–99.

ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ КОМПЛЕКСНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК ОТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЫ

Дмитриев Алексей Владимирович, аспирант
E-mail: alexey-dmitriev-i@yandex.ru

Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина
г. Москва, РФ

Аннотация. В настоящее время решение огромного количества задач, связанных с проектированием и эксплуатацией разнообразной техники и механизмов, неосуществимо без исследования путей снижения (а, в идеальном случае, предотвращения) трения и износа. Значимость пластичных смазок невозможно переоценить: они незаменимы практически во всех областях техники, где имеются движущиеся детали, а благодаря комбинированию свойств твердых и жидких смазочных материалов пластичные смазки могут применяться в узлах трения, где использование смазочных масел затруднительно или вовсе невозможно (наклонные и вертикальные поверхности, вращающиеся элементы и т. д.) [1]. Можно смело утверждать, что разработка и внедрение все более совершенных пластичных смазок всегда будет актуальной задачей.

Одним из ключевых этапов разработки пластичной смазки с улучшенными свойствами является подбор так называемой «дисперсионной среды» смазки – жидкой основы, непосредственно выполняющей смазочную функцию. В качестве дисперсионной среды при производстве смазок используют масла различного происхождения: минеральные, синтетические, растительные [2]. Дисперсионная среда составляет 80–90 % от объема смазки, и оказывает существенное влияние на характеристики готового продукта [3]. С учетом этого изучение зависимости свойств пластичных смазок от химического состава применяемой дисперсионной среды крайне важно.

В данной работе проанализировано влияние химического состава минеральных масел на свойства комплексных алюминиевых пластичных смазок (кAl-смазок).

Ключевые слова. Пластичные смазки, кAl-смазки, дисперсионная среда, минеральные масла, трение, химический состав, смазочные материалы.

Наиболее широко при изготовлении пластичных смазок применяются минеральные масла [4]. Производство минеральных масел значительно дешевле производства масел синтетических, сырьем является остаток от атмосферной перегонки нефти мазут, а аппаратное оформление существенно проще. Кроме того, при производстве минеральных масел не требуется применение дорогостоящих и дефицитных катализаторов.

Минеральные масла представляют собой смесь углеводородов разнообразного состава: нормальных и разветвленных парафинов с различным числом атомов углерода в молекуле, нафтенов с различным числом колец и боковыми цепями всевозможной длины и строения, ароматических и нафтенно-ароматических углеводородов, а также смол и асфальтенов. Каждый класс углеводородов, входящих в состав масла, оказывает специфическое влияние на характеристики готовых пластичных смазок.

В настоящей работе для изучения влияния химического состава дисперсионной среды на свойства комплексных алюминиевых пластичных смазок был приготовлен ряд образцов кAl-смазок с одинаковым содержанием загустителя на минеральных маслах различного химического состава. Приготовление осуществлялось по одной технологии в аналогичных условиях на идентичном лабораторном оборудовании.

Групповой химический состав масел представлен в табл. 1.

Таблица 1

Групповой химический состав минеральных масел

Группа углеводородов	Масло 1	Масло 2	Масло 3
Парафино-нафтеновые, % масс.	99,5	93,0	90,5
Ароматические, % масс	0,5	6,9	9,3
Смолы и асфальтены, % масс.	0,0	0,1	0,2

На указанных базовых основах (масло 1, масло 2, масло 3) были приготовлены образцы комплексных алюминиевых смазок (образец 1, образец 2 и образец 3 соответственно). Полученные образцы пластичных смазок были исследованы по следующим показателям: температура каплепадения, пенетрация, коллоидная стабильность, диаметр пятна износа. Результаты испытаний образцов смазок представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов смазок

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Температура каплепадения, °С	230,0	233,0	236,0
Пенетрация, мм ⁻¹	381,0	360,0	355,0
Коллоидная стабильность, % масс.	29,0	14,9	13,8
Диаметр пятна износа, мм	0,8	0,7	0,8

На основании полученных результатов можно сделать вывод о значительном влиянии ароматических углеводородов в составе дисперсионной среды на свойства кАI-смазок: с увеличением содержания ароматических углеводородов в масле уменьшается пенетрация готовой смазки и улучшается ее коллоидная стабильность, а также возрастает температура каплепадения. Полученные данные позволяют косвенно судить о том, что присутствие в составе дисперсионной среды ароматических углеводородов способствует усилению загущающей способности комплексного алюминиевого мыла.

Исходя из вышеизложенного, в качестве дисперсионной среды для приготовления комплексных алюминиевых пластичных смазок рекомендуется применять минеральные масла со значительным содержанием в составе углеводородов ароматической группы.

Библиографический список

1. Фукс, И. Г. Пластичные смазки / И. Г. Фукс. – Москва : Химия, 1972. – 160 с.
2. Синицын, В. В. Подбор и применение пластичных смазок / В. В. Синицын. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Химия, 1974. – 416 с.
3. Ищук, Ю. Л. Состав, структура и свойства пластичных смазок / Ю. Л. Ищук. – Киев : Наукова Думка, 1996. – 513 с.
4. Ищук, Ю. Л. Технология пластичных смазок / Ю. Л. Ищук. – Киев : Наукова Думка, 1986. – 248 с.

ПРИМЕНЕНИЕ 2,5-БИС(Т-ДОДЕЦИЛДИТИО)-1,3,4-ТИАДИЗОЛА В КАЧЕСТВЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРИСАДКИ ДЛЯ КОМПРЕССОРНЫХ МАСЕЛ

Залесов¹ Павел Олегович, аспирант
Килякова¹ Анастасия Юрьевна, канд. техн. наук, доц.
Орлянский² Виталий Львович, ген. директор
E-mail: zalesov.pavel@yandex.ru

1 – Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина
2 – ООО «АТРОК»
г. Москва, РФ

Аннотация. В контексте развития технологического лидерства страны неуклонно наращиваются мощности стратегически важных промышленных площадок. К таковым относятся нефте- и газоперерабатывающие заводы, предприятия горнодобывающей и химической промышленности. Работоспособность перечисленных объектов невозможна без применения компрессорного оборудования, позволяющего перемещать материальные потоки газа внутри технологического производственного цикла. В свою очередь, эксплуатация и обслуживание компрессоров является трудо- и ресурсоемкой задачей, а вывод из цикла такой машины даже на непродолжительное время ставит под угрозу работу всего предприятия. В этой связи к компрессорным маслам предъявляются жесткие требования, направленные на минимизацию простоев. Так, смазочные композиции должны обладать превосходными трибологическими свойствами (повышение надежности работы), характеризоваться длительным ресурсом (повышенный интервал замены). Добиться вышеизложенного попросту невозможно без подбора на этапах разработки и введения на этапах производства присадок и их пакетов.

В ходе научно-исследовательской работы рассмотрено и описано действие ранее не применяемого в компрессорных маслах соединения 2,5-бис(т-додецилдитио)-1,3,4-тиадизола на физико-химические и эксплуатационные свойства базового компрессорного смазочного материала. Определен наиболее оптимальный диапазон введения производного тиадизола в смеси алкилбензольного и полиальфаолефинового масла. Установлена и в лабораторных условиях доказана эффективность соединения с точки зрения изменения трибологических и антиокислительных характеристик исходных образцов, что позволяет говорить о многофункциональности рассматриваемой присадки.

Ключевые слова. Компрессорные масла, 2,5-бис(т-додецилдитио)-1,3,4-тиадизол, многофункциональная присадка, отечественная смазочная композиция.

Ключевым звеном в цепочке любого предприятия является динамическое оборудование. Последнее в свою очередь позволяет эффективно и бесперебойно транспортировать жидкую и газовую фазу к основным потребителям – технологическим объектам. Между тем следует отметить, что вплоть до прошлого десятилетия проектирование, разработка сопутствующей документации, подбор оборудования для технологических установок осуществлялось западными компаниями (которые в конечном итоге зачастую были также лицензиарами процессов). Данная тенденция в конечном итоге привела к засыпке в реакторные блоки и адсорберы зарубежных катализаторов и адсорбентов, монтажу импортного компрессорного оборудования (*Siemens, Hitachi*) на основных объектах химического профиля. В связи с уходом из страны западных компаний, осуществлявших обслуживание и ремонт динамического оборудования, основной проблемой в промышленной практике стало сервисное обслуживание. Последнее, в свою очередь, затруднено, в частности, в связи с отсутствием аналогов горюче-смазочных материалов. В наиболее тяжелом положении оказалось

обслуживание роторных компрессоров, винтовую пару которых попросту невозможно эксплуатировать без подачи высококачественных масел.

В практике нефтеперерабатывающих и нефтехимических площадок винтовые компрессоры используются зачастую для транспортировки углеводородной фазы и воздуха. В маслосистеме таких компрессоров используют смазочные материалы с превосходными трибологическими (обуславливают снижение степени изнашивания винтов), а также антиокислительными характеристиками (обуславливают повышенный интервал замены). Ключевым аспектом также является вязкость масел, которая должна быть с одной стороны высокой (недопущение прорыва перемещаемого газа с зоны нагнетания на всас по зазору винтовой камеры), а с другой стороны низкой (снижение энергетических затрат на привод маслососов и увеличение кратности циркуляции).

Разработка современных масел для винтовых компрессоров в наши дни связана с введением в состав различных по химической структуре соединений с целью комплексного модифицирования спектра свойств исходных композиций. Наиболее сложным этапом с точки зрения проведения научных исследований является подбор таких присадок. Несмотря на разнообразие, в смазочных материалах используются лишь некоторые из химических соединений, зачастую более изученные и подобные по молекулярной структуре.

Опираясь на вышеизложенные тезисы, в настоящей работе представило интерес рассмотреть возможность и эффективность введения нового, не использовавшегося ранее в компрессорных смазочных материалах соединения 2,5-бис(т-додецилдитио)-1,3,4-тиадизола. В качестве базовых масел для оценки действия присадки использованы ранее сформированные в работах композиции на основе полиалкилбензола и полиальфаолефинов различных классов вязкости [1, 2].

В конечном итоге в исследовании нашли применение следующие объекты:

- 2,5-бис(т-додецилдитио)-1,3,4-тиадизол;
- смеси полиалкилбензола (ПАБ) и полиальфаолефиновых масел (ПАОМ-12, ПАОМ-40, ПАОМ-100) компаундированные в соотношении 70:30 до наиболее распространенных смазочных материалов, соответствующих ISO 32, ISO 46, ISO 68.

В связи с тем, что акцент в работе сделан именно на антиокислительные и трибологические (противоизносные) свойства масел, в качестве основных методов исследования эксплуатационных характеристик выбраны: ГОСТ 981, ГОСТ 9490.

Введение присадки в композиции ПАБ:ПАОМ производилось в диапазоне концентраций 0-3,0 % масс. (шаг 0,5 % масс.). По окончании термодиспергирования приступили к изучению произведенных образцов.

В рамках оценки влияния 2,5-бис(т-додецилдитио)-1,3,4-тиадизола на противоизносные свойства отмечено, что даже незначительная концентрация равная 0,5 % масс. позволяет кратно снизить диаметр пятна износа металлических поверхностей для смеси:

- 1) ПАБ:ПАОМ-12 с 0,70 мм до 0,52 мм;
- 2) ПАБ:ПАОМ-40 с 0,58 мм до 0,42 мм;
- 3) ПАБ:ПАОМ-100 с 0,52 мм до 0,38 мм.

Применение 2,5-бис(т-додецилдитио)-1,3,4-тиадизола в композициях между тем позволяет улучшить не только трибологические, но и антиокислительные характеристики образцов. Данный факт обуславливает отсутствие необходимости в формировании комплексного пакета присадок в дальнейшем. Так, композиции, содержащие в составе 1,5 % масс. производного 1,3,4-тиадизола обуславливают отсутствие изменения кислотного числа (до и после термоокисления) в рамках эксперимента, фиксируемое современным лабораторным оборудованием. Данный тезис отмечен для всего ряда композиций компрессорных масел состава ПАБ:ПАОМ.

Наиболее оптимальным диапазоном введения 2,5-бис(т-додецилдитио)-1,3,4-тиадизола является интервал концентраций от 0 до 3,0 % масс., что доказано эмпирически. При увеличении содержания соединения свыше 3,0 % масс. в объеме масла значительного изменения свойств не отмечено.

В конечном итоге применение присадки на практике позволяеткратно снизить степень изнашивания металлических поверхностей (способствует повышению долговечности работы механизма), а также увеличить ресурс смазочного материала. По результатам комплексных лабораторных испытаний 2,5-бис(т-додецилдитио)-1,3,4-тиадизола возможно сформулировать утверждение о многофункциональном действии данного соединения на базовые синтетические компрессорные масла. В свою очередь, данный факт приводит к отсутствию необходимости трудоемкого формирования дополнительных пакетов присадок.

Библиографический список

1. Залесов, П. О. Возможность и проблемы применения полиалкилбензола в качестве базового компонента компрессорных масел / П. О. Залесов, А. Ю. Килякова // Актуальные задачи нефтегазохимического комплекса. Глубокая переработка углеводородных ресурсов. Низкоуглеродные энергоносители и продукты нефтегазохимии : Материалы XVII научно-практической конференции, Итогового заседания технологических платформ и III Научной школы молодых ученых, Москва, 28 ноября 2024 года. – Москва : Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина, 2024. – С. 132–133. – EDN NXYEVS.ГОСТ Р 57837–2017.

2. Залесов, П. О. Формирование высокоэффективной линейки компрессорных масел на основе синтетических компонентов / П. О. Залесов, А. Ю. Килякова // Актуальные задачи нефтегазохимического комплекса. Глубокая переработка углеводородных ресурсов. Низкоуглеродные энергоносители и продукты нефтегазохимии : Материалы XVII научно-практической конференции, Итогового заседания технологических платформ и III Научной школы молодых ученых, Москва, 28 ноября 2024 года. – Москва : Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина, 2024. – С. 130–131. – EDN ZNFIVO.

ПЛАСТИКИ БЕЗ СВЯЗУЮЩЕГО НА ОСНОВЕ БИОМАССЫ ТРОСТНИКА: ОЦЕНКА СТЕПЕНИ БИОРАЗЛАГАЕМОСТИ И МЕХАНИЗМ ДЕСТРУКЦИИ

Шоасалзода Икбол Даштимурод, студент
Рахронов Хасан Нуриддинович, студент
Артёмов Артём Вячеславович, канд. техн. наук, доц.
E-mail: artemovav@m.usfeu.ru

ФГБОУ ВО УГЛТУ
г. Екатеринбург, РФ

Аннотация. Представленная работа является продолжением цикла исследований, посвященных пластикам без связующих (ПБС) на основе биомассы тростника обыкновенного. В данном исследовании была проведена оценка степени биоразлагаемости ПБС по отношению к грунту за 90 сут. Результаты, полученные по маркерным морфологическим признакам, указывают на то, что исследуемые образцы можно классифицировать как материалы с умеренной (частичной) степенью биоразлагаемости, что связано с характеристиками исходного наполнителя.

Ключевые слова. Пластики, растительные отходы, тростник, биомасса, биоразлагаемость.

Итоги состоявшейся в Душанбе очередной Консультативной встречи лидеров центрально-азиатских государств формата «Центральная Азия плюс Россия» (14.09.2023 г.) определили направления сотрудничества в транспортно-логистической, энергетической и гуманитарной сферах. Аналогичным образом было обсуждено решение экологических проблем Каспийского моря.

Обширные заросли тростника в Каспийском регионе оказывают значительное негативное воздействие. Эти заросли становятся причиной таких проблем, как ландшафтные пожары и ухудшение условий для возделывания сельскохозяйственных культур в районах, где данный сорняк произрастает, а его удаление оказывается практически невозможным [1].

В исследовании, представленном в источнике [2], описаны результаты экспериментов и изучения биологических характеристик роста и развития тростника как вредного сорняка. Рассматриваются основные технологические процессы, связанные с предпосевным уничтожением сорняков, включая агротехнические и химические методы борьбы.

Анализ контрольных выкосов показывает, что средняя ожидаемая урожайность тростника колеблется от 4,55 до 7,5 т/га [3]. Данная урожайность является достаточной для переработки биомассы в товарную продукцию, что особенно актуально для производства товаров, пользующихся широким потребительским спросом [4].

Одним из научно-технических направлений, связанных с переработкой растительной биомассы, является использование ее в качестве наполнителя для создания полимерно-композиционных материалов [5], включая такие материалы, как пластики без синтетических связующих веществ (ПБС) [6].

Одним из ключевых преимуществ ПБС, изготовленных на основе растительного сырья, является их способность к гидролитической и микробиологической деструкции в естественной среде, благодаря отсутствию синтетического связующего и матричного полимера [7].

Данная работа является продолжением цикла исследований, посвященных композиционным материалам – ПБС на основе биомассы тростника обыкновенного. В данном исследовании была выполнена оценка степени биоразлагаемости ПБС по отношению к грунту за 90 сут.

Из биомассы тростника фракций 1,2 и 0,7 мм были получены образцы ПБС. Условия прессования образцов соответствовали [7]. Оценка степени биоразлагаемости ПБС на основе лигноцеллюлозосодержащего сырья выполняется на основании анализа маркерных

признаков (критериев) морфологического изменения испытуемых образцов ПБС [7].

Результаты фото- и микроскопического анализа образцов ПБС, проведенных после испытаний на биоразлагаемость, представлены на табл. 1. Полученные данные позволяют визуально установить маркерные признаки (критерии) степени биоразложения и выполнить балльную оценку степени биоразложения ПБС.

Таблица 1

Оценка биоразлагаемости ПБС на основе биомассы тростника

Маркерный признак (критерий)	Фотографии и микрофотографии (1:400) образцов после испытания на биоразлагаемость	Описание критерия	Средний балл по критерию оценки
Деструкция материала (потеря массы)		Наблюдается частичная деструкция материала в периферийной части	3,8
Расслоение (разбухание) материала по толщине		Имеется ярко выраженное расслоение материала по толщине	4,8
Деформация материала		Наблюдается локальная деформация (разломы) лицевой поверхности	3,3
Пигментация лицевой поверхности материала		Пигментация лицевой поверхности слабовыраженная	1,8
Микробиологическое поражение материала		Наличие прямых признаков биологического поражения отсутствуют	1,2
Среднее значение			3,0



Рис. 1. Оценка биоразлагаемости ПБС на основе биомассы тростника по маркерным признакам

На основе зафиксированных морфологических и физических изменений образцов ПБС после испытаний на биоразлагаемость была выполнена оценка биоразлагаемости исследуемых материалов [7] (рис. 1).

Изучаемые образцы ПБС продемонстрировали минимальные морфологические изменения, касающиеся пигментации поверхности и биологического поражения. Хотя

внешне образцы не имели явных признаков биологического поражения, на них был зафиксирован рост корней. Это позволяет сделать вывод о том, что процессы биологической активности растений и микроорганизмов, хоть и слабо выраженные, все же имели место.

На основании проведенного исследования и анализа маркерных показателей биоразлагаемости ПБС на основе биомассы тростника, можно сделать вывод о том, что данный материал обладает умеренной (частичной) биоразлагаемостью.

Процесс разрушения исследуемого материала начинается с гидролитической деструкции, которая приводит к расслоению, деформации и частичному разрушению структуры. В дальнейшем биологическая деструкция и пигментация материала происходят с меньшей интенсивностью, что обусловлено особенностями структуры наполнителя. Фракционированная биомасса тростника содержит как пластинчатые, так и игольчатые частицы, которые преимущественно состоят из одревесневшей части стебля. Эта часть характеризуется повышенной устойчивостью, обусловленной наличием лигнина в клеточных стенках, который обладает консервирующими свойствами и выполняет функцию антисептика, что повышает стойкость тканей к разрушительному воздействию грибов и бактерий.

Библиографический список

1. Оценка эффективности тростника южного в кормах для карпа, выращиваемого в установках замкнутого водоснабжения / Р. Ю. Скоков, Д. А. Ранделин, А. В. Соловьев, К. А. Томиленко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 3(75). – С. 231–241. – DOI 10.32786/2071-9485-2024-03-27.

2. Тагаев, Х. Биологические особенности тростника обыкновенного и меры борьбы с ним / Х. Тагаев // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной году экологии в России, с. Солёное Займище, 18–19 мая 2017 года / Составители Н. А. Щербакова, А. П. Селиверстова. – с. Солёное Займище : Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2017. – С. 1238–1242.

3. Экологически обоснованное управление биомассой тростника южного на территории Волго-Ахтубинской поймы / Н. А. Соколова, В. Е. Костин, И. И. Васенев, В. И. Ерощенко // Социально-экологические технологии. – 2021. – Т. 11. – № 2. – С. 215–229. – DOI 10.31862/2500-2961-2021-11-2-215-229.

4. Газизов, Ф. Ф. Биоэнергетическая ценность тростника обыкновенного: перспективы развития / Ф. Ф. Газизов, А. В. Броднева // Школа молодых новаторов : сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 13 июня 2023 года / Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорский институт. Том 2. – Курск : Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2023. – С. 396–398.

5. Усова, К. А. Композиты на основе полиэтилена высокой плотности и измельченных стеблей подсолнечника / К. А. Усова, А. Е. Шкуро, В. В. Глухих // Международный научно-исследовательский журнал. – 2025. – № 3 (153). – DOI 10.60797/IRJ.2025.153.29.

6. Артемов, А. В. Оценка степени биоразлагаемости пластиков без связующих веществ на основе опилок ели и оценка уровня загрязнения почвенного грунта продуктами деструкции данных материалов / А. В. Артемов, А. Е. Шкуро, В. Г. Бурындин // Деревообрабатывающая промышленность. – 2025. – № 1. – С. 64–77.

7. Методика для оценки степени биоразлагаемости пластиков на основе лигноцеллюлозосодержащего сырья без добавления связующих веществ / А. В. Артемов, А. С. Ершова, А. Е. Шкуро, В. Г. Бурындин // Лесотехнический журнал. – 2024. – Т. 14. – № 1(53). – С. 134–150. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2024.1/8.

LOW-MELTING GLASSES

Sulima Victoria, student
Trusova Ekaterina, канд. техн. наук, доц.
E-mail: trusova@belstu.by

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

Abstract. The results of the study of low-melting glasses based on the $\text{PbO-ZnO-Bi}_2\text{O}_3$ glass-forming system are presented. Low temperature of sealing, wide range of the temperature coefficients of linear expansion permits to use it for sealing with others glass and different metals, in particular, copper, aluminum, their alloys and monocrystal quartz. Based on the Raman spectra it assumed that the structure of the examined glass is represented by the borate component in which isolated silicon oxygen tetrahedra and lead-bismuth grids can be located. Obtained glass cements provide stability of characteristic parameters of devices, increases their quality, reliability and durability. It was established, bismuth silicates formed as main crystalline phase in all the glasses of high-bismuth region of the compositions

Keywords. Low-melting glass, vacuum-tight solder, thermal linear expansion coefficient, Raman spectroscopy, glass cements.

The problem of creating vacuum-tight solders is one of the topical problems in instrumentation and electronic engineering. Increased interest in the use of aluminum and its alloys in glass solders not only solves the problem of lightweight electronic equipment assembly's creation, but also opens up prospects for a sharp reduction in the metal intensity and energy consumption. Low-melting glass is a promising material for instruments soldering, passivation and sealing. Compared to the epoxy resins and organic adhesives, low-melting glass has significant advantages in humidity resistance, strength, reliability in operation, and can withstand the impact of higher temperatures. Low-melting glass allows soldering various materials at low temperatures. Low soldering temperature prevents the soldering area metal parts from oxidation and deformation – otherwise they would be damaged at elevated temperatures. Solders with low-melting glass or with the glass cements based thereon are uniform and stress-free at accordingly selected thermal expansion coefficients.

Modern technologies will help improve the properties of low-melting glass, making it more durable and resistant to the external environment. This opens up new horizons for their use in the high-tech industries. With the increasing need for customized solutions in various industries, low-melting glass becomes increasingly popular. Manufacturers are looking for the new ways to use them, which creates additional business opportunities. The simplicity of the technology, the low fusion temperatures allow to organize production of low-melting glass at any glass factory.

The aim of this research is to develop formulations for production of low-melting glass and glass elements based on bismuth borate system.

Glass compositions were synthesized based on $\text{PbO-ZnO-Bi}_2\text{O}_3$ glass-forming system with constant content of B_2O_3 and SiO_2 mol. %. Small content in glass of classical B_2O_3 and SiO_2 glass formers do not exceeding 20 mol. % in total points to the glass formation ability of the other components of the system such as lead, bismuth and, possibly, zinc oxides. Lead ions in lead-borate glass can be both modifiers and glass formers. Bismuth ions, as well as lead ions, can enter the structural grid of the glass (similarity of atomic weights, ionic radii and electronic configuration).

The glass was synthesized with chemically pure components. Glass was melted in a batch-type gas furnace at the temperature of 950–1000 °C with maximum exposure temperature of 30 minutes. Glass was annealed at the temperature of 300 °C. Transparent glass without visible signs

of crystallization was obtained, which confirms the glass-forming capacity of bismuth oxides and lead.

The research of glass crystallization properties has revealed high stability of the glass-like state and a small area of compositions prone to crystallization. The increase of Bi_2O_3 concentration increases the crystallization capacity of the glass. A number of these compositions are promising for obtaining glass cements based thereon. In contrast to non-crystallizing glass, when glass cements are soldered, glass must first be melted, forming strong contact with soldered material, and then crystallized, forming a mechanically durable solder. Glass causing immediate bulk crystallization is not suitable for this purpose. The low melting temperature of the glass-forming compositions can be based on low temperature binary eutectics: at the temperature of 622 °C in Bi_2O_3 – Bi_2O_3 system, at the temperatures of 560 °C and 490 °C in PbO – Bi_2O_3 system [1–2].

The glass density is within the range of 6732–7880 kg/m^3 . The presence of heavy metal oxides, bismuth oxide and lead oxide in the composition of the glass somewhat contributes to glass density value. However, since the atomic mass of bismuth exceeds the atomic mass of lead, equimolecular substitution of PbO for Bi_2O_3 leads to the increase of this parameter.

Thermal linear expansion coefficient of glass, after primary annealing, is within the interval $(85.14\text{--}107.10) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. The thermal linear expansion coefficient of glass composition curves is not linear. In terms of solid-state physics, thermal linear expansion coefficient reflects elastic-geometric parameters of the chemical bonds in the glass. The observed inflection on curves points to a certain irregular change of the elastic-geometric parameters of the chemical bonds and shows transformation in the structure of the glass, probably of coordinating type.

Microhardness of glass is within the range of 945–1690 MPa. Microhardness of glass is low due to the presence in the glass compositions of cations with large ion radius Pb^{2+} (1.26 Å); Bi^{3+} (1.20 Å), that reduce this indicator.

The structure of glass has been examined by Raman spectroscopy technique. The dispersion bands at 1217–1317 cm^{-1} and 700 cm^{-1} are characteristic of trigonal-coordinated boron in the boron-axial rings and triangle chain junctions [BO_3]. The maximum value of 920 cm^{-1} of the absorption band may be caused by the presence of isolated silicon oxygen tetrahedra [SiO_4]. The dispersion bands in low frequency range at 550 cm^{-1} can be difficult to interpret due to overlapping of characteristic bands of different structural groups.

In this spectral region one can expect to encounter the dispersion bands corresponding to deforming oscillations of SiO_4 and ZnO_4 groups. The dispersion band in 343–420 cm^{-1} area according to the literature data can be attributed to fluctuations of Bi–O bonds. It was not possible to clearly identify the structural state of lead and bismuth ions; probably, lead and bismuth oxides form their spatial grid. Based on the Raman spectra it can be assumed that the structure of the examined glass is represented more by the borate component in which isolated silicon oxygen tetrahedra and lead-bismuth grids can be located.

The analysis of crystallization products by X-ray phase analysis method has proved that bismuth silicates $6\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ are formed as main crystalline phase in all the glasses of high-bismuth region of the compositions. At low content of bismuth oxide in glass, along with lead-bismuth borates and silicates, zinc borates are formed. Formation of crystalline phases of silicate bismuth is consistent with examinations by Raman spectroscopy technique. Crystallizing glass compositions were optimized for production of based thereon glass cements for obtaining solders with different types of materials: titanium, aluminum alloy, aluminum oxide, etc.

Reference

1. Bobkova, N. M. Low-melting bismuth–borate glass: composition development / N.M. Bobkova, E.E. Trusova // *Glass and Ceramics*. – 2012. – Vol. 68, № 11–12. – P. 349–352.
2. Bobkova, N. M. Low-melting glasses based on lead-borate systems (review) / N.M. Bobkova // *Glass and Ceramics*. – 2009. – Vol. 66. – P. 206–209.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЯ

Алиев Сейфали Эльшан Оглы, студент

E-mail: 1seyfaliyev1@gmail.com,

Слепынина Татьяна Николаевна, ст. преподаватель

E-mail: stn1522@yandex.ru

НТИ (филиал) УрФУ

г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В статье дано совокупное представление о капитальном ремонте и реконструкции зданий в соответствии со строительными нормативами. Описаны основные этапы выполняемых при этом работ, указаны причины и факторы необходимости проведения таких работ. Определены преимущества и недостатки капитального ремонта по сравнению с реконструкцией здания.

Ключевые слова. Капитальный ремонт, реконструкция, демонтаж, обследование, прочность, конструкция, перепланировка.

Капитальный ремонт объектов капитального строительства – это замена или восстановление строительных конструкций или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций, замена или восстановление систем инженерно-технического обеспечения, а также замена отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы или восстановление указанных элементов [6].

Реконструкция объектов капитального строительства – это изменение параметров объекта капитального строительства, его частей (высоты, количества этажей, площади, объема), в т. ч. надстройка, перестройка, расширение объекта капитального строительства, а также замена или восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы или восстановления указанных элементов [6].

Целями капитального ремонта зданий является устранение физического износа, поддержание и улучшение эксплуатационных свойств без изменения функции здания и технико-экономических показателей [4].

Капитальный ремонт заключается в замене или восстановлении эксплуатационных характеристик всех конструкций, санитарно-технических систем, инженерных устройств и оборудования в связи с их физическим или моральным износом и разрушением [3]. Основанием для назначения здания или сооружения на капитальный ремонт может являться не только наличие в них неисправностей, но и сроки службы элементов, которые необходимо отремонтировать, чтобы предупредить появление неисправностей, улучшить качественные характеристики зданий [6].

Реконструкция жилого здания и/или промышленного сооружения проводится для изменения их основных функций. Организация строительных работ по реконструкции возможна только для уже существующих объектов, сданных в эксплуатацию [5]. При этом здания могут быть как функционирующими, так и уже не действующими. Реконструкцию здания или сооружения проводят тогда, когда им требуется замена старых и создание новых технико-экономических характеристик [5].

Данные работы производятся для улучшения функциональности, эффективности и/или эстетического вида реконструируемых сооружений и зданий. При производстве строительных работ по реконструкции здания капитального строительства может изменяться его этажность, площадь здания или его назначение [1].

При проведении капитального ремонта выполняют техническое обследование здания, определение объема работ, составление сметы затрат и планирование сроков выполнения. Далее проводятся работы по демонтажу, укреплению и восстановлению строительных конструкций, внутренние отделочные работы, электромонтажные, сантехнические, чистовая отделка [3].

Работы по реконструкции зданий и сооружений могут включать в себя широкий спектр мероприятий, таких как усиление и ремонт фундамента, замена или усовершенствование инженерных систем (отопление, водоснабжение, канализация, электричество), утепление и реставрация фасадов, замена окон и дверей, улучшение звукоизоляции и теплоизоляции, установка современного оборудования и технологий [5]. Все эти работы проводятся с целью улучшения условий жизни и работы в здании, повышения его энергетической эффективности и продления срока его службы [2].

Капитальный ремонт имеет следующие *преимущества*:

1. В ряде случаев он экономичнее реконструкции.
2. На его проведение требуется меньше времени и ресурсов.
3. Сохраняется историческая ценность объекта.

В то же время капитальный ремонт имеет и *недостатки*:

1. Ограниченные возможности для изменения планировки и конструкции здания.
2. Ограничения по использованию новых технологий и материалов.

В свою очередь у *реконструкции* можно выделить следующие *преимущества*:

1. Возможность внести существенные изменения в планировку и конструктивные решения здания.
2. Использование новых технологий и материалов.

Несмотря на это, у реконструкции тоже есть ряд *недостатков*: это, прежде всего, высокие затраты и риски возникновения ошибок и недочетов [5].

В целом, выбор между капитальным ремонтом и реконструкцией зависит от целей и бюджета владельца здания. Капитальный ремонт подходит для восстановления и обновления существующего здания, в то время как реконструкция может быть необходима для полного изменения здания или его функциональности [5].

Строительная реконструкция дает возможность решать следующие задачи, связанные с изменением параметров объекта капитального строительства:

- 1) изменять высоту, площадь и объем капитального объекта недвижимости,
- 2) изменять количество этажей жилых зданий и промышленных сооружений,
- 3) полностью заменять или восстанавливать несущие строительные конструкции.

Капитальный ремонт – обновление и восстановление существующих конструкций здания с целью улучшения его состояния [3].

Реконструкция – более радикальный подход, который предполагает изменение структуры и внешнего вида здания, включая перепланировку помещений, увеличение площади за счет пристроек или перестройки, а также улучшение энергоэффективности и безопасности здания [5].

Вывод

Правильный выбор между капитальным ремонтом и реконструкцией зависит от целей администрации или владельца здания, его финансовых возможностей, а также от состояния и планируемого использования здания. Важно проанализировать все аспекты и принять обдуманное решение, которое поможет сохранить ценность здания и удовлетворить потребности его пользователей.

Библиографический список

1. СП 255.1325800.2016. Свод правил. Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения. (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 24.08.2016 № 590/пр.), 51 с.
2. ГОСТ 31937–2024 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Введ. 01.05.2024. Москва, Российский институт стандартизации, 2024. – 64 с.
3. СП 368.1325800.2017 Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта. (введен в действие 26.05.2018), 47 с.
4. СП 48.13330.2019. Свод правил. Организация строительства. (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 24.12.2019 N 861/пр.), 87 с.
5. Градостроительный кодекс РФ Статья 1. Основные понятия, используемые в настоящем Кодексе. (принят Гос. Думой 22 декабря 2004). – 349.с.
6. Реконструкция зданий и сооружений : учебное пособие для строительных спец. вузов /А. Л. Шагин, Ю. В. Бондаренко, Д. Ф. Гончаренко, В. Б. Гончаров ; под ред. А. Л. Шагина. – Москва : Высш. шк., 1991. – 352 с.

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Смолокурова Софья Александровна, студент
E-mail: sofya.smolokurova@ya.ru,
Слепынина Татьяна Николаевна, ст. преподаватель
E-mail: stn1522@yandex.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В статье рассматриваются главные особенности, физико-химические свойства оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах. Представлена информация об основных принципах и методах проектирования и строительства на вечномерзлых грунтах, а также о мероприятиях для обеспечения высокой несущей способности оснований и фундаментов зданий и сооружений. Описаны часто применяемые типы фундаментов и материалов для утепления ограждающих конструкций в условиях северных широт

Ключевые слова. Фундамент, вечномерзлые грунты, вечная мерзлота, подземные конструкции, проектирование, теплоизолирующие материалы, грунт.

Интенсивное развитие методов строительства в условиях вечной мерзлоты с двадцатого века позволило существенно расширить экономическую деятельность, а также способствовало активному росту строительства городов в северной части России.

В связи с возрастанием темпов освоения регионов в условиях вечной мерзлоты (УВМ) вопросы повышения устойчивости, надежности и долговечности сооружений, возводимых в сложных природно-климатических и инженерно-геологических условиях, приобретают большое практическое значение [3].

Для оптимизации подходов к проектированию зданий и сооружений в северных широтах первостепенной задачей является изучение влияния отдельных процессов на строительство, определение мерзлотно-гидрогеологических особенностей грунта с целью и выявление наиболее оптимальных путей решения проблемы возведения зданий в сложных инженерно-геологических условиях [1].

Принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований фундаментов выбирают исходя из местных климатических и инженерно-геокриологических условий, глубины заложения и особенностей конструкции фундаментов, результатов технико-экономических расчетов, связанных с выбором оптимального типа фундаментов [3].

Чаще всего используются два принципа. На принцип I ориентируются в случаях, когда имеется обоснованная необходимыми расчетами уверенность в сохранении мерзлого состояния грунтов в основании фундаментов мостов в течение всего периода их эксплуатации, как правило, без применения охлаждающих установок [4]. Охлаждающие установки или каменные обсыпки конусов устоев могут использоваться для предотвращения возможности существенного повышения температуры вечномерзлых грунтов в период эксплуатации сооружений. Для принятия решения об использовании грунтов основания по принципу I необходимо в процессе проведения инженерно-геокриологических изысканий обеспечить получение достоверных данных о температуре грунтов на глубине 10–12 м (от естественной поверхности) и о слиянии слоя сезонного оттаивания с вечномерзлыми грунтами в месте проектируемого сооружения [4].

По принципу II используют вечномерзлые грунты, исходя из условия их полного оттаивания, независимо от температуры в период постройки сооружений [5].

Анализ опыта строительства фундаментов разных типов в условиях вечной мерзлоты показывает, что применение бетонируемых на месте конструкций экономически оправдано только при строительстве больших мостов. Для массового строительства малых и средних мостов более целесообразно использование сборных конструкций [5].

Фундаменты мелкого заложения применяют преимущественно при их заглублении до 4 м в непросадочные при оттаивании крупнообломочные грунты, гравелистые и крупные пески, твердые и полутвердые глинистые грунты, а также в немерзлые и скальные грунты. В этом случае применение таких фундаментов экономически оправдано, если разработка грунтов в котлованах механизирована и не требует устройства крепления стен котлованов против обрушения грунта [1].

Вследствие небольшого заглубления фундаменты мелкого заложения проектируют в виде анкерной плиты, противодействующей ее поднятию при морозном пучении грунтов, с рамной надстройкой для устоев и массивной конструкцией для промежуточных опор, расположенных в русле постоянных водотоков с ледоходом. В настоящее время лучшими по всем показателям являются фундаменты из столбов диаметром 0,8 м или свай сечением $0,35 \times 0,35$ и $0,4 \times 0,4$ м [3].

