

МОЛОДЁЖНЫЙ ВЕСТНИК ИрГТУ

СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ

<http://mvestnik.istu.irk.ru/>

Том 15 № 1 2025



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание

Том 15 № 1 2025

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание

Том 15 № 1 2025

Редакционная коллегия

Пешков В.В., д.э.н., профессор, директор Института архитектуры, строительства и дизайна, советник РААСН, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия) – главный редактор

Члены редколлегии:

Большаков А.Г., д.а., профессор, заведующий кафедрой архитектурного проектирования, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Евстафьев С.Н., д.х.н., профессор, заведующий кафедрой химии и биотехнологии им. В.В. Тутуриной, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Зайдес С.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры материаловедения, сварочных и аддитивных технологий, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Калашников М.П., д.т.н., профессор, декан строительного факультета, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления (Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия)

Кикучи М., доктор наук (экология), инженер департамента городского и регионального планирования, Токийская ассоциация парков (Токио, Япония)

Кузнецов Н.К., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой конструирования и стандартизации в машиностроении, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Лобацкая Р.М., д.г.-м.н., профессор, заведующая кафедрой ювелирного дизайна и технологий, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Матвеева М.В., д.э.н., профессор кафедры экспертизы и управления недвижимостью, советник РААСН, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Наумов И.В., д.и.н., профессор кафедры истории и философии, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Никаноров А.В., к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Петров А.В., д.т.н., профессор Института информационных технологий и анализа данных, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Пэлжээгийн Отгонбаяр, д.т.н., профессор, профессор Архитектурно-строительной школы, Монгольский университет науки и технологии (Улан-Батор, Монголия)

Пахаруков А.А., к.ю.н., доцент, заведующий кафедрой юриспруденции, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Сколубович Ю.Л., д.т.н., профессор, ректор, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Новосибирск, Россия)

Струк Е.Н., д.филос.н., заведующая кафедрой социологии и психологии, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Фань Фэн, профессор, советник ректора, Харбинский политехнический университет, заместитель исполнительного директора Ассоциации технических университетов России и Китая (Харбин, Китай)

Федотов А.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Харинский А.В., д.и.н., профессор, научный руководитель научно-исследовательской лаборатории археологии, палеоэкологии и систем жизнедеятельности народов Северной Азии, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Ходжа Э., профессор геoinформационных систем и моделирования, факультет геологии и горного дела, Политехнический университет Тираны (Тирана, Албания)

Чупин В.Р., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой городского строительства и хозяйства, советник РААСН, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия)

Яськова Н.Ю., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой инвестиционно-строительного бизнеса, Институт отраслевого менеджмента РАНХиГС (Москва, Россия)

В сетевом издании публикуются статьи по техническим, естественным, гуманитарным, социально-экономическим и общественным наукам

Сетевое издание основано в 2011 году
Периодичность издания – ежеквартально

Сведения о сетевом издании можно найти на сайте:
<http://mvestnik.pfu/>

Сетевое издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации Эл № ФС77-84389 от 26 декабря 2022 г.

Сетевое издание имеет свободный доступ к публикациям; включено в Научную электронную библиотеку (eLIBRARY.RU) для создания Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

Учредитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»)

Издатель ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»

Адрес учредителя, издателя:
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Адрес редакции:
664074, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 83, ауд. И-022,
e-mail: mvestnik@istu.edu

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание

Том 15 № 1 2025

Уважаемые читатели!

**Предлагаем вашему вниманию очередной выпуск сетевого издания
«Молодежный вестник ИрГТУ»**

«Молодежный вестник ИрГТУ» – это сетевое издание (выходит ежеквартально), на страницах которого отражаются основные результаты научно-исследовательских работ ученых, докторантов, аспирантов, студентов вузов и научно-исследовательских институтов не только Восточно-Сибирского региона, но и других регионов России.