При возведении фундаментов с высоким ростверком отпадает необходимость в трудоемких и длительных работах по устройству котлованов. Работы по сооружению этих фундаментов можно комплексно механизировать и проводить круглогодично [3]. Конструкция их проще и расход материалов меньше по сравнению с другими типами фундаментов. Такие фундаменты более надежны, поскольку столбы и сваи можно погрузить без больших дополнительных затрат так, чтобы нижняя их часть опиралась на прочные или на непросадочные при оттаивании грунты, или же заглубить в толщу неоттаивающих в период эксплуатации мостов вечномерзлых грунтов [5].

Более экономичны безростверковые свайные устои и промежуточные опоры из куста свай, нижняя заглубленная в грунт часть которых является фундаментом, а верхняя, возвышающаяся над грунтом и объединенная подферменной плитой (на которую опираются пролетные строения), – надфундаментной частью опоры [3]. В настоящее время оптимальными по техническим возможностям технологического оборудования, условиям постройки и эксплуатации мостов признаны железобетонные столбы диаметром 0,8 м. В дальнейшем по мере совершенствования и повышения мощности и производительности технологического оборудования диаметр столбов будет увеличен до 1,2–1,6 м [5]. Успешный опыт применения столбчатых опор подтвердил их высокую экономическую эффективность по сравнению с массивными опорами. При устройстве столбчатых опор требуется в 2–4 раза меньше бетона, затраты труда сокращаются в 2–3 раза, сроки работ – в 1,5–2 раза, объем земляных работ уменьшается в 10–15 раз [4]. Столбчатые устои и промежуточные опоры могут применяться в любых инженерно-геокриологических условиях [2].

Чтобы снизить потребление энергии в северных регионах, необходимы современные решения для теплоизоляции фасадов и кровель. Для нежилых зданий отличным решением стали стеновые и кровельные сэндвич-панели [2].

Особенностью строительства жилых домов на Крайнем Севере является цветовое оформление зданий: важно избегать серых невыразительных тонов. Использование цвета в массовом жилищном строительстве является наиболее вариантным средством композиции и действенным средством борьбы против однообразия и монотонности, особенно на Крайнем Севере [2].

Большой опыт и эволюция методов строительства в условиях вечной мерзлоты на протяжении двадцатого века привела к возможности существенно расширить строительную деятельность в данных условиях. Возведение зданий с учетом условий вечной мерзлоты обладает рядом особенностей, которые включают специальные требования к проектированию, строительству и эксплуатации сооружений [1].

Требования современных строительных технологий ставят задачи совершенствования методов исследования многолетнемерзлых грунтов и разработке эффективных конструкций фундаментов, важнейшей целью которых более эффективно использовать потенциал несущей способности грунтов в УВМ с учетом перспективы климатических изменений. Рассмотренные конструктивные решения фундаментов, позволяют повысить эффективность использования потенциальной несущей способности мерзлых грунтов оснований.

Библиографический список

1. СП 25.13330.2020 Основания и фундаменты на вечноммерзлых грунтах. (введен в действие Распоряжением Правительства России от 06.04.2021 № 887-р.), 124 с.
2. Макаров, А. В. Особенности строительства фундаментов в вечноммерзлых грунтах / А. В. Макаров, В. Ю. Тян, А. В. Журавлев // Инженерный вестник Дона. – 2019. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD>. (Дата обращения 22.02.2025).
3. Устройство оснований и фундаментов при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу П // Helpiks URL: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://helpiks.org/4-17075.html> (Дата обращения: 21.02.2025).
4. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах) : учебное пособие / Г. Г. Болдырев, М. В. Малышев. – 4 е изд., перераб. и доп. – Пенза : ПГУАС, 2009. – 412 с.
5. Пат. 2537437 Российская Федерация, МПК E02D 27/35, E02D 17/20. Способ укрепления грунтов основания зданий и земляного полотна линейных сооружений на вечноммерзлых грунтах : [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://findpatent.ru/patent/253/2537437.html>. (Дата обращения: 18.02.2025).
6. Пат. 2034955 Российская Федерация, МПК E02D 3/12. Способ устройства основания в вечноммерзлых грунтах : [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.freepatent.ru/patents/2034955>. (Дата обращения: 17.02.2025).

РЕСТАВРАЦИЯ ДЕМИДОВСКОЙ ПОЛИКЛИНИКИ

Старцева София Станиславовна, студент
Пудинов Андрей Владимирович, студент
Слепынина Татьяна Николаевна, ст. преподаватель
E-mail: sofastar_27@mail.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Здания, обладающие высокой исторической и культурной ценностью, подвергаются естественному старению и разрушению. Для сохранения исторической ценности строения предпринимаются реставрационные проекты. Восстановление конструкций поможет продлить срок эксплуатации здания и вернет первоначальный облик здания, задуманный архитектором. При этом реставрация должна проводиться с минимальным повреждением конструкций, для этого проводится детальное обследование объекта перед началом работ. В статье рассмотрены отличия реставрации от капитального ремонта и пример успешно проведенной реставрации объекта культурного наследия: Демидовская поликлиника в городе Нижний Тагил.

Ключевые слова. Реставрация, Демидовская поликлиника, разрушение, восстановление, конструкции, обследование.

Реставрация – это деятельность, направленная на сохранение, восстановление или укрепление архитектурного памятника или иного объекта культурного наследия, поврежденного с течением времени или под воздействием внешних факторов или событий [1]. Цель реставрации – сохранить историческое значение объекта, устранить повреждения, заменить поврежденные элементы и восстановить их в соответствии с оригинальным стилем и дизайном. Реставрация может включать в себя использование оригинальных материалов, но также может применять современные методы и материалы для улучшения долговечности и безопасности объекта. Реставрация также улучшает функциональность и продлевает время эксплуатации здания [1].

Реставрация может проходить фрагментарным способом, когда восстанавливают несколько определенных частей сооружения (например, кровлю, стену или фасад). При целостном способе здание восстанавливают полностью. При полном его разрушении работы производят по архивной документации. При выборе данного способа разрабатывают техническую документацию и восстанавливают инженерные коммуникации [1]. Передвижной способ применяют, когда здание представляет архитектурную или историческую ценность, но мешает развиваться новым объектам. В этом случае осуществляют в другой части города строительство идентичного сооружения.

Одной из самых сложных задач в процессе реставрации является необходимость сохранения изначального архитектурного облика здания, не выбивающегося из единого ансамбля городской застройки уже после проведенной реставрации [1].

Как реставрация, так и капитальный ремонт направлены на восстановление и улучшение состояния зданий. Реставрация обычно применяется к историческим и культурным объектам, чтобы сохранить их аутентичность и уникальные детали. Капитальный ремонт чаще всего проводится с целью улучшения структурной целостности и функциональности здания [2].

Одним из ключевых сходств между реставрацией и капитальным ремонтом является использование специальных навыков и знаний. Реставратору требуется глубокое понимание исторических методов и материалов, чтобы сохранить оригинальный вид здания. Ка-

питательный ремонт, будучи более современным процессом, требует профессионального знания строительных технологий и материалов, чтобы обеспечить долговечность и функциональность здания [2].

Однако есть и некоторые существенные различия между этими понятиями. Прежде всего, реставрация сохраняет и восстанавливает оригинальные элементы здания, в то время как капитальный ремонт может включать замену и модификацию частей здания, если это необходимо для его улучшения [2].

Рассмотрим пример удачной реставрации на примере Демидовской поликлиники в г. Нижний Тагил, Свердловской обл.

Поликлиника Демидовской больницы расположена в двухэтажном каменном здании с четырьмя флигелями в стиле ампир. Поликлиника является одним из старейших зданий города – это объект культурного наследия [3]. Поэтому была проведена именно реставрация, чтобы не нарушить изначальный архитектурный облик здания, а сохранить и вернуть первоначальный вид как раз с помощью реставрации. Больница была построена в 1825 г. уральским промышленником и меценатом Николаем Демидовым [3].



Рис. 1. Демидовская больница до реставрации

За все годы эксплуатации здание сильно обветшало и, конечно, утратило свой первоначальный вид (рис. 1). Решение о реставрации Демидовской поликлиники было принято еще в 2016 г. и на нее было выделено 7 млн руб. Капитальный ремонт и реставрацию начали в 2022 г. и полностью завершили в конце 2023 г. [3].

Реставрация больницы и любого сооружения в первую очередь начинается с обследования здания и определения будущих видов строительных работ.

Отреставрированы элементы здания, представляющие историческую ценность: восстановили потолочные тяги внутри помещений, сконструированные в 1960-е гг., модульоны и капители снаружи здания. Отреставрирована парадная лестница на второй этаж, восстановили историческую фреску [3]. Отреставрирован фронто́н с фамильным Демидовским гербом весом около 480 кг, полностью воссозданный по архивным чертежам и фотографиям (рис. 2, 3).



Рис. 2. Демидовский герб до реставрации



Рис. 3. Демидовский герб после реставрации

Отреставрировано настенное панно, созданное в 1970-е художниками Дистергефтом и Седухиным (рис. 4). До начала работ видно отслоение штукатурки, что представляло опасность для посетителей больницы; блеклые цвета самого панно.



Рис. 4. Настенное панно до реставрации

После реставрации панно сохранен первоначальный вид, восстановлена цветовая передача, выполнен демонтаж отслоившейся штукатурки и последующее ее обновление в правом верхнем углу (рис. 5).



Рис. 5. Настенное панно после реставрации

Реставрация зданий культурного наследия помогает сохранить историческую ценность объектов для будущих поколений. Восстановление их первоначального вида и использование оригинальных материалов дарят объектам новую жизнь, подчеркивая их историческую значимость и неповторимость.

Библиографический список

1. Реставрация. Большая российская энциклопедия – электронная версия [Электронный ресурс]. – URL: https://old.bigenc.ru/fine_art/text/3507167 (Дата обращения 22.03.2025).
2. Отличия реставрации от капитального ремонта и реконструкции [Электронный ресурс]. – URL: <https://re-integral.ru/otlichiya-restavratsii-ot-kapitalnogo-remonta-i-rekonstruktsii/> (Дата обращения 22.03.2025).
3. Как сейчас выглядит Демидовская поликлиника в Нижнем Тагиле [Электронный ресурс]. – URL: <https://vsenovostint.ru/2022/10/28/pustynnye-koridory-i-polurazrushennye-kabinety-kak-nachalsya-kapremont-v-demidovskoj-poliklinike-v-nizhnem-tagile/> (Дата обращения 23.03.2025).

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

ЦЕННОСТЬ КРЕАТИВНОСТИ: МНОГОМЕРНАЯ ПЕРСПЕКТИВА

Игнатова Нина Юрьевна, д-р филос. наук, доц.

E-mail: n.iu.ignatova@urfe.ru

НТИ (филиал) УРФУ

г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Креативность является фундаментальной движущей силой прогресса, решения проблем и создания смысла в различных дисциплинах – от инженерии и науки до искусства и философии. Дебаты относительно меняющегося характера экономики в связи с использованием искусственного интеллекта упоминают креативность как существенный ответ на вызовы времени. Прогнозируется, что генеративные инструменты искусственного интеллекта (ИИ) будут ежегодно добавлять 4,4 триллиона долларов в мировую экономику, поэтому возникает исследовательская проблема уточнения понятия «ценность креативности» в связи с применением в экономике нечеловеческих агентов с ИИ. Цель статьи – обзор подходов к пониманию ценности креативности в условиях синергического взаимодействия человеческих и нечеловеческих агентов с ИИ. Анализ литературы показывает, что в цифровой экономике ценность креативности с участием агентов с ИИ может пониматься многомерно: как практическая ценность, как инструмент развития человеческой креативности, как средство снижения затрат. Не следует также забывать об отрицательной ценности креативности, порожденной использованием ИИ в экономике – дипфейков и чрезмерной зависимости работника от ИИ.

Ключевые слова. Креативность, ценность креативности, искусственный интеллект (ИИ), человеческие и нечеловеческие агенты в экономике.

Несмотря на столетия исследований, отсутствует консенсус относительно понятий креативность и ценности креативности [2; 8; 11]. Если креативность должна определять решение проблем применения ИИ в мировой экономике, важно, чтобы заинтересованные стороны, включая инженеров, политиков и обычных пользователей, понимали, какой ценностью она обладает.

Исторически креативность – философское понятие, которое трактовалось как дар богов (Платон), имплицитная сущность человека (антропология) или как отклонение от нормы (Фрейд). Поначалу исследование креативности не подразумевало строгую методологию, академическую специализацию и применение экспериментальных методов. Психологи рассматривают креативность как компонент человеческого интеллекта [7] и взаимодействие между способностями, процессом и средой, посредством которого индивидуум или группа производит воспринимаемый продукт, который является одновременно новым и полезным [11]. В настоящее время креативность понимают как совокупность внутренних и внешних компонентов: личность, мотивация, дивергентное мышление, интенциональность/намеренность, факторы социальной среды и характер творческих результатов [1; 7; 9].

Многолетние исследования креативности в экономике отталкиваются от представлений о полезности и новизне как существенных элементах творческого продукта, а также внешних факторов креативности, организационного климата и культуры [11]. Считается, что наиболее креативны те работники, которые мотивированы интересом, удовольствием, удовлетворением и сложностью самой работы. При этом рабочая или в более общем смысле социальная среда может разрушать внутреннюю мотивацию, служить препятствием или стимулятором креативности. Опыт в соответствующей предметной области, когнитивный стиль и качества личности способствуют автономности, принятию риска и новых точек зрения, генерации идей, а также дисциплинированности [1].

В экономике ценность – это нечто желаемое, выраженное в терминах полезности или возможности обмена, когда креативный процесс или продукт увеличивают финансовые результаты для заинтересованных сторон. Экономисты пытались определить ценность как отражение индивидуальных и социальных устремлений [6, р. 137]. Ценность креативности можно рассматривать двояко: как экономическую выгоду либо как макроэкономическую ценность через призму искусства и культуры. Экономическая ценность музеев, исторических хранилищ и рынков предметов культуры зачастую не воспринимается как основа валового внутреннего продукта страны подобно импорту товаров, но вместе с появлением теории креативного класса [4] изменились представления о потенциале, например, глобального музыкального или музейного туризма [11].

Появление нечеловеческих агентов в экономике поставило вопросы, как влияет ИИ на креативность работника [2; 5]. Заметим, что человеческая креативность как таковая обладает непреходящей сущностной ценностью. Креативность есть способ самоактуализации и самовыражения уникальных идей, эмоций и идентичности работника. Она позволяет работнику развивать когнитивную гибкость, адаптивность и устойчивость. Анализ литературы показывает, что в цифровой экономике ценность креативности с участием агентов с ИИ может пониматься многомерно [3; 5; 12].

По нашему мнению, многомерная ценность креативности различных агентов, в т. ч. с ИИ в экономике может пониматься как:

1) практическая ценность. ИИ используется для автоматизации повторяющихся организационных задач, например, для расчета биомиметических конструкций, вдохновленных природой [5] или для повышения устойчивости метаматериалов [10];

2) инструмент развития креативности инженера за счет быстрой генерации вариантов дизайна и автоматизации рутинной работы, чтобы он мог сосредоточиться на инновациях высокого уровня (например, интерфейсы мозг-компьютер) [3; 12];

3) экономическая ценность для сокращения затрат. Генеративный ИИ может оказать влияние на операции с клиентами, маркетинг и продажи, программную инженерию, исследования и разработки, которые могут составлять примерно 75 % от общей годовой стоимости от вариантов использования генеративного ИИ [3].

Однако внедрение генеративного ИИ в производство или продажи требует тщательного рассмотрения. Математические модели, обученные на общедоступных данных без защиты от плагиата, рискуют нарушить права интеллектуальной собственности. Кроме того, исследователи напоминают о «темной» ценности креативности, когда неправильное использование ИИ способствует появлению вредоносных технологий (дипфейки), а чрезмерная зависимость от ИИ порождает риск «атрофии креативности» [2; 3].

Библиографический список

1. Amabile, T. Componential Theory of Creativity. Boston, Harvard Business School. 2012. <https://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/12-096.pdf>, (свободный).

2. Boden, M. The creative mind: Myths and Mechanisms. London, UK : Routledge. 2004. – 184 p. ISBN 978-0415314534

3. Chui, M. et al. The Economic Potential of Generative AI: The next productivity frontier. McKinsey & Company, 2023. https://threeoaksadvisory.com/staging1/wp-content/uploads/2024/03/the_economic-of-generative-ai.pdf (свободный).

4. Florida, R. The rise of the creative class. Basic Books. 2002. – 434 p. ISBN 978-0465024773

5. Fortino, A. Embracing Creativity: How AI Can Enhance the Creative Process. 2023 <https://www.sps.nyu.edu/homepage/emerging-technologies-collaborative/blog/2023/embracing-creativity-how-ai-can-enhance-the-creative-process.html> (свободный).

6. Gaut, B. The value of creativity, in Gaut K. (ed.) *Creativity and philosophy*. Routledge 2018. – P. 124–139. 10.4324/9781351199797
7. Guilford, J. Creativity. *American Psychologist*. – 1950. – 5 (9). – P. 444–454. <https://doi.org/10.1037/h0063487>
8. Harrington, D. On the Usefulness of “Value” in the Definition of Creativity: A Commentary, *Creativity Research Journal*. – 2018. – 30(1). – P. 118–121. DOI: <https://doi.org/10.1080/10400419.2018.1411432>
9. Moura, F. Artificial Intelligence, Creativity, and Intentionality: The Need for a Paradigm Shift. *The Journal of Creative Behavior* – 2023. – 57(3). – P. 336–338.
10. Requejo S. et al. Fostering creativity in engineering design through constructive dialogues with generative artificial intelligence. *Cell Reports Physical Science*. – 2024. – 5(9). – P.102157. <https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2024.102157>
11. Runco M., Jaeger G. The standard definition of creativity. *Creativity Research Journal* – 2012. – 24 (1). – P. 92–96. 10.1080/10400419.2012.650092
12. Wang H. et al. Scientific discovery in the age of artificial intelligence. *Nature*. – 2023. – 620. – 79720. – P. 47–60. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06221-2>

ИНЖЕНЕРНОЕ МЫШЛЕНИЕ КАК ОСНОВА СОВРЕМЕННОЙ КУЛЬТУРЫ

Лазарева Елизавета Владимировна, студентка
E-mail: liza.lazareva.06@inbox.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Авторы рассматривают актуальную проблему развития инженерного мышления и анализируют его ключевую роль в формировании современной инженерной культуры. Инженерное мышление рассматривается авторами как комплексный подход решения задач, интегрирующий системный анализ, критическое мышление, креативность, этическую ответственность и социальный интеллект. Подчеркивается важность развития инженерного мышления как основы для создания эффективных и устойчивых инженерных решений, соответствующих вызовам современности. Авторы рассматривают конкретные и зарекомендовавшие себя методологии, такие как ТРИЗ (теория решения изобретательских задач) и дизайн-мышление, подчеркивая их потенциал в развитии отдельных аспектов инженерного решения, а именно в формировании инновационного подхода и содействии успешной разработке новых технологий. Формирование и развитие инженерного мышления является необходимым условием для адаптации к изменениям и обеспечения прогресса в стремительно прогрессирующем мире.

Ключевые слова. Инженерное мышление, инженерная культура, системный анализ, теория решения изобретательских задач (ТРИЗ), дизайн-мышление.

Современный мир характеризуется быстрым технологическим развитием, сложными социальными вызовами и экологическими проблемами, которые оказывают влияние на качество жизни людей, а также приводят к необходимости формирования новых форм взаимоотношений и видов деятельности [1]. Технологический рост стал причиной интенсивного роста производственной и экономической сфер. Возникает необходимость формирования и развития особого типа мышления, которое должно быть ориентировано на решение практических нестандартных задач в различных сферах, в т. ч. в производственной [2].

Проблема формирования инженерной культуры и инженерного мышления у работников современного промышленного предприятия требует комплексного подхода. Инженерная культура – это совокупность ценностей, знаний, норм и практик, определяющих деятельность инженеров, их отношение к работе, к обществу и к самому себе. Инженерное мышление – это про прогноз последствий при принятии того или иного решения. Оно включает в себя умение оценивать информацию, выявлять в ней противоречия, формулировать обоснованные выводы. Такое мышление характеризуется способностью нахождения нестандартных решений, упрощением сложных явлений простыми моделями [3]. Современный инженер должен не только учитывать системную и структурную часть своей деятельности, но и обладать определенной этикой и ответственностью, осознавать социальные, экологические и экономические последствия своей деятельности; он должен уметь эффективно взаимодействовать с коллегами, клиентами, обществом, учитывать различные культурные и социальные контексты [4].

В постоянно меняющемся мире перед инженерами стоят более сложные по содержанию и смыслу вызовы, что приводит к необходимости постоянного совершенствования своих компетенций, повышению квалификации. Современные задачи часто требуют *междисциплинарного подхода*, когда инженеры должны работать в команде со специалистами из других областей, таких как биология, медицина, экономика и социология. Например,

разработка новых биоматериалов для медицины требует сотрудничества инженеров-материаловедов, биологов и медиков. Кроме того, инженеры сталкиваются с проблемой *ограниченных ресурсов* и необходимостью создавать более эффективные и устойчивые решения. Разработка новых источников энергии и технологий энергосбережения требует от инженеров инновационного подхода и умения находить нестандартные решения.

Существует множество различных методологий развития инженерного мышления, одной из таких является теория решения изобретательских задач (ТРИЗ), разработанная отечественным инженером и писателем Г. С. Альтшуллером [5]. ТРИЗ, основанная на анализе большого количества патентов и изобретений, предлагает структурированный подход к решению технических задач, выявляя и разрешая противоречия, стоящие за этими задачами, и находя нестандартные, инновационные решения. Например, в автомобилестроении ТРИЗ может быть использована для решения проблемы повышения безопасности и снижения веса автомобиля за счет применения композитных материалов и новых конструкций. ТРИЗ помогает развить системное мышление, научиться видеть проблему с разных сторон и выявлять связи между ее частями, способствуя генерации новых идей и обходу технических ограничений.

Более творческим методом является дизайн-мышление – подход, выдвигающий на первое место пользователя и его потребности [6, 7]. Дизайн-мышление, основанное на глубоком понимании потребностей пользователей (эмпатии) и итеративном процессе создания прототипов и тестирования, позволяет создавать не просто функциональные, а удобные, интуитивно понятные и востребованные продукты и услуги. Дизайн-мышление развивает креативность, способность нестандартно решать задачи и находить инновационные подходы, ориентированные именно на потребности людей. По словам Тима Брауна из *IDEO*, дизайн-мышление помогает объединить потребности людей с тем, что технологически осуществимо и коммерчески выгодно. Это позволяет создавать инновационные решения, востребованные на рынке. Как отмечает Х. С. Гафаров, дизайн-мышление также способствует этичному и ответственному дизайну, вовлекая клиентов в процесс разработки.

В этом контексте важным становится развитие социально-психологической компетентности инженеров как осознанности целостности психической реальности, личностного стремления к самоактуализации и интегральному преобразованию мира. Такая социально-психологическая компетентность по мнению С. Г. Литке является интегрированной и концентрированной системой социально-психологических компетенций [8].

Таким образом, инженерное мышление, являясь краеугольным камнем современной инженерной культуры, позволяет специалистам решать сложные задачи и создавать инновационные решения, необходимые для устойчивого развития общества. Основанное на системном анализе, критическом мышлении, креативности, этической ответственности и социальном интеллекте, оно способствует разработке технологий, учитывающих их влияние на окружающую среду и общество. Развитие инженерного мышления – непрерывный процесс, требующий постоянного обучения и освоения новых методологий, таких как ТРИЗ, стимулирующая системное мышление и креативность, и дизайн-мышление, ориентированное на потребности пользователей. Стремление к самосовершенствованию, участие в междисциплинарных проектах и следование этическим принципам являются ключевыми факторами для инженеров, желающих внести свой вклад в создание лучшего будущего.

Библиографический список

1. Брюханова, К. М. Факторы формирования экологического поведения / К. М. Брюханова, Е. А. Путилова // Молодежь и наука : материалы XX международной научно-практической конференции старшеклассников, студентов и аспирантов (24 мая 2024 г., г. Нижний Тагил) : в 2 т. – Нижний Тагил : Уральский федеральный университет, 2024. – С. 179–181. – EDN LWMXPO.

2. Putilova, E. A. Engineering thinking and its role in modern industry / E. A. Putilova, A. V. Shutaleva // AIP Conference Proceedings : 16, Nizhny Tagil, 17–19 июня 2021 года. – Nizhny Tagil, 2022. – P. 030033. – DOI 10.1063/5.0074665. – EDN QUKHRX.
3. Putilova, E. A. Corporate culture as one of the key factors of effective industrial enterprise development / E. A. Putilova, A. V. Shutaleva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 15, Nizhny Tagil, 18–19 июня 2020 года. – Nizhny Tagil, 2020. – P. 012132. – DOI 10.1088/1757-899X/966/1/012132. – EDN KDBJWU.
4. Михайлов, В. Решение учебных задач по ТРИЗ / В. Михайлов. – Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 1992.
5. Альтшуллер, Г. С. Найти идею: Введение в ТРИЗ- теорию решения изобретательных задач / Г. С. Альтшуллер. – Москва : Альпина Паблишер. 2022.
6. Гафаров, Х. С. Дизайн-мышление: предыстория и история становления. – 2020. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://journals.bsu.by/index.php/pitscd/article/view/3166>
7. Щетинина, Е. А. Дизайн-мышление в бизнес-стратегиях корпораций / Е. А. Щетинина // Научный журнал НИУ ИТМО. – Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2021. – №. 1. – С. 85–93.
8. Литке, С. Г. Социально-психологическая компетентность в континууме инженерной культуры / С. Г. Литке // Поволжский педагогический вестник. – 2015. – №. 4 (9). – С. 49–58.

НАЛОГОВЫЙ АУДИТ КАК ОСНОВА ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЮБОЙ СФЕРЫ БИЗНЕСА

Курашова Мария Валерьевна
E-mail: artmnn123@mail.ru
Сандалова Надежда Шамиловна
E-mail: Safiullina-ns@mail.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В Российской Федерации налоговый аудит регулируется несколькими ключевыми нормативно-правовыми актами:

- Федеральный закон «Об аудиторской деятельности» (№ 307-ФЗ);
- Налоговый кодекс Российской Федерации (части первая и вторая);
- Стандарты аудиторской деятельности (САД);
- Постановления и письма Министерства финансов, Федеральной налоговой службы и других регулирующих органов.

Налоговый аудит – это процесс проверки корректности начисления, учета, отражения в отчетности и уплаты налогов, сборов и страховых взносов. Эта практика может быть, как обязательной, так и добровольной для налогоплательщика. Этот процесс определяется Методикой аудиторской деятельности, утвержденной Комиссией по аудиторской деятельности при Президенте РФ. Налоговые органы используют аналогичные подходы при проведении своих проверок.

Авторы статьи рассмотрели необходимость проведения внутреннего аудита организаций от крупного до малого сегмента, а также индивидуальных предпринимателей для выявления, предотвращения, а также устранения ошибок в бухгалтерском документообороте.

Ключевые слова. Налоговый аудит, внутренний контроль, Российские стандарты бухгалтерского учета, Международные стандарты финансовой отчетности, Министерство финансов Российской Федерации.

Цель аудиторской проверки – выражение мнения о достоверности отчетности и правильности ведения учета в соответствии с законодательством. По итогам проверки специалисты составляют аудиторское заключение. Это заключение входит в состав годовой отчетности для утверждения на собрании участников.

Налоговый аудит представляет собой самостоятельную проверку финансовой и налоговой документации организации или индивидуального предпринимателя, направленную на подтверждение ее соответствия требованиям российского налогового кодекса. Проведение такого анализа осуществляют опытные аудиторы или специализированные фирмы. Главное назначение налогового аудита – обнаружение потенциальных упущений в налоговой сфере, разработка рекомендаций по их исправлению и минимизация предотвращения вероятности штрафных мер от контролирующих органов.

Налоговый аудит классифицируется как инициативный (или добровольный), поскольку его заказывают по собственной воле налогоплательщика для проверки соответствия его бухгалтерской и налоговой документации действующим нормам. Это принципиально отличается от обязательного аудита, который предписан законом определенным группам компаний, например, публичным акционерным обществам или крупным организациям.

На практике установлено, что крупные компании с оборотом свыше 500 млн рублей постоянно встречаются с неверным ведением документооборота. Такие недочеты влияют на финансовую сторону организации, а именно штрафы, пени для крупных компаний могут быть соответствующих размеров. Для того чтобы предотвратить проблемы с налоговым законодательством и оптимизировать его многие организации проводят налоговый аудит, хоть он и не является обязательным.

С налоговыми рисками могут столкнуться все сферы бизнеса: крупные, средние, малые организация, а также индивидуальные предприниматели, в связи с чем все нуждаются в добровольных проверках. Этот вопрос актуален для любого бизнесмена.

Налоговый аудит может быть необходим на различных этапах деятельности компании: от запуска бизнеса до реорганизации, смены руководства или изменений в законодательстве.

Налоговый аудит проводится в основном внутренними сотрудниками организации. При внутреннем аудите возможно упустить некоторые ошибки, хотя он постоянен и быстр в процессе самопроверки. Логично, например, если бухгалтер будет проверять собственные ошибки и ничего не найдет. В отличие от внешнего аудита.

Внешний аудит может быть дороже, но он предоставляет экспертный взгляд. При завершении работы внешних экспертов могут быть обнаружены ошибки, которые ранее были не замечены.

В зависимости от поставленных задач, налоговый аудит может быть:

- комплексный: всесторонний анализ, позволяющий выявить как крупные, так и мелкие ошибки;
- тематический: проведение аудита по конкретной проблемной области за определенное время;
- структурный: аудит отдельных подразделений для равномерного распределения ответственности.

Внутренний налоговый аудит состоит из нескольких этапов. Важный этап – это первоначальная подготовка и планирование. Чаще на этапе предварительной оценки опытные аудиторы могут определить потенциальные проблемы. Далее необходимо проанализировать корректность налоговых расчетов, применяемые ставки, отчетность и т. д. В заключении аудита формируется экспертное мнение о состоянии налогового учета организации. Данное мнение не подлежит разглашению третьим лицами, оно является конфиденциальным. Его по желанию руководителя организации можно представить в ИФНС.

Аудитор при проведении налогового аудита следует четким заданиям, но закон «Об аудиторской деятельности» не делает такую проверку обязательной, указывая на нее как на одну из услуг, связанных с аудиторской деятельностью. Но данный вид контроля осуществляет важную роль для налогоплательщика, учитывая важность правильного начисления налогов. Он помогает обнаружить ошибки в расчетах, делать коррективы в отчетность и получать рекомендации по оптимизации налоговых баз.

В рамках налогового аудита аудитор:

- анализирует деятельность налогоплательщика и применяемую им систему налогообложения;
- проверяет исходные данные для налоговых расчетов;
- оценивает корректность применяемой методики и льгот;
- проводит дополнительные подсчеты налогов;
- проверяет правильность использования форм налоговой отчетности.

По завершении аудита эксперты высказывают свое мнение по ряду вопросов, определенных в задании на налоговый аудит.

Основа для определения налоговой базы – это анализ исходных данных, он имеет критическое значение при проведении налогового аудита. Чаще всего данные происходят из бухгалтерских регистров, это является важным звеном корректного, полного и своевременного отражения информации в бухгалтерском учете. Бухгалтеру необходимо перед расчетом налогов проверить правильность ведения документации и корректности учетных операций, влияющих на налоги.

Специальные регистры, формирующие налоговую базу при анализе налогов:

- Налог на прибыль;
- Налог на добавленную стоимость (НДС);
- Упрощенная система налогообложения (УСН);
- Налог на доходы физических лиц (НДФЛ).

Аудит налоговой отчетности направлен на проверку корректности распределения информации, выявление арифметических ошибок и неверно введенных данных.

При анализе налога на прибыль стоит учитывать ряд особенностей:

- наличие уникальной системы учета, требующей особых налоговых регистров, отличных от стандартного бухгалтерского учета;
- специфические методы ведения данных в этих регистрах, а также особые правила учета объектов, что может вызывать расхождения между бухгалтерским и налоговым учетом;
- необходимость учитывать в бухгалтерии суммы, соответствующие этим расхождениям.

Налоговый аудит необходим для точности и соблюдения требований законодательства в области налогообложения. Результаты налогового аудита могут быть разными и зависят от конкретных целей проверки, особенностей организаций и состояния ее учета.

Результаты, которые можно получить после налогового аудита:

- выявление ошибок и нарушений в налоговом учете и отчетности. Это может включать в себя неверное применение налоговых ставок, ошибки в расчетах или неверное отражение операций;
- идентификация налоговых рисков. Аудит может указать на потенциальные угрозы и риски, которые могут привести к дополнительным налоговым обязательствам или штрафам в будущем;
- предложения по оптимизации налоговой нагрузки. Аудиторы могут предложить стратегии и методы, которые помогут компании минимизировать налоговые платежи в рамках законодательства;
- подтверждение правильности учета и расчетов. Для компаний, уверенных в качестве своего учета, налоговый аудит может служить дополнительным подтверждением корректности их действий;
- рекомендации по улучшению системы налогового учета. Аудит может выявить неэффективные или устаревшие процессы, которые можно оптимизировать;
- предоставление уверенности сторонним заинтересованным лицам. Результаты аудита могут служить доказательством для инвесторов, кредиторов или других сторон, что компания ведет свой учет правильно и соблюдает налоговое законодательство;
- обеспечение соблюдения законодательства. Помимо обнаружения ошибок, аудит помогает удостовериться, что компания полностью соответствует требованиям налогового законодательства;

– создание основы для дальнейших действий. После выявления проблем или возможностей для оптимизации, компания может разработать план действий по устранению выявленных недостатков или реализации предложенных рекомендаций.

При постоянных изменениях в налоговом законодательстве и разном понимании действующих норм, налоговый аудит является ключевым инструментом во избежание ненужных санкций. Эти санкции могут превысить простые штрафы, что делает аудит еще более актуальным. Налоговый аудит помогает правильно рассчитать налоги и снизить возможность ошибок в будущем, снижая риски.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 30.12.2008 N 307-ФЗ (ред. от 30.12.2020) «Об аудиторской деятельности» // «Собрание законодательства РФ», 05.01.2009, N 1, ст. 15.
2. Федеральный закон от 06.12.2011 N 402-ФЗ (ред. от 26.07.2019) «О бухгалтерском учете» // «Собрание законодательства РФ», 12.12.2011, N 50, ст. 7344.
3. Финансы : учебник под ред. В. В. Ковалёва. – Москва : ТК Велби, Изд-во Проспект, 2004.
4. Гарбузов, В. Ф. Финансово-кредитный словарь. Т. II. – Москва : Издательство «Финансы и статистика», 1986.
5. Экономический словарь [Электронный доступ]. – Режим доступа : https://gufo.me/dict/economics_terms
6. Андреев, В. Д. Внутренний аудит : учебное пособие / В. Д. Андреев. – Москва : Финансы и статистика, 2008.
7. Белбожецкий, И. А. Бухгалтерский учет и внутренний аудит. В 2-х частях / И. А. Белбожецкий. – Москва : Бухгалтерский учет, 2006.
8. Бурцев, В. В. Организация внутреннего аудита / В. В. Бурцев // Финансовый менеджмент. – № 6. – 2005.
9. Кеворкова, Ж. А. Внутренний аудит : учебное пособие / Ж. А. Кеворкова, Т. П. Карпова, А. А. Савии [и др.]. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА. 2018. – 319 с.
10. Филиппьев, Д. Ю. Внутренний аудит: мифы и реальность / Д. Ю. Филиппьев // Учет и контроль. – № 1. – Москва : Финансы. – 2007.
11. Хорохордин, Н. Н. Служба внутреннего аудита: этапы создания, цели и задачи / Н. Н. Хорохордин // Аудиторские ведомости. – № 10. – 2007.
12. Внутренний аудит [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnieposobiya/posohina-vnutrennij-audit.pdf>.
13. Внутренний финансовый аудит предприятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://demo.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=home&rnd=zQx2uA>
14. Внутренний аудит в бюджетных организациях [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.audit-it.ru/articles/audit/a105/995114.html>
15. Организация и стандарты аудита для предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://radar-c.ru/vnutrennij-audit/vnutrenniy-finansovyy-audit>

ОТВЕТ РОССИИ НА МЕЖДУНАРОДНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ САНКЦИИ

Курашова Мария Валерьевна
E-mail: artmnn123@mail.ru
Хильченко Лана Владимировна
E-mail: lana.hilchenvo@gmail.com

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В феврале 2022 г. руководство России приняло решение о проведении на Украине специальной операции по защите граждан Донецкой и Луганской народных республик, а также о предотвращении военной угрозы для территорий Российской Федерации. Незамедлительно большинство стран мира ввели экономические санкции по отношению к финансам, экспорту, импорту, организациям, гражданам, руководителям России.

Сегодня Россия стала лидером по количеству наложенных экономических санкций, обойдя Иран. Россия, по мнению авторов статьи, очень грамотно, зеркально и достойно отвечает на вызовы со стороны «недружественных» государств. Принимаемые меры на международные экономические санкции позволяют России получать дополнительные доходы, укреплять российскую валюту, достойно отвечать на бездумные санкции «недружественных» государств, отстаивать свою независимость и политические позиции.

Ключевые слова. Экономические санкции, «недружественные» государства, ущерб, ограничения, экспорт, импорт, экономические возможности.

Для России экономические санкции от «недружественных» государств не стали неожиданным «подарком». Россия с 2014 г., когда Крым вошел в состав РФ, уже научилась преодолевать международные санкции, научилась развивать свою социально-экономическую инфраструктуру, внедрять инновационные проекты и укреплять промышленный и военный потенциал.

Экономические санкции (включают торговые и финансовые санкции) – экономические мероприятия запретительного характера, которые используются одним участником международной торговли (страной или группой стран) по отношению к другому участнику с целью принудить последнего к изменению политического курса.

Сегодня Россия стала лидером по количеству наложенных экономических санкций, обойдя Иран. Среди них: заморозка золотовалютных резервов Банка России, национализация иностранной собственности, принадлежащей российским предприятиям и гражданам, ограничение на импорт и экспорт по многим товарам и ресурсам, запрет использования воздушного транспорта и многое другое.