Приглашаем вас к активному творческому сотрудничеству по научным направлениям:

- Машиностроение
- Электроника, фотоника, приборостроение и связь
- Информационные технологии и телекоммуникации
- Энергетика и электротехника
- Транспортные системы
- Строительство и архитектура
- Исторические науки
- Философия
- Филология
- Экономика
- Психология
- Педагогика
- Социология
- Право
- Науки о Земле и окружающей среде
- Недропользование и горные науки
- Химические технологии, науки о материалах, металлургия

Редколлегия

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание
Том 15 № 1 2025

СОДЕРЖАНИЕ

МАШИНОСТРОЕНИЕ

- Зайков В.Д., Зайков Е.Д., Стрельников А.Н.** Исследование водостойкости консистентных смазок на основе анализа изменения электрического сопротивления 6
- Кузнецов Н.К., Корсунова А.С., Харьковский Д.И.** Определение коэффициента перекрытия зацепления в эвольвентной зубчатой передаче 13

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

- Кульпин А.А., Метальников С.А., Плесовских Э.А.** Перспективы использования нейронных сетей в программировании станков с числовым программным управлением 17
- Садомцев Д.Д.** Motion-design процессы создания анимационных роликов и особенности в работе 3D-художника 23
- Уваров В.А., Григорьев С.В.** Обучение нейронной модели для создания игрового искусственного интеллекта на основе компьютерного зрения 28

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- Власов А.А., Степанчук В.П.** Классификации интеллектуальных энергетических сетей 37
- Вовсеенко А.С., Вовсеенко Е.А.** Оптимальное использование мощностей при реконструкции гидроэлектростанции 50
- Пионкевич В.А., Власенко Е.В.** Моделирование электропривода в современных системах электроснабжения 56

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

- Демидов Н.В., Волчек Т.В.** Организация высокоскоростного железнодорожного движения в России 61

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

- Корчиго С.В., Белых Д.К., Никишина О.В.** Цифровизация управления строительством с использованием BIM-технологий: преимущества и проблемы внедрения 66
- Рыжиков И.Н., Апанович Я.А.** Сравнительный анализ влияния длины пролета и геометрии поперечного сечения на собственные колебания трубопровода системы водоснабжения 71
- Черныгов А.В., Черепанова О.В.** Сравнение производства лего-кирпича на станках различного типа 77

ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Ткачев В.В.** Восприятие жителями произведений искусства в процессе участия в событиях художественной жизни Байкальской Сибири второй половины XIX века 83

ФИЛОСОФИЯ

- Апончук И.И., Файзрахманова А.Р.** Некоторые размышления о мироздании в помощь студентам, изучающим философию 90

ФИЛОЛОГИЯ

- Зашкола Д.А.** Трудности перевода сленга в современных китайских романах на русский язык 97
- Луппов С.И., Андреев А.П., Лукин Д.Э., Богинская О.А.** Лексические маркеры оценки в научных статьях по химии (англ.) 102
- Маргоева М.А.** Проблематика художественного перевода. Сравнение переводов стихотворения «Выхожу один я на дорогу» М.Ю. Лермонтова на разные языки 110

ЭКОНОМИКА

- Стояновски С., Литвинова О.В.** Анализ влияния стоимости строительных материалов на стоимость квадратного метра жилой недвижимости 116
- Хохлова Г.И., Попова И.О., Шавяряновский П.Г.** Бюджетно-налоговая политика региона: основные тенденции и приоритеты в современных условиях 121

ПЕДАГОГИКА

- Васёнкин А.В., Куриганова М.А.** Формирование критического и системного мышления у студентов посредством изучения одноименной дисциплины 127
- Малыхин А.В., Буяев С.А.** Сравнение модельных характеристик спортсменов высокого класса 134
- Падузова Н.С., Шишлянникова О.А.** Анализ Олимпийских игр последних лет: успехи, проблемы и перспективы для российских спортсменов 143

ПРАВО

- Горбунов А.А., Михайлов А.И., Виноградов П.А., Гусева И.А.** Распространение фейковых данных с помощью искусственного интеллекта 147