Россия, по мнению авторов статьи, очень грамотно, зеркально и достойно отвечает на вызовы со стороны «недружественных» государств. Так, например, запрещен экспорт пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы, сахара; подписан указ о торговле газом за рубли; закрыт Транссибирский воздушный коридор.

При этом все без исключения санкции, введенные против России, наносят глобальный ущерб самим странам-инициаторам. Это значительная потеря прибыли в различных отраслях экономики, рост стоимости транспортных услуг, энергоресурсов, удобрений, снижение доходов населения, небывалый рост инфляции, дефицит отдельных товаров, в т. ч. продовольственных.

В России же, наоборот санкции приводят к дополнительным возможностям для быстрого роста и развития в различных отраслях экономики, прежде всего для импортозамещения и освоения освободившихся сегментов рынка.

Принимаемые меры на международные экономические санкции, по мнению авторов статьи, позволяют России получать дополнительные доходы, укреплять российскую валюту, достойно отвечать на бездумные санкции «недружественных» государств, отстаивать свою независимость и политические позиции.

Библиографический список

1. Курашова, М. В. Влияние международных санкций на промышленные предприятия г. Нижний Тагил / М. В. Курашова, А. Д. Лапин // Молодежь и наука : материалы международной науч.-практ. конф. (25 мая 2018 г.) : в 2 т. – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2018. – Т. 1. – С. 90–92.

2. Финансовая система государства : учебное пособие / Н. Ю. Исакова, Е. Г. Князева, Л. И. Юзвович, Н. Н. Мокеева. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2015. – 84 с. – URL: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/36207>.

3. Финансовые рынки и институты : учебное пособие / Е. Г. Князева, Е. А. Разумовская, М. И. Львова, Н. Н. Мокеева, О. В. Толмачева ; под общей редакцией О. В. Толмачевой. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2020. – 96 с. – URL : <https://elar.urfu.ru/handle/10995/94856>.

РАБОТА С ДЕБИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ КАК ОСНОВА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ РАСЧЕТНО- ИНФОРМАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ И ОРГАНИЗАЦИЙ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Курашова Мария Валерьевна
E-mail: artmnn123@mail.ru
Шлеткова Валентина Владимировна
E-mail: vshletkova@mail.ru,

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 3 августа 1999 г. № 887 «О совершенствовании системы оплаты жилья и коммунальных услуг и мерах по социальной защите населения» во всех населенных пунктах созданы Расчетно-информационные центры (РИЦ) по расчету начислений и сбору платежей за жилищные и коммунальные услуги. РИЦ предоставляют услуги полного биллингового цикла.

РИЦ сами по себе не оказывают жилищно-коммунальные услуги, а лишь сопровождают процесс взаимодействия между потребителями и поставщиками. При этом от качества работы РИЦ зависит объем расчетов, поступающих в пользу поставщиков ЖКУ, и величина комиссионного вознаграждения РИЦ. И, следовательно, по мнению авторов статьи, на финансовое состояние РИЦ и организаций ЖКХ оказывают основное влияние уровень собираемости платежей и качество работы с физическими и юридическими лицами.

Авторы статьи предложили ряд мероприятий, направленных на работу с потребителями, должниками и возврат дебиторской задолженности, благодаря которым, возможно существенно улучшить показатели платежеспособности, прибыльности и рентабельности РИЦ и организаций ЖКХ.

Ключевые слова. Расчетно-информационный центр, жилищно-коммунальные услуги, финансовое состояние, дебиторская задолженность.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 3 августа 1999 г. № 887 «О совершенствовании системы оплаты жилья и коммунальных услуг и мерах по социальной защите населения» во всех населенных пунктах созданы Расчетно-информационные центры (РИЦ) по расчету начислений и сбору платежей за жилищные и коммунальные услуги. РИЦ предоставляют услуги полного биллингового цикла, которые включают в себя:

- ведение информационных баз данных, необходимых для выставления счетов на оплату;
- обработка показаний приборов учета;
- начисления по тарифам и показаниям счетчиков с учетом скидок, недопоставок, перерасчетов и т. п.;
- печать и доставка единых платежных документов (ЕПД);
- взаимодействие с внешними платежными системами;
- мониторинг и распределение поступивших платежей по поставщикам услуг;
- подготовка отчетов по начислениям и сборам;
- претензионная работа с плательщиками».

Следует отметить, что РИЦ сами по себе не оказывают жилищно-коммунальные услуги, а лишь сопровождают процесс взаимодействия между потребителями и поставщиками. При этом от качества работы РИЦ зависит объем расчетов, поступающих в пользу поставщиков ЖКУ, и величина комиссионного вознаграждения РИЦ. И, следовательно, по

мнению авторов статьи, на финансовое состояние РИЦ и организаций ЖКХ (платежеспособность, прибыльность, рентабельность) оказывают основное влияние уровень собираемости платежей и качество работы с физическими и юридическими лицами.

В последние годы серьезной проблемой в РФ стал рост задолженности граждан за коммунальные услуги. По данным Росстата, за 2023 г. долги за ЖКУ среди физических лиц в России выросли на 15,8 % по сравнению с 2022 г. и составили 900 млрд руб. Настоящая ситуация неизбежно приводит к ухудшению финансового состояния как поставщиков ЖКУ, так и РИЦ.

По мнению авторов, для улучшения финансового состояния РИЦ необходимо, прежде всего, уделить большее внимание работе с потребителями для их стимулирования своевременно вносить платежи за ЖКУ, что позволит не допускать образование дебиторской задолженности. Это может быть реализовано за счет информационной доступности к услугам РИЦ и применения электронных способов платежей.

Кроме того, необходимо также вести работу с должниками ЖКУ и направить усилия на погашение просроченной дебиторской задолженности потребителей ЖКУ, применяя при этом зарекомендовавшие методы:

- информационно-разъяснительная работа;
- информирование о способах погашения долга;
- письменное уведомление об ограничении или приостановке коммунальных услуг;
- ограничение или приостановка предоставления коммунальных услуг;
- претензионная работа.

Благодаря рекомендованным действиям, расчетно-информационные центры и организации жилищно-коммунального хозяйства могут существенно улучшить свои показатели платежеспособности, прибыльности и рентабельности.

Библиографический список

1. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 188-ФЗ (с измен. 30 декабря 2021 г.) // Справочно-правовая система «Гарант». – Режим доступа : <https://base.garant.ru>

2. Постановление Правительства РФ от 6 мая 2011 г. № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов» (ред. от 03 февраля 2022 г.) // Справочно-правовая система «Гарант». – Режим доступа : <https://base.garant.ru>

3. Постановлением Правительства РФ от 3 августа 1999 г. № 887 «О совершенствовании системы оплаты жилья и коммунальных услуг и мерах по социальной защите населения (с измен. 30 июля 2004 г.) // Справочно-правовая система «Гарант». – Режим доступа : <https://base.garant.ru>

4. Андреев, Д. А. Разработка информационной модели ведения претензионно-исковой работы в сфере ЖКХ / Д. А. Андреев, С. В. Аникеев // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2021 : Сборник трудов IV Международного научно-технического форума: в 10 т., Рязань, 03–05 марта 2021 года. – Рязань : Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина, 2021. – С. 257–261.

5. Анисимов, В. Н. Цели и виды деятельности расчетных центров жилищно-коммунального комплекса / В. Н. Анисимов // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – № 10 (66). – С. 320–326.

6. Анфалова, А. Ю. Роль эффективного управления дебиторской задолженностью в деятельности организаций / А. Ю. Анфалова, А. У. Есембекова // Приоритетные направления регионального развития : Сборник статей по материалам II Всероссийской (нацио-

нальной) научно-практической конференции с международным участием, Курган, 25 февраля 2021 года / Под общей редакцией И. Н. Миколайчика. – Курган : Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2021. – С. 17–21.

7. Владимирова, О. А. Управление дебиторской задолженностью в теплоэнергетических компаниях / О. А. Владимирова // Наука и современность. – 2015. – № 39. – С. 130–135.

8. Волкова, А. Г. Права и обязанности потребителей жилищно-коммунальных услуг / А. Г. Волкова // Трансформация системы учетно-аналитического, финансового и контрольного обеспечения в условиях цифровизации экономики : Материалы национальной (всероссийской) научно-практической и методической конференции, Воронеж, 01 февраля 2022 года. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. – С. 240–243.

9. Килякова, Е. И. Цели и виды деятельности расчетных центров в сфере ЖКХ / Е. И. Килякова // Современные инновации. – 2016. – № 5(7). – С. 37–40.

10. Кислицына, Л. В. Управление дебиторской задолженностью управляющих компаний в сфере жилищно-коммунального хозяйства: способы и их результативность / Л. В. Кислицына, Е. В. Гущина, Д. В. Позднякова // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2021. – Т. 10. – № 1(34). – С. 145–148.

11. Колодкина, А. В. Дебиторская задолженность: понятие, методы анализа, управление / А. В. Колодкина, М. А. Салтыков // Проблемы науки. – 2017. – Т. 1. – № 5(18). – С. 48–51.

12. Коршикова, С. Н. Учет и оценка затрат по возврату дебиторской задолженности / С. Н. Коршикова // Современная торговля: теория, практика, инновации. Материалы IX всероссийской (с международным участием) научно - практической конференции. Пермь. – 2020. – С. 81–84.

13. Матыс, Е. Г. Меры по снижению задолженности населения за жилищно-коммунальные услуги / Е. Г. Матыс // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2020. – № 3. – С. 85–91.

14. Регламент работы по взысканию дебиторской задолженности АО «РИЦ». – Екатеринбург, 2021. – 20 с.

АНАЛИЗ РИСКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ

Селюкова Светлана Евгеньевна, студент
Маркина Светлана Александровна, канд. эконом. наук, доц.
E-mail: vaselyukov@yandex.ru

Юго-Западный Государственный Университет
г. Курск, РФ

Аннотация. В статье анализируются риски в производственной деятельности как важное направление современной экономики. Автор выделяет необходимость системного подхода к выявлению факторов, снижающих устойчивость и эффективность производства. Риск-ориентированное управление становится ключевым для стратегического планирования, безопасности труда и качества продукции. В условиях изменений подчеркивается важность внедрения эффективных инструментов анализа рисков для устойчивого развития. Статья показывает роль риск-анализа в предотвращении потерь и повышении надежности производства.

Ключевые слова. Анализ рисков, производство, методы и подходы к анализу рисков, SWOT-анализ, Pest-анализ.

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «АНГАРСКАЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ»

Сукиасян¹ Рузанна Вардановна,
Вольфман¹ Анна Сергеевна,
Романов¹ Иван Николаевич,
Строгонов¹ Анатолий Юрьевич,
Пономарев¹ Андрей Иванович – учащиеся
Назырова² Мария Александровна, студент
E-mail: sukiasyan.2008@list.ru

1 – МОУ Лицей

2 – ИРНИТУ, инженерная геодезия, кафедра маркшейдерского дела и геодезии
г. Черемхово, РФ

Аннотация. В статье исследуется возможность внедрения солнечной электростанции (СЭС) для энергоснабжения производственных мощностей на примере Ангарской нефтехимической компании. Цель работы – оценка эффективности использования СЭС, включая выбор оптимальных технологий солнечных панелей на основе анализа новейших исследований. Рассмотрены ключевые экономические аспекты проекта: стоимость оборудования, эксплуатационные расходы, включая заработную плату персонала, и расчет сроков окупаемости. Показано, что переход на солнечную энергетику позволит компании значительно сократить затраты на электроэнергию, а также повысить экологическую устойчивость производства. Особое внимание уделено влиянию проекта на репутацию предприятия как инновационного и экологически ответственного бизнеса. Результаты исследования демонстрируют перспективность внедрения СЭС в промышленных масштабах с учетом современных технологических и экономических факторов. Практическая значимость работы заключается в разработке обоснованных рекомендаций для предприятий, заинтересованных в переходе на возобновляемые источники энергии.

Ключевые слова. Солнечная панель, фотоэлемент, солнечный элементный блок, аккумулятор, инвертор, контроллер.

Солнечные электростанции становятся все более популярными в качестве альтернативных источников энергии, особенно в свете глобальных усилий по снижению углеродных выбросов и переходу к устойчивым источникам энергии. Проект по установке солнечных панелей на территории Ангарской нефтехимической компании (АНХК) направлен на интеграцию возобновляемых источников энергии в производственные процессы, что не только снизит затраты на электроэнергию, но и уменьшит экологический след предприятия.

В ходе проекта будет проведен анализ потребления энергии, выбран оптимальный тип солнечных панелей и составлен план по их установке. Реализация проекта приведет к значительным экономическим выгодам АНХК.

Анализ и выбор основного оборудования

Отрасль солнечной электроэнергетики активно развивается с появлением новых солнечных элементных блоков с улучшенными характеристиками. Полимерные фотоэлементы преимущественно используются в потребительской электронике, но обладают низким коэффициентом полезного действия (КПД) и уязвимы к внешним воздействиям.

Органические солнечные блоки применяются в жилом и коммерческом секторах благодаря своей прозрачности, но имеют срок службы 5–10 лет и снижающийся КПД, ограниченный сложностью производства.

Модули из селена, галлия, меди и индия находят применение в автомобильной и электронной промышленности. Они эффективны в условиях повышенной пыли и недостаточной освещенности. Срок службы составляет 20–30 лет, однако их КПД уменьшается на 0,5–1 % ежегодно, а высокая стоимость ограничивает доступность.

Теллурид-калиевые панели схожи с другими типами, но содержат токсичные материалы и имеют высокую стоимость (500–900 долларов).

Монокристаллические солнечные панели являются предпочтительным выбором из-за высокого и стабильного КПД. Они распространены и при надлежащем обслуживании могут служить более 25 лет. Особенностью данного вида является необходимость правильного падения солнечных лучей, достигаемого путем правильного размещения панелей.

Таким образом, монокристаллические панели являются наиболее оптимальным выбором благодаря своей эффективности и надежности, но их работа требует дополнительного оборудования для максимальной производительности.

Дополнительное оборудование

Солнечные электростанции состоят из различных устройств, обеспечивающих эффективное электроснабжение.

Аккумуляторные батареи играют ключевую роль, позволяя накапливать избыточную энергию от солнечных панелей и обеспечивая ее использование в ночное время и в пасмурную погоду. Выбор аккумуляторов зависит от стоимости, требований к мощности и условий эксплуатации.

Правильно подобранная система повышает надежность и экономическую эффективность СЭС. Инверторы преобразуют постоянный ток (DC) от солнечных панелей в переменный (AC), синхронизируя его с сетью.

Контроллеры заряда управляют процессом зарядки аккумуляторов, предотвращая их переразряд и перезаряд. Они бывают двух типов: PWM (широтно-импульсная модуляция) и MPPT (отслеживание точки максимальной мощности), последний из которых является наиболее эффективным.

Установка солнечных панелей требует оптимального наклона и использования креплений, таких как стационарные металлические конструкции или механизированные установки с трекерами слежения. Регулярное обслуживание системы необходимо для ее стабильной работы, что требует выделения обслуживающего персонала.

Экономическая часть

Экономическую часть следует начать с выбора солнечных панелей. Была выбрана модель *SilaSolar PERC*.

Таблица 1

Характеристики панели *SilaSolar PERC*

Характеристика	Значение
Мощность	460 Вт
Напряжение	24 В
Размеры	209,4×103,8 см
Напряжение максимальной мощности	42 В
Ток максимальной мощности	11 А
Температура эксплуатации	–40 ~ +85°C

Для накопления энергии был выбран аккумулятор БайкалТесла *LFP48-314F*. Учитывая двенадцать панелей на один аккумулятор, в сумме потребуется двести восемьдесят аккумуляторов.

Характеристики аккумулятора БайкалТесла *LFP48-314F*

Характеристика	Значение
Емкость	314 А/ч
Напряжение	48 В
Рекомендуемый ток заряда/разряда	150 А
Габариты	550×270×815 мм
Срок службы	≥6000 циклов при 80 % глубине разряда 0,5С

Для осуществления задачи по синхронизации выходного тока с частотой и фазой переменного тока сети был выбран инвертор *SILA PRO 15000MH*.

При мощности инвертора в 15 кВт и мощности одной панели в 460 Вт, следует, что один инвертор может выдержать тридцать две панели. Итого потребуется сто пять инверторов.

Таблица 3

Характеристики гибридного трехфазного инвертора *SILA PRO 15000MH*

Характеристики	Значение
Мощность	15 кВт
Выходное напряжение	230 В ± 5%
Макс. входное напряжение DC	70 В
Габариты	324,1×289,8×118,3 мм
Ток заряда от сети и солнечных батарей	80 А

Для контроля заряда и разряда аккумуляторов, был выбран контроллер *SRNE MC2440 MPPT*.

Исходя из того, что мощность выбранного контроллера составляет 2080 Вт, а мощность одной панели составляет 460 Вт, следует, что на один контроллер приходится четыре панели. В конечном итоге для реализации проекта необходимо восемьсот сорок контроллеров.

Таблица 4

Характеристики контроллера *SRNE MC2440 MPPT*

Характеристики	Значение
Тип контроллера	MPPT
Напряжение	12 В, 24 В
Габариты	183 × 127 × 65,5 мм
Ток заряда	40 А
Макс. входное напряжение DC	100 В

Солнечная панель не может функционировать без системы крепления, которая обеспечивает ее правильное расположение по отношению к солнцу и защищает от неблагоприятных погодных условий. Эффективным решением является двухосная система для солнечных панелей. Конструкция двуосных креплений включает в себя механизмы, способные обеспечить оптимальное геометрическое положение солнечных панелей относительно солнечного потока, что, в свою очередь, способствует увеличить их КПД. Но для этого варианта требуются большие затраты, составляющие около 217 млн руб.

Правильная установка и доставка модулей солнечных батарей обеспечивают безопасное введение в эксплуатацию энергетических систем. Так, например, чтобы запустить в работу систему из подсчитанного ранее оборудования необходимо около 13 млн руб.

Также, чтобы поддерживать стабильную работу модулей необходимы специально обученные работники. В среднем зарплата таких специалистов может варьироваться от 50 до 80 тыс. руб. в месяц, в зависимости от региона и сложности задач.

Таблица 5

Итоговые суммы реализации проекта для ЭЛЛОУ АВТ-6 и ГК-3

Оборудование	Количество	Цена (₽)	Стоимость (₽)
Солнечная панель	3360	17 200,00	57 792 000,00
Аккумулятор	280	290 000,00	81 200 000,00
Инвертор	105	450 000,00	47 250 000,00
Контроллер	840	11 800,00	9 912 000,00
Крепление	150	1 450 000,00	217 983 000,00
Дополнительные затраты			316 156 284,00

Исходя из производственного тарифа 4 руб./кВт*ч, которым компания пользуется на сегодняшний день, затраты на электричество в месяц составляют 14 млн 512 тыс. руб. На основании чего мы можем сделать вывод о том, что при условии, что итоговая сумма реализации проекта составила 730 млн 293 тыс. руб., окупаемость проекта составит 51 месяцев.

Таким образом, по истечении 51 месяца компания сможет минимизировать затраты на электроэнергию в 60 раз.

Заключение

Проект является важным шагом к устойчивому развитию и интеграции возобновляемых источников энергии в производство АО «АНХК». Проведя анализ электропотребления, выбран оптимальный комплекс солнечных панелей и оборудования, разработан план их установки. Рассчитана окупаемость системы с учетом внедрения солнечных модулей. Проект имеет высокий потенциал для успешной реализации, способствует улучшению финансовых показателей и повышению конкурентоспособности компании за счет внедрения экологических и экономических установок.

Библиографический список

1. Пенджиев, А. М. Методика расчета технико-экономического обоснования солнечной энергетической станции / А. М. Пенджиев, С. Г. Назаров // Журнал «Заметки ученого». – 2020. – С. 60–73.
2. Байшев, А. В. Эффективность использования солнечных батарей с целью снижения затрат на потребляемую электроэнергию / А. В. Байшев, А. С. Торопов // Журнал «Вестник ИрГТУ». – 2019. – Том 23. – № 3 – С. 764–774.
3. Безландов, С. В. Повышение эффективности преобразования электрической энергии солнечных батарей / С. В. Безландов // Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация). – 2023. – С. 5–43.
4. Атабаев, Ш. Солнечные панели: технологии, преимущества и будущее / Ш. Атабаев, А. Аннагулыев, А. Нурназаров, Э. Оразбердыева // Журнал «Академическая публицистика». – 2024. – С. 26–28.
5. Тыллануров, Ы. Основные элементы солнечной панели и электростанции / Ы. Тыллануров, Н. Мухамедкулиев, А. Джейхунов // Журнал «Интернаука». – 2023. – С. 48–49.

ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ КИБЕРСПОРТА НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Ярулина Галина Закиевна, студентка
E-mail: yarulina.gal@yandex.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В статье анализируется влияние киберспорта на физическое и психологическое состояние участников, а также перечислены основные способы решения проблем, которые вызывает данный вид спорта, с целью повышения внимания к здоровью и предотвращения возникновения различных заболеваний и травм. Дана информация об особенностях и развитии киберспорта, его перспективах в спортивной индустрии и определены аспекты популярности киберспорта в России.

Ключевые слова. Киберспорт, физическое здоровье, психическое здоровье, спортивная индустрия.

С ростом популярности компьютерных игр и развитием технологий киберспорт привлекает всё больше молодых игроков. В процессе развития он прошел ряд этапов: игры на местном уровне, формирование команд, турниров и организация учета игровых достижений, создание ТВ-шоу о виртуальном спорте. Появление локальных компьютерных сетей дало толчок для дальнейшего развития киберспорта, привлекая больше спонсоров и зрителей, что привело к созданию киберспортивных организаций [1]. Как итог – киберспорт перестает восприниматься в качестве только молодежного увлечения и обретает статус одного из видов спорта в 2016 г., включенного во Всероссийский реестр видов спорта [2].

От классических видов спорта современный киберспорт отличается проведением индивидуальных или командных виртуальных турниров, которые обладают динамичностью и многообразием. Новые игры способствуют проявлению навыков и стратегий, улучшению пространственного мышления, развитию скорости решения задач и зрительной памяти. Однако киберспорт оказывает значительное влияние на физическое и психологическое состояние участников, т. к. для совершенствования своих навыков геймерам необходимо проводить за игрой более восьми часов в день. Как результат – возникновение проблем, связанных с ухудшением физического состояния спортсменов:

- синдром запястного канала, который может привести к полной утрате функции руки и инвалидности;
- синдром сухого глаза, приводящий к прогрессирующему снижению зрения и рост инфекционного воспаления;
- проблемы с осанкой и боли в спине вызывают проблемы с опорно-двигательной системой и нарушение функционирования внутренних органов.

Физические перегрузки усугубляются психологическими проблемами. Вследствие высокой конкуренции игроки испытывают сильный стресс и напряжение, которые приводят к расстройствам и нарушениям – тревожности, эмоциональному выгоранию, социофобии. Во многих случаях киберспортсмены испытывают игровую зависимость, при которой видеоигры становятся доминирующим жизненным приоритетом. Неудачи и давление со стороны команды приводят к снижению самооценки и появлению депрессии, что является одной из причин по преждевременному завершению карьеры и проблемами с психологическим здоровьем после ее завершения [3].

Таким образом, эти основные проблемы наиболее часто встречаются у киберспортсменов, играющих в агрессивные экшн-игры, ведь такой тип игр сопровождается постоянными боевыми столкновениями, подавлениями персонажей, психологическим давлением

и принятием сложных решений, из-за чего игроки более подвержены стрессу и нарушению нервной системы [4].

Эти проблемы требуют комплексного подхода, направленного как на профилактику, так и на купирование симптомов. Для предотвращения физических заболеваний необходимо соблюдать основные принципы подготовки: правильное оборудование рабочего места, совершенствование экранного оборудования, регулярные перерывы, во время которых рекомендуется физическая активность [4]. Для снижения вероятности психологических расстройств рекомендуют регулярные дыхательные упражнения и короткие медитации, физические упражнения (во время перерывов), а также развитие позитивного мышления. Необходимо концентрироваться на личном росте, а не на чужих достижениях – профессиональное развитие строится на осознании своих уникальных качеств и возможностей для улучшения. Ошибки являются неотъемлемым элементом соревновательного процесса, ведь их осмысление приводит к изменению игрового стиля. Систематическая коммуникация с командой помогает стабилизировать эмоциональное состояние и минимизировать стрессовые факторы [5].

Все вышесказанное говорит о том, что необходимо соблюдать баланс между тренировками и перерывами, наблюдать за своим состоянием и своевременно обращаться к врачам, ведь высокий уровень вовлеченности и строгая дисциплина – ключевые требования для успеха в киберспорте.

Игры могут сочетать несколько жанров. Например, такие популярные игры как *Dota 2*, *Counter Strike: Global Offensive* содержат не только агрессию и насилие [6]. Главными принципами подобных игр являются развитие навыков стратегии, тактики и командного взаимодействия. Несмотря на все эти аспекты, киберспорт набирает популярность за счет следующих факторов:

1. Поддержка, финансирование крупных соревнований и инвестирование в строительство специальных арен для киберспортивных турниров со стороны частных лиц (Федеральный мобильный оператор *Yota*, компания *Black Monster*, ВТБ, ЦСКА и др.), что приводит к дальнейшему развитию киберспортивной инфраструктуры.

2. Успехи российских команд – *Team Spirit*, *Virtus.pro*, *Gambit Esports* собирают все больше зрителей и участников. К примеру, в 2021 г. *Team Spirit* получила рекордный выигрыш в киберспорте – 18 млн. долларов. Уже на 2025 г. официально анонсировано около 15–20 крупных турниров, а с учетом локальных и онлайн-соревнований более 50. В общем счете Федерация компьютерного спорта России провела более 1000 соревнований с участием 500 000 спортсменов [7].

3. Введение киберспорта в образовательную программу – это проведение турниров среди школьников и студентов, введение специализированных курсов по киберспорту, где студенты занимаются на современных компьютерах и виртуальных симуляторах [8]. В 2022 г. был запущен проект «Территория *boost*» для подготовки профессиональных спортсменов и соревнования молодых игроков.

Таким образом, можно сделать вывод, что киберспорт является популярным видом спорта в России. Обладая богатой историей формирования, он остается доступным для аудитории, отличается высокой динамичностью и разнообразием. С каждым годом индустрия киберспорта вовлекает все больше игроков и зрителей, несмотря на различные факторы воздействия на состояние человека [9]. С одной стороны, профессиональные игроки сталкиваются с физическими проблемами, такими как нарушения опорно-двигательного аппарата, зрительное перенапряжение и расстройства сна, а также с психологическими трудностями, включая стресс, эмоциональное выгорание и риск игровой зависимости [10]. С другой стороны, при соблюдении определенных принципов подготовки, киберспорт оказывает положительное влияние, предлагая возможности для самореализации и перспективы

в карьере, помогая совмещать при этом работу, увлечение и интеллектуальный труд. Киберспорт способствует развитию и приобретению новых умений, знаний и навыков, таких как улучшение скорости реакции, стратегическое мышление, умение работать в команде.

Библиографический список

1. Трухачев Д. К. Киберспорт как одно из перспективных направлений развития спорта / Д. К. Трухачев. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2024. – № 47 (546). – С. 25–27. – URL: <https://moluch.ru/archive/546/119494/> (Дата обращения 30.03.2025).
2. Приказ Министерства РФ от 29.04.2016 № 470 О признании и включении во Всероссийский реестр видов спорта спортивных дисциплин, видов спорта и внесении изменений во Всероссийский реестр видов спорта. – URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minsporta-rossii-ot-29042016-n-470/> (Дата обращения 20.03.2025).
3. Байгужина, О. В. Психофизиологический статус киберспортсменов (обзор) / О. В. Байгужина, О. Б. Никольская, О. А. Комиссарова и др. // Психология. Психофизиология. – 2023. – Т. 16. – № 4. – С. 90–100. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/psihofiziologicheskiy-status-kibersportsmenov-obzor/viewer> (Дата обращения: 10.04.2025).
4. Мирошниченко, М. А. Состояние здоровья киберспортсменов: вызовы и стремление к решению / М. А. Мирошниченко // Russian Economic Bulletin. – 2024. – Том 7. – № 4. С. 104–113. DOI:10.58224/2658. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_69178892_51463448.pdf (Дата обращения: 12.04.2025)
5. Перевертун, Д. Р. Психологические аспекты кибербезопасности. Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности, [S.l.], v. 9, n. 4(42), p. 095-099, апр. 2024. ISSN 2500-1752. – URL: <http://openaccessscience.ru/index.php/ijcse/article/view/577> (Дата обращения: 12.04.2025)
6. Vuorre Matti, Johannes Niklas, Magnusson Kristoffer and Przybylski Andrew K. Time spent playing video games is unlikely to impact well-being // R. Soc. Open Sci. – 2022. – Volume 9, Issue 7. – URL: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.220411> (Дата обращения: 19.04.2025).
7. Матвеева, И. С. Киберспорт: от простых игр к профессиональному виду спорта / И. С. Матвеева, Е. А. Дробот // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т.6(2). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kibersport-ot-prostyh-igr-k-professionalnomu-vidu-sporta/viewer> (Дата обращения: 11.04.2025).
8. Корчемная, Н. В. Киберспорт в образовательных и досуговых практиках современной молодежи / Н. В. Корчемная // Здоровьесбережение и физическое воспитание. – 2017. – Т. 23. – № 4. – С. 211–214. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32430777> (Дата обращения: 14.04.2025).
9. Волощенко, К. А. Киберспорт и психологические особенности киберспортсменов / К. А. Волощенко, Путилова Е. А. // Молодежь и наука : материалы XX международной научно-практической конференции старшеклассников, студентов и аспирантов: в 2 т., Нижний Тагил, 24 мая 2024 года. – Нижний Тагил : Уральский федеральный университет, 2024. – С. 232–234. – EDN KPDAGS.
10. Дмитриев, В. А. Влияние физической активности на когнитивные функции / В. А. Дмитриев, Е. А. Путилова // Молодежь и наука : материалы XX международной научно-практической конференции старшеклассников, студентов и аспирантов: в 2 т., Нижний Тагил, 24 мая 2024 года. – Нижний Тагил : Уральский федеральный университет, 2024. – С. 235–237. – EDN OSLGCM.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

СОЗДАНИЕ АНК-СКРИПТОВ ДЛЯ МНОГИХ ЗАДАЧ

Акбулатов Максим Сергеевич, обучающийся
Мырмина Наталья Васильевна, учитель математики
E-mail: maksimka070108@gmail.com

МБОУ СОШ № 73,
г. Лесной, РФ

Аннотация. В рамках данной статьи будет рассмотрено использование *AutoHotkey* для создания скриптов, которые позволяют автоматизировать повседневные действия пользователей, такие как управление окнами, ввод текста, выполнение последовательностей команд и взаимодействие с различными приложениями.

Проект включает в себя анализ программ, которые автоматизируют действия пользователя персональным компьютером. Изучены интернет источники по работе с программой *AutoHotkey*. Произведен анализ существующих решений, разработки собственных скриптов, а также оценки их эффективности и удобства.

Ключевые слова. *AutoHotkey*, скрипт, действия пользователей.

На современном этапе развития использования компьютерного оборудования появляется необходимость оптимизировать некоторые действия пользователя для экономии времени. Эти действия можно выполнить с помощью программы *AutoHotkey*. Рассмотрен процесс создания скриптов, оптимизирующих работу на персональном компьютере. Созданные скрипты упрощают взаимодействие пользователя с персональным компьютером. АНК (скрипты *AutoHotkey*) помогает симулировать действия клавиатуры, мышки. Запускает программы, управляет ими.

АНК очень поможет людям, которым нужно сделать одно действие много раз или постоянно делать действия циклом, один раз или несколько.

Цель: разработка скриптов для пользователей, при взаимодействии с которыми они смогут значительно повысить эффективность работы с ПК.

Был проведен опрос, который показал, что у людей есть необходимость в автоматизации рутинных повторяющихся действий. Больше 65 % людей часто делают рутинные действия, которые можно облегчить с помощью АНК скриптов. На последний вопрос про упрощение пользования ПК, проголосовали 75 % за ответ «Да», что дает понять, что людям нужно облегчить некоторые действия при использовании ПК.

На следующем этапе был выполнен анализ программ для автоматизации действия за компьютером.

1. *AutoHotkey* (АНК) – гибкость и мощность.
2. *AutoIt* – альтернатива АНК.
3. *Power Automate (Microsoft)* – корпоративная автоматизация.
4. *UIPath* – используется в роботизации процессов.
5. *Macro Recorder* – простая запись действий.

Для дальнейшей работы была выбрана программа *AutoHotkey*, позволяющая создавать скрипты, имеющая легкий язык программирования.

Утилита *AutoHotkey* имеющая открытый исходный код, позволяет проводить разные операции на ПК автоматически или полуавтоматически, что сильно облегчает работу за ПК [1].

Создание *AutoHotkey* на основе АНК скриптинга.

Выполнены АНК скрипты:

- 1) По нажатию клавиши пишет заранее сделанный текст (рис. 1, 2).

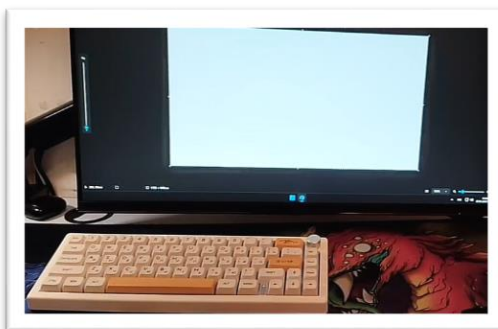


Рис. 1. Начало работы

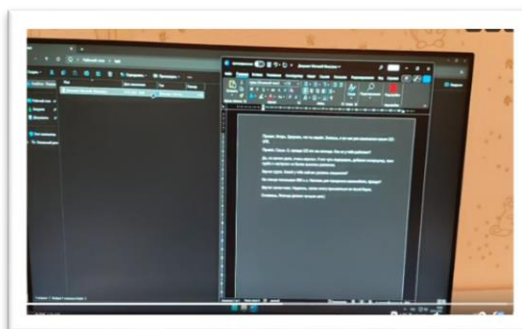


Рис. 2. Окончание работы

Листинг 1. Программа скрипта вставки текста

```
MsgBox, 48, ДЛЯ ПРОЕКТА ПО АНК, Включить/Выключить -LAlt.`  
Закреть скрипт – LShift.  
LShift:: ExitApp  
LAlt::  
SendInput, Привет, Игорь. Здорово, что ты зашел. Знаешь, я тут как раз  
занимался своим 2JZ-GTE.  
Send {Enter}  
SendInput, Привет, Саша. О, правда 2JZ это же легенда. Как он у тебя  
работает?  
Send {Enter}  
SendInput, Да, на самом деле, очень хорошо. Я его чуть подправил, добавил  
интеркулер, твин турбо и настроил на более высокое давление.  
Send {Enter}  
SendInput, Звучит круто. Какой у тебя сейчас уровень мощности?  
Send {Enter}  
SendInput, На стенде показывал 600 л.с. Неплохо для городского  
автомобиля, правда?  
Send {Enter}  
SendInput, Звучит заманчиво. Надеюсь, потом смогу прокатиться на твоей  
Supra.  
Send {Enter}  
SendInput, Сможешь, Японцы делают лучшие авто.  
Return
```

2) Создан скрипт, который заменяет действия пользователя в игре, пользуется большим спросом среди компьютерных геймеров (рис. 3).



Рис. 3. Игровой скрипт

Выводы

АНК может использоваться для автоматизации многих задач, но использовать его можно как угодно и везде, все ограничивается фантазией и ограничением ПО.

С помощью *AutoHotkey* можно усилить скорость и качество работы за компьютером, уменьшить время работы и ограничить работу на руки.

В процессе работы над проектом был изучен теоретический материал по созданию *AutoHotkey*, выполнено описание работы с утилитой, созданы АНК скрипты, демонстрирующие многие возможности *ahk*-скриптинга для упрощения работы за персональным компьютером. Скрипты помогут на работе офисному менеджеру. Окажут помощь представителям игровой индустрии.

Библиографический список

1) Сайт *AutoHotkey* [Электронный ресурс]. – URL : <https://github.com/AutoHotkey/AutoHotkey> (дата обращения 20.12.2024).

ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА» В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Аляутдинова Людмила Егоровна, ст. преподаватель
Рябоконь Тамара Александровна, ст. преподаватель
E-mail: ludochk117@gmail.com, toma.ryabokon.58@mail.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В нашей стране выпускники технических вузов должны быть способны решать задачи технологического суверенитета страны. В настоящее время наблюдается дефицит инженеров-конструкторов, исследователей, проектировщиков, обладающих широким научно-техническим кругозором, владеющих новыми информационными технологиями.

В подготовке таких специалистов огромное значение имеет изучение дисциплины «Инженерная и компьютерная графика». Анализ проблем, возникающих у студентов при изучении дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» приводит к тому, что необходимо корректировать организацию самостоятельной работы студентов для эффективности изучения предмета и рассмотреть педагогические условия, направленные на их разрешение.

Ключевые слова. Инженерная графика, компьютерная графика, черчение, проблемы изучения дисциплины, графическая грамотность, пространственное мышление, чертежи.

Графическая подготовка студентов технических направлений составляет основу инженерного образования. Известное крылатое выражение «Инженер – это формула плюс чертеж» не теряет своей актуальности и в наше время, подчеркивает суть инженерных знаний.

Первые графические изображения появились свыше 3000 лет тому назад в Египте и Вавилоне. Они были необходимы для выполнения работ по строительству храмов, дворцов, пирамид, гидротехнических сооружений. Чертеж, как средство коммуникаций между творческими людьми, использовался с древнейших времен. Он является документом, не допускающим ошибок и неопределенности, является важным документом, сопровождающим весь путь изготовления любого объекта, начиная с подготовки производства и заканчивая техническим контролем готовой продукции. Лаконичность и простота чертежей обеспечиваются применением определенных стандартов, но они почти не распространяются на правила разработки чертежей, сущность изображения.

Если говорить о технологии создания каких-либо изделий, современный инженер должен интересоваться новыми достижениями в области своей профессиональной деятельности и выполнять действия по усовершенствованию конструкции выпускаемых изделий, действия по усовершенствованию технологического процесса, быть инициативным, творческим эрудированным человеком, обладающим глубокими знаниями [3].