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГОРНЫЕ НАУКИ

- Перельгин И.В., Болотнев А.Ю.** Влияние коррозии на железобетонные конструкции при ведении подземных горных работ 153

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ

- Антипьева Ю.Р., Петрова Д.С., Подгорбунская Т.А.** Сравнение физико-химических свойств моторных масел 158
- Медюшко А.С., Кузьмин М.П.** Анализ причин и особенностей трещинообразования горячекатаной алюминиевой ленты 163
- Нумбиев Ч.Б., Губанов Н.Д.** Моделирование колонны вакуумной перегонки мазута 175
- Шишкова В.А., Логинова Ю.В., Немыкина О.В.** Исследование кислотности молочных продуктов методом потенциометрического титрования 180

Исследование водостойкости консистентных смазок на основе анализа изменения электрического сопротивления

© В.Д. Зайков, Е.Д. Зайков, А.Н. Стрельников

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Пластичная смазка (или консистентная смазка) – это смазочный материал, представляющий собой загущенное базовое масло. Ее задача заключается в том, чтобы удерживаться на поверхностях трущихся деталей, обеспечивая им защиту от механического износа, коррозии и перегрева. Защита от коррозии может быть достигнута только за счет водоотталкивающих свойств смазки. В данной статье представлен альтернативный метод тестирования для измерения водостойких свойств пластичных смазок. Он заключается в экспериментальном исследовании водостойкости консистентных смазок. Исследование заключается в фиксации падения электрического сопротивления цепи, состоящей из металлических пластин, предварительно смазанных в консистентной смазке и погруженных в воду. Применен математический аппарат аппроксимации степенной линией тренда для анализа скорости разрушения смазочного слоя. Предложенная методика позволяет получить количественную оценку водостойкости пластичной смазки, что делает ее более информативной по сравнению со стандартными методами DIN 51 807 и SKF-Emcor (DIN 51 802). В статье представлены результаты эксперимента в виде графиков изменения сопротивления, а также интерпретация полученных данных. Также была предложена классификация водостойкости на четыре класса по полученным результатам рассмотренных образцов консистентных смазок.

Ключевые слова: водостойкость, смазка, электрическое сопротивление, загрязнение водой, стандарт

Study of water resistance of greases based on the analysis of electrical resistance changes

© Vladimir D. Zaykov, Evgeniy D. Zaykov, Alexander N. Strelnikov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Lubricating grease is a lubricating material consisting of a thickened lubricating liquid. Its main function is to adhere to the surfaces of frictional components, providing protection against mechanical wear, corrosion, and overheating. Corrosion protection can only be achieved through the water-repellent properties of the grease. The article presents an alternative testing method for measuring the water resistance properties of greases. The method is based on an experimental study of grease water resistance by recording the drop in electrical resistance in a circuit composed of metal plates pre-coated with grease and immersed in water. A mathematical approximation using a power trend line was applied to analyze the rate of grease layer degradation. The proposed methodology provides a quantitative assessment of grease water resistance, making it more informative compared to standard methods such as DIN 51 807 and SKF-Emcor (DIN 51 802). The article includes experimental results in the form of resistance variation graphs, as well as an interpretation of the obtained data. Additionally, a classification of water resistance into four categories was proposed based on the results of the examined grease samples.

Keywords: water resistance, grease, electrical resistance, water contamination, standard

Введение

Смазка представляет собой сложное вещество, состоящее из масла, загустителей и присадок [1]. В зависимости от класса по стандартам Национального института смазочных материалов (NLGI), содержание загустителей может варьироваться от 3 % до 30 %, с добавками до 10 %, а оставшуюся часть составляют масла в соотношениях, необходимых для достижения заданных показателей вязкости [2].

Даже при этих преимуществах состава эксплуатационные свойства смазки могут ухудшаться при длительном воздействии воды [3–5]. Таким образом, свойства водостойкости являются важным фактором при выборе смазки [8].

Смазка, которая впитывает и удерживает воду в матрице загустителя, со временем будет высвобождать ее при многократных сдвиговых нагрузках на подшипник. Это свободное содержание воды может проникать в дорожки

качения подшипников и микротрещины, образующиеся при высоком давлении [4]. К тому же это вызывает множество типов повреждений, таких как коррозия [9], эрозия [10], микропиттинг, водородное изнашивание и образование льда при низких температурах.

Кроме того, присутствие воды в смазке может приводить как к увеличению, так и к уменьшению предела текучести, снижению адгезионных и когезионных свойств, ускоренному образованию кислот, что приводит к вспышечной испаряемости, эрозионному износу и водородному выщелачиванию из-за гидролиза [10], увеличению износа подшипника и другим проблемам. Учитывая эти важные последствия для эксплуатационных характеристик смазки в присутствии воды, свойства водостойкости приобретают первостепенное значение при выборе смазки.

Существуют несколько нетехнических методов, таких как визуальная инспекция, тесты на статическое и динамическое поглощение воды и др. для оценки производительности смазок в присутствии воды. Ниже приведены детали стандартов American Society for Testing and Materials (ASTM):

– DIN 51807-1 (сопротивление смазки воздействию воды) – это статический тест на водостойкость, где тонкая полоска смазки на стеклянной полоске погружается в пробирку с водой и нагревается в течение 3 ч при температуре 40 °C или 90 °C; после нагрева стеклянная полоска визуально осматривается, а оценка проводится на основе шкалы, установленной в стандарте (0 = отсутствие изменений, 3 = значительные изменения), этот метод является качественным;

– ISO 11009:2000/ASTM D1264 (стандартный метод определения смывания смазки водой) оценивает способность смазки сопротивляться смыванию водой с подшипника, работающего на ~600 об/мин при температуре 38 и 79 °C; стандарт отмечает, что этот тест не подходит для смазок с высоколетучими компонентами;

– ASTM D4049 (стандартный метод определения устойчивости смазки к распылению воды) оценивает способность смазки прилипать к поверхности при воздействии струи воды; этот метод предполагает корреляцию между условиями теста и распылением воды

на подшипниковых шейках прокатных станов;

– ASTM D8022 (тест на устойчивость смазки в присутствии воды) оценивает стабильность смазки в роликовом аппарате при воздействии воды при низких сдвиговых нагрузках и температуре 20–35 °C; результат теста – это разница в значениях конусного проникновения до и после теста;

– ASTM D7342 (тест на водостойкость) оценивает стабильность смазки в стандартном устройстве для работы с водой; оставшаяся процедура аналогична ASTM D8022.

Ни один отдельный тест не может предсказать производительность смазки в присутствии воды. Часто используются несколько тестов, чтобы сбалансировать характеристики, учитывая различные условия, которые могут возникнуть при использовании смазки [6]. В данной работе представлен альтернативный метод, который позволяет проводить непрерывное измерение изменения сопротивления металлических пластин, покрытых различными смазками. Этот подход обладает рядом преимуществ:

1. Возможность оценивать изменение защитных свойств смазки во времени.

2. Благодаря применению математического метода интерпретации полученных данных реализуется количественная оценка скорости разрушения смазочного слоя.

3. При проведении данного метода имеется возможным совмещение его с проведением теста DIN 51807-1 при зеркально отполированных металлических пластинах.

Цели исследования

Основной целью исследования является разработка и апробация методики количественной оценки водостойкости смазок на основе анализа изменения сопротивления металлических пластин в воде. Исследование позволяет выявить ключевые параметры [7], определяющие устойчивость смазочного слоя при длительном воздействии воды.

В рамках работы были подвергнуты испытаниям восемнадцать смазок с использованием специально разработанного оборудования для измерения электрического сопротивления и был предложен стандартный порядок тестирования. Данный стандарт будет полезен как производителям смазок для снижения

времени и затрат на тестирование в процессе контроля качества, так и пользователям для оценки свойств смазки с использованием минимального объема образца.