Одним из основных навыков, полученных в вузе, является умение выражать свои замыслы и идеи посредством чертежей. Для этого студенты изучают курс дисциплины «Инженерная и компьютерная графика». Результатом успешного освоения курса является умение читать чертежи, создавать чертежи деталей и сборочных единиц, применяя стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), выражая графическую грамотность выпускника вуза. Работа с новыми техническими средствами и технологиями невозможна без пространственного мышления, способности представлять формы предметов, их расположение в пространстве.

«Инженерная и компьютерная графика» – первая инженерная дисциплина, с которой сталкиваются первокурсники. Изучение дисциплины ведется в первом и во втором семестрах, когда у студентов происходит трудная адаптация к учебе в вузе. «Пьяный воздух свободы», т. е. практически неконтролируемое посещение занятий, ведет к тому, что в первый же семестр накапливается огромное количество пропусков. Нужен строгий контроль и учет посещения. Учет есть, преподаватели отмечают посещения, но за пропущенные занятия студентов не наказывают. Для того, чтобы адаптация происходила легче, студент должен чаще видаться с преподавателем. Но аудиторных часов на дисциплину выделяется мало, убраны все часы на проверку заданий. Преподаватель вынужден кратко объяснять достаточно сложный для восприятия материал. Поэтому необходимо для лучшего усвоения материала выделять больше часов на освоение дисциплины.

Вторая и самая важная проблема изучения данного курса – курс рассчитан на наличие базовых знаний студентов по геометрии, стереометрии и машиностроительному черчению. А базы у большинства студентов нет. Доходит до того, что если в задании надо построить квадрат, то иногда студенты спрашивают, что такое квадрат. А про пирамиды и призмы – эти слова вызывают шок. Ключевое слово «Египет» вызывает ассоциацию с пирамидой. Но никак не со школьной геометрией. В этом случае на преподавателя ложится двойная ответственность: не просто сформировать у студентов те знания, умения и навыки, которые предполагает изучаемый курс, но и, прежде всего, подготовить их к восприятию нового предмета, предварительно в краткой форме восполнив имеющиеся у них пробелы в знаниях и выстроив весь этот материал в стройную систему [5].

Сокращение количества учебных часов на изучение общетехнических дисциплин при сохранении необходимого для овладения студентами объема знаний, умений и навыков влечет за собой то, что часть курса излагается и усваивается лишь на уровне понятий, также не способствует осмысленному пониманию учебного материала и его усвоению первокурсниками [4].

Дисциплина в первом семестре воспринимается студентами как абстрактная, поэтому можно придумывать задачи, приближенные к жизни, с более понятными условиями. Например, при решении задачи на пересечение прямой и плоскости задать как пересечение снаряда и стены. Или пересечение копья со щитом. Можно сделать миллион электронных курсов с акцентом на личностно-ориентированное направление в обучении, которое находит свое выражение в компетентностном подходе, понимаемом как единство теоретической и практической готовности студента к осуществлению трудовой творческо-конструкторской деятельности. Но дело в том, что в большинстве случаев студент не готов к этому. Он не знает основ геометрии не умеет самостоятельно работать, поэтому необходимо выполнять все задания в аудитории, при непосредственном участии преподавателя, постепенно заставляя читать материал, анализировать и синтезировать знания.

Таким образом, преподавателю необходимо использовать методы и приемы, позволяющие увеличить продуктивность работы на занятиях. Как и в случае с другими дисциплинами, изучение курса инженерной графики предполагает усвоение необходимых теоретических знаний, а также выработку практических умений и навыков, которые становятся достижимыми для студентов посредством кропотливой самостоятельной работы, систематического выполнения всех домашних заданий, доведения до автоматизма работы с элементарными чертежными инструментами [5]. То есть для устранения пробелов в школьной программе необходимо ввести дополнительные часы в виде факультативов. А поскольку учебные программы не отводят на это достаточного времени, преподавателям приходится применять все свое мастерство и использовать методы и приемы, позволяющие наиболее продуктивно и в то же время в сжатые сроки изложить те базовые понятия, без которых усвоение более сложного материала будет крайне затруднено [4].

Таким образом, разрешение проблем и трудностей, возникающих у студентов-первокурсников и преподавателей в процессе изучения курса «Инженерная и компьютерная графика», возможно только в обращении к целому ряду мероприятий, особых методов и приемов обучения [2]:

1. Увеличения часов на изучаемую дисциплину.
2. Проведение факультативных занятий по пробелам школьной программы.
3. Обеспечение качества освоения программы через развитие интереса к познанию, продуктивное использование современных образовательных технологий, которые обеспечивают самоопределение и самореализацию личности, способствующей интеграции выпускника в национальную культуру, способности решать задачи технологического суверенитета страны.

Библиографический список

1. Аляутдинова, Л. Е. Некоторые направления повышения эффективности обучения в курсе инженерной графики / Л. Е. Аляутдинова, Г. Н. Нехорошкова, Е. А. Хмельников, И. Ю. Шibaева // Состояние, проблемы и тенденции развития графической подготовки в высшей школе : сборник трудов Всероссийского совещания заведующих кафедрами графических дисциплин вузов РФ 20–22 июня 2007 г., г. Челябинск. Т. 1. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ. 2007 г. – С. 193–199.
2. Аляутдинова, Л. Е. Повышение мотивации и креативности студентов в процессе графической подготовки: математико-статистический анализ результатов опроса / Л. Е. Аляутдинова, И. В. Вендер, Г. Н. Нехорошкова, Е. А. Хмельников // Педагогические системы развития творчества : Материалы 6-й Международной научно-практической конференции ; Ч. III. Статьи и тезисы. – Екатеринбург, 2008 г. – С. 8–20.
3. Графические коммуникации в жизни мирового сообщества : [Электронный ресурс]. – URL : <http://mylertsil.ru/11-78168.html>
4. Голвачева, Л. И. Проблемы, возникающие при изучении курса «Инженерная графика» и возможные способы их решения / Л. И. Голвачева, Р. А. МаксUTOва, Н. А. Федоритенко. – [Электронный ресурс]. – URL : <https://elibrary.ru/item.aps?id=2387269>
5. Голвачева, Л. И. Проблемы, возникающие при изучении курса «Инженерная графика» и возможные способы их решения / Л. И. Голвачева, Р. А. МаксUTOва, Н. А. Федоритенко // Аннотация. Альманах современной науки и образования. – № 8 (98). – 2015. – 43. https://www.gramota.net/articles/issn_1993-5552_2015-8_09.pdf

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И РЕГУЛИРОВАНИЕ СПРОСА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Баранов Никита Алексеевич, студент
Искрицкая Ксения Игоревна, студент
E-mail: nikitabaranov256@gmail.com

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В условиях растущей нагрузки на энергосистему и необходимости эффективного использования возобновляемых источников энергии возрастает актуальность задач по прогнозированию и управлению спросом на электроэнергию. В данной статье рассматриваются методы машинного обучения и искусственного интеллекта (ИИ), применяемые для анализа данных энергопотребления, выявления закономерностей и построения моделей предсказания нагрузки. Особое внимание уделяется интеграции ИИ в существующую инфраструктуру и потенциальным методам оптимизации распределения ресурсов. Представлены практические примеры использования ИИ в энергетике, включая интеллектуальные энергосети (*Smart Grid*), а также анализируются проблемы и вызовы, связанные с внедрением данных технологий. Делается акцент на возможности адаптации моделей в зависимости от сезонности, погодных условий и потребительского поведения. Поднимается вопрос устойчивости энергетической системы при переходе к зеленой энергетике с помощью инструментов искусственного интеллекта.

Ключевые слова. Искусственный интеллект, электроэнергия, прогнозирование, управление спросом, возобновляемые источники, интеллектуальные сети, энергопотребление.

Современные энергосистемы испытывают все большую нагрузку, обусловленную ростом потребления, урбанизацией и климатическими изменениями. Увеличение доли электромобилей, развитие цифровой инфраструктуры и возрастающее количество бытовых потребителей приводят к необходимости точного и своевременного прогнозирования спроса. Особенно важной становится эта задача в условиях активного внедрения возобновляемых источников энергии, таких как солнечные и ветровые электростанции, выработка которых подвержена значительным колебаниям из-за погодных условий. Таким образом, точность прогнозирования становится критически важной для планирования выработки и распределения ресурсов в реальном времени.

Методы искусственного интеллекта, применяемые в энергетике, демонстрируют высокую эффективность при решении задач прогнозирования. К числу таких методов относятся линейные и нелинейные модели регрессии, деревья решений, метод опорных векторов, а также нейронные сети различной архитектуры. Особенно перспективными в контексте анализа временных рядов показали себя рекуррентные нейронные сети (*RNN*), а также их усовершенствованные варианты – *LSTM (Long Short-Term Memory)* и *GRU (Gated Recurrent Unit)*. Эти модели способны запоминать долгосрочные зависимости между событиями, что делает их незаменимыми для анализа суточных и сезонных колебаний потребления электроэнергии.

На практике ИИ уже демонстрирует свою эффективность в различных странах. Так, в Сингапуре реализована система интеллектуального управления нагрузкой, в которой используются *LSTM*-сети для анализа потоков потребления в реальном времени. Система предсказывает пики нагрузки с точностью до 95 %, что позволяет заранее перераспределять

мощность и избегать перегрузок. В Германии внедрены системы, сочетающие ИИ и метеоданные для прогнозирования выработки энергии от солнечных панелей и ветрогенераторов, что позволяет максимально эффективно использовать нестабильные источники. В Нидерландах искусственный интеллект используется для анализа потребительского поведения: алгоритмы учитывают события, такие как спортивные мероприятия, праздники и экономические показатели, влияющие на уровень спроса.

Несмотря на значительные успехи, интеграция ИИ в энергетическую инфраструктуру сопряжена с рядом проблем. Одной из главных является обеспечение качества и объема обучающих данных, необходимых для построения точных моделей. Проблема интерпретируемости моделей (так называемый «черный ящик») также остается актуальной: энергетическим компаниям зачастую сложно понять, на основании каких факторов ИИ принимает те или иные решения. Важным вызовом является и обеспечение кибербезопасности, поскольку внедрение ИИ связано с передачей и обработкой больших объемов чувствительной информации. Кроме того, модели требуют регулярного обновления и адаптации в условиях изменения структуры энергопотребления и появления новых источников энергии.

Тем не менее, потенциал ИИ в энергетике остается огромным. Он позволяет существенно повысить гибкость и устойчивость системы, особенно при интеграции возобновляемых источников. К примеру, использование ИИ для управления распределенными солнечными станциями в Калифорнии позволило сократить потери и повысить эффективность использования генерируемой энергии. Такие подходы находят применение и в «зеленых» проектах в Скандинавии, где ИИ анализирует как поведение потребителей, так и особенности локальной климатической модели. С помощью ИИ возможно динамическое управление спросом – автоматическое снижение нагрузки в периоды пикового потребления, что особенно важно в условиях нестабильной генерации.

Таким образом, развитие технологий искусственного интеллекта в сочетании с расширяющимися возможностями вычислительной техники и доступом к данным открывает новые горизонты для повышения эффективности, надежности и экологичности энергетических систем. Применение ИИ не только облегчает адаптацию к быстро меняющимся условиям, но и способствует переходу к устойчивой, низкоуглеродной энергетике, в центре которой находятся интересы общества и сохранение окружающей среды.

Библиографический список

1. Ивченко, В. Д. Применение нейросетевых технологий в различных областях науки и техники / В. Д. Ивченко, С. С. Кананадзе // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2005. – № 6. – С. 28–29.
2. Демура, А. В. Моделирование и прогнозирование на основе искусственных нейронных сетей / А. В. Демура // Известия вузов. Электромеханика. – 2005. – № 5. – С. 29–32.

ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТРЕХМЕРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ СРАВНЕНИЯ ГОЛОГРАФИИ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

Белоусова¹ Екатерина Дмитриевна, учащаяся 10А класса
Киселева² Наталия Александровна, учитель физики первой квалификационной категории
проекта «Инженерный класс ЕВРАЗа»
E-Mail: ekaterina.belousova2828@mail.ru

1 – МБОУ СОШ № 66

2 – МБОУ СОШ № 64

г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Современные технологии стремительно развиваются, открывая новые горизонты визуализации. Голография и 3D-моделирование стали захватывающими направлениями, изменившими создание изображений и нашедшими применение в медицине, архитектуре, искусстве и развлечениях. Голография – метод получения объемного изображения, известного как голограмма. Это наиболее точное автостереоскопическое воспроизведение зрительного впечатления от объектов с сохранением глубины и многогранности. 3D-моделирование – создание трехмерных объектов с помощью компьютерных программ для визуализации идей до их реализации. 3D-моделирование позволяет взаимодействовать с моделями в реальном времени, применяясь в играх и виртуальной реальности. Модели могут быть реалистичными или стилизованными, что расширяет их использование в различных контекстах. В эпоху цифровизации развиваются устройства для вывода информации, включая голографию и 3D-моделирование. Они позволяют просматривать данные в трехмерном пространстве. Крупные компании, такие как *Microsoft* и *Google*, инвестируют в эти технологии, видя их потенциал в науке, медицине и коммуникации. Ожидается, что интерес к этим направлениям будет расти, интегрируясь в повседневную жизнь. Изучение этих двух аспектов позволит глубже осознать их неповторимые черты и важность в жизни современного социума.

Ключевые слова. Технологии, 3D-моделирование, голография, трехмерное изображение, сравнение.

На современном рынке термин «голограмма» часто используется для обозначения различных 3D-изображений, не являющихся голограммами в техническом смысле. Традиционная голограмма создает трехмерное изображение для двумерной среды, но сейчас так называют практически все объемные проекции и оптические иллюзии.

Голография – это область физики, использующая интерференцию, дифракцию и когерентность света для создания трехмерных изображений.

Голограмма – это трехмерная запись отраженного от объекта света. Она точно копирует контуры предмета и показывает его с разных сторон в постоянном движении. Голограммы сохраняют амплитудную и фазовую информацию, позволяя воспроизводить не только яркость, но и пространственную структуру объектов. Они обладают высокой точностью и большой информационной емкостью.

Голограммы долговечны и применяются в науке, медицине, оптике, безопасности и образовании для изучения света, визуализации анатомии, создания оптических элементов, защиты документов и обучения.

3D-моделирование – это создание трехмерных объектов с помощью специализированного ПО в цифровом пространстве. Оно основано на математических моделях, визуализируемых и анимируемых на экране компьютера. 3D-моделирование широко применяется

в различных отраслях благодаря своей способности создавать реалистичные и детализированные модели.

3D-моделирование и голограммы – это разные подходы к созданию трехмерных объектов с уникальными характеристиками, методами и областями применения, они служат разным целям.

3D-модели создают цифровые объекты для различных приложений, таких как анимация, игры и архитектура. Голограммы визуализируют трехмерность с помощью света и лазеров, позволяя наблюдать объекты с разных углов и создавая эффект присутствия.

Для создания голограммы был выбран метод Юрия Денисюка. В его схеме луч лазера направляется на фотопластинку, освещая объект (опорная волна). Отраженный свет формирует объектную волну, которая вместе с опорной создает интерференционную картину на пластинке. Полученная голограмма отражает узкий участок спектра и видна в обычном белом свете. С помощью трех лазеров (красного, зеленого и синего) можно записать одну цветную голограмму.

Голограммы Денисюка обладают высокой детализацией и точностью, что делает их ценными в науке и медицине. Простая схема с полупроводниковым лазером подходит для любительских голограмм.

Важно учесть следующие аспекты при создании голограммы: необходимы специальные голографические пластинки с мелкозернистой эмульсией; когерентный свет от лазера; твердые, маленькие, неподвижные объекты; необходимо обеспечить виброизоляцию для получения четкого изображения.

Для просмотра голограммы необходимо использовать точечный источник света, расположив его выше голограммы (рис. 1).



Рис. 4. Голограмма, полученная методом Денисюка

Фотограмметрия – это научно-техническая дисциплина, определяющая форму, размеры и положение объектов по их фотографиям. 3D-моделирование на основе фотограмметрии создает детализированные модели быстрее и доступнее, чем ручное моделирование.

3D-моделирование в фотограмметрии ускоряет создание точных и детализированных моделей, делая их доступными для исследователей, дизайнеров и инженеров. После завершения экспорта модель готова к использованию (рис. 2).

Сравнительная характеристика полученной голограммы и 3D-модели приведена в табл. 1.



Рис. 5. 3D-модель

Таблица 1

Сравнительная характеристика голограммы и 3D-модели

Критерии сравнения	Голограмма	3D-модель
Процесс создания	Создание голограммы требует использования лазеров, специальной фотопластинки и специального света.	Для создания 3D модели необходим компьютер, процесс создания происходит в программном обеспечении.
Сложность создания	Сложность высока из-за использования специального оборудования и знаний физики света, требует точной настройки.	Основные навыки создания 3D модели могут быть освоены достаточно быстро.
Восприятие	Голограммы могут быть видны без специальных устройств (хотя некоторые требуют определенных условий освещения). Они создают эффект глубины и позволяют видеть объект с разных углов.	Хорошо выполненные 3D модели могут выглядеть очень реалистично, но обычно они отображаются на плоском экране.
Достоинства	Объемное восприятие, возможность просмотра с разных углов, высокая степень реализма.	Гибкость в создании и редактировании моделей, возможность использования в различных приложениях, доступность инструментов.
Недостатки	Высокая стоимость оборудования, сложности в создании и воспроизведении.	Ограничение восприятия на плоском экране.
Интерактивность	Ограниченная интерактивность, большинство голограмм статичны или требуют специализированного оборудования для взаимодействия.	Высокая интерактивность, можно создавать интерактивные приложения (игры или VR), где пользователи могут взаимодействовать с моделями.

Таким образом, если ваша цель – представить объект так, чтобы его можно было визуализировать с разных углов и создать эффект присутствия, голография может быть более информативной. Если же вам нужно создать модель для дальнейшего использования в проектировании, анализе или анимации, 3D-моделирование будет более подходящим выбором.

Библиографический список

1. 3D-моделирование: что это, виды, этапы проектирования моделей – применение 3D-моделирования в дизайне, инструменты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://practicum.yandex.ru/blog/3d-modelirovanie-v-dizayne/m>
2. Голография: история и применение – все самое интересное на ПостНауке [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://postnauka.org/faq/82396>
3. Апрель, Ж. Оптическая голография / Ж. Апрель, А. Арсено, Н. Баласубраманьян и др. ; пер. с англ. ; под ред. Г. Колфилда. – Москва : Мир, 1982. – Т. 2. – 736 с.
4. Как сделать голограмму (с иллюстрациями) – wikiHow [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikihow.com/сделать-голограмму>
5. Отражательная голограмма Ю. Н. Денисюка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studfile.net/preview/4421615/page:6/>
6. Трехмерная голография: история, принцип работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.osnmedia.ru/1000/3d-golografiya/>
7. Что такое голограмма? – Определение и принцип работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://new-science.ru/chto-takoe-gologramma-opredelenie-i-princip-raboty/>

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ПОМОЩНИКА «ОЦЕНКА СОСТАВА КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ» ДЛЯ ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДА ЛЕСНОГО

Букаринова Светлана Евгеньевна, обучающаяся
Мырина Наталья Васильевна, учитель математики
E-mail: sbukarinoва@mail.ru

МБОУ СОШ № 73
г. Лесной, РФ

Аннотация. Производители используют большое количество разных пищевых добавок для улучшения вкусовых качеств и увеличения срока хранения продукта. Но мало кому известно, как такие добавки влияют на организм человека. Покупатели не всегда понимают, продукт какого из производителей является более полезным и качественным.

Анализ этикеток продуктов и сайтов производителей показывает, что недостаточно информации о составе продукции и нет описания их влияния на организм человека. Специализированная литература недостаточно понятна большинству покупателей. Действительно, при самостоятельной покупке кисломолочной продукции выявилось, что непонятны некоторые компоненты состава и не хватает знаний о влиянии добавок на организм человека.

Ключевые слова. Виртуальный помощник, *Telegram*-бот, информация.

Разработанный *Telegram*-бот «Оценка молочной продукции» предоставляет возможность оперативно анализировать состав йогуртов, помогая покупателям делать более осознанный выбор. Это особенно актуально для людей, следящих за здоровым питанием и стремящихся минимизировать потребление потенциально вредных веществ.

Проблема: на упаковке каждого йогурта представлен состав, однако потребители не осознают, каким образом отдельно взятые компоненты сказываются на их здоровье.

Цель: создание виртуального помощника, позволяющего избежать покупки некачественного кисломолочного продукта путем автоматизации поиска информации о составе йогурта.

В процессе работы над проектом были изучены добавки, которые используются для создания йогуртов. Изучено их влияние на организм [1].

В дальнейшем разработана база данных виртуального помощника (рис. 1).

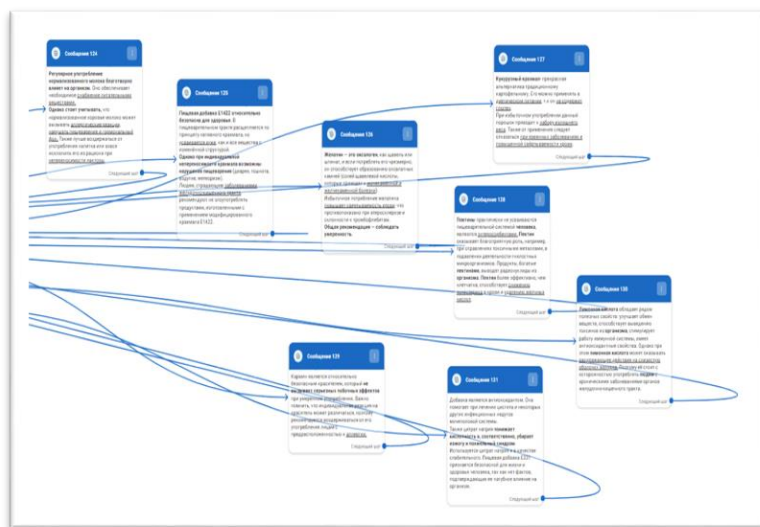


Рис. 6. Рекомендации для покупателей

И в процессе работы происходил процесс заполнения данных: производители йогуртов, виды, составы и рекомендации для покупателей (рис. 2) [2].

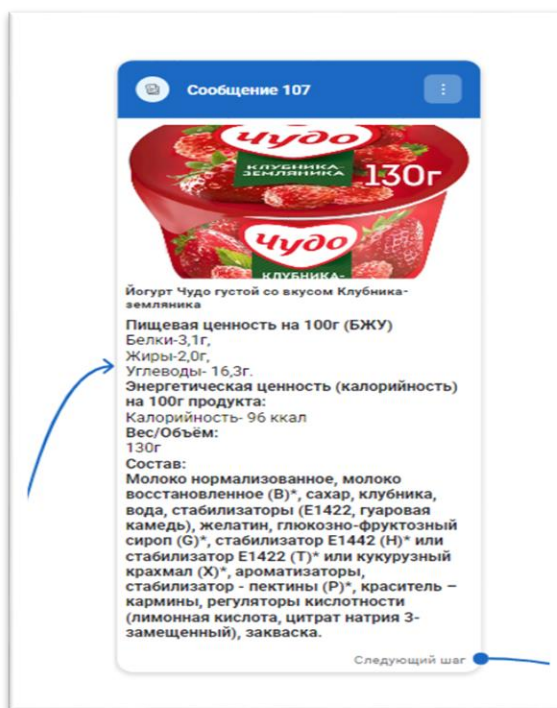


Рис. 7. Процесс работы

Создан виртуальный помощник «Оценка молочной продукции» https://t.me/milk_buk_bot?start=101136

Разработанный *Telegram*-бот «Оценка молочной продукции» предоставляет возможность оперативно анализировать состав йогуртов, помогая покупателям делать более осознанный выбор. Это особенно актуально для людей, следящих за здоровым питанием и стремящихся минимизировать потребление потенциально вредных веществ.

Полученные данные могут найти применение не только в повседневной жизни, но и в образовательной деятельности. Информация о пищевых добавках полезна для изучения биологических дисциплин, а также может способствовать популяризации домашнего приготовления йогуртов с натуральным составом.

Таким образом, использование технологий для автоматизированного анализа состава продуктов способствует повышению уровня потребительской грамотности и поддержке здорового образа жизни среди населения.

Библиографический список

1. Пищевые добавки и их значение. Текст научной статьи по специальности «Прочие технологии» : [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pischevye-dobavki-i-ih-znachenie>. (дата обращения 12.12.2024)

2. Конструктор чат ботов и автоворонок для мессенджеров и соцсетей BotMan : [Электронный ресурс]. – URL: <https://botman.pro/>. (дата обращения 20.12.2024)

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ И НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАКРУЧЕННОГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В КОЛЬЦЕВОМ КАНАЛЕ

Бурков Владислав Александрович, магистрант
E-mail: v.burkov@narfu.ru

САФУ имени М. В. Ломоносова
г. Архангельск, РФ

Аннотация. В работе решается задача численного моделирования поведения закрученного воздушного потока в кольцевом канале. Классическая постановка подобной задачи предполагает наличие неподвижного газа в начальный момент времени и вращение внутренних и/или внешних стенок, приводящее к формированию характерных структур – вихрей Тейлора–Куэтта, возникающих при определенных сочетаниях геометрических параметров и угловых скоростей [1]. Такие вихревые образования представляют собой осесимметричные ячейки, чередующиеся вдоль оси вращения, и являются результатом центробежной неустойчивости. В отличие от традиционного подхода, в настоящей работе рассматривается сценарий, при котором вращательное движение сообщается потоку еще до входа в канал или закручивание происходит вследствие геометрии канала, тогда как стенки самого канала остаются неподвижными. Это позволяет проанализировать влияние заданной закрутки на развитие внутреннего течения, структуру скорости, формирование вихревых областей и возможные проявления гидродинамических неустойчивостей. Основное внимание в работе уделено вычислению параметров расчетной сетки, включая оценку характеристик ячеек в прилегающей к стенкам области, соответствующих критериям разрешения пограничного слоя и устойчивости численного решения. Построение геометрии и расчетной сетки производилось в программном комплексе *SALOME*.

Ключевые слова. Численное моделирование, гидрогазодинамика, расчетная сетка, *y-plus*, вихри Тейлора–Куэтта, *NACA 0015*.

Классическая задача распределения воздушного потока в кольцевом канале предполагает наличие неподвижного газа и вращающихся стенок канала. Известно, что в этом случае при определенных параметрах возникают вихри Тейлора–Куэтта. Требуется проверить наличие образования подобных вихрей для случая неподвижного канала и закрученного потока. Проверка будет проводиться методом вычислительного эксперимента. Одним из ключевых этапов численного моделирования является создание качественной расчетной сетки.

Целью работы является создание расчетной сетки и вычисление начальных условий в задаче численного моделирования закрученного воздушного потока в кольцевом канале.

Для создания закрученного потока были использованы лопасти профиля *NACA 0015*, расположенные под углом 75 градусов по направлению движения потока (рис. 1).

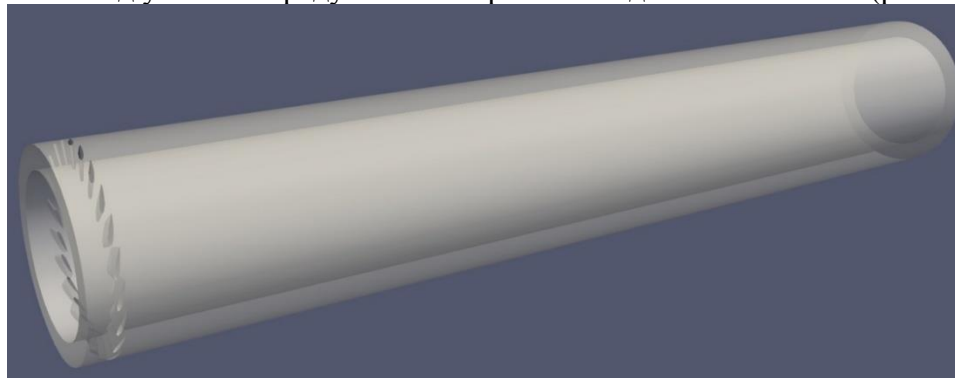


Рис. 1. 3D модель исследуемого канала

Геометрические характеристики канала:

- длина канала – 1 м от центров лопастей;
- внутренний диаметр – 133 мм;
- внешний диаметр – 172 мм.

Примем скорость поступления воздуха в канал, равную 2,57 м/с.

Предполагается проведение моделирования на основе структурированной расчетной сетки с уплотнением вдоль стенок. В качестве модели турбулентности выбрана модель *kOmegaSST*.

Исходя из имеющихся данных, необходимо рассчитать параметры расчетной сетки и начальные условия.

$$\text{Re} = \frac{U \cdot d}{\nu}, \quad (1)$$

где Re – число Рейнольдса,

U – скорость потока,

d – гидравлический диаметр,

ν – кинематическая вязкость,

$$\text{Re} = \frac{2,57 \cdot (0,172 - 0,133)}{1,51 \cdot 10^{-5}} = 6635$$

Для модели *kOmegaSST* требуется знать начальные значения турбулентной кинетической энергии k и удельной скорости рассеивания турбулентности ω [2].

$$k = \frac{3}{2} (I |u_{ref}|)^2, \quad (2)$$

где I – интенсивность турбулентности,

u_{ref} – характеристическая скорость, примем равную U .

$$I = 0,16 \cdot \text{Re}^{-\frac{1}{8}}, \quad (3)$$

$$I = 0,16 \cdot 6635^{-\frac{1}{8}} = 0,053 (\%),$$

$$k = \frac{3}{2} (0,053 \cdot 2,57)^2 = 0,028 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right),$$

$$\omega = \frac{k^{0,5}}{C_{\mu}^{0,25} \cdot L}, \quad (4)$$

где C_{μ} – константа в модели *kOmegaSST*, равная 0,09,

L – турбулентная длина.

$$L = 0,07 \cdot d, \quad (5)$$

$$L = 0,07 \cdot (0,172 - 0,133) = 2,73 \cdot 10^{-3} (\text{м}),$$

$$\omega = \frac{0,028^{0,5}}{0,09^{0,25} \cdot 2,73 \cdot 10^{-3}} = 112 (\text{с}^{-1}).$$

Вдоль стенок установим режим *noSlip*, т. е. вплотную к стенкам поток будет иметь нулевую скорость.

Для корректного вычисления пограничного слоя, используя безразмерную характеристику y^+ , необходимо выяснить высоту первой ячейки вдоль стенок. При условии, что в используемом последующем методе численного эксперимента физические характеристики хранятся в середине ячеек, нужно добиться значения величины y^+ меньше двух [3]. Установим целевым значением y^+ равным единице:

$$y^+ = 1.$$

Высоту первого слоя можно вычислить по формуле

$$y = \frac{y^+ \cdot \nu}{u_{\tau}}, \quad (6)$$

где y – высота первого слоя,

u_{τ} – скорость трения.

$$u_{\tau} = \sqrt{\frac{\tau_{\omega}}{\rho}}, \quad (7)$$

где τ_{ω} – касательное напряжение на стенке,
 ρ – плотность газа.

$$\tau_{\omega} = 0,5 \cdot \rho \cdot U^2 \cdot C_f, \quad (8)$$

где C_f – коэффициент трения о поверхность.

$$C_f = 0,073 \cdot Re^{-\frac{1}{4}}, \quad (9)$$

$$C_f = 0,073 \cdot 6635^{-\frac{1}{4}} = 8 \cdot 10^{-3},$$

$$\tau_{\omega} = 0,5 \cdot 1,205 \cdot 2,57^2 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 3,21 \cdot 10^{-2} \text{ (Па)},$$

$$u_{\tau} = \sqrt{\frac{3,21 \cdot 10^{-2}}{1,205}} = 0,163 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right),$$

$$y = \frac{1 \cdot 1,51 \cdot 10^{-5}}{0,163} = 9,24 \cdot 10^{-5} \text{ (м)}.$$

При существующих ограничениях можно округлить вычисленную толщину первого слоя до 0,1 мм.

Используя полученные значения, строим структурированную расчетную сетку размером 10,25 млн ячеек (рис. 2).

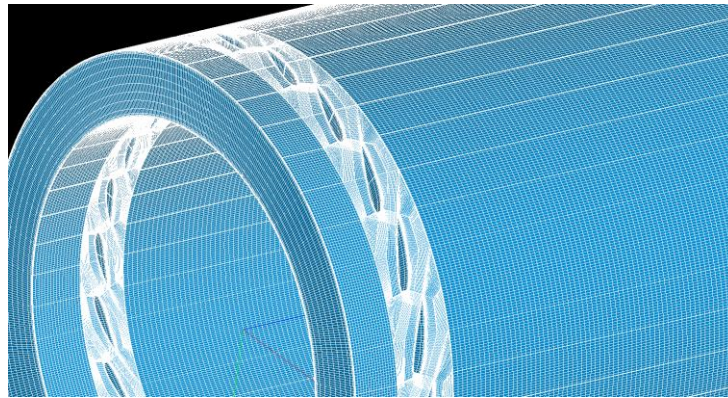


Рис. 2. Расчетная сетка

В результате выполненной работы были построены геометрическая модель и расчетная сетка, предназначенные для моделирования закрученного воздушного потока в кольцевом канале. Выполнены расчеты начальных условий, в частности, параметры турбулентности. Определена оптимальная толщина приграничного слоя сетки с учетом заданного значения y^+ , что обеспечит корректную работу турбулентной модели. Полученные результаты могут быть использованы для проведения последующего численного моделирования в рамках анализа устойчивости и структуры внутреннего течения.

Библиографический список

1. Верин, О. Г. Самоорганизация движения жидкостей и газов. Вихри Тейлора и ячейки Бенара / О. Г. Верин // Доклады независимых авторов. Серия: Физика и астрономия. – 2018. – № 42. – С. 60–79.
2. OpenFOAM: User Guide: k-omega Shear Stress Transport (SST) / OpenCFD Ltd – Режим доступа : <https://www.openfoam.com/documentation/guides/latest/doc/guide-turbulence-ras-k-omega-sst.html>, свободный (дата обращения 13.03.2025).
3. Y-Plus Application in CFD Simulation / MR CFD – Режим доступа : <https://www.mr-cfd.com/y-plus-application-in-cfd-simulation/>, свободный (дата обращения 14.03.2025).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ ОРГАНИЗАЦИЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧАТ-БОТОВ

Зелепукин Александр Викторович

E-mail: skilalex@gmail.com

НТИ (филиал) УрФУ

г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Традиционные методы сбора и обработки обращений участников образовательного процесса не соответствуют современным требованиям и не позволяют обрабатывать запросы в реальном времени. Время ожидания ответа может составлять недели, а такие значительные задержки могут иметь негативные последствия и чаще всего обрабатываются «впустую» так как, учитывая высокую задержку и зачастую необходимую срочность, данное обращение, вероятно, уже было решено другими методами.

В условиях растущих требований к качеству обслуживания и необходимости оперативного реагирования на запросы, образовательным учреждениям необходимо искать более эффективные решения для взаимодействия с участниками образовательного процесса. Одним из таких решений являются чат-боты, которые представляют собой программы-сообщники, способные имитировать человеческое общение с помощью текста. В данной работе представлены этапы сбора и расширения набора данных и проведена оценка методов классификации.

Ключевые слова. Чат-бот, искусственный интеллект, ИИ, классификация, автоматизация.

Быстрый и качественный диалог между компанией и клиентами всегда стоит в списке главных приоритетов любого бизнеса. От качества такого диалога зависит лояльность и заинтересованность клиентов и целевой аудитории бизнеса. Образовательные организации не являются исключением в сфере обращений и обратной связи от клиентов, в нашем случае – студентов и сотрудников. Эффективное взаимодействие между студентами и сотрудниками позволяет образовательным учреждениям не только повышать уровень удовлетворенности, но и адаптироваться к их потребностям, что в конечном итоге способствует улучшению качества образования.

Традиционные методы сбора и обработки обращений включают такие инструменты, как системы заказа обратного звонка, электронная почта, заполнение стандартных форм и взаимодействие через социальные сети. Но эти сервисы не соответствуют современным требованиям и не позволяют обрабатывать запросы в реальном времени [1–3]. В большинстве случаев при таких подходах процесс взаимодействия выглядит следующим образом: после того как пользователь отправляет обращение, оно проходит несколько этапов: сначала оператор получает запрос, затем анализирует его и определяет ответственного за его обработку. И только после этого ответственное лицо начинает работу с обращением.

При таком подходе время ожидания ответа может составлять недели, а такие значительные задержки могут иметь негативные последствия и чаще всего обрабатываются «впустую» так как, учитывая высокую задержку и зачастую необходимую срочность, данное обращение, вероятно, уже было решено другими методами.

В условиях растущих требований к качеству обслуживания и необходимости оперативного реагирования на запросы, образовательным учреждениям необходимо искать более эффективные решения для взаимодействия с участниками образовательного процесса. Одним из таких решений являются чат-боты, которые представляют собой программы-сообщники, способные имитировать человеческое общение с помощью текста или голоса.

Данная технология позволяет автоматизировать множество задач, обеспечивая более быстрый и удобный способ получения информации и поддержки.

Разработка чат бота включает в себя следующие этапы:

- сбор и анализ данных;
- аугментация [4];
- выявление требований к чат-боту;
- выбор метода разработки чат-бота;
- предобработка и векторизация данных;
- обучение;
- тестирование;
- дообучение и сопровождение.

На начальном этапе было собрано лишь 30 обращений с 4 категориями классификации, что критически мало для обучения эффективной модели. Поэтому было принято решение по увеличению и расширению данных для обучения. Для этого пришлось аугментировать данные на основе имеющихся запросов и дополнить выборку путем добавления различных запросов из открытых источников. После тщательной обработки количество запросов для обучения составило 3467, разделенных на 13 категорий классификации.

Для увеличения эффективности системы обработки запросов и снижения ее требований к вычислительным мощностям и, что самое важное, к качеству ее ответов. Было принято решение о том, что при получении запроса нужно правильно его классифицировать, а только затем формировать ответ.

Для получения первоначальной классификации были проверены наиболее распространенные методы. Итоги приведены в табл. 1.