Материалы и методы

Для проведения эксперимента использовалась следующая установка и материалы.

Металлические пластины: пластины (Ст3) размером 50×100 мм. Данный материал был выбран за счет распространенности в машиностроении.

Типы смазок: для тестирования предложенного стандарта измерения водостойкости смазки было изучено восемнадцать коммерчески доступных видов смазки. Преимущественно рассматривались смазки классов NLGI 2 и 3, двух типов базовых масел (минеральных и синтетических), четырех типов загустителей (петролатум, кальций, литий и силикон).

1. Загущенные литиевым мылом (MANNOL® EP-2 Multi-MoS2 Ester, ФРАМ® ЛИТОЛ-24, OILRIGHT® ЛИТОЛ-24, LUXE® ЛИТОЛ-24, GAZPROMNEFT® Grease L EP 3, ABRO® MULTI-PURPOSE WHITE LITHIUM GREASE, ABRO® #2 Heavy-duty lithium grease, ABRO® #2 Super Red Lithium Grease, ABRO® MOLIBDENIUM Complex grease moly, ВМПАВТО® MC RUBIN, ABRO® #3 Synthetic Lithium Grease, SINTEC® MULTI GREASE EP 2-150, SINTEC® MULTI GREASE EP 2-150 HD, SINTEC® ЛИТОЛ -24 (ГОСТ).

2. Загущенные кальциевым мылом (OILRIGHT® Солидол синтетический, OILRIGHT® Солидол жировой).

3. Загущенные силиконом (ABRO® ANTI-SEIZE THREAD LUBRICAN).

4. Загущенное петролатумом и церезином (OILRIGHT® Пушечное сало).

Контейнер с водой: дистиллированная вода при комнатной температуре (25 ± 1 °C) использовалась для исключения влияния примесей и изменения электропроводности.

Оборудование: стенд, представляющий собой диэлектрическую опору для закрепления на ней металлических пластин и колбу с водой, цифровой мультиметр (рис. 1) с функцией записи данных в компьютер для измерения сопротивления в режиме реального времени.

Ход эксперимента

1. Подготовка пластин:

– металлические пластины были очищены спиртом для удаления загрязнений и оксидной пленки;

– на каждую пластину наносился слой смазки толщиной около 0,5 мм.

2. Процедура погружения и измерения:

– пластины погружались в контейнер с дистиллированной водой;

– измерение сопротивления проводилось каждые 5 мин в течение 4 ч.

3. Запись и обработка данных:

– значения сопротивления фиксировались и обрабатывались для последующего анализа.