Таблица 1

№	Модель	Точность*	<i>F1 Macro</i> **	Время обучения	Время на классификацию***
1	<i>CNN + Embeddings</i>	0,8904	0,8921	124,1361	0,7857
2	<i>BiGRU + Embeddings</i>	0,8780	0,8798	791,4765	2,2094
3	<i>BERT Fine-tuning</i>	0,8665	0,8723	5601,9301	3,9899
4	<i>TF-IDF + Linear SVM</i>	0,8585	0,8632	0,0265	0,0001
5	<i>TF-IDF + Logistic Regression</i>	0,8493	0,8556	0,0387	0,0010
6	<i>SentenceTransformer + MLP</i>	0,8147	0,8326	21,0434	0,2039
7	<i>TF-IDF + CatBoost</i>	0,7664	0,7852	41,4513	0,0129

* Точность приведена для тестовой выборки, не участвовавшей в обучении.

** *F1 macro* – это метрика, которая пытается учитывать точность, когда классы не сбалансированы, сосредоточив внимание на точности положительных прогнозов и фактически положительных записей [5].

*** Время указано для тестового набора целиком.

В приведенных результатах видно, что на фоне остальных больше всего выделяются сверточная нейронная сеть с применением эмбеддингов (*CNN* [6] + *Embeddings* [7]) за счет наибольшей точности и классический линейный подход с применением доработанного «мешка слов» (*TF-IDF* [8] + *Linear SVM* [9]) за счет наибольшей скорости. Но разница по *F1* метрике и точности в 3 % относительно сверточной нейронной сети, а также невозможностью учета полисемии и синонимии слов может значительно снизить качество классификации в дальнейшем. Таким образом сверточная нейронная сеть показала лучшие результаты, значительно обогнав двунаправленную рекуррентную нейронную сеть (*BiGRU* [10] + *Embeddings*) по времени на обучение и классификацию. Подробные данные об обучении *CNN + Embeddings* представлены в табл. 2. Из матрицы ошибок видно явное пересечение

категории «Абитуриенты» и «Администрация и Документы». Это закономерно для запросов, содержащих «подать документы». Примеры неверных классификаций представлены в табл. 3.

Таблица 2

Оценка сверточной нейронной сети после обучения				
Категория	<i>Precision</i> [11]	<i>Recall</i> [11]	<i>F1-score</i> [11]	<i>Support</i>
IT и Техподдержка	0.87	0.87	0.87	78
Абитуриенты	0.83	0.87	0.85	101
Администрация и Документы	0.87	0.84	0.86	184
Воинский учет	0.91	0.96	0.93	70
Здоровье и Благополучие	0.85	0.79	0.82	52
Карьера и Трудоустройство	0.91	0.98	0.95	53
Корпус и Инфраструктура	0.85	0.95	0.90	111
Научная Деятельность	0.96	0.91	0.93	55
Общежитие	0.99	0.91	0.95	80
Преподаватели	0.80	0.95	0.86	37
Студенческая Жизнь	0.87	0.85	0.86	72
Учебный процесс и Контроль	0.91	0.89	0.90	244
Финансы	0.96	0.87	0.91	77
<i>Accuracy</i>			0.89	1214
<i>Macro avg</i>	0.89	0.90	0.89	1214
<i>Weighted avg</i>	0.89	0.89	0.89	1214

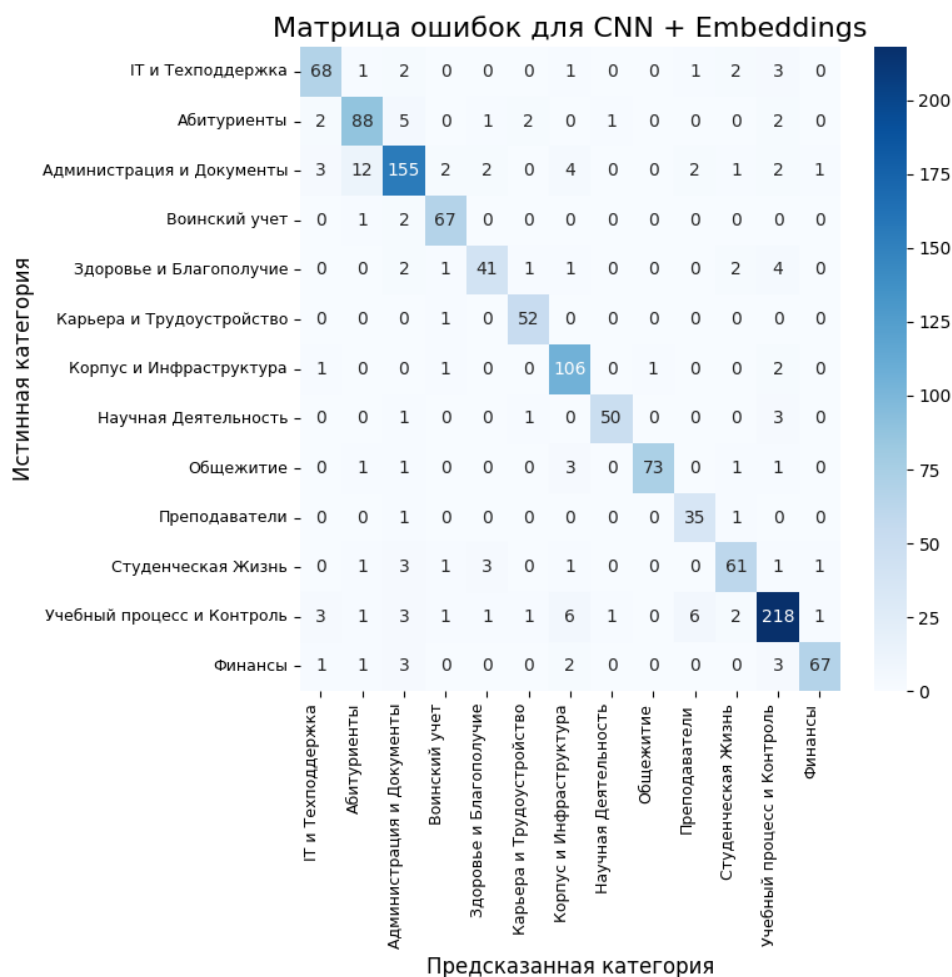


Рис. 1. Матрица ошибок для сверточной нейронной сети CNN + Embeddings

Таблица 3

Примеры неверных классификаций обученной модели

Вопрос	Истинная категория	Предсказанная категория
Могу ли я отозвать согласие на обработку персональных данных, которое давал при поступлении?	Администрация и Документы	Абитуриенты
Где узнать номер приказа о моем зачислении на первый курс?	« «	«
Как отменить ошибочно поданное заявление?	« «	«
Как подать документы на обучение по индивидуальному плану?	« «	«
Существует ли единое окно для подачи документов в архив/отдел кадров?	« «	«
Можно ли подать документы на компенсацию питания?	« «	«
Какие правила по шмоткам? В шортах и тапках можно припереться или выгонят?	« «	«
Могу ли я забрать свой школьный аттестат, если передумал учиться?	« «	«
Как подать заявление на индивидуальный график?	« «	«
Кто оформляет документы на выезд по обмену?	« «	«
Какие сроки подачи заявки на международную программу?	« «	«
Можно ли после зачисления поменять выбранную специализацию внутри направления?	« «	«

Для формирования ответов на запросы предлагается использование ансамбля нейронных сетей, состоящего из классификатора на основе представленных выше результатов и модели для непосредственного формирования ответов. После сбора данных осуществить обучение моделей для формирования ответов на основании результатов классификатора и официальной документации университета, а также основываясь на ответах, предоставляемых университетом по запросам, классическими методами провести оценку и выявить наиболее подходящий метод.

В условиях ограниченных вычислительных мощностей возможно применение подхода с обращением к генеративной модели YandexGPT или другой большой языковой модели через API. Для этого нужно собрать все данные, необходимые для формирования ответов (документы, приказы, примеры ответов, информацию с сайта университета и т. д.), провести их индексацию при помощи эмбедингов. Далее при поступлении запроса проводить классификацию и на ее основе сформировать набор релевантных запросу фрагментов данных (чанков), сформировать промпт и запрос к YandexGPT в связке с подготовленными фрагментами и получить готовый ответ, учитывающий контекст обращения.

Библиографический список

1. Баулина, П. В. Оптимизация обработки заявок техподдержкой на основе применения нейронных сетей / П. В. Баулина. – Тюменский индустриальный университет. – 2024. – С. 189–192.
2. Назаркин, Г. А. Чат-бот в образовательной среде современного вуза / Г. А. Назаркин // Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов» в Южном Федеральном округе, 2024. – С. 30–34.
3. Авраменко, А. П. Лингводидактический потенциал чат-ботов и виртуальных помощников как средств распознавания речи технологиями искусственного интеллекта / А. П. Авраменко // Мир Науки Культуры Образования. – 2022. – № 3 (94). – С. 9–11.

4. Что такое дополнение данных? – Объяснение методов дополнения данных – AWS [Electronic resource] // Amazon Web Services, Inc. URL: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/data-augmentation/> (accessed: 18.05.2025).
5. Оценка моделей двоичной классификации | Qlik Cloud Справка [Electronic resource]. – URL: https://help.qlik.com/ru-RU/cloud-services/Subsystems/Hub/Content/Sense_Hub/AutoML/scoring-binary-classification.htm (accessed: 03.05.2025).
6. Григорий И. Свёрточные нейросети [Electronic resource]. – URL: <https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/svyortochnye-nejroseti> (accessed: 18.05.2025).
7. Лекция. Embeddings. – Пересказ YandexGPT [Electronic resource]. – URL: https://300.ya.ru/v_Bdt5TsTc (accessed: 18.05.2025).
8. Как простые NLP модели видят слова? | NLP | Пишем свой TF-IDF [Electronic resource] // Хабр. – 2024. – URL: <https://habr.com/ru/articles/836706/> (accessed: 18.05.2025).
9. Краткий обзор алгоритма машинного обучения. Метод опорных векторов (SVM) [Electronic resource] // Хабр. 2018. – URL: <https://habr.com/ru/articles/428503/> (accessed: 18.05.2025).
10. Mekruksavanich S. et al. Bidirectional Gate Recurrent Unit Neural Network for Recognizing Face Touching Activities using Smartwatch Sensors / S. Mekruksavanich et al. // 2021 25th International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC). – 2021. – P. 454–458.
11. Простыми словами про метрики в ИИ. Классификация. Confusion matrix, Accuracy, Precision, Recall, F-score, ROC-AUC [Electronic resource] // Хабр. 2024. – URL: <https://habr.com/ru/articles/820411/> (accessed: 18.05.2025).

ОПТИМИЗАЦИЯ И ВЕДЕНИЕ ИТ ПРОЕКТОВ В СТУДЕНЧЕСКОЙ СРЕДЕ ПОСРЕДСТВОМ ИНСТРУМЕНТОВ *PROJECT MANAGEMENT* И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Куратова Анна Евгеньевна, студентка
Пепелышев Дмитрий Игоревич, ст. преподаватель
E-mail: dmitry.pepelyshev@urfu.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В данной статье были приведены основные инструменты *project management*, благодаря которым можно оптимизировать ведение и работу проектов. Были выделены функции, основные способы работы и их применение. Дана характеристика часто используемых при работе инструментов, позволяющих эффективно работать и планировать процессы, а также рассмотрена тема внедрения искусственного интеллекта в ведение проектов.

Ключевые слова. *PM (project manager)*, планирование, проект, оптимизация, искусственный интеллект.

С ростом значимости *IT*-проектов в современном мире, особенно в образовательной среде, оптимизация процессов управления проектами стала важным аспектом для достижения высоких результатов. Студенты сталкиваются с необходимостью эффективного анализа, планирования и реализации проектных задач, которые требуют координации усилий нескольких участников. В данной статье рассматриваются основные методы и инструменты *Project Management* и их взаимодействие с технологиями искусственного интеллекта для оптимизации ведения *IT*-проектов.

Учебные проекты обычно включают в себя значительные объемы информации и множество задач, что может привести к путанице и неэффективности. Основные проблемы, с которыми сталкиваются студенты:

- Высокая загруженность и ограниченные сроки реализации.
- Неясное распределение ролей и обязанностей среди участников команды.
- Сложность в координации действий между разными группами и отделами.

Эти факторы делают важным внедрение системного подхода к управлению проектами, который включает в себя планирование, контроль и оценку.

В данной статье ведется большой упор на планирование проекта, где удастся максимально стандартизировать процессы работы так, чтобы каждый этап выполнялся качественно и в срок. Были рассмотрены правила, функции, процессы и процедуры, которые бы смогли поддерживать создание, управление и контроль над проектом на протяжении всей его реализации до самого достижения конечного результата.

Время является самым ценным ресурсом, особенно при разработке и реализации проекта, т. к. возможности и сроки реализации могут быть ограничены, особенно в условиях учебного времени. Для того, чтобы создать каркас и структуру всего будущего проекта, на основании которых будут определены сроки и лица, исполняющие обязанности, нужно правильно сформировать весь процесс от его начальной стадии до желаемого результата (зачастую проекты, разрабатываемые студентами, делают в небольших группах, а внутри этой группы, студенты, в зависимости от своих сильных и слабых сторон, разделяют единый проект на части, например, дизайн, *frontend*, *backend*). Именно поэтому для планирования и ведения проекта, можно использовать следующие инструменты, как все в совокупности, так и по отдельности [2].

Scrum-доска – физическая, либо программная доска, пространство которых разделяется на части, отражающие стадии работы над продуктом. Их количество может варьироваться, но обязательно включает в себя три составляющих (слева направо): запланированные задачи, задачи в активной работе, выполненные задачи [1].

Диаграмма Ганта – это графики с горизонтальными столбиками, используемые для визуального представления хронологии проекта. На диаграмме Ганта задачи изображаются в виде горизонтальных столбиков, а длина каждого столбика обозначает, сколько времени займет работа над задачей [1].

Электронная таблица. При отображении задач в виде списка, моментально получается четкое понимание того, кто какую работу выполняет и к какому сроку. При таком способе визуального управления проектами можно просматривать ход работ по проекту в линейном представлении, похожем на таблицу.

Матрица Эйзенхауэра – данный инструмент позволяет распределять задачи. Он представляет собой четыре квадрата, и в каждом из них – критерии оценки дел. Дела оцениваются всего по двум критериям – срочность и важность. Каждый цвет имеет свою значимость: красный квадрат – это важные и срочные задачи; желтый квадрат – это важные, но не срочные задачи; синий квадрат – это срочные, но не важные задачи; зеленый квадрат – это неважные и несрочные задачи [1].

Делегирование – один из наиболее часто забываемых инструментов при работе, его задача заключается в том, чтобы была произведена передача функции или задачи от руководителя подчиненному или коллеге. Задачи или функции выбираются по следующим критериям, зависящим от уровня последствий в случае их делегирования: задачи низкого уровня (их нужно делегировать), задачи среднего уровня (можно делегировать, если в этом имеется необходимость), задачи высокого уровня (их нужно делать самостоятельно) [1].

Интеграция искусственного интеллекта в Project Management

Современные AI-технологии могут значительно упростить управление проектами:

- Автоматизация рабочих процессов: AI может помочь в автоматизации рутинных задач, таких как сбор данных, ведение отчетности и планирование встреч.
- Анализ данных: искусственный интеллект может анализировать большие объемы данных для оценки прогресса проекта и выявления узких мест.
- Прогнозирование результатов: AI может использоваться для предсказания возможных рисков и проблем в ходе выполнения проекта.

Пример подходящего сервиса: *monday.com*: платформа, предлагающая гибкие решения для управления проектами и командами.

Таким образом, оптимизация ведения IT-проектов в студенческой среде через использование инструментов *Project Management* и технологий искусственного интеллекта позволяет значительно повысить эффективность работы команд. Студенты, применяя эти методы, могут более организованно подходить к реализации своих проектов, что в конечном итоге способствует получению качественных результатов и развитию необходимых навыков для будущей профессиональной деятельности. Совмещение традиционных инструментов управления проектами с новейшими AI-технологиями открывает новые возможности для студентов в области управления и реализации IT-проектов.

Библиографический список

1. Грег Хорин. Управление проектами с нуля 4-е издание / Грег Хорин / Управление проектами с нуля. – Санкт-Петербург : Питер, 2022. – 464 с.: ил. – (Серия «Библиотека программиста») / 2022 г. / <https://vk.cc/cJB7kP>
2. UPLAB.RU / Илона Милевич: Project Management Office. В чем польза и как его внедрить? / 7 февраля 2022 г. – Режим доступа : <https://vk.cc/cJB7ob>

3. Негодин, И. А. Роль управления проектами в современном мире / И. А. Негодин, 2022 г. – Режим доступа : <https://vk.cc/cJB7qY>
4. ASANA.COM / Юлия Мартинс: Каковы преимущества управления проектами? / 28 ноября 2024 г. – Режим доступа : <https://vk.cc/cJB7sZ>
5. worksection.com / Дмитрий Худенко: 20 преимуществ *project*-менеджмента для компаний / 19 марта 2023 г. – Режим доступа : <https://vk.cc/cJB7uQ>
6. Беляев, Н. С. / Перспективы развития проектного управления / Н. С. Беляев, О. А. Чуднова, 2022 г. – Режим доступа : <https://vk.cc/cJB8i4>

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ТОРМОЖЕНИЯ ТЕЛА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИЛАХ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Лукович Егор Владимирович, студент
Демин Сергей Евгеньевич, канд. физ.-мат. наук, доц.
E-mail: egorlukovich@gmail.com

НТИ (филиал)
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Исследуется динамика движения тела под воздействием замедляющей силы, зависящей от его скорости и ее квадрата. Рассмотрены три ключевых сценария: зависимость силы от скорости, от квадрата скорости и от их суперпозиции. Получены и проанализированы аналитические зависимости времени торможения во всех рассмотренных случаях.

Ключевые слова. Движение тела, дифференциальное уравнение, начальное условие, задача Коши, сила сопротивления, время торможения, время остановки.

В статье рассматривается движение тела под действием различных сил сопротивления.

Сначала рассматривается задача с силой сопротивления, прямо пропорционально скорости тела. Дифференциальное уравнение в этом случае имеет вид

$$F = -a\dot{x}.$$

Полученное решение данного уравнения:

$$m \cdot \ln v = -at + C,$$

и с учетом начального условия $v(0) = v_0$, получаем следующее выражение для времени торможения:

$$t = \frac{m}{a} \cdot \ln \frac{v_0}{v}.$$

Отсюда время, за которое скорость тела с начала движения уменьшится в n раз:

$$T = \frac{m}{a} \cdot \ln n.$$

Далее, рассматривается задача с силой сопротивления, прямо пропорциональной квадрату скорости. Дифференциальное уравнение в этом случае имеет вид

$$F = -b\dot{x}^2.$$

Решение данного уравнения:

$$-\frac{m}{v} = bt + C,$$

и для задачи Коши $v(0) = v_0$ получаем следующее выражение для времени торможения:

$$t = \frac{m}{bv} - \frac{m}{bv_0}.$$

Отсюда время, за которое скорость тела с начала движения уменьшится в n раз:

$$T = \frac{nm}{bv_0} - \frac{m}{bv_0} = \frac{(n-1)m}{bv_0}.$$

И, наконец, рассматривается задача с силой сопротивления, зависящей как от скорости, так и от ее квадрата. Дифференциальное уравнение имеет следующий вид:

$$F = -b\dot{x}^2 - a\dot{x}.$$

Решение данного уравнения:

$$\frac{m}{a} \cdot \ln \frac{v}{a + bv} = -t + C,$$

и с учетом начального условия $v(0) = v_0$, получаем следующее выражение для времени торможения:

$$t = \frac{m}{a} \cdot \ln \frac{v_0(a + bv)}{v(a + bv_0)}.$$

Отсюда время, за которое скорость тела с начала движения уменьшится в n раз:

$$T = \frac{m}{a} \cdot \ln \frac{na + bv_0}{a + bv_0}.$$

Полученные расчетные данные сведены в таблицу.

F	$F = -a\dot{x}$	$F = -b\dot{x}^2$	$F = -b\dot{x}^2 - a\dot{x}$
время с начала движения	$t = \frac{m}{a} \cdot \ln \frac{v_0}{v}$	$t = \frac{m}{bv} - \frac{m}{bv_0}$	$t = \frac{m}{a} \cdot \ln \frac{na + bv_0}{b + bv_0}$
время уменьшения скорости в n раз	$T = \frac{m}{a} \cdot \ln n$	$T = \frac{(n-1)m}{bv_0}$	$T = \frac{m}{a} \cdot \ln \frac{na + bv_0}{a + bv_0}$

Анализ полученных зависимостей

Интересно отметить, что при заданных силах сопротивления (во всех трех случаях), тело никогда не остановится. Действительно, подставляя в выражения для времени с начала движения $v(T) = 0$, получаем для времени полной остановки $T = \infty$.

Рассмотрим все три случая по отдельности.

В первом случае видна прямо пропорциональная зависимость времени замедления от натурального логарифма отношения скоростей. Логарифмическая зависимость указывает на то, что время растет медленнее по мере увеличения n , что может отражать эффект насыщения в торможении и приведет к асимптотическому поведению системы.

Во втором случае, в отличие от первого, появляется обратно пропорциональная зависимость времени от начальной скорости. Это говорит о том, что при зависимости силы от квадрата скорости время торможения будет зависеть не только от характеристик тела и отношения начальной и конечной скорости, но и от значения начальной скорости. Это явление имеет практические последствия как в инженерных приложениях, так и в теоретических исследованиях динамики, а также акцентирует внимание на необходимости оптимизации тормозных систем для обеспечения безопасности и эффективности при высоких скоростях.

В третьем выражении есть и натуральный логарифм, и начальная скорость, но зависимость более сложная. Здесь стоит обратить внимание на коэффициенты a и b . Коэффициент b , стоящий в формуле силы перед v^2 , стоит лишь под натуральным логарифмом. Если b увеличить, то логарифм, наоборот, станет меньше. Причем зависимость не обратно пропорциональная. Коэффициент a не менее интересен, он стоит и под логарифмом, и вне логарифма. При увеличении данного коэффициента логарифм тоже увеличится, но все выражение также уменьшится из-за коэффициента a , стоящего вне логарифма. Это делает зависимость времени торможения от коэффициента a не постоянной, т. е. зависящей от остальных неизвестных. Однако увеличение коэффициента a в любом случае приведет к уменьшению времени торможения.

ГИБРИДНЫЕ СИСТЕМЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ТРАФИКА ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ СОВРЕМЕННЫМ УГРОЗАМ

Лукьянец Софья Евгеньевна, студент
E-mail: marlagastrolerha@gmail.com

Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, РФ

Аннотация. В данной статье подробно анализируются гибридные системы защиты сетевого трафика, которые сочетают в себе традиционные подходы к обеспечению безопасности, такие как настройка межсетевых экранов и современные методы, основанные на искусственном интеллекте. Рассматриваются наиболее распространенные виды угроз, которые можно встретить при работе с сетевым трафиком, включая атаки типа *DDoS*, *SQL*-инъекции и *Zero-day* атаки. Была предложена архитектура гибридной системы, использующая кроссплатформенные инструменты, такие как *Wireshark* и *Suricata*, для обеспечения лучшей совместимости с большим спектром операционных систем, таких как *Windows*, *Linux* и др. В рамках данной архитектуры представлена оценочная система, использующая различные метрики для оценки эффективности защиты, которые применяются в исследованиях киберсистем, например, точность и время реагирования. Статья подчеркивает важность интеграции традиционных методов и искусственного интеллекта для создания более стойких и надежных решений для защиты сетевого трафика при условии постоянного роста количества и сложности киберугроз. Данная работа может представлять интерес для системных администраторов, инженеров сетевой безопасности и исследователей, стремящихся повысить надежность сетей и усовершенствовать уже существующие решения.

Ключевые слова. Гибридные системы, сетевая безопасность, искусственный интеллект, сигнатурный анализ, киберугрозы.

Введение

В нынешнее время информационные технологии подвержены высокому количеству кибератак, сложность которых возрастает с каждым днем. Традиционные подходы не всегда могут справиться с адаптивными кибератаками, что приводит к утечкам данных, выводу из строя оборудования и финансовым потерям. В связи с этим необходима эффективная защита, которая сможет обеспечить комплексный подход, включающий в себя традиционные методы защиты и методы, только получившие развитие в этой сфере.

Актуальность данной темы обусловлена стремительным ростом киберугроз, которые наносят значительный ущерб корпоративным сетям, из-за чего появляется потребность в новых методах борьбы с ними [4].

Целью данной работы является реализация архитектуры гибридной системы, основанной на сигнатурном анализе с использованием искусственного интеллекта, а также оценочная система для анализа эффективности использования данных систем.

Основная часть

Среди современных угроз сетевой безопасности можно выделить самые популярные и вредоносные атаки такие как: *DDoS*-атаки, *SQL*-инъекции, *Zero-day* атаки. Данные угрозы чаще всего сочетают в себе несколько методов и имеют высокую адаптивность к мерам противодействия [4].

Перед рассмотрением мер защиты стоит разобрать некоторые конкретные угрозы. *Zero-day* атаки – эксплуатация ранее неизвестных уязвимостей в программном обеспечении [2]. *DDoS*-атаки нацелены на отказ функционирования системы, за счет перегрузки нелеги-

тимным трафиком. Они могут быть нацелены либо на всю инфраструктуру, либо на отдельные каналы. Существует классификация *DDoS*-атак по модели *OSI* по механизму воздействия, по протоколам [4].

SQL-инъекции – это уязвимости, которые позволяют с помощью фрагментированного вредоносного кода получать сведения из баз данных. Среди атак, связанных с *SQL*-инъекциями, различают: числовые, строковые, слепые, *out-of-band*, *second-order* [2].

Для предотвращения данных атак и других киберугроз, связанных с сетевым трафиком, необходимы соответствующие методы. Существуют проверенные технические меры, которые рекомендовано использовать, например, настройка межсетевых экранов, а также организационные методы, такие как обновление политик [1]. Совокупность данных методов имеет большую эффективность, однако они не всегда могут обеспечить защиту от новых угроз. В связи с этим возникает потребность в использовании новых подходов, таких как интеграция искусственного интеллекта с существующими системами защиты. Комбинация традиционных методов и ИИ позволяет создавать гибридные системы, которые будут использовать уже проверенные механизмы и при этом адаптироваться к новым видам атак, что является перспективным решением для защиты сетевого трафика [4].

Гибридные системы уже описывались в других работах и применяются в настоящее время. Они отличаются друг от друга в зависимости от целей и методов, использованных в них [3].

Учитывая актуальность кроссплатформенных инструментов для обеспечения возможности работы системы на разных операционных системах при построении собственного решения было решено использовать следующие элементы:

1. Сбор данных. Для него используются инструменты фиксации сетевого трафика, например, *Wireshark*, *Tcpdump*, *Zeek*. Данные можно сохранять в хранилищах для дальнейшего анализа, например, *Elasticsearch* [1].
2. Сигнатурный анализ. Для проверки трафика на известные угрозы можно использовать *Suricata*. Эта система использует базы правил для нахождения атак [2].
3. Анализ искусственным интеллектом. Использование *LSTM*, реализованное через библиотеку *TensorFlow*, позволяет выявлять аномалии [5].
4. Система реагирования. Для известных угроз *Suricata* блокирует трафик через *API* межсетевых экранов, например, *Nftables*. Для системы оповещения можно использовать *SIEM* систему – *Graylog* [1].
5. Обновление баз сигнатур. Для переобучения модели необходимо обновлять данные. Это реализуется не только автоматически в ходе работы, но вручную, используя открытые источники, например, *MITRE ATT&CK* и БДУ ФСТЭК [5].



Рис. 1. Схема работы архитектуры

На данной схеме, представленной на рис. 1, трафик поступает в блок сбора данных, после чего фиксирует пакеты и сохраняет их в хранилище. Далее идет параллельная обработка данных. В блоке сигнатурного анализа проверяется трафик на известные угрозы по сигнатурам, а в блоке ИИ анализа происходит поиск аномалий. Результаты объединяются, уже известные угрозы блокируются, а при обнаружении аномалий происходит оповещение администратора. Модель обучается на основе новых данных, после этого система обновляется.

Для проверки эффективности работы гибридной системы предлагается модель оценки, разработанная для данной архитектуры. Она включает в себя следующие метрики, которые применяются в исследованиях кибербезопасности:

1. Точность обнаружения.
2. Время реагирования.
3. Процент ложных срабатываний.
4. Количество снижения инцидентов.

Таблица 1

Метрика	Метрики оценочной системы			
	Отлично (20–25)	Хорошо (15–19)	Удовлетворительно (6–14)	Плохо (0–5)
Точность	85–100 %	75–84 %	60–74 %	< 60 %
Время реагирования	< 3 с	3–10 с	10–40 с	> 40 с
Ложные срабатывания	< 5%	6–15 %	16–25 %	>25 %
Снижение инцидентов	> 50 %	35–50 %	20–34 %	<20 %

Таким образом максимальной суммой баллов будет являться значение 100. Система, у которой будет больше 80 баллов, будет считаться высокоэффективной, 60–79 – эффективной, 35–59 – удовлетворительной и меньше 40 баллов – неэффективной.

Отметим, что несмотря на преимущества гибридных систем, они не могут обеспечить идеальную защиту, т. к. невозможно обнаружить все уязвимости в системе, всегда остается вероятность ошибок [3].

В рамках данной статьи рассмотрены гибридные системы, которые сочетают в себе традиционные методы защиты трафика и искусственный интеллект. Предложена архитектура, которая основана на кроссплатформенных приложениях. Она имеет большой потенциал в развитии защиты сетевого трафика из-за сочетания сигнатурного анализа с искусственным интеллектом. В рамках реализованной архитектуры рассматривается оценочная система, включающая метрики: точность, время реагирования, ложные срабатывания и снижение инцидентов, что поможет в дальнейшем усовершенствовать архитектуру гибридной системы для защиты сетевого трафика и повысить эффективность системы.

Библиографический список

1. Борисовская, О. В. Мониторинг и классификация сетевого трафика в целях обнаружения и предотвращения нагрузочных сетевых атак / О. В. Борисовская, А. А. Борисовская, Д. В. Маяков // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 9. – С. 186–190.
2. Бутырский, И. Ф. Кибератаки на сайты организаций, сигнатурный анализ этих атак и противодействие им / И. Ф. Бутырский, Н. В. Петрищев // Электронный журнал: наука, техника и образование. – 2023. – № S1(41). – С. 32–41.

3. Гибридная интеллектуальная система обнаружения атак на основе комбинации методов машинного обучения / В. И. Васильев, А. М. Вульфин, В. Е. Гвоздев, Р. Р. Шамсутдинов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9, № 3(34).
4. Ермак, К. К. Методы защиты от кибератак: современные подходы и технологии / К. К. Ермак // Международный студенческий научный вестник. – 2025. – № 1. – С. 4.
5. Спиридонов, В. А. Технология анализа сетевого трафика и автоматической оптимизации на основе искусственного интеллекта / В. А. Спиридонов // Экономика и качество систем связи. – 2022. – № 3(25). – С. 81–88.

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ПУТЕШЕСТВИЕ ПО РЕЛЬСАМ»

Мымрина¹ Антонина Андреевна, обучающаяся
Иванова¹ Елена Петровна, учитель информатики
Калабина² Ирина Юрьевна, учитель нач. классов
E-mail: amymrina09@mail.ru

1 – МАОУ СОШ № 76

2 – МБОУ СОШ № 73

г. Лесной, РФ

Аннотация. В этой статье представлен продукт разработки мобильного приложения, выполненного с помощью *Android Studio*, на языке программирования *Java*. Приложение содержит познавательный контент о городах и местах, которые пассажир проезжает, не требуя постоянного подключения к сети, что сделает поездку более увлекательной и познавательной. Это приложение будет не только развлекать пассажиров в дороге, но и способствовать популяризации железнодорожного маршрута, представляя полезную информацию о городах и достопримечательностях, мимо которых они проезжают даже при отсутствии Интернета.

Ключевые слова. *Android Studio*, мобильное приложение, формула гаверсинуса.

Железнодорожный транспорт считается одним из самых популярных видов передвижения у путешественников. Результаты опроса жителей Нижней Туры и Лесного показали, что население выбирает разные виды транспорта. 35 % опрошенных предпочитают добираться до Екатеринбурга и Нижнего Тагила на своем транспорте, 27 % выбирают электропоезд «Ласточку», а 38 % – автобус.

Это разнообразие предпочтений указывает на существующие противоречия в восприятии железнодорожного транспорта. С одной стороны, увеличение числа пассажиров, выбирающих поезд, действительно повышает интерес к созданию более доступных и интересных информационных ресурсов. С другой стороны, многие люди не осознают, что поездка на поезде может быть не только комфортной, но и познавательной.

По результатам опроса РИА Новости, большинство путешественников любят наслаждаться меняющимися пейзажами за окном и 57 % отметили, что им было бы интересно узнать о тех местах, которые они проезжают. Проезжая мимо города Невьянска захочется узнать историю падающей башни. А на станции Выя есть памятник китайским интернационалистам. Это указывает на необходимость создания такого ресурса, который будет не только информировать о маршрутах и расписаниях, но и предоставлять интересный контент о городах и достопримечательностях, мимо которых проходят поезда.

Цель: разработка мобильного приложения «Путешествие по рельсам» для повышения информированности и интереса пассажиров к культурному наследию и особенностям населенных пунктов.

По всей стране действует сервис «РЖД – Пассажирам» [1], в котором появилась функция путеводаителя по маршрутам и станциям. Открыть путеводаитель можно как во время путешествия, так и до отправления поезда. Доступно 101 пара поездов дальнего следования.

Для пассажиров, путешествующих по маршруту «Екатеринбург-Нижняя Тура», данная услуга остается недоступной.

Разработанное мобильное приложение имеет ссылку <https://www.rustore.ru/catalog/app/com.example.geo> и предназначено для пассажиров поезда «Екатеринбург – Нижняя Тура» для просмотра информации по пути следования.

Приложение разработано на языке программирования *Java*. Для разработки мобильного приложения использовалась *Android Studio*.

Этапы создания приложения

1. Создан внешний вид приложения (рис. 1).

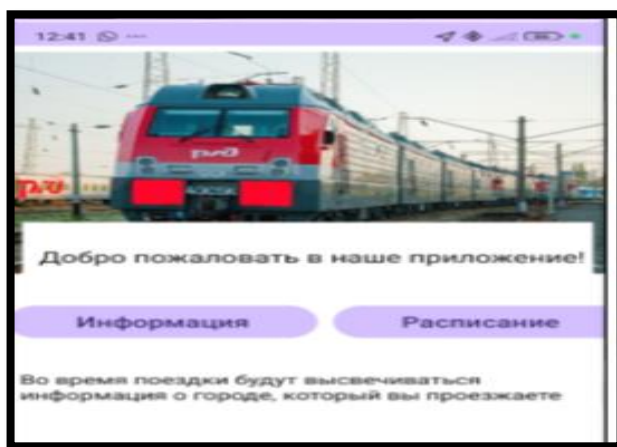


Рис. 8. Внешний вид приложения

2. Установлены библиотеки для написания программы:
 - *FusedLocationProviderClient* (для работы с местоположением)
 - *Room* (для работы с базой данных)
 - *ConstraintLayout* (для разметки интерфейса)
 - *Material Design* (для использования стандартных элементов интерфейса)
3. Для определения устройства были добавлены в *AndroidManifest.xml* разрешения на доступ к геолокации.
 - Запрос и обработка разрешений на доступ к геолокации
 - Определение местоположения устройства
4. Разработана реляционная база данных для каждой станции, занесена необходимая информация о городах.
5. Выполнено описание функционала отображения базы данных по координатам. Составлена программа, представлена в Листинге 1, для вычисления Ортодромии (кратчайшее расстояние между двумя точками на сфере): формула гаверсина (1)[2]:

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat1) \cdot \cos(lat2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta lon}{2}\right) \quad (1)$$

Листинг 1. Программа для вычисления Ортодромии

```
public static double calculateDistance(double lat1, double lon1, double lat2, double lon2) {
    final double R = 6371;
    double latDistance = Math.toRadians(lat2 - lat1);
    double lonDistance = Math.toRadians(lon2 - lon1);
    double a = Math.sin(latDistance / 2) * Math.sin(latDistance / 2)
        + Math.cos(Math.toRadians(lat1)) * Math.cos(Math.toRadians(lat2))
        * Math.sin(lonDistance / 2) * Math.sin(lonDistance / 2);
    double c = 2 * Math.atan2(Math.sqrt(a), Math.sqrt(1 - a));
    return R * c;
}
```


6. Приложение размещено в магазине приложений *RuStore*.
Приложение прошло модерацию и успешно опубликовано в магазине приложений *RuStore* (рис. 2).

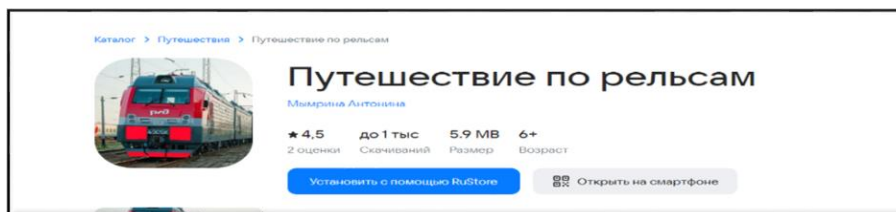


Рис. 9. Скриншот с *RuStore*

Выводы

Созданное приложение «Путешествие по рельсам» объединило в себе удобство, доступность и новые технологии, чтобы каждый путешественник мог легко исследовать мир, опираясь на актуальную информацию и инновационные инструменты. С помощью приложения пользователи смогут планировать свои маршруты. Это поможет людям лучше понимать места, которые они посещают, и сделает их путешествия более насыщенными.

Библиографический список

1. Сайт ОАО «РЖД». Мы меняемся для Вас : Электронный ресурс. – URL : <https://www.rzd.ru/ru/11291/page/103290?id=17920> (дата обращения 20.12.2024.).
2. Лохвицкий, М. С. Определение области с фиксированным временем упреждения в сотовой связи / М. С. Лохвицкий, Евсеева // Экономика и качество систем связи, 2018. – № 1 (7). – С. 48–53.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ФЛЮОРОГРАФИИ С ПОМОЩЬЮ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Овчинников Кирилл Викторович
E-mail: stagsov@mail.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В современном мире заболевания органов дыхания, такие как пневмония, туберкулез и рак легких, представляют собой серьезную угрозу для здоровья населения. Заболевания органов дыхания в Российской Федерации по данным Росстата за 2023 г. составили 59829,8 из 120277,1 тыс. случаев зарегистрированных заболеваний у пациентов с диагнозом, установленным впервые в жизни, а это 49,74 % от всех заболеваний. В структуре смертности за 2021 г. заболевания органов дыхания составляют 4,7 %. 114727 случаев смерти по причине заболеваний органов дыхания из 2441594 случаев смерти всего [8].

На сегодняшний день, по мнению главного терапевта Минздравсоцразвития РФ академика Александра Чучалина, 4–5 млн жителей РФ страдают от бронхолегочных заболеваний. Однако в соответствии с официальными статистическими данными, эта цифра не превышает 1 млн. По словам Чучалина, множество случаев заболеваний либо не диагностируется, либо люди просто не обращаются к врачам [11].

Среди заболеваний органов дыхания отдельно выделяется такое социально значимое заболевание, как туберкулез. В 2023 г. в Российской Федерации было выявлено 43,3 тыс. случаев туберкулеза [7].

Туберкулез – это инфекционное заболевание, вызываемое бактерией *Mycobacterium tuberculosis*. Туберкулез является основной причиной смерти от инфекционных заболеваний во всем мире, наряду с синдромом приобретенного вируса иммунодефицита человека (известным как ВИЧ). Хотя следует избегать неизбежного массового скрининга на туберкулез, Всемирная Организация Здравоохранения рекомендует более широко использовать скрининг с помощью рентгенографии грудной клетки и быстрой молекулярной диагностики для отдельных групп высокого риска. Рентгенография грудной клетки является важной частью многих алгоритмов скрининга на туберкулез во всем мире. Кроме того, визуализация также играет важную роль в обследовании пациентов с подозрением на туберкулез легких [3].

В Российской Федерации в качестве метода скрининга туберкулеза для лиц старше 14 лет проводятся профилактические флюорографические исследования.

В г. Нижний Тагил в 2022 г. выполнено 268456 профилактических (рентгено-флюорографических) осмотров населения, выявлено 2530 случаев различных патологий органов дыхания, в т. ч. 120 случаев туберкулеза легких, 54 случая злокачественных новообразований и 1876 случаев пневмонии.

Выполнять исследование на медицинском оборудовании может специалист со средним медицинским образованием, однако анализировать результаты исследований способен только квалифицированный узкоспециализированный врач. В РФ в данное время наблюдается дефицит медицинских работников, в т. ч. в сельской местности.

Например, в Горноуральском городском округе первичную медико-санитарную помощь оказывает ГАУЗ СО «Горноуральская ГП». За 2023 г. выполнено 15615 рентгенодиалогических процедур, в штате поликлиники 4 врача-рентгенолога. Таким образом, на одного врача рентгенолога за 2023 г. пришлось 3903,7 снимка для описания.

В малонаселенных пунктах наблюдаются дефицит специалистов и в результате на врачей ложится большая нагрузка, что может снизить качество анализа из-за непреднамеренных ошибок [4]. Удаленность населенных пунктов снижает доступность населения

к квалифицированным специалистам, особенно при проведении профилактических флюорографических исследованиях. Системы искусственного интеллекта могут быть использованы для предоставления предварительной оценки рентгенограмм в отдаленных регионах, где нет доступа к квалифицированным специалистам. Также системы искусственного интеллекта могут быть использованы для получения «второго мнения» от специалистов из других медицинских учреждений, что повысит точность диагностики.

Ключевые слова. Компьютерное зрение, искусственный интеллект, ИИ, сверточные нейронные сети, распознавание рентгеновских снимков.

В связи с информатизацией общества в современном мире очень активно развивается сфера информационных технологий (ИТ). ИТ-технологии применяются во всех областях жизнедеятельности человека. Особенно сейчас популярны технологии искусственного интеллекта, в частности машинное обучение. Они являются инструментом для решения огромного количества задач. Например, методы машинного обучения можно применять для диагностики заболеваний, в т. ч. при проведении профилактической флюорографии. В настоящее время создается очень много медицинских систем на основе машинного обучения и нейронных сетей (НС), в т. ч. и в России, которые позволят облегчить работу врачей. Разработка системы на основе нейронных сетей высокого разрешения, обученной на реальных рентгеновских снимках, с удобным интерфейсом и возможностью удаленного анализа, является актуальной и перспективной задачей, которая может значительно улучшить качество диагностики и лечения заболеваний легких, а также позволит снизить нагрузку на врачей и повысить доступность медицинской помощи.

Современные системы ИИ способны с высокой точностью распознавать различные патологии на рентгеновских снимках [12].

В некоторых случаях точность диагностики с помощью ИИ приближается к точности опытных врачей-рентгенологов [4].

Системы ИИ могут значительно ускорить процесс анализа рентгеновских снимков, что особенно важно в условиях высокой нагрузки на медицинских работников [4].

Разработаны программные комплексы для сегментации и мультифрактальной диагностики цифровых изображений компьютерной томографии легких [5].

Основным преимуществом сверточных нейронных сетей является их способность обучаться на больших объемах данных и выявлять сложные зависимости в изображениях. В медицинской диагностике сверточные нейронные сети могут анализировать медицинские снимки, такие как рентгеновские и магнитно-резонансно томографические изображения с целью выявления аномалий.

Это может существенно повысить точность диагностики и помочь врачам в принятии более обоснованных решений. Сверточные нейронные сети применяются в автономных транспортных средствах, где необходимо распознавание дорожных знаков, пешеходов и других объектов. Здесь высока степень надежности и точности, что критически важно для безопасности на дороге.

CNN активно используются в системах безопасности, обеспечивая распознавание лиц и анализ видеопотоков в режиме реального времени.

Сверточные нейронные сети стали ключевым инструментом в области компьютерного зрения, обеспечивая значительные успехи в распознавании изображений, классификации объектов и анализе видеоданных. Благодаря своей способности автоматически извлекать значимые признаки и обрабатывать большие объемы данных, сверточные нейронные сети открывают новые горизонты для применения в различных областях, включая медицину, автономные транспортные средства и системы безопасности [6].

Несмотря на впечатляющие достижения в области применения искусственного интеллекта для анализа рентгеновских снимков, существует ряд проблем, которые ограничивают эффективность и широкое внедрение этих технологий в клиническую практику.

Необходимость в больших объемах данных для обучения. CNN требуют огромного количества размеченных данных для обучения, что затрудняет их применение для редких заболеваний или при ограниченном доступе к данным [2].

Сложность интерпретации результатов. CNN часто воспринимаются как «черный ящик» и врачам сложно понять, на основе каких признаков сеть приняла решение [9], [6]. Это ограничивает доверие к системам ИИ и затрудняет их использование в качестве основного инструмента диагностики.

Проблема обобщающей способности. Модели, обученные на одном наборе данных, могут показывать низкую точность на других наборах, что связано с различиями в оборудовании, протоколах съемки и характеристиках пациентов [2]. Это требует разработки более универсальных моделей, способных адаптироваться к новым условиям. Также важно учитывать, что получение рентгенограмм на разном оборудовании может повлиять на точность. Так, система ИИ, обученная на снимках высокого качества, может работать менее точно на снимках низкого качества [9].

Влияние шумов и артефактов. На рентгеновских снимках могут присутствовать шумы и артефакты, которые затрудняют анализ изображений и могут приводить к ошибкам [10]. Разработка методов для подавления шумов и коррекции артефактов является актуальной задачей.

Проблема «суммации теней». На рентгенограммах органов грудной клетки сложно трактовать суммационные изображения, где тени от разных структур накладываются друг на друга, например, выявление образований с низкими плотностными характеристиками или при локализации патологических изменений за тенью ребер [10]. Это может приводить к ложным положительным и ложноотрицательным результатам.

Этическое и правовое регулирование. Применение ИИ в медицине поднимает ряд этических и правовых вопросов, связанных с ответственностью за диагноз, конфиденциальностью данных и доверием к системам ИИ.

Ограниченность вычислительных ресурсов. Обучение и применение CNN может требовать значительных вычислительных ресурсов, что ограничивает их доступность для некоторых медицинских учреждений [6], [3].

Решение этих проблем является ключевым фактором для дальнейшего развития систем искусственного интеллекта для анализа рентгеновских снимков и их успешного внедрения в клиническую практику.

Однако для широкого внедрения таких систем необходимо решить ряд проблем, связанных с их точностью, надежностью и интерпретируемостью.

В работе рассматривается обучение CNN на снимках, сжатых до размера 256×256 пикселей, что позволит сохранить распознавание очаговых изменений при проведении профилактической флюорографии.

Обучение сети с использованием предобученных моделей (VGG19, ResNet50, ResNet101, ResNet152). Выходной полносвязный слой CNN будет обучаться на реальных рентгеновских снимках, конвертированных из формата DCM в JPEG [3]. Это позволит модели максимально адаптированную к анализу рентгенограмм, и потенциально повысит точность диагностики.

Сравнительный анализ различных архитектур CNN. В рамках работы будет проведено сравнение различных архитектур CNN для определения наиболее подходящей для анализа рентгеновских снимков в контексте поставленной задачи [12].

Выбор наиболее эффективной архитектуры сверточной нейронной сети, обученной на высококачественных рентгеновских изображениях, позволит создать систему, способную снизить нагрузку на врача-рентгенолога. Эта система сможет предоставлять предварительную оценку рентгенограмм, что особенно актуально в условиях нехватки специалистов или в отдаленных регионах.

Отмечается, что недостаток опыта в интерпретации рентгенограмм может отрицательно сказаться на эффективности диагностики [1], [6]. Использование искусственных нейронных сетей уже позволяет сократить время, затрачиваемое врачом на анализ рентгенограмм.

В работе указывается, что компьютер может обнаруживать изменения на рентгенограммах с точностью, как человек.

Таким образом, разработка системы на основе CNN с оптимальной архитектурой и оптимальным размеченным данным может стать эффективным инструментом для поддержки врачей в процессе диагностики заболеваний легких, особенно в условиях ограниченных ресурсов.

Для решения поставленных задач была разработана архитектура, которая должна решить часть проблем, указанных выше. Принято решение создать нейронный ансамбль из трех сверточных нейронных сетей.

Нейронная сеть № 1 с предобученной нейронной сетью VGG19 с трехслойным полносвязным блоком на выходе. В ее задачу входит фильтрация входящих изображений, основанная на бинарной классификации. На входе принимает изображение и после обработки делает вывод о том, является ли изображение «Рентгенографией органов грудной клетки в прямой проекции» или же это стороннее изображение. В случае если изображение не является «Рентгенографией органов грудной клетки в прямой проекции» пользователю возвращается ответ «Некорректное изображение. Представьте рентгенографию ОГК в прямой проекции». Если входящее изображение является «Рентгенографией органов грудной клетки в прямой проекции», то дальше изображение передается на вход нейронной сети № 2.

Нейронная сеть № 2 на предобученной нейронной сети (ResNet50, ResNet101, ResNet152, VGG19). VGG 19 имеет возможность тонкой настройки с повышением точности, хотя без тонкой настройки архитектуры ResNet показывают себя лучше (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Полносвязная сеть: N2000,N1000,N500,N2, seed =29,batch_size=16, dropout 0,15	VGG19 (без тонкой настройки)	ResNet50 (без тонкой настройки)	ResNet101 (без тонкой настройки)	ResNet152 (без тонкой настройки)
Loss	0,1201	0,1466	0,1058	0,1234
Accuracy	0,9543	0,9420	0,9578	0,9513
Val_Loss	0,1376	0,1298	0,1281	0,1218
Val_Accuracy	0,9518	0,9486	0,9465	0,9515
Predict, %	93,1648	92,8039	93,3002	93,5935

Таблица 2

Полносвязная сеть: N2000, N1000,N2, seed=29,batch_size=16, dropout 0,15	VGG19 (без тонкой настройки)	ResNet50 (без тонкой настройки)	ResNet101 (без тонкой настройки)	ResNet152 (без тонкой настройки)
Loss	0,1495	0,1662	0,1475	0,1070
Accuracy	0,9471	0,9400	0,9439	0,9673
Val_Loss	0,1280	0,1348	0,1264	0,1406
Val_Accuracy	0,9483	0,9454	0,9480	0,9445
Predict, %	93,4581	92,7814	93,0746	91,3828

Выходной блок нейронной сети № 2 трехслойный полносвязный. В задачу нейронной сети входит общее определение «Нормы» и «Патологии» по рентгенографии органов грудной клетки, основанная на бинарной классификации. Для обучения используются раз-

меченные по двум категориям изображения. При анализе полученного снимка делается вывод о том, к какой категории относится снимок: «Норма» или «Патология» и вероятность данного вывода.

Если вероятность «Нормы» 95 % и более, то пользователю возвращается ответ «Вариант нормы, вероятность XX %». В случае, если вероятность патологии 95 % и более или получился неоднозначный, или подозрительный результат, то изображение передается на нейронную сеть № 3.

Нейронная сеть № 3 – нейронная сеть на архитектуре YOLLO, обученная на сегментированных изображениях (содержащих Mask), «Очаговая патология» и неразмеченных снимках с «Нормой».

В зависимости от результатов анализа изображения будут следующие выводы: если снимок с «патологией 95 % и более» и нейронная сеть обнаруживает «Очаговые изменения», то пользователю возвращается ответ: «Очаговые изменения. Изображение с *Predict Mask*».

Если снимок с «патологией 95 % и более» и нейронная сеть не обнаруживает «Очаговые изменения», то пользователю возвращается ответ: «Диффузная патология».

Для снимков с неоднозначным или подозрительным результатом будут следующие заключения.

Если вероятность патологии менее 95 %, но нейронная сеть обнаруживает «Очаговые изменения», то пользователю возвращается ответ: «Возможны очаговые изменения. Изображение с *Predict Mask*». Если вероятность патологии менее 95 % и нейронная сеть не обнаруживает «Очаговых изменений», то пользователю возвращается ответ: «Очаговых изменений не обнаружено. Необходимо дообследование (вероятность нормы XX %)» (рис. 2).

Применение такого нейронного ансамбля должен решить ряд существующих проблем.

Большой объем размеченных данных для обучения был собран за период с января 2024 г. по настоящее время. Объем снимков более 30 000. Не все снимки будут применены для обучения нейронной сети. «Неоднозначная» патология или «неоднозначная» норма не будут участвовать в обучении нейронных сетей. К неоднозначным результатам будут отнесены: «воспаление в язычке легкого» потому, что диагноз подтверждается рентгенографией в боковой проекции т. к. в прямой проекции происходит наложение теней. «Утолщение плевры» так же не будет участвовать в обучении из-за высокой субъективности данного заключения, а также другие неоднозначные патологии. Снимки с шумами и артефактами не будут использоваться для обучения.

Проблема обобщающей способности будет решена тем, что большая часть рентгеновских снимков является «Профилактической флюорографией» и направлена на выявление очаговых изменений при проведении скрининговых флюорографических исследований.

Для решения проблемы «суммации теней» применены две нейронные сети №№ 1 и 2, обученные на разных размеченных данных и дающих разные выводы, но работающие в ансамбле. Таким образом должно быть снижено влияние «суммации теней».

Ограниченность вычислительных ресурсов решается использованием предобученных сетей типа VGG19, ResNet и др.

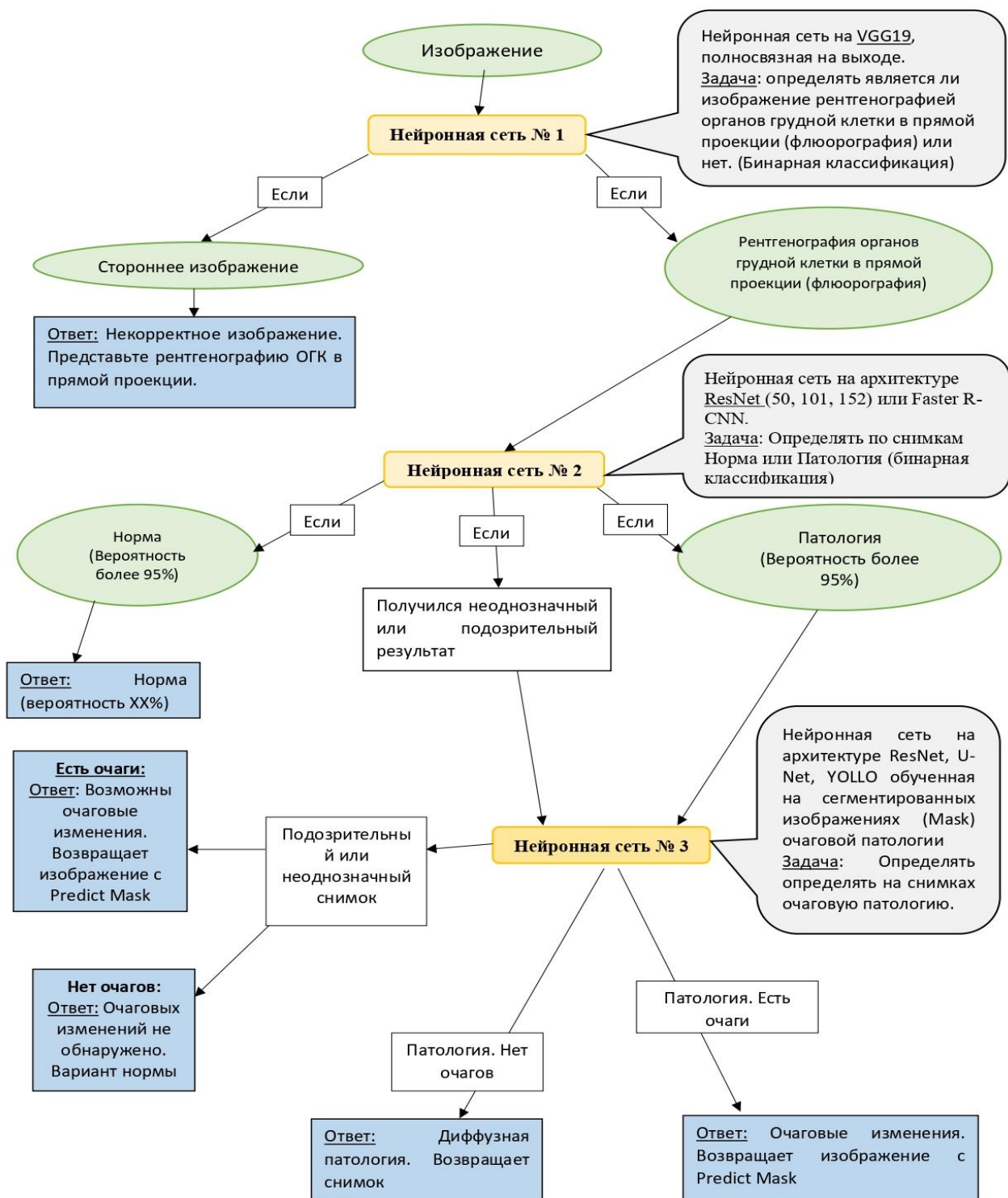


Рис. 2. Архитектура нейронного ансамбля

Библиографический список

1. Печников, А. А. Два подхода к распознаванию пневмонии по рентгеновским снимкам: описание, реализация и сравнение / А. А. Печников, Н. А. Богданов // Управление большими системами. – 2022. – № 99. – Выпуск 99. – С. 114.

2. Арбузова, А. А. Диагностика пневмонии по рентгеновским снимкам с помощью сверточных нейронных сетей / А. А. Арбузова // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2021. – № 2. – С. 107.

3. Выгоняйло, В. Р. Повышение точности классификации рентгеновских снимков с использованием дообучения составной нейросети / В. Р. Выгоняйло, В. М. Михелев // Научный результат. Информационные технологии. – 2020. – № 1. – С. 20.
4. Кульневич, А. Д. Система раннего детектирования пневмонии на основе методов глубокого обучения / А. Д. Кульневич, Н. Д. Сергеева, Р. А. Чугунов // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2018. – № 83. – С. 35.
5. Салмиянов, В. О. Программный комплекс системы сегментации и мультифрактальной диагностики цифровых изображений компьютерной томографии легких / В. О. Салмиянов, А. Г. Масловская // Вестн. Том. гос. ун-та. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2023. – № 65. – С. 105.
6. Атамухаммедов, Р. Применение сверточных нейронных сетей в компьютерном зрении / Р. Атамухаммедов, И. Атамырадов, Б. Батыров // Вестник науки. – 2024. – № 10 (79). – С. 383.
7. Заболеваемость туберкулезом (пациентов на 100000 человек населения). – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zabolev_tuberkulez_2023.xls
8. Заболеваемость населения социально значимыми болезнями. – URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zdr2-2.xls>
9. Наркевич, А. Н. Интеллектуальные методы анализа данных в биомедицинских исследованиях: сверточные нейронные сети / А. Н. Наркевич, К. А. Виноградов, К. М. Параскевопуло, Т. Х. Мамедов // Экология человека. – 2021. – № 5. – С. 53.
10. Гаврилов, П. В. Оценка диагностической точности системы автоматического анализа цифровых рентгенограмм легких при выявлении округлых образований / П. В. Гаврилов, У. А. Смольникова // Альманах клинической медицины. – 2021. – № 6. – С. 359.
11. Горелов, И. А. Применение технологий компьютерного зрения при поиске патологий на рентгенограммах органов грудной клетки / И. А. Горелов, В. А. Немтинов // EESJ. – 2016. – № 2. – С. 6.
12. Юсупова, Н. С. Қ. Алгоритмы анализа и классификация патологий на рентгенограммах грудной клетки с использованием нейронных сетей / Н. С. Қ. Юсупова, М. Т. Магруппова, З. М. Қ. Рахимберганава, А. Б. Мираматов // Universum: технические науки. – 2024. – № 12 (129). – С. 6.

КАК РАСПРЕДЕЛЯЮТСЯ СИЛЫ ПО ВИТКАМ РЕЗЬБЫ

Рябокоть Тамара Александровна, ст. преподаватель ДТО

E-mail: toma.ryabokon.58@mail.ru

Аляутдинова Людмила Егоровна, ст. преподаватель ДЕНО

E-mail: ludochk117@gmail.com

НТИ (филиал) УрФУ

г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Резьбовые соединения широко используются в машиностроении, в строительстве, при монтаже трубопроводов и во многих других отраслях. Соединения обеспечивают герметичность, создают устойчивые к внешним нагрузкам жесткие конструкции, имеют большую надежность. Резьба – это совокупность выступов и впадин, формирующих винтовую линию на поверхности тела вращения. При нагружении осевая сила распределяется между витками резьбы неравномерно.

Ключевые слова. Резьба, профиль резьбы, шаг резьбы, витки резьбы, болт, гайка, силы, нагрузки.

1. Напряжение в резьбе при растяжении и изгибе

Резьбовые соединения различают по виду соединяемых деталей, по геометрии профиля резьбы, по конструкции головки болта и гайки.

Типовые резьбовые соединения показаны на рис. 1. Геометрия профиля резьбы представлена на рис. 2.

Метрическую (треугольную) резьбу применяют для крепежных неподвижных соединений, трапециевидную – для силовых стопорящих соединений, прямоугольную (ходовую) – для винтовых пар.

Форма гайки и головки болта влияет на распределение нагрузки по виткам резьбы, а также напряжений в галтели под головкой болта. Фактически, изменяя жесткость корпуса и элементов соединения, можно добиться более равномерного распределения нагрузки по виткам резьбы.

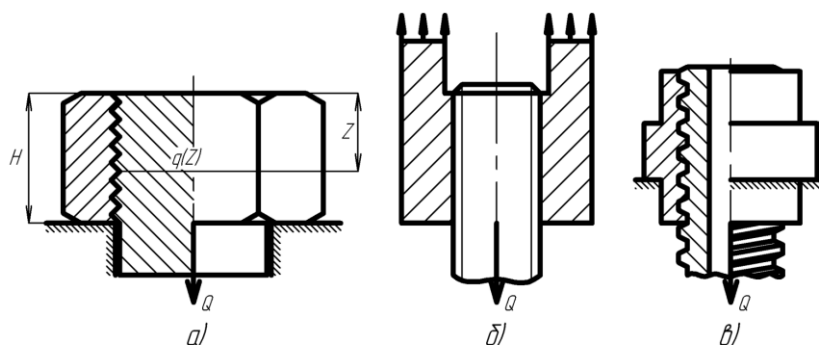


Рис. 1. Виды резьбовых соединений:
а – болт-гайка; б – шпилька-корпус (стяжка);
в – винтовая пара (ходовая)

Концентрация напряжений возникает во впадинах витков резьбы гайки и болта как эффект наложения общих напряжений в теле элемента и местного напряжения от контакта в нитке резьбы [4].

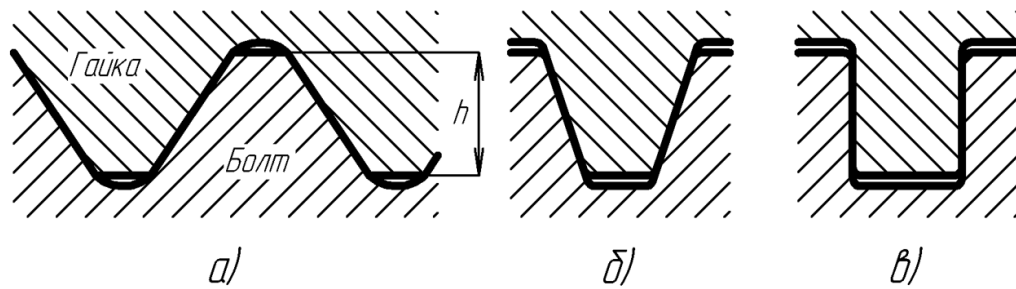


Рис. 2. Профиль резьбы:
a – треугольный, *б* – трапециевидный, *в* – прямоугольный

2. Распределение сил по виткам резьбы

Распределение нагрузки по виткам в соединении описывается уравнением (1), предложенным Н. Е. Жуковским:

$$Q_1 = \int_z^{z+t} q(z) dz, \quad (1)$$

где Q_1 – сила на виток;

z – осевая координата, отсчитываемая от начала зацепления резьбы по оси болта;

t – шаг резьбы;

$q(z)$ – интенсивность изменения осевой силы по длине резьбы:

– для соединения болт-гайка по формуле (2)

$$q(z) = \frac{Qm}{\text{sh}(m)H} \text{ch}(m)z, \quad (2)$$

– для соединения типа «стяжка» по формуле (3)

$$q(z) = \frac{Qm}{\beta \text{sh}(m)H} \left[\frac{\text{ch}(m)z}{E_\delta A_\delta} + \frac{\text{ch}(m)(H-z)}{E_r A_r} \right]. \quad (3)$$

Здесь Q – сила в соединении.

$$m = \sqrt{\frac{\beta}{\gamma}}, \quad \beta = \frac{1}{E_\sigma A_\sigma} + \frac{1}{E_r A_r}, \quad (4)$$

где E_σ и E_r – модули упругости соответственного болта и гайки;

A_δ и A_r – площади сечения болта и гайки;

γ – коэффициент податливости витков резьбы болта и гайки по формуле (5),

$$\gamma = \left(\frac{\lambda_\sigma^*}{E_\sigma} + \frac{\lambda_r^*}{E_r} \right) \frac{t^2}{f}, \quad (5)$$

где λ^* – коэффициент, характеризующий геометрию соединения;

f – площадь проекции боковой поверхности витка на плоскость поперечного сечения;

H – высота гайки;

t – шаг витков резьбы.

Характер распределения $q(z)$ по виткам в соединении болт-гайка для резьбы М24 показан на рис. 3, *a*; для стяжки – на рис. 3, *б* [2].

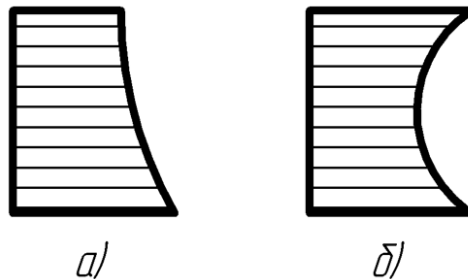


Рис. 3. Распределение сил по виткам резьбового соединения:
a – болт-гайка (М24); *б* – стяжка

Исследования распределения сил по виткам обычно выполняют методами малогабаритной тензометрии; объемной фотоупругости и методом вклеек.

Распределение сил Q_B по виткам (число витков в зацеплении $n = 3, 4, 5$) в отношении к силе Q в соединении представлено на рис. 4. Если болт стальной, а материал гайки варьировать, то отношение распределения сил по виткам Q_B/Q для первого витка дюралевой гайки существенно изменяется по сравнению со стальной гайкой более чем в 2 раза (рис. 4, в) [6].

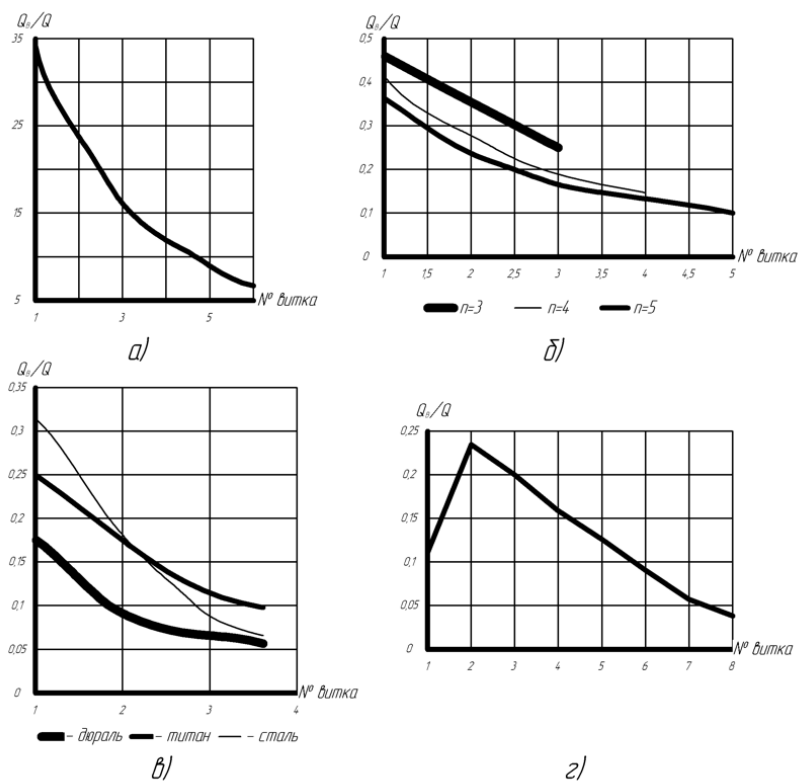


Рис. 4. Распределение сил по виткам резьбы:

a – в процентном отношении, *б* – в зависимости от числа витков. *в* – в зависимости от материала гайки при стальном болте, *г* – в винтовой паре

Однако на практике первый виток резьбы не является полным из-за подъема винтовой линии от плоскости торца; для первого витка доля нагрузки несколько уменьшается за счет его высокой податливости (рис. 4, г). Для зоны, где имеется опорная поверхность (рис. 3, а), этим уменьшением, пренебрегают.

Во многих случаях расчетными являются напряжения во впадинах второго витка, существенно зависящие от радиусов скругления впадины r . Это экспериментально доказано исследованиями ходового винта [4].

Библиографический список

1. Биргер, И. А. Резьбовые соединения / И. А. Биргер, Г. Б. Иосилевич. – Москва : Машиностроение, 1973. – 256 с.
2. Иосилевич, Г. Б. Расчет и проектирование резьбовых соединений / Г. Б. Иосилевич. – Москва : Машиностроение. 1983. – 40 с.
3. Якушев, А. И. Повышение прочности и надежности резьбовых соединений / А. И. Якушев, Р. Х. Мустаев, Р. Р. Мавлютов. – Москва : Машиностроение, 1979. – 215 с.

4. Мавлютов, Р. Р. Концентрация напряжений в элементах авиационных конструкций / Р. Р. Мавлютов. – Москва : Наука, 1981. – 141 с.
5. Экспериментальные исследования деформаций и напряжений в водородных энергетических реакторах / Под ред. Н. А. Махутова. – Москва : Наука, 1990. – 296 с.
6. Кожевников, В. Ф. Исследование напряжений состояния элементов винтового механизма методом фотоупругости / В. Ф. Кожевников // Вест. машиностроение, 1993. – 11–13 с.
7. БЕЗО № 67034, VI.

РАЗРАБОТКА ПЛАНА ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ

Савельева Александра Васильевна, студент
E-mail: alexandra.savelyeva.rnd@mail.ru

Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, РФ

Аннотация. В современном мире безопасность корпоративных сетей играет ключевую роль в защите данных и бесперебойной работе организаций. В последнее время наблюдается рост количества кибератак, утечек информации и вредоносных программ, поэтому перед компаниями ставится задача не только разрабатывать систему защиты корпоративной сети, но и поддерживать ее возможность непрерывно противостоять появляющимся угрозам. Автором были проанализированы современные угрозы информационной безопасности и была обоснована необходимость регулярных проверок и проактивного подхода к защите корпоративных сетей. На основании анализа известных механизмов обеспечения безопасности сети, а также нормативных документов и рекомендаций от регулирующих органов, автором статьи предлагается алгоритм, который может быть использован при составлении и реализации плана профилактических проверок для поддержания безопасности корпоративных сетей организаций. Представленный алгоритм профилактической проверки, включает подготовительный этап, аудит текущего состояния, тестирование на проникновение, устранение уязвимостей, обучение персонала и непрерывный мониторинг. Он может быть использован как основа при проведении и планировании мероприятий по повышению уровня защищенности корпоративных сетей и будет интересен специалистам по обеспечению сетевой безопасности и системным администраторам.

Ключевые слова. Корпоративная сеть, информационная безопасность, профилактическая проверка безопасности, система мониторинга, уязвимость, сетевая защита.

Обеспечение безопасности корпоративной сети представляет собой непрерывный процесс, требующий регулярного мониторинга, обновления защитных механизмов и обучения сотрудников. Отсутствие профилактических мер может привести к таким серьезным последствиям как утрата конфиденциальной информации, финансовые потери, остановка бизнес-процессов и, как следствие, может повлечь репутационные риски для компании [4].

Актуальность данной темы обусловлена тем, что профилактические проверки позволяют своевременно выявлять уязвимости, устранять их и снижать вероятность возникновения инцидентов способных повлиять на работу сети [4].

Целью данной статьи является анализ существующих методов защиты корпоративных сетей, с целью разработки алгоритма проведения профилактических мероприятий, который поможет минимизировать угрозы этим объектам.

Перед тем как перейти к описанию системы защиты и способов ее поддержания, необходимо определить, что понимается под безопасностью корпоративной сети. Под защищенной корпоративной сетью договоримся понимать сеть, которая удовлетворяет потребностям ее пользователей и при этом обеспечивает конфиденциальность, целостность и доступность передаваемой и хранимой в ней информации [2].

При составлении плана профилактических работ необходимо работать как с инструментами для оценки состояния сети на данный момент, так и уметь работать с уже используемыми средствами защиты. Все инструменты могут быть разделены на следующие группы: защита конечных точек, защита сетевой инфраструктуры, мониторинг угроз и управление инцидентами, профилактические инструменты, организационные инструменты.

В процессе работы с корпоративной сетью следует опираться на опыт международных регулирующих организаций, изложенный в стандартах и ГОСТах. Например, можно взять за основу следующие документы: ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2021 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования» и Методический документ ФСТЭК России от 2 мая 2024 года «Методика оценки показателя состояния технической защиты информации и обеспечения безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [1, 3]. Данные стандарты предоставляют рамочные рекомендации, и организация должна адаптировать периодичности и процесс проведения проверки под свои особенности.

Далее предпримем действия по созданию алгоритма проведения профилактической проверки безопасности сети. При его создании будем опираться на рекомендации регулирующих стандартов, упомянутых ранее [1, 3].

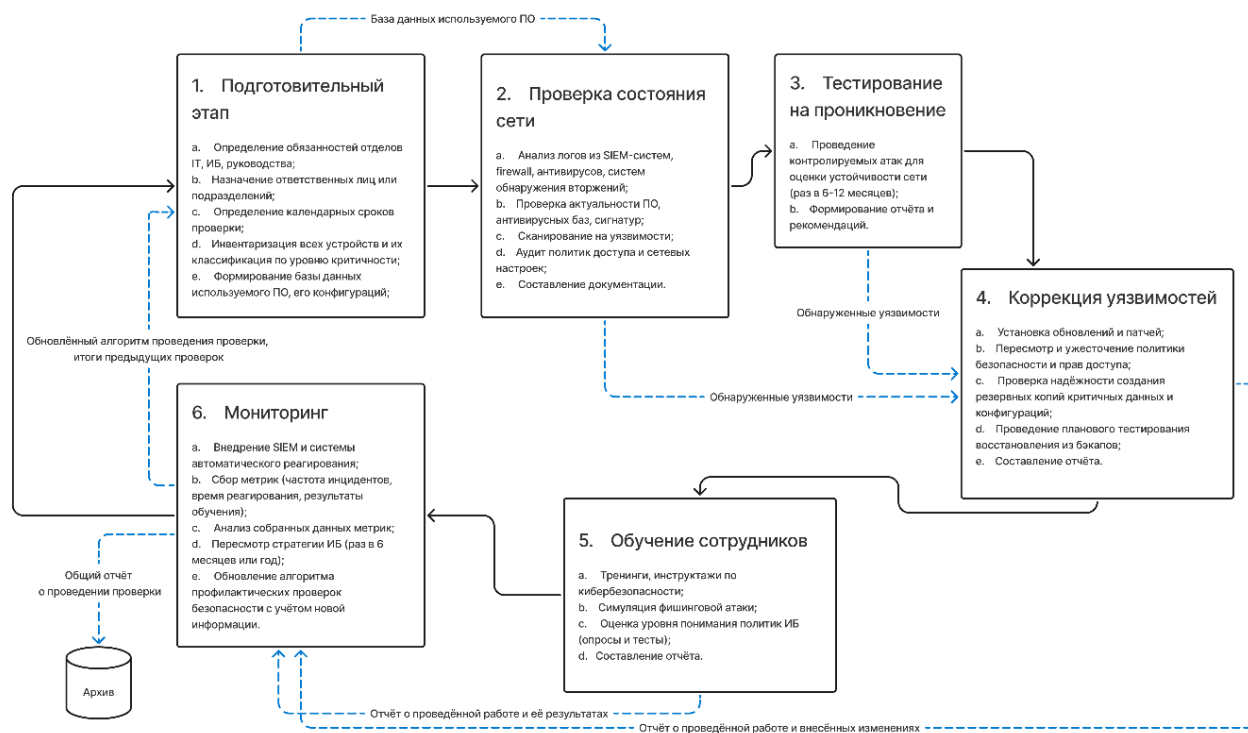


Рис. 1. Схема алгоритма проведения профилактических проверок безопасности корпоративной сети

Выделим основные этапы.

1. Подготовительный этап – включает в себя все организационные моменты, по окончании этого этапа утверждается план проведения проверки с закреплением за определенными работниками группы, проводящей проверку, их задач и сроков выполнения.

2. Проверка состояния сети – проверка логов, актуальности установленного программного обеспечения (ПО). На данном этапе используются специализированные инструменты для сканирования сети на уязвимости, после чего необходимо провести аудит политик доступа и сетевых настроек.

3. Тестирование на проникновение – это этап, на котором проводится оценка устойчивости сети к реальным векторам атак. Проводится как специалистами компании, так и посредством привлечения сторонних экспертов, имеющих сертификацию.

4. Коррекция уязвимостей – этап, цель которого устранение выявленных на предыдущих этапах уязвимостей и повышение уровня защищенности.

5. Обучение сотрудников – проведение тренингов и инструктажей сотрудников по основам кибербезопасности.

6. Мониторинг – это этап, обеспечивающий безопасность сети через непрерывное наблюдение и регулярную оценку эффективности принятых мер. Данный этап позволяет обеспечить динамичную и адаптивную к изменениям защиту корпоративной сети.

Описанный алгоритм более подробно представлен в виде схемы на рис. 1. Синими пунктирными стрелками отмечено как происходит обмен информацией между этапами, подписи к ним описывают примерный состав информации, которая должна быть передана. На этапе «Мониторинг» общий отчет о проведенной профилактической проверке отправляется в «Архив». Это означает, что отчет о проведении проверки должен быть сохранен как документация, подтверждающая ее проведение. Данный момент важен, т. к. документация может быть использована для планирования следующих проверок и может быть запрошена руководством или проверяющими органами.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что обеспечение безопасности корпоративной сети требует системного и проактивного подхода и представляет собой непрерывный процесс, включающий в себя оценку текущего состояния защищенности, устранение уязвимостей, повышение осведомленности персонала и постоянный мониторинг угроз. Применение комплексного подхода, основанного на международных стандартах и отечественных методиках, позволяет не только выявлять и устранять уязвимости, но и адаптировать систему защиты к новым угрозам. Предложенный алгоритм может служить универсальной основой для регулярных проверок и оценки текущего состояния защищенности корпоративной сети.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001–2021. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования. – Введ. 01.01.2022. – Москва : Стандартинформ, 2022. – 28 с.

2. Исаев, Д. Е. Разработка способов защиты корпоративных сетей связи на Северо-Кавказской железной дороге / Д. Е. Исаев // PROSPECTIVE RESEARCH SOLUTIONS : сборник статей III Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 18 января 2021 года. – Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2021. – С. 96–106.

3. Методика оценки показателя состояния технической защиты информации и обеспечения безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации [Текст] : метод. документ / ФСТЭК России. – Введ. 2024-05-02. – Москва, 2024. – 15 с.

4. Хасанов, А. И. Информационная безопасность в корпоративных сетях / А. И. Хасанов // Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Москва, 21 марта 2023 года. – Москва : Печатный цех, 2023. – С. 26–33.

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ СЕТЕВЫХ ПРОТОКОЛОВ И МЕТОДЫ ИХ БЕЗОПАСНОЙ НАСТРОЙКИ В КОРПОРАТИВНОЙ СРЕДЕ

Савин Александр Андреевич, студент
E-mail: savvaman2019@mail.ru

Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, РФ

Аннотация. В данной статье проведен комплексный анализ уязвимостей сетевых протоколов в корпоративных сетях. Уязвимости систематизированы и классифицированы согласно уровням модели *OSI*, при этом выявлены типовые угрозы, актуальные для каждого уровня, включая атаки перехвата трафика, нарушения целостности данных, *Dos/DDos*-атаки, а также эксплуатацию недостатков удаленного доступа и механизмов аутентификации. В работе подробно рассмотрена архитектура корпоративной сети с акцентом на сегментацию сети на специализированные зоны безопасности (внешняя сеть, демилитаризованная зона *DMZ* и внутренняя сеть), что позволило выявить наиболее критичные зоны риска и потенциальные направления атак. Предложен комплексный подход к безопасной конфигурации и настройке сетевых протоколов, сочетающий в себе организационные и технические мероприятия, такие как регулярный аудит и тестирование на проникновение, внедрение систем мониторинга и сканеров уязвимостей, сетевую сегментацию с разграничением прав доступа, использование безопасных протоколов и криптографических решений, своевременное обновление программного обеспечения, разработку планов реагирования на инциденты и непрерывное обучение персонала. Реализация данных рекомендаций позволит существенно повысить защищенность корпоративных сетей и минимизировать риски кибератак.

Ключевые слова. Уязвимости сетевых протоколов, корпоративная сеть, кибератаки, модель *OSI*, безопасная настройка, сегментация сети, кибербезопасность.

Введение

Современные корпоративные системы во многом зависят от сетевых протоколов, обеспечивающих передачу данных и взаимодействие между компонентами. Однако эти фундаментальные компоненты зачастую являются слабым звеном в системе безопасности, что создает риски для критически важной информации организации [1]. Особую опасность представляют атаки, эксплуатирующие слабости на разных уровнях модели *OSI* (модели взаимодействия открытых систем) [1, 2]. Для решения данной проблемы необходим комплексный подход к анализу уязвимостей и безопасной конфигурации протоколов [2, 3].

Актуальность темы обусловлена стремительным ростом кибератак, связанных с уязвимостями сетевых протоколов. Это приводит к утечкам конфиденциальной информации, несанкционированному доступу и финансовым потерям [3].

Целью данной работы является анализ уязвимостей сетевых протоколов, изучение типовых атак в корпоративных сетях и разработка комплексного подхода к безопасной настройке протоколов для минимизации рисков.

Основная часть

Сетевые протоколы составляют основу корпоративных информационных систем, однако имеющиеся уязвимости этих протоколов создают значительные риски для информационной безопасности. Важным этапом анализа и обеспечения безопасности является классификация уязвимостей в соответствии с уровнями модели *OSI*, что позволяет систематизировать уязвимости на каждом уровне и соотнести их с типовыми атаками. Каждый уровень несет определенные риски, и ранняя классификация выявленных проблем позволяет своевременно разрабатывать целенаправленные меры защиты.

Рассмотрим типичные уязвимости и угрозы на каждом уровне корпоративной сети [1, 5]

1. Физический. Отсутствие физической защиты кабелей, активные помехи, глушение сигналов.
2. Канальный. Атаки типа *VLAN Hopping*, спуфинг *MAC*-адресов, уязвимости беспроводных *WI-FI*-сетей.
3. Сетевой. Фрагментация *IP*-пакетов, спуфинг *IP*-адресов источника.
4. Транспортный уровень. Уязвимости протоколов транспортного уровня (*TCP* и *UDP*).
5. Сеансовый. Атаки типа *Man-in-the-Middle*, уязвимости в протоколах удаленного вызова процедур.
6. Представления. Ошибка реализации протоколов шифрования (например, *SSL/TLS*), атаки понижения уровня безопасности (*downgrade-attacks*).
7. Прикладной. Уязвимости приложений и сервисных протоколов, переполнение буфера в протоколах *SMB (Server Message Block)* или *RDP (Remote Desktop Protocol)*, отсутствие аутентификации команд в протоколах управления.

Уязвимости сетевых протоколов лежат в основе многих распространенных кибератак [1, 5]. Для анализа методов безопасной настройки проанализируем самые распространенные атаки и зоны риска в архитектуре корпоративной среды.

Перехват трафика и атаки «человек посередине» происходят из-за недостатков в защите канального и сетевого уровней. Это позволяет злоумышленнику незаметно перехватывать и изменять данные. Такие атаки особенно опасны в сетях, где передается секретная информация [2]. *Dos* и *DDoS* атаки могут приводить к отказу в обслуживании как отдельных узлов, так и целых сервисов. Эти атаки имеют классификацию по модели *OSI*, по механизму воздействия и по протоколам [2]. Атаки на протоколы удаленного доступа имеют риск несанкционированного доступа из-за неправильной конфигурации. Из этой уязвимости злоумышленники могут получить учетные данные и управлять оборудованием [1]. Эксплуатация уязвимостей сервисных протоколов могут приводить к масштабным инцидентам, т. к. ставит под угрозу целостность и конфиденциальность информации на файловых серверах [2]. Перечисленные угрозы показывают насколько разнообразны способы проведения атаки на корпоративные сети.

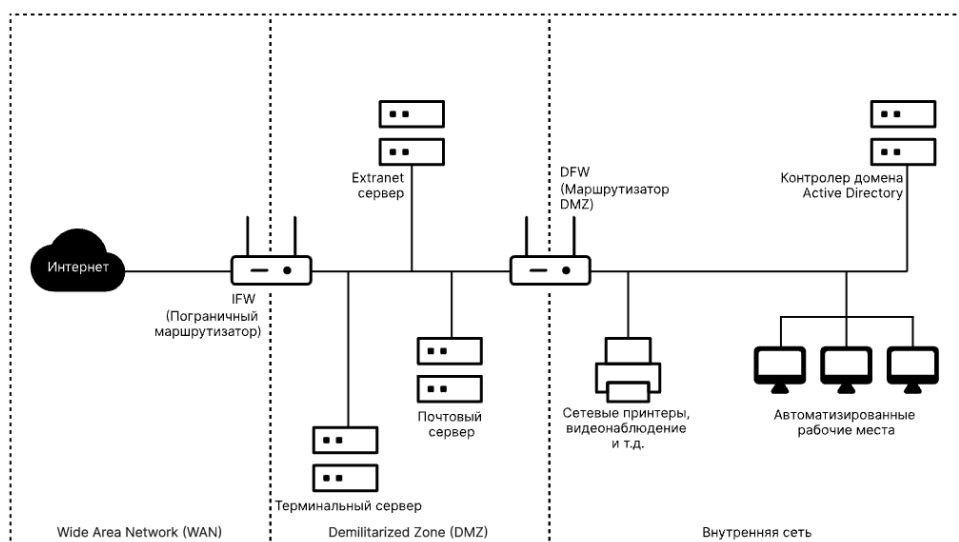


Рис. 1. Архитектура корпоративной сети с выделением зон риска

На рис. 1 описана типичная сегментация сети организации на зоны безопасности: внешняя (WAN), демилитаризованная (DMZ) и внутренняя сеть. В DMZ размещаются серверы, доступные из интернета, изолированные межсетевым экраном от внутренней сети. Внутри периметра находятся критически важные ресурсы для компании: базы данных, рабочие станции, файловые хранилища. Многоуровневая архитектура служит для разграничения доверенных сегментов сети [3, 4]. Внешняя зона имеет повышенный риск, т. к. именно из нее исходят потенциальные атаки. DMZ – промежуточная зона. Может подвергаться внешнему воздействию, потому серверы в ней должны быть изолированы от внутренней сети. Внутренняя зона содержит самые ценные данные и должна иметь строгое ограничение для внешнего доступа.

Для обеспечения безопасной настройки сетевых протоколов необходимо использовать комплексный подход, сочетающий в себе организационные и технические меры [1].

1. Регулярный аудит и тестирование на проникновение. Периодическая проверка конфигураций сетевых устройств, серверов, активных протоколов и пентесты позволяют обнаружить слабые места до того, как ими воспользуются реальные атакующие [5].

2. Использование сканеров уязвимостей и мониторинг трафика. Сканеры уязвимости позволяют проактивно обнаружить уязвимости в конфигурации сетевых протоколов, например, *Nmap* и *Nessus*, а мониторинг способен выявлять попытки эксплуатации уязвимостей по характерным сигнатурам или аномалиям в трафике [1, 5].

3. Сегментация сети и контроль доступа. Сегментация дает возможность локализовать инциденты по зонам. На практике это реализуется через правила *firewall*, фильтрацию трафика между зонами. Контроль доступа использует принцип минимальных привилегий и чаще всего используется для сервисов в DMZ.

4. Использование безопасных протоколов и шифрование. Постоянное обновление протоколов до соответствующих современным стандартам безопасности является один из принципов безопасной настройки. Для сервисов рекомендовано использование шифрования трафика и актуальных криптопротоколов [1, 2].

5. Управление обновлениями и патчами. Своевременное обновление программного обеспечения играет большую роль в обеспечении безопасной настройки [1].

6. Дополнительные меры и обучение персонала. Важно проводить регулярное повышение квалификации персонала и обновление документации по безопасности [5].

Применение таких мер в комплексе дает наилучший результат.

В рамках данной работы рассмотрены уязвимости сетевых протоколов в соответствии с уровнями модели *OSI* и выявлены наиболее распространенные угрозы. Рассмотрение архитектуры корпоративной сети показало, что сегментация на зоны безопасности и контроль доступа являются достаточно эффективными методами защиты. Для обеспечения комплексной безопасной настройки протоколов предложен комплекс мер, позволяющий значительно повысить уровень защищенности корпоративных сетей и снизить риски кибератак. Реализация данных рекомендаций может позволить создать устойчивую и безопасную инфраструктуру, способную противостоять современным угрозам.

Библиографический список

1. Алексеев, И. В. Классификация уязвимостей сетевых протоколов на основе спецификаций / И. В. Алексеев, П. Д. Зегжда // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2020. – № 1. – С. 24–32.
2. Грибанов, И. В. Анализ эффективности использования систем защиты от DDOS-атак в корпоративных сетях / И. В. Грибанов, Б. П. Борисов // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – 2023. – № 2. – С. 74–77.

3. Киргизбаев, С. П. Применение сканеров уязвимостей для обнаружения потенциальных угроз информации в корпоративной сети и анализа ее защищенности / С. П. Киргизбаев, В. П. Киргизбаев, А. А. Бутин // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2023. – № 4(20). – С. 17–31.

4. Никульченко, М. Ф. Анализ защищенности и обнаружения атак с помощью уязвимости протокола SMB / М. Ф. Никульченко, А. С. Исмагилова // Защита информации. Инсайд. – 2020. – № 5(95). – С. 52–56.

5. Середкин, С. П. Особенности защиты информации при удаленном доступе / С. П. Середкин, А. Д. Портнягин // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2021. – № 2(10). – С. 77–83.

МЕТОД КИНЕМАТИЧЕСКОГО ГРАФА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ТОЧЕК ПРИ ПЛОСКОМ ДВИЖЕНИИ

Тыжбир Павел Сергеевич, студент
Демина Елена Леонидовна, канд. физ.-мат. наук, доц.
Демин Сергей Евгеньевич, канд. физ.-мат. наук, доц.
E-mail: tyzhbirpavel@mail.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Используется описанный авторами ранее способ нахождения скоростей точек при плоском движении методом кинематического графа. Приведено сравнение предложенного метода расчета с методом, основанным на понятии мгновенного центра скоростей.

Ключевые слова. Плоское движение, скорость точки, мгновенный центр скоростей, кинематический граф, четырехзвенный механизм.

Ранее в работе [1] авторы, следуя [2, 3], описали аналитический способ нахождения скоростей точек при плоском движении, так называемый метод кинематических графов.

В настоящей работе предложенный способ применен для нахождения скоростей четырехзвенного механизма. В качестве сравнения результатов предложен классический расчет с использованием мгновенного центра скоростей (МЦС).

Пример. В указанном положении механизма (рис. 1) известна угловая скорость $\omega_{OA} = 3 \text{ с}^{-1}$ стержня OA . Найти угловые скорости всех звеньев механизма. $OA = 31 \text{ см}$, $BG = 31 \text{ см}$, $DG = 12 \text{ см}$, $AG = 31 \text{ см}$, $BC = 32 \text{ см}$.

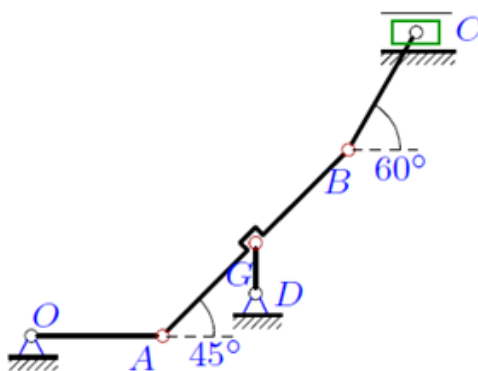


Рис. 1. Схема механизма

1. Метод кинематических графов

Составим кинематический граф:

$$O \xrightarrow[0]{1} A \xrightarrow[45]{2} G \xrightarrow[-90]{4} D.$$

Ему соответствует два уравнения:

$$V_{Dx} = V_{Ox} - OA \sin 0 \cdot \omega_1 - AG \sin 45 \cdot \omega_2 - GD \sin(-90) \cdot \omega_4,$$

$$V_{Dy} = V_{Oy} + OA \cos 0 \cdot \omega_1 + AG \cos 45 \cdot \omega_2 + GD \cos(-60) \cdot \omega_4,$$

что с учетом $V_{Ox} = V_{Oy} = 0$; $\omega_1 = 3$ эквивалентно системе уравнений:

$$\begin{cases} -31\frac{\sqrt{2}}{2}\omega_2 + 12\omega_4 = 0, \\ 31\frac{\sqrt{2}}{2}\omega_2 + 93 = 0, \end{cases} \quad \text{откуда } \omega_2 = -4,243 \text{ с}^{-1}; \omega_4 = -7,75 \text{ с}^{-1}.$$

Далее, составим кинематический граф:

$$O \xrightarrow[0]{1} A \xrightarrow[45]{2} B \xrightarrow[60]{3} C.$$

Ему соответствует два уравнения:

$$V_{Cx} = V_{Ox} - OA \sin 0 \cdot \omega_1 - AB \sin 45 \cdot \omega_2 - BC \sin 60 \cdot \omega_3,$$

$$V_{Cy} = V_{Oy} + OA \cos 0 \cdot \omega_1 + AB \cos 45 \cdot \omega_2 + BC \cos 60 \cdot \omega_3,$$

что с учетом $V_{Ox} = V_{Oy} = 0$; $V_{Cy} = 0$; $\omega_1 = 3$ эквивалентно системе уравнений:

$$\begin{cases} 62\frac{\sqrt{2}}{2}\omega_2 + 32\frac{\sqrt{3}}{2}\omega_3 + V_C = 0, \\ 62\frac{\sqrt{2}}{2}\omega_2 + 32\frac{1}{2}\omega_3 + 93 = 0, \end{cases} \quad \text{откуда } \omega_3 = 5,813 \text{ с}^{-1}; V_C = 24,9 \text{ см/с}.$$

2. Метод мгновенных центров скоростей (МЦС)

Рассмотрим звено AB (рис. 2).

Очевидно, что $V_A = \omega_{OA} OA = 93 \text{ см/с} \perp OA$ в сторону ω_{OA} .

Предполагая направление $\bar{V}_G \perp GD$, находим МЦС звена AB – т. P_2 .

$$\omega_{AB} = \frac{V_A}{AP_2} = \frac{V_A}{AG \sin 45} = 4,243 \text{ с}^{-1}.$$

Тогда $V_G = \omega_{AB} GP_2 = \omega_{AB} AG \sin 45 = 93 \text{ см/с} \perp GP_2$ в сторону ω_{AB} .

$$V_B = \omega_{AB} BP_2 = \omega_{AB} \sqrt{GP_2^2 + GB^2 - 2GP_2 \cdot GB \cos 135} = 207,98 \text{ см/с}.$$

$\bar{V}_B \perp BP_2$ в сторону ω_{AB} .

Рассмотрим звено GD :

$$\omega_{GD} = \frac{V_G}{GD} = 7,75 \text{ с}^{-1}.$$

Рассмотрим звено BC (рис. 3).

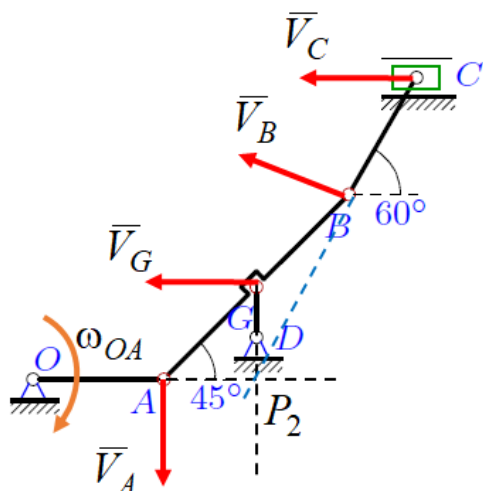


Рис. 2. Расчетная схема для звена AB

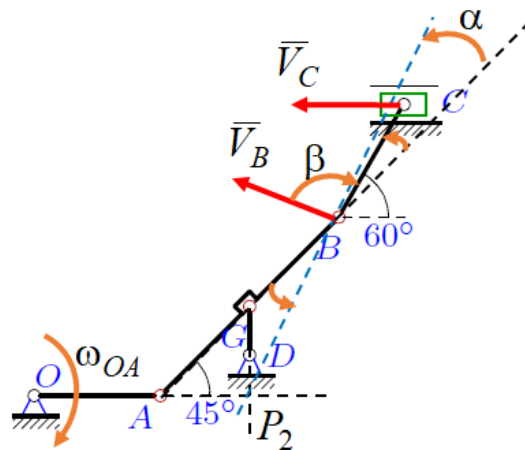


Рис. 3. Расчетная схема для звена BC

Предполагая направление \bar{V}_C влево, найдем ее значение по теореме о проекциях:

$$V_C \cos 60 = V_B \cos \beta,$$

где угол $\beta = 90 - (\alpha - 15^\circ)$, а угол α определяется из теоремы синусов для треугольника GP_2D : $\frac{GP_2}{\sin \alpha} = \frac{BP_2}{\sin 135}$, откуда $\alpha = 18,43^\circ$, и $\beta = 86,57^\circ$.

Таким образом, $V_C = 24,9 \text{ см/с}$, что совпадает с результатом, полученным выше методом кинематического графа.

Теперь можно определить и угловую скорость звена BC , но потребуются дополнительные геометрические построения, которые мы приводить не будем в силу их трудоемкости.

Сравнивая методы, заметим, что метод кинематического графа, имеющий простую формализацию, наиболее предпочтителен при расчете кинематических характеристик четырехзвенного механизма.

Библиографический список

1. Демин, С. Е. Определение скоростей при плоском движении методом кинематического графа / С. Е. Демин, Е. Л. Дёмина, И. Р. Тимеева, А. П. Гришечкин // В кн. Студент и наука: Актуальные вопросы современных исследований : Сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение». – 2023. – С. 10–15.
2. Новожилов, И. В. Типовые расчеты по теоретической механике на базе ЭВМ / И. В. Новожилов, М. Ф. Зацепин. – Москва : Высш. шк., 1986. – 136 с.
3. Кирсанов, М. Н. Решебник. Теоретическая механика / М. Н. Кирсанов. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 386 с.

МОДЕЛЬ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Харьковская Виктория Андреевна
E-mail: harkovskayavictoria@yandex.ru

Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, РФ

Аннотация. Информационная безопасность объектов транспортной инфраструктуры приобретает все большую значимость в условиях цифровизации, управления и внедрения автоматизированных систем. В данной статье проведен анализ угроз информационной безопасности, характерных для объектов транспортной инфраструктуры, и представлена обобщенная модель угроз. В рамках предложенной модели описаны такие компоненты, как информационные активы, потенциальные угрозы и их источники, уязвимости и возможные меры защиты данных информационных активов. Рассмотрены наиболее критичные системы, такие как управление движением, контроль доступа, внутренние сети и каналы связи. Автор обратил внимание на важность комплексного подхода к обеспечению безопасности, сочетающего в себе как технические решения, так и организационные меры. Предложенная модель может способствовать снижению рисков транспортных инцидентов и устойчивому функционированию транспортных систем в условиях роста киберугроз и может использоваться для повышения защищенности критически важных систем, а также при нормативном и практическом обеспечении устойчивости транспортных информационных систем к современным киберугрозам. Данная работа может служить основой для разработки политик информационной безопасности, проведения анализа рисков и проектирования архитектуры защищенных цифровых инфраструктур на объектах транспортной системы.

Ключевые слова. Информационная безопасность, транспортная безопасность, модель угроз, критическая инфраструктура, защита информации.

Введение

В условиях развития цифровых технологий транспортная инфраструктура все больше использует информационные системы и автоматизированные средства управления. Внедрение инноваций призвано улучшить качество жизни человека, однако с появлением новых технологий появляются также и новые риски в области безопасности. Нарушения могут привести не только к сбоям в работе данных систем, но также и к транспортным происшествиям, экономическим убыткам, и к угрозе жизни и здоровью людей.

Актуальность данной темы обусловлена необходимостью повышения надежности функционирования объектов транспортной инфраструктуры в условиях повышения загруженности транспортных магистралей, территориальных ограничений на использование отдельных видов транспорта, а также участвовавших инцидентов, связанных со стихийными бедствиями и террористической деятельностью [1].

Целью данной работы является построение модели угроз информационной безопасности для объекта транспортной инфраструктуры, учитывающей специфику информационных систем в данной сфере.

Основная часть

Защищенной информационной системой называется автоматизированная система, обеспечивающая конфиденциальность, целостность и доступность обрабатываемой информации [2]. В транспортной инфраструктуре такая система должна обеспечивать устойчивое

и безопасное функционирование критически важных процессов, предотвращать несанкционированный доступ, минимизировать риски сбоев и атак, а также удовлетворять требованиям законодательства в области защиты информации.

В состав объектов информационной инфраструктуры в транспортной отрасли входят аппаратные и программные компоненты, обеспечивающие сбор, обработку, передачу и хранение данных. Как правило, к ним относятся системы управления технологическими процессами, системы мониторинга, системы безопасности (видеонаблюдение, система контроля и управления доступом), а также телекоммуникационные и вычислительные средства. Взаимосвязь компонентов усиливает потребность в надежных механизмах обеспечения защиты информации.

Угрозы ИБ можно классифицировать по следующим признакам.

1. По источнику возникновения: внутренние, возникающие вследствие умышленных, а также непреднамеренных действий сотрудников или пользователей, имеющих доступ к информационной системе, и внешние, обусловленные вмешательством лиц, не имеющих доступа к информационной системе, а также воздействие природных и техногенных факторов.

2. По характеру воздействия: угрозы конфиденциальности, направленные на получение доступа к информации без разрешения со стороны владельца, угрозы целостности, связанные с несанкционированным изменением информации, угрозы доступности, предполагающие нарушение функционирования системы и невозможность получения доступа пользователей к информации и сервисам.

3. По степени воздействия: локальные, затрагивающие отдельные узлы или компоненты, и системные, охватывающие значительную часть или всю инфраструктуру.

Для построения модели угроз, представленной на рис. 1, необходимо определить негативные последствия, объекты воздействия, источники угроз, способы и сценарии их реализации [3]. Информационные системы, используемые на объектах транспортной инфраструктуры, могут быть отнесены к объектам критической информационной инфраструктуры [4]. Информационные активы транспортной отрасли попадают под действие требований Федерального закона № 16-ФЗ, направленных на предотвращение угроз транспортной безопасности [5].

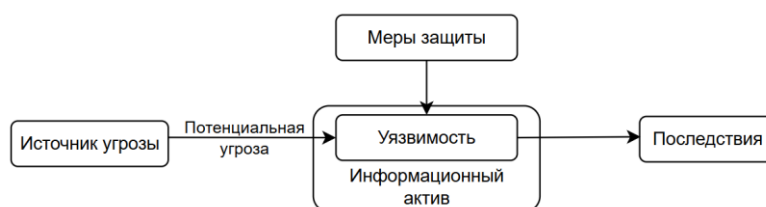


Рис. 1. Модель взаимодействия угроз и мер защиты в информационных активах

На рис. 1 представлена схема модели угроз объекта транспортной инфраструктуры. Основу данной модели представляют информационные активы, для каждого из которых идентифицируются потенциальные угрозы, обусловленные как внутренними, так и внешними источниками. При этом существенное значение отводится определению уязвимостей информационных систем.

В качестве информационных активов могут рассматриваться:

1. Система управления движением, для которой характерны такие уязвимости, как наличие открытых интерфейсов и устаревшее программное обеспечение. Данные недостатки создают условия для реализации атак злоумышленниками извне, в частности – внедрения вредоносного кода, последствиями которых могут являться нарушения процессов управления движением, что может привести к авариям и сбоям работы инфраструктуры.

2. Система видеонаблюдения из-за некорректных механизмов аутентификации или их отсутствия подвержена угрозе несанкционированного доступа со стороны сотрудников. Компрометация данной системы может привести к нарушению конфиденциальности информационной системы и утечке информации.

3. Билетно-платежная система при отсутствии шифрования данных может подвергнуться угрозе кражи персональных данных. Данная система обладает высокой чувствительностью к атакам с использованием социальной инженерии, влекущим материальный ущерб, что сигнализирует о нарушении нормативных требований в области защиты персональных данных.

4. Система контроля и управления доступом уязвима к подбору аутентификационных данных, что является следствием использования сотрудниками слабых паролей или утери физических идентификаторов. Наличие незащищенных устройств подвергает угрозе несанкционированного проникновения в охраняемые зоны сотрудниками, не имеющими прав доступа к объектам.

5. Система оповещения и табло подвержены риску распространения ложной информации вследствие использования уязвимых интерфейсов и недостаточной проверки данных. Атака может быть инициирована внешними и внутренними субъектами и может привести к дезинформации, нарушению порядка и сбоям в работе транспортного узла.

6. Внутренняя сеть и каналы связи представляют собой критически важный элемент цифровой инфраструктуры и часто содержат уязвимости, связанные с неправильной настройкой маршрутизаторов, использованием устаревших прошивок и недостаточным контролем сетевого трафика. Данные уязвимости могут быть использованы внешними злоумышленниками для атак на сеть и перехвата данных, что может привести к нарушению работы сервисов и утечке информации.

В целях снижения вероятности реализации описанных угроз и минимизации потенциального ущерба необходимо применение соответствующих мер защиты, к числу которых относятся: контроль и аудит доступа, регулярные обновления программного обеспечения, внедрение механизмов шифрования и двухфакторной аутентификации, контроль внешних устройств, сегментация сети, а также использование современных средств обнаружения и противодействия инцидентам информационной безопасности. Стоит отметить, что эффективное обеспечение безопасности требует комплексного подхода, сочетающего технические, организационные и программно-аппаратные меры, реализуемые в рамках единой системы управления информационными рисками.

В рамках данной статьи предложена модель угроз информационной безопасности объектов транспортной инфраструктуры, включающая в себя анализ уязвимостей, источников угроз, возможных последствий реализации данных угроз, а также соответствующих защитных мер. Представленная модель позволяет формализовать процессы оценки рисков и служит основой для проектирования эффективной системы обеспечения информационной безопасности объекта транспортной отрасли.

Библиографический список

1. Маколова, Л. В. Обеспечение комплексной безопасности транспортной деятельности с применением инновационных технологий / Л. В. Маколова, Я. Д. Вишняков, С. П. Вишнякова // Вестник Евразийской науки. – 2024. – Т. 16. – № 2. – 10 с.

2. Исаев, Д. Е. Разработка способов защиты корпоративных сетей связи на Северо-Кавказской железной дороге / Д. Е. Исаев // PROSPECTIVE RESEARCH SOLUTIONS : сборник статей III Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 18 января 2021 года. – Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2021. – С. 96–106.

3. Методика оценки угроз безопасности информации, утвержденная Федеральной службой по техническому и экспортному контролю России 5 февраля 2021 г. (методический документ). Москва, ФСТЭК России, 2021. – 83 с.

4. Федеральный закон от 26.07.2017 г. № 187-ФЗ (ред. от 10.07.2023) «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации», 2017. – № 31 (ч. I). – Ст. 4825.

5. Федеральный закон от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности». Собрание законодательства Российской Федерации, 2007. – № 7, ст. 799.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ НАГРЕВА УГОЛЬНОЙ ШИХТЫ В КАМЕРЕ КОКСОВАНИЯ

Черезов Ярослав Александрович, студент
Сидоров Олег Юрьевич, проф., д-р техн. наук
E-mail: sidorov-ou-62@yandex.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В работе предложена аналитическая математическая модель температурной динамики в камере коксования. Модель учитывает изменение температуры во времени и по ширине камеры коксования. Кроме того, учитываются различные физико-химические свойства материалов (угольная загрузка, огнеупорная кладка) по ширине камеры коксования. В качестве исходного используется дифференциальное уравнение в частных производных по времени и координате. Решение ищется в виде четного ряда Фурье, параметры которого определяются на основе краевых условий. Конечное решение содержит два безразмерных критерия: Био и Фурье. Результаты модельных вычислений правильно «отрабатывают» динамику температуры при увеличении времени нагрева угольной загрузки в камере коксования. Модель может быть применена для оценки эксплуатационных характеристик материалов коксовой печи, а также в качестве ее цифрового двойника.

Ключевые слова. Математическое моделирование, камера коксования, температурная динамика, аналитическое решение.

Введение

Распределение температуры по ширине камеры коксования существенно влияет на режим коксования. Например, быстрый нагрев может приводить к существенным термическим напряжениям в огнеупорной кладке и угольной загрузке. Кроме того, возможно слишком интенсивное выделение парогазовых продуктов коксования. Для количественного анализа этих явлений необходимы оценки температурной динамики нагрева камеры коксования [1, 2].

В работе предложена аналитическая математическая модель температурной динамики в камере коксования. Модель учитывает изменение температуры во времени и по ширине камеры коксования. Кроме того, учитываются различные физико-химические свойства материалов (угольная загрузка, огнеупорная кладка) по ширине камеры коксования.

Математическая модель

Предложенная математическая модель является обобщением модели, изложенной в источнике [3]. Рассмотрим расчет временной динамики температуры в системе, показанной на рис. 1.

Исходное дифференциальное уравнение, описывающее распределение температуры, имеет вид

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}.$$

Поскольку справа и слева от камеры коксования горит отопительный газ, можно считать задачу приблизительно симметричной. Это значит, что распределение температуры симметрично относительно вертикальной оси и искомая функция $T(x; \tau)$ должна быть четкой функцией координаты x .

$$T(x, \tau) = C e^{-ak^2\tau} \cdot \text{Cos}(kx). \quad (1)$$

В данном случае рассматриваются две зоны с различными физико-химическими свойствами.

1. Зона I – зона угольной загрузки
2. Зона II – зона огнеупорной кладки

В каждой из этих зон справедливо уравнение (1) с учетом различных значений C и k , которые определяются начальными и граничными условиями.

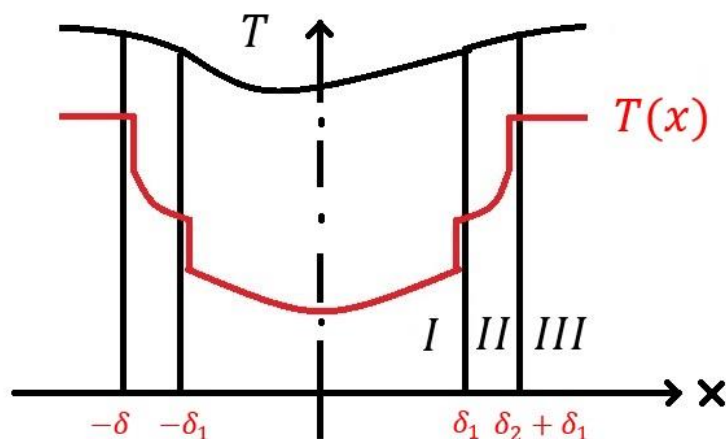


Рис. 1. Схема области моделирования:
I – угольная шихта, II – огнеупор, III – зона горения отопительного газа,
 δ_1 – полутолщина угольной загрузки, δ_2 – толщина огнеупорной кладки

Первоначально рассмотрим зону II ($\delta_1 \leq x \leq \delta$).

Введем избыточную температуру

$$\theta_2(x, \tau) = T_0 - T_2(x, \tau) \quad (2)$$

Здесь T_0 – температура в зоне горения отопительного газа (зона III) – полагается постоянной.

Найденное для зоны II решение имеет вид

$$\theta_2(x, \tau) = 2\theta_{H_2} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n} e^{-\mu_n^2 Fo_2} \cos(\mu_n X) \quad (3)$$

Температура в зоне II рассчитывается по формуле

$$T_2(x, \tau) = T_0 - \theta_2(x, \tau) \quad (4)$$

В формулах (3) и (4) приняты следующие обозначения: $\theta_{H_2} = T_0 - T_{H_2}$, T_{H_2} – начальная температура огнеупорной кладки; μ_n – корни уравнения $\text{ctg} \mu = \mu / Bi_2$; $Fo_2 = \frac{a_2 \tau}{\delta^2}$ – безразмерное время; a_2 – температуропроводность огнеупорной кладки; τ – время; $X = \frac{x}{\delta}$ – безразмерная координата; Bi_2 – критерий Био.

Для определения температуры в зоне I ($0 \leq x < \delta_1$) используем аналогичный подход.

В результате было получено уравнение

$$T_1(x, \tau) = T_2(\delta_1, \tau) - \theta_1(x, \tau), \quad (5)$$

где

$$\theta_1(x, \tau) = \sum_{m=1}^{\infty} 2\theta_{H_1} \frac{\sin \varepsilon_m}{\varepsilon_m + \sin \varepsilon_m \cos \varepsilon_m} e^{\varepsilon_m^2 Fo_1} \cos(\varepsilon_m \tilde{x}) \quad (6)$$

В формулах (5) и (6) приняты обозначения $\theta_{H_1} = T_0 - T_{H_1}$, T_{H_1} – начальная температура угольной загрузки; ε_m – корни уравнения $\text{ctg}(\varepsilon) = \frac{\varepsilon}{Bi_1}$; $Fo_1 = \frac{a_1 \tau}{\delta_1^2}$ – безразмерное

время; a_1 – температуропроводность угольной загрузки; $\tilde{x} = \frac{x}{\delta_1}$ – безразмерная координата; Bi_1 – критерий Био.

Безразмерное время должно быть согласовано для зон I и II

$$Fo_1 = \frac{a_1 \tau}{\delta_1^2} \cdot \frac{Fo_2 \cdot \delta^2}{a_2} = Fo_2 \cdot \frac{a_1}{a_2} \cdot \frac{\delta^2}{\delta_1^2}$$

Результаты

Вычисления для типовой камеры коксования объемом 21,6 м³ были выполнены в среде *Mathcad*. Результаты вычислений температуры для разных моментов времени показаны на рис. 2, 3. На рис. 2 приведены результаты расчетов распределения температуры через 1 час после начала нагрева, а на рис. 3 – через 8 часов.

Приведенные на рис. 2 и 3 результаты позволяют наблюдать, как меняется температура в угольной кладке ($0 < x < 0,2$) и в огнеупорной кладке ($0,2 < x < 0,5$) при увеличении времени нагрева: температура повышается стремясь к T_0 .

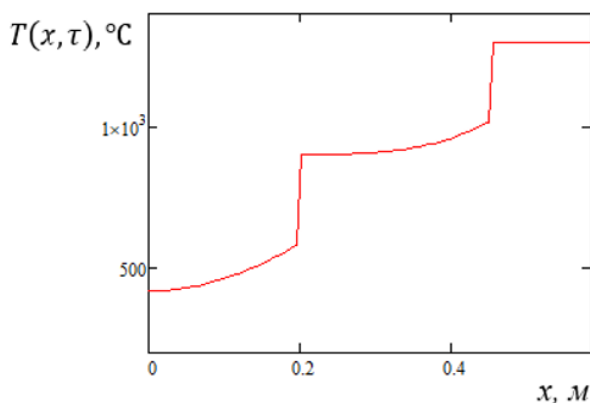


Рис. 2. Результаты расчета распределения температуры по сечению камеры коксования через 1 час после начала нагрева

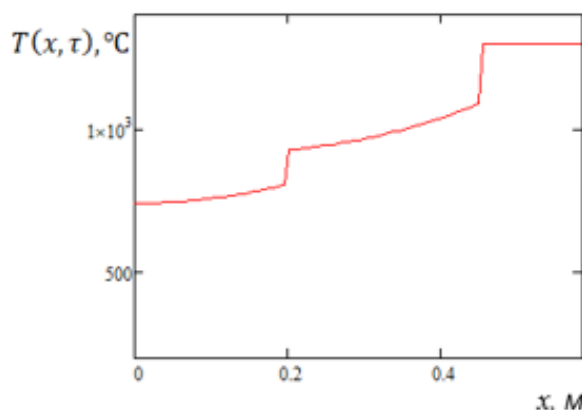


Рис. 3. Результаты расчета распределения температуры по сечению камеры коксования через 8 часов после начала нагрева

Выводы

1. Построена аналитическая математическая модель температурной динамики в камере коксования, учитывающая различные физико-химические свойства угольной загрузки и огнеупорной кладки.
2. Полученное решение правильно «отрабатывает» динамику температуры при увеличении времени нагрева.

Библиографический список

1. Девятов, С. А. Основные физические и математические модели в расчетах на прочность / С. А. Девятов, А. В. Карасёв, Е. П. Степанова. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2004. – 67 с.
2. Кауфман, А. А. Теория и практика современных процессов коксования / А. А. Кауфман, В. Д. Глянченко. – ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. – 61 с.
3. Арутюнов, В. А. Металлургическая теплотехника / В. А. Арутюнов, Б. И. Миткалинный, С. Б. Старк ; под ред. д-ра техн. наук, проф. М. А. Глинкова. – Т. 1. Теоретические основы. Топливо и огнеупоры. – 1974. – 672 с.

ОЦЕНКА ТЕРМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОГНЕУПОРНОЙ КЛАДКЕ КАМЕРЫ КОКСОВАНИЯ

Черезов Ярослав Александрович, студент,
Сидоров Олег Юрьевич, проф., д-р техн. наук
E-mail: sidorov-ou-62@yandex.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В работе рассмотрена модель расчета термических напряжений в огнеупорной кладке коксовой печи. Для расчета используется одномерная модель распределения термических напряжений по толщине огнеупорной стенки. Для проведения вычислений необходимы знания распределения температуры в огнеупорной кладке, для чего использовалась аналитическая модель температурной динамики. На примере динаса показано, что модуль упругости динаса должен находиться вблизи значения $0,18 \cdot 10^5$ МПа. В этом случае термические напряжения не приводят к разрушению огнеупорного материала. Рассмотренная методика позволяет определить эксплуатационные требования к огнеупорным материалам, применяемым в коксовых печах.

Ключевые слова. Термические напряжения, камера коксования, огнеупорная кладка.

Введение

Огнеупорные изделия для стен отопительных каналов коксовых печей с одной стороны испытывают значительные термические напряжения от факела горения отопительных газов. На другой стороне, обращенной внутрь камеры коксования, огнеупорные изделия испытывают значительные нагрузки от воздействия давления распираия, напряжения на изгиб и резких циклических колебаний температуры, вызывающих большие термические напряжения. Воздействие этих факторов приводит к образованию трещин и разрушению кладки теплопередающих стенок отопительных каналов [1].

Снижение технического состояния огнеупорной кладки приводит к снижению качества кокса, повышению затрат на ремонты, разгерметизации кладки и выбросу в атмосферу вредных веществ. Поэтому поддержание высокого уровня технического состояния огнеупорной кладки коксовых печей на протяжении эксплуатации, а также разработка мероприятий и средств повышения ее долговечности и ремонтпригодности является одной из наиболее актуальных проблем коксохимических производств. Для этого необходимо провести расчет термических напряжений в огнеупорной кладке [2].

Математическая модель

Для определения напряжений в огнеупорном слое будем рассматривать огнеупорную стенку в виде плоской многослойной стенки [3]. Считаем, что температура меняется только по толщине огнеупора $T = T(x, t)$, т. е. температурное поле нестационарное и зависит лишь от координаты x . В этих условиях компоненты напряжения будут иметь вид

$$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \sigma(x), \sigma_{zz} = \sigma_{xz} = \sigma_{yz} = \sigma_{zy} = 0$$

В этом случае компоненты распределение термических напряжений по толщине огнеупорной стенки может быть рассчитано на основе дифференциального напряжения [4]:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[\sigma(x, \tau) + \frac{\alpha \cdot E}{1 - \nu} T(x, \tau) \right] = 0 \quad (1)$$

где E – модуль упругости.

Найденное в [4] решение уравнения (1) имеет вид

$$\sigma(x, \tau) = \frac{\alpha \cdot E}{1 - \nu} \left[\frac{1}{\delta_2} \int_{\delta_1}^{\delta_1 + \delta_2} T(x, \tau) dx - T(x, \tau) \right] \quad (2)$$

Для расчета термических напряжений по формуле (2) необходимо знать закон распределения температуры по толщине огнеупорной кладки, которая была разработана ранее.

Результаты

Расчет температурных напряжений будем вести по формуле (2). Исходные данные при определении напряжений для огнеупорной кладки из динаса: термический коэффициент линейного расширения $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$; коэффициент Пуассона находится в интервале $\nu = 0,25\text{--}0,30$ [5]; толщина слоя $\delta = 250 \text{ мм}$; время разогрева 17 часов [6]. Точное значение модуля упругости динаса найти в справочных затруднительно. Однако, согласно [5] он может находиться в интервале $E = 0,1 \cdot 10^5\text{--}1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Вычисления были проведены в среде *Mathcad*.

Проведем вычисления термических напряжений для граничных значений модуля упругости E . Далее определим пороговое значение модуля упругости, при превышении которого термические напряжения превышают предел прочности огнеупора из динаса.

На рис. 1 показаны результаты вычислений термических напряжений для двух значений модуля упругости $E = 0,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ и $E = 1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

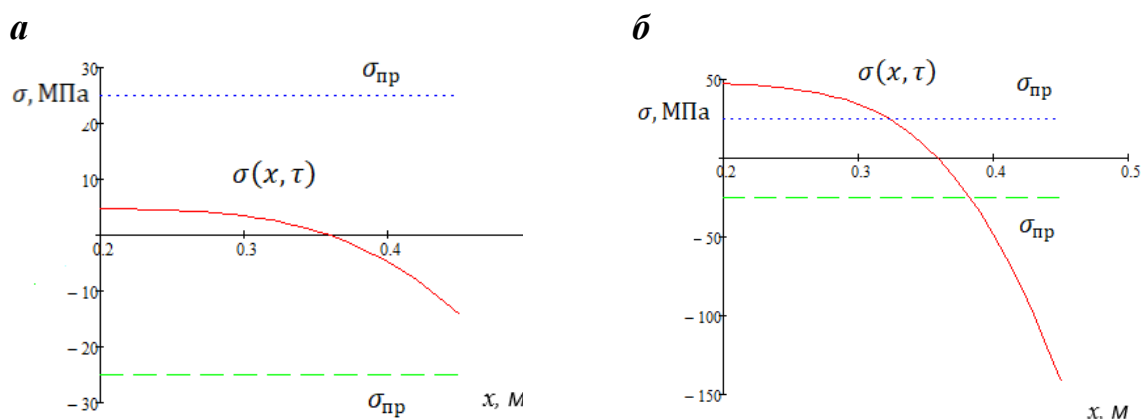
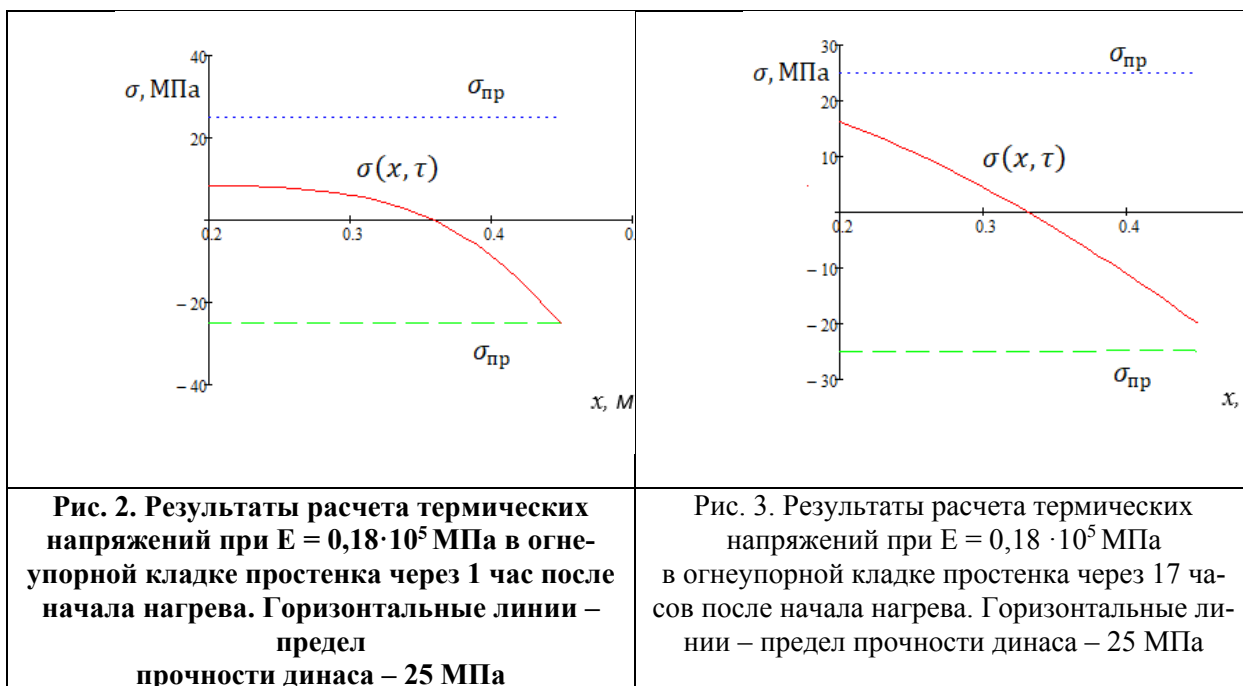


Рис. 1. Результаты расчета термических напряжений в огнеупорной кладке простенка через 1 час после начала нагрева для двух значений модуля упругости $E = 0,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ (а) и $E = 1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ (б). Горизонтальные линии – предел прочности динаса – 25 МПа

Из данных, приведенных на рис. 1 следует, что для значения модуля упругости $E = 1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ термические напряжения превышают предел прочности. Найдем пороговое значение модуля упругости, при превышении которого термические напряжения превышают предел прочности огнеупора из динаса. Подбором было найдено значение $E_{п} = 0,18 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, при котором термические напряжения не превышают предел прочности.

Ниже приведены результаты вычислений термических напряжений в огнеупорной кладке камеры коксования для моментов времени 8 и 17 часов после начала нагрева угольной загрузки с целью проверки непревышения термических напряжений над пределом прочности.



Результаты вычислений, приведенные на рис. 2, 3, показывают, что термические напряжения не превышают термических напряжений над пределом прочности.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- Наибольшие термические напряжения наблюдаются в первый час нагрева камеры коксования.
- Огнеупоры из динаса должны иметь модуль упругости выше $0,18 \cdot 10^5$ МПа и предел прочности не ниже 25 МПа.

Библиографический список

1. Козьмина, В. В. Тепловые процессы коксования / В. В. Козьмина, Т. Е. Никитина. – Москва : Metallurgy, 1987. – 184 с.
2. Зублев, Д. Г. Пути увеличения срока службы коксовых батарей / Д. Г. Зублев, В. Д. Барский, Н. Л. Гуревина // Кокс и химия. – 2013. – № 3. – С. 25–31.
3. Девятов, С. А. Основные физические и математические модели в расчетах на прочность / С. А. Девятов, А. В. Карасёв, Е. П. Степанова. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2004. – 67 с.
4. Инновационный пат. № 21807 РК. Способ термомеханических испытаний материалов и устройство для его осуществления, опубл. 15.10.2009 / Приходько Е. В., Никифоров А. С., Шанов И. В. – 4 с. – Бюл. № 10.
5. Папко, Л. Ф. Огнеупоры для стекловаренных печей : пособие для студентов специальности 1-480101 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» специализации «Технология стекла и ситаллов», «Технология эмалей и защитных покрытий» / Л. Ф. Папко, Ю. Г. Павлюкевич. – Минск : БГТУ, 2008. – 100 с.
6. Приходько, Е. В. Определение надежности работы высокотемпературных агрегатов / Е. В. Приходько, А. С. Никифоров // Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности : сборник докладов II Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург : УрФУ, 2018. – С. 144–148.

**МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА,
ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ,
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ С ОПТИЧЕСКИМ ДАТЧИКОМ НА ОСНОВЕ ARDUINO UNO

Барщевский¹ Станислав, ученик
Куликов² Павел, ученик
Павлов³ Роман Владимирович, преподаватель
E-mail: stas.barshevsky@gmail.com

1 – школа № 20

2 – школа № 11

3 – Рыбинский государственный авиационный технический университет
г. Рыбинск, РФ

Аннотация. Современные технологии активно внедряются в различные сферы жизни, включая образование и робототехнику. В данной статье представлен проект по созданию мобильного робота с оптическим датчиком на основе микроконтроллера *Arduino Uno*. Робот способен автономно перемещаться по заданной траектории, используя оптические датчики для распознавания линии. В работе подробно рассмотрены этапы разработки: от изучения теоретических основ микроконтроллеров и программирования до сборки и тестирования готового устройства. Особое внимание уделено принципам работы оптического датчика, управлению моторами через плату расширения *Motor Shield* и написанию программы для обработки сигналов. Проект демонстрирует возможность применения простых и доступных компонентов для создания функциональных роботизированных систем, что делает его актуальным для образовательных целей и начальных этапов изучения робототехники.

Ключевые слова. Робот, *Arduino Uno*, оптический датчик, микроконтроллер, программирование, моторы, траектория.

Введение

Современные тенденции развития робототехники демонстрируют возрастающий интерес к автономным мобильным системам. Данный проект направлен на создание прототипа такого устройства с использованием широкодоступных компонентов. Актуальность работы обусловлена необходимостью развития практических навыков в области программирования микроконтроллеров и роботостроения среди учащихся.

Основной целью проекта явилась разработка мобильного робота, способного:

- автономно перемещаться по заданной траектории
- обрабатывать сигналы от оптических датчиков
- принимать решения о направлении движения
- демонстрировать устойчивую работу на различных поверхностях

Методы и материалы

Основными компонентами проекта являются:

- плата *Arduino Uno*;
- оптические датчики для распознавания линии;
- плата расширения *Motor Shield* для управления моторами;
- коллекторные моторы.

Программа для робота была написана в среде *Arduino IDE* на языке C++. Алгоритм работы включает обработку сигналов от датчиков и управление моторами для движения по линии.

Схема работы робота представлена на рис. 1.

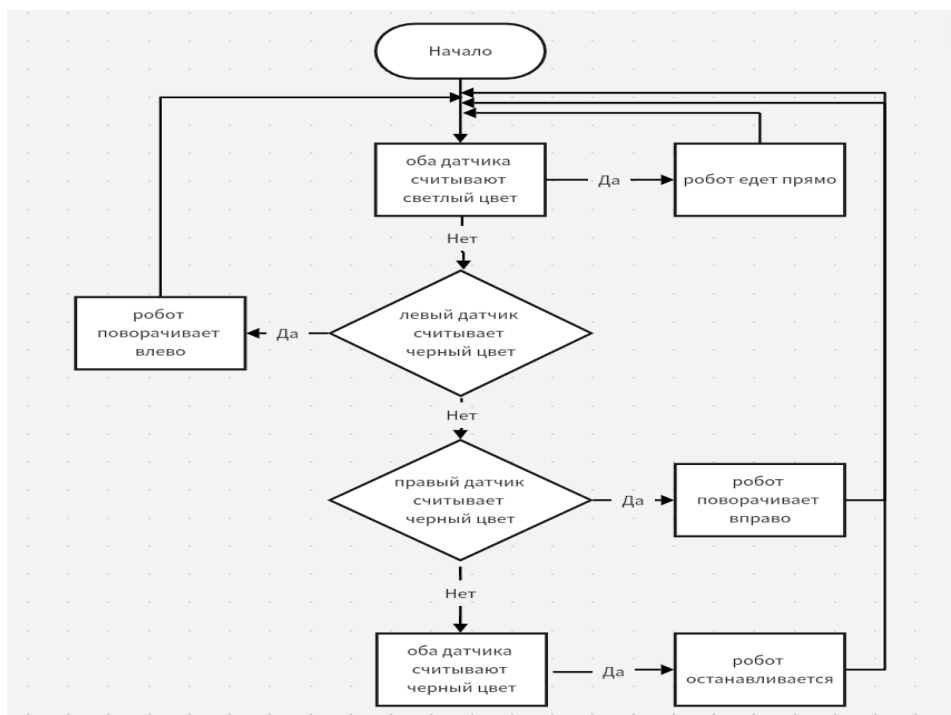


Рис. 1. Схема работы робота

Результаты

В результате проекта был создан функциональный робот, успешно следующий по черной линии. Тестирование показало, что устройство корректно реагирует на изменения траектории и выполняет повороты в соответствии с алгоритмом. На рис. 1 представлен итоговый вид робота.

Заключение

Проект продемонстрировал возможность использования *Arduino Uno* и доступных компонентов для создания мобильных роботов. Разработанное устройство может быть применено в образовательных целях для изучения основ робототехники и программирования. Перспективы работы включают усложнение алгоритмов и добавление новых датчиков для расширения функциональности робота.

Библиографический список

1. Arduino официальный сайт. – URL: <https://www.arduino.cc/>
2. Робототехника для начинающих / под ред. И. П. Иванова. – Москва : Техносфера, 2023. – 200 с.
3. Датчики в робототехнике: принципы и применение / А. Н. Петров. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2022. – 150 с.
4. Программирование микроконтроллеров для начинающих / С. К. Смирнов. – Екатеринбург : УрФУ, 2024. – 180 с.

КООРДИНАТНЫЙ СПОСОБ НАХОЖДЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕТЫРЕХЗВЕННИКА

Дёмина Елена Леонидовна, канд. физ.-мат. наук, доц.

Демин Сергей Евгеньевич, канд. физ.-мат. наук, доц.

E-mail: demin-se@yandex.ru

НТИ (филиал) УрФУ

г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. Предлагается в курсе «Математика» при обсуждении применения аппарата векторной алгебры для решения механических задач использовать теорему о трех скоростях и трех ускорениях для расчета кинематических характеристик четырехзвенника. Предложенная формализация нахождения скоростей и ускорений позволяет студентам использовать алгоритм при решении возникающих перед ними задач в проектном обучении.

Ключевые слова. Векторы, длина вектора, плоское движение, четырехзвенник, скорость и ускорение точки, манипулятор, уравнение трех скоростей, уравнение трех ускорений.

В последнее время с развитием проектного обучения на первый план выходят исследовательские проекты, представляющие собой научно-исследовательскую работу, которая начинается с определения понятийного аппарата.

Так для студентов, обучающихся по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», необходимы уже в первом семестре обучения теоретические знания и техника определения скоростей точек манипуляторов. А эти знания излагаются в курсах «Математика» и «Теоретическая механика», нередко разнесенных в учебном плане по разным семестрам.

В данной статье авторы предлагают уже в первом семестре обучения при изучении раздела «Векторная алгебра» курса «Математика» дать простую формализацию нахождения скоростей и ускорений точек четырехзвенника, результаты которой студенты могут использовать в проектном обучении при решении возникающих перед ними задач.

Суть метода состоит в следующем [1].

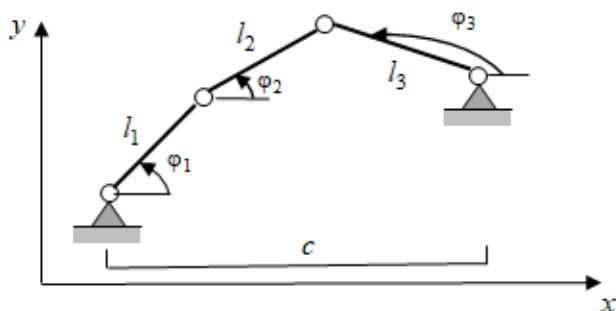


Рис. 1.

Выразим для приведенного на рис. 1 четырехгранника горизонтальный размер c через длины его звеньев:

$$l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 - l_3 \cos \varphi_3 = 0.$$

Дифференцируя по времени, имеем

$$-l_1 \sin \varphi_1 \cdot \omega_1 - l_2 \sin \varphi_2 \cdot \omega_2 + l_3 \sin \varphi_3 \cdot \omega_3 = 0.$$

Так как $l_1 \sin \varphi_1 = y_2 - y_1$; $l_2 \sin \varphi_2 = y_3 - y_2$; $l_3 \sin \varphi_3 = y_3 - y_4$; то отсюда следует,

что

$$\omega_1(y_2 - y_1) + \omega_2(y_3 - y_2) + \omega_3(y_4 - y_3) = 0. \quad (1)$$

Аналогично, выражая вертикальный размер механизма, получим

$$\omega_1(x_2 - x_1) + \omega_2(x_3 - x_2) + \omega_3(x_4 - x_3) = 0. \quad (2)$$

Дифференцируя (1) и (2) еще раз, получим уравнения для трех угловых ускорений:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1(x_2 - x_1) + \varepsilon_2(x_3 - x_2) + \varepsilon_3(x_4 - x_3) - \\ - \omega_1^2(y_2 - y_1) - \omega_2^2(y_3 - y_2) - \omega_3^2(y_4 - y_3) = 0; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_1(y_2 - y_1) + \varepsilon_2(y_3 - y_2) + \varepsilon_3(y_4 - y_3) + \\ + \omega_1^2(x_2 - x_1) + \omega_2^2(x_3 - x_2) + \omega_3^2(x_4 - x_3) = 0; \end{aligned} \quad (4)$$

Обычно в задачах задается угловая скорость ω и угловое ускорение ε одного звена, поэтому система уравнений (1) и (2) позволяет определить угловые скорости, а уравнения (3) и (4) – угловые ускорения остальных звеньев четырехгранника, не используя понятия мгновенного центра скоростей (МЦС) и мгновенного центра ускорений (МЦУ).

В качестве примера рассмотрим следующую демонстрационную задачу.

Для приведенного на рис. 2 четырехзвенника найти угловые скорости и ускорения звеньев AB и BC , если кривошип OA вращается равномерно с угловой скоростью $\omega_{OA} = 2c^{-1}$; и $OA = 3\sqrt{2}$ см; $AB = 2$ см; $BC = 1$ см; $\alpha = 45^\circ$.

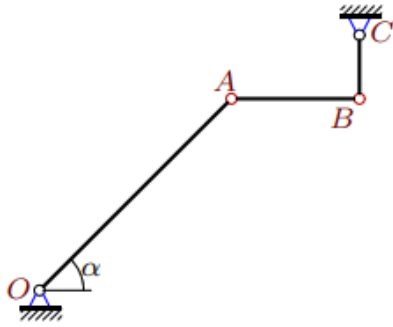


Рис. 2

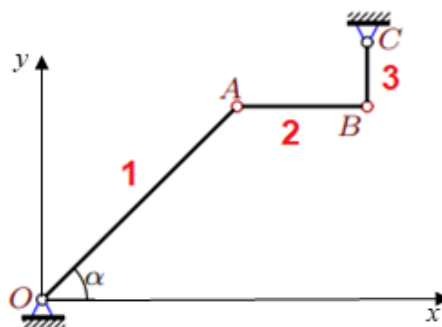


Рис. 3

Вводим систему координат (рис.3), нумеруем стержни и определяем координаты шарниров (в сантиметрах):

$$x_1 = 0; y_1 = 0; x_2 = 3; y_2 = 3; x_3 = 5; y_3 = 3; x_4 = 5; y_4 = 4.$$

Записываем уравнения трех угловых скоростей:

$$\begin{cases} 3\omega_1 + 2\omega_2 = 0; \\ 3\omega_1 + \omega_3 = 0; \end{cases} \text{ откуда с учетом } \omega_1 \equiv \omega_{OA} = 2c^{-1} \text{ находим } \begin{cases} \omega_2 = -3c^{-1}; \\ \omega_3 = -6c^{-1}. \end{cases}$$

Записываем уравнения трех угловых ускорений с учетом полученных значений угловых скоростей стержней и условия $\varepsilon_1 \equiv \varepsilon_{OA} = 0$:

$$\begin{cases} 0 + 2\varepsilon_2 - 4 \cdot 3 - 36 \cdot 1 = 0; \\ 0 - \varepsilon_3 + 4 \cdot 3 + 9 \cdot 2 = 0; \end{cases} \text{ откуда } \begin{cases} \varepsilon_2 = 24c^{-2}; \\ \varepsilon_3 = 30c^{-2}. \end{cases}$$

Использование приведенного метода позволит студентам уже в первом семестре обучения изучать кинематику не только простого четырехзвенника, но и более сложных манипуляторов, разбивая их на систему четырехзвенников.

Библиографический список

1. Кирсанов, М. Н. Теоретическая механика / М. Н. Кирсанов. – Москва ;Физматлит, 2002. – 384 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В IOT. СРАВНЕНИЕ ПОПУЛЯРНЫХ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Пепельшев Дмитрий Игоревич, ст. преподаватель
Воробьев Данил Алексеевич, студент
Кулагина Екатерина Сергеевна, студент
E-mail: dmitry.pepelyshev@urfu.ru

НТИ (филиал) УрФУ
г. Нижний Тагил, РФ

Аннотация. В условиях активного развития технологий интернета вещей (*Internet of Things, IoT*) и промышленной цифровизации особую важность приобретает вопрос рационального выбора протоколов передачи данных. В данной статье представлен детальный анализ трех широко применяемых протоколов – *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)*, *HyperText Transfer Protocol (HTTP)* и *Short Message Service (SMS)* – с оценкой их экономической целесообразности и технической эффективности для различных сценариев использования. Результаты исследования показывают, что протокол *MQTT* по большинству параметров, включая энергопотребление, скорость передачи данных и эксплуатационные расходы, существенно превосходит *HTTP*. Это делает *MQTT* предпочтительным выбором для большинства *IoT*-приложений. В ситуациях, когда отсутствует стабильное интернет-подключение, что характерно для удаленных промышленных объектов и систем экстренного оповещения, наиболее надежным решением остается использование *SMS*-сообщений, несмотря на их относительно высокую стоимость. В статье приводится комплексный анализ технико-экономических характеристик протоколов и экономических затрат на передачу данных. Результаты исследования имеют практическое значение для широкого круга специалистов, работающих в области интернета вещей и промышленной автоматизации, т. к. имеют обоснованный подход к выбору оптимальных решений для развертывания *IoT*-систем.

Ключевые слова. Оптимизация, *IoT*-протоколы, *MQTT*, *HTTP*, *SMS*, промышленный интернет вещей.

Четвертая промышленная революция (*Industry 4.0*) коренным образом изменила подходы к сбору и обработке данных. Сегодня миллионы подключенных устройств – от промышленных датчиков до умных счетчиков – непрерывно генерируют и передают информацию, создавая потребность в эффективной передаче данных [1].

В данной статье проводится детальный сравнительный анализ трех наиболее распространенных протоколов передачи данных: *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)*, *Hypertext Transfer Protocol (HTTP)* и *Short Message Service (SMS)*. Актуальность работы обусловлена стремительным развитием *IoT*-решений (*Internet of Things* решений) в различных отраслях человеческой жизни [1].

Учитывая разнообразие условий эксплуатации *IoT*-устройств и специфические требования различных отраслей, понимание особенностей каждого протокола передачи данных становится ключевым фактором при проектировании эффективных решений. Далее будут рассмотрены основные характеристики и принципы работы протоколов.

MQTT представляет собой сетевой протокол, реализующий модель взаимодействия «ведущий–ведомый» поверх *TCP/IP*. Протокол подходит для организации связи в небольших распределенных *IoT*-системах. Его ключевые преимущества – асинхронная работа, компактный размер сообщений и устойчивость к нестабильным соединениям [2].

HTTP – стандартный протокол передачи данных в интернете, основанный на клиент-серверном взаимодействии. Основные преимущества *HTTP* включают простоту интеграции, поддержку различных типов данных и совместимость с веб-инфраструктурой [3]. Протокол широко применяется для загрузки веб-страниц, работы *REST API* и облачных сервисов, в *IoT HTTP* используется реже из-за высоких расходов.

SMS представляет собой технологию передачи коротких текстовых сообщений через сотовые сети *GSM* (*Global System for Mobile communications*). Несмотря на развитие современных технологий, *SMS* продолжает играть важную роль в *IoT* для аварийных оповещений и работы в условиях отсутствия интернета [4].

Рассмотренные протоколы демонстрируют разные подходы к передаче данных. Для наглядного сравнения их ключевых характеристик составлена табл. 1.

Таблица 1

Сравнение протоколов передачи данных

Характеристика	<i>MQTT</i>	<i>HTTP</i>	<i>SMS</i>
Размер сообщения	До 256 МБ	Не ограничен	До 160 символов
Энергопотребление	Низкое	Высокое	Среднее
Требования к соединению	Требуется интернет	Требуется интернет	<i>GSM</i> -покрытие
Скорость передачи данных	Высокая	Высокая	Низкая
Стоимость передачи данных	Низкая	Средняя	Высокая
Оптимальные сценарии использования	Частые небольшие сообщения	Интеграция с веб-сервисами	Критически важные оповещения

Практическая часть исследования проведена на примере Свердловской области, где высокая концентрация промышленных предприятий создает спрос на экономичные *IoT*-решения. В табл. 2 представлен сравнительный анализ стоимости передачи данных по тарифам местных операторов связи.

Таблица 2

Сравнение тарифов для передачи данных в Свердловской области

Характеристика	МТС	Билайн	Tele2	Мегафон	Мотив
Тариф	Для устройств	Для умных девайсов	Интернет для вещей	Тариф 2 Гб	Для очень умных вещей
Абонентская плата за 1 месяц	250 руб.	180 руб.	100 руб.	200 руб.	100 руб.
Кол-во SMS в пакете на 1 месяц	100 смс	100 смс	100 смс	100 смс	100 смс
Стоимость одной SMS в рамках тарифа	2,50 руб.	1,80 руб.	1,00 руб.	2,00 руб.	1,00 руб.
Стоимость одной SMS на номера домашнего региона	2,00 руб.	2,50 руб.	1,95 руб.	3,00 руб.	2,50 руб.
Объем трафика в пакете за 1 месяц	2 Гб	2 Гб	300 Мб	2 Гб	Безлимит
Стоимость одного Мб в рамках тарифа	0,12207031 руб.	0,08789063 руб.	0,33333333 руб.	0,09765625 руб.	—
Стоимость одного Мб при подключении доп. пакета интернета	0,0922852 руб.	0,0585938 руб.	0,4000000 руб.	0,0830078 руб.	0,0585938 руб.
Ссылка на карту покрытия оператора	https://clck.ru/3LgUAo	https://clck.ru/3LgUEm	https://clck.ru/3LgUJg	https://clck.ru/3LgUVu	https://clck.ru/3LgUb3

На основании представленных в табл. 1 и 2 характеристик протоколов и тарифных планов операторов проведен расчет стоимости передачи данных для типового *IoT*-устройства в условиях Свердловской области. Общее количество передач в месяц рассчитывается по формуле 1.

$$N = \left(\frac{1 \text{ час}}{\text{Интервал передачи данных}} * 24 \text{ час} \right) * 30 \text{ дней} \quad (1)$$

В качестве примера рассмотрен датчик, передающий 150 символов каждую минуту.

$$N = (60 \text{ мин}/1 \text{ мин} * 24 \text{ час}) * 30 \text{ дней}$$

Из расчетов получаем общий объем данных, равный 43200 передачам в месяц.

Далее по формуле 2 рассчитана стоимость передачи данных для протоколов *MQTT* и *HTTP*, по формуле 3 – для *SMS*.

$$S = \text{Размер 1 пакета} * N * \text{Цена 1 МБ} \quad (2)$$

$$S = \text{Абонентская плата} + (N - \text{Включенные в тариф SMS}) * \text{Цена 1 SMS} \quad (3)$$

Размер 1 пакета данных для *MQTT* составляет 233 байта, для *HTTP* – 494 байта, следовательно, размер пакета для *HTTP* на 53 % больше. Расчет стоимости для протоколов *MQTT* и *HTTP* выполнен для оператора Билайн, т. к. в нем самая дешевая стоимость 1 Мб интернета.

Расчет для протокола *MQTT*:

$$S = (233 \text{ байта} * 43200) / 1024^2 * 0,088 \text{ руб.}$$

Расчет для протокола *HTTP*:

$$S = (494 \text{ байта} * 43200) / 1024^2 * 0,088 \text{ руб.}$$

Расчет показал, что стоимость передачи данных по протоколу *MQTT* для оператора Билайн составляет 0,8 рублей в месяц, для протокола *HTTP* – 1,8 рублей в месяц.

Следует учитывать, что рассматриваемый пример имеет небольшой объем данных и большую частоту отправки данных, при изменении данных параметров разница в стоимости использования протоколов *MQTT* будет значительной.

Расчет стоимости *SMS* проведен для оператора Tele2, т. к. в нем *SMS* имеют минимальную стоимость:

$$S = 100 \text{ руб.} + (43200 - 100 \text{ SMS}) * 1,95 \text{ руб.}$$

Расчет показал, что стоимость передачи данных по *SMS* для оператора Tele2 составляет 84145 рублей в месяц.

Сравнительный анализ стоимости передачи данных выявил абсолютное преимущество *MQTT* перед *HTTP* и *SMS* в *IoT*-системах. При равной полезной нагрузке *SMS* оказываются намного дороже интернет-протоколов из-за фиксированной стоимости каждого сообщения. Таким образом, для массового *IoT*-мониторинга оптимален *MQTT*, *SMS* следует использовать ограниченно: только для критически важных оповещений в условиях отсутствия интернет-покрытия.

Библиографический список

1. Кобылина, Е. В. Четвертая промышленная революция и ее последствия / Е. В. Кобылина, А. П. Карамышева, Е. П. Карамышева // Молодежь в научном поиске. – 2020. – С. 135–139.
2. Мудрый, Р. А. Инновационные технологии: теория, инструменты, практика / Р. А. Мудрый, А. В. Гаврилов // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика Учредители: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – 2021. – Т. 1. – С. 176–182.
3. Петин, В. А. Новые возможности ARDUINO, ESP, RASPBERRY Pi в проектах IoT. – БХВ-Петербург, 2021.
4. Мухамедрахимова, Г. И. Обзор и анализ актуальных проблем в системе удаленного мониторинга / Г. И. Мухамедрахимова, Т. Н. Халимова // Энигма. – 2020. – № 21–3. – С. 70–82.

МЕТОД РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕННИКОВ ГАЗ-ЖИДКОСТЬ, ПОЗВОЛЯЮЩИЙ РАССЧИТАТЬ РАЗМЕРЫ И АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПОТОКУ ГАЗА В ТЕПЛООБМЕННИКЕ

Сивков¹ Егор Алексеевич,
Прохасько¹ Сергей Александрович,
Ситников¹ Игнат Ильич,
Орёл¹ Андрей Сергеевич – студенты
Карелова¹ Рия Александровна, преподаватель
Дубских² Павел Олегович, гл. инженер ТЭЦ
E-mail: proshazko.sergey@gmail.com

1 – НТИ (филиал) УрФУ

2 – АО «ЕВРАЗ НТМК»

Аннотация. В данной статье описывается метод расчета кожухотрубного теплообменника: площади теплообмена, длины и количества труб, диаметра кожуха.

Ключевые слова. Метод расчета, расчет теплообменников, газ, аэродинамическое сопротивление, теплообменник.

Научное издание

МОЛОДЕЖЬ И НАУКА

Материалы XXI международной научно-практической конференции
старшеклассников, студентов и аспирантов

ТОМ 1

Допущено к публикации 17.06.2025

Электронный формат – *pdf*

Объем – 14,84 уч.-изд. л.

Ресурсный информационно-образовательный центр
622031, г. Нижний Тагил, ул. Красногвардейская, 59

Опубликовано на информационном сайте НТИ (филиала) УрФУ

<http://nti.urfu.ru>