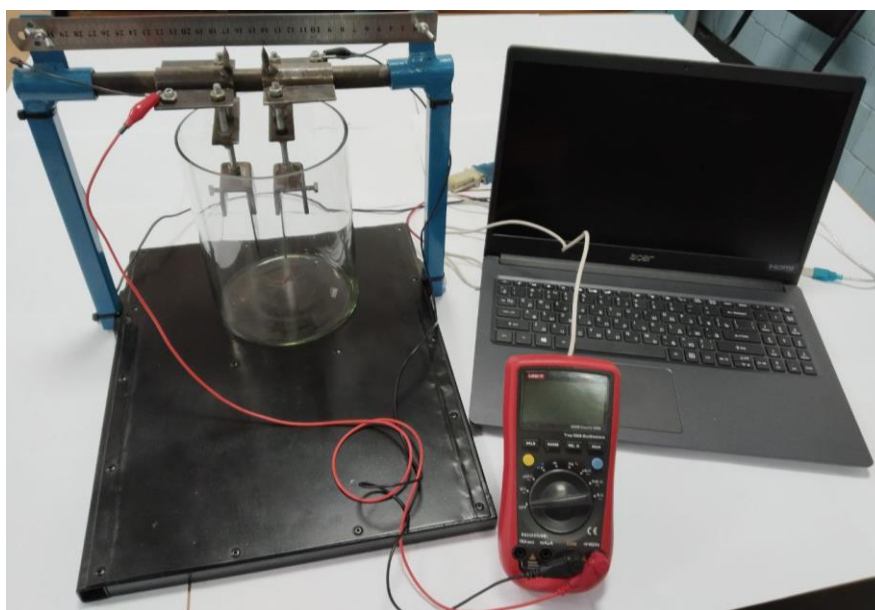


Рис. 1. Комплектация стенда

Результаты эксперимента и их анализ

По полученным значениям были построены графики и т. к. картина падения сопротивления вырисовывала график степенной функции, в дальнейшем анализ проводился по аппроксимирующей линии тренда вида:

$$y = a \cdot x^b,$$

где y – значение зависимой переменной; x – независимая переменная (номер замера); a – коэффициент масштаба (стартовое сопротивление); b – показатель степени, определяющий форму зависимости между x и y , характеризующий, соответственно, скорость разрушения слоя.

Степенная зависимость $y = a \cdot x^b$ нелинейна, что усложняет прямой подбор параметров a и b . Чтобы упростить задачу, берется натуральный логарифм от обеих сторон уравнения:

$$\ln y = \ln a + b \ln x.$$

Это преобразует задачу в линейную форму:

$$Y = A + bX, Y = \ln y, A = \ln a \quad (\text{константа});$$

где $Y = \ln y, X = \ln x, A = \ln a$ (константа); b – показатель степени.

Для нахождения параметров A и b используется метод наименьших квадратов, который минимизирует сумму квадратов отклонений между экспериментальными данными $Y_{\text{эксп}}$ и аппроксимированной моделью $Y_{\text{модель}}$.

Целевая функция:

$$S = \sum_{i=1}^n (Y_i - (A + bX_i))^2,$$

где i – номер наблюдения.

Уравнения для оценки параметров:

$$b = \frac{n \sum (X_i Y_i) - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2},$$

$$A = \frac{\sum Y_i - b \sum X_i}{n}.$$

После нахождения A и b параметр a вычисляется как: $a = e^A$.

После нахождения параметров a и b мы возвращаемся к исходной степенной функции:

$$y = a \cdot x^b.$$

Для оценки качества аппроксимации используется коэффициент детерминации R^2 , который показывает, насколько хорошо модель объясняет изменчивость данных:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2},$$

где y_i – экспериментальные значения; $\hat{y}_i$ – значения, рассчитанные по модели; $\bar{y}$ – среднее значение y .

Значение, близкое к 1, указывает на хорошее соответствие модели данным.

Интерпретация результатов: показатель степени отражает динамику изменения сопротивления. Чем ближе к нулю, тем более устойчивым является смазочный слой. Высокие значения коэффициента детерминации подтверждают точность аппроксимации. Предлагается классификация, включающая в себя диапазон от 1 (отличная водостойкость) до 4 (плохая водостойкость). Это обобщено в табл. 1.

Согласно предложенной классификации смазки класса 1 (падение сопротивления не зарегистрировано) демонстрируют отличную водостойкость, а смазки класса 4 (степень описываемой степенной функции $< -0,3$) обладают плохой водостойкостью.

Полученные результаты:

Образец № 1 (ABRO® ANTI-SEIZE THREAD LUBRICANT) $y = 205,64x^{-0,169}$, при $R^2 = 0,94$.

Образец № 2 (OILRIGHT® Солидол синтетический) $y = 42,239x^{-0,298}$, при $R^2 = 0,98$.

Образец № 3 (OILRIGHT® ПУШКАЛО) $4y = 0,8764x^{-0,217}$, при $R^2 = 0,93$.

Образец № 4 (MANNOL® EP-2 Multi-MoS2 Ester) $y = 211,66x^{-0,326}$, при $R^2 = 0,98$.

Образец № 5 (ФРАМ® ЛИТОЛ-24) $y = 8,5066x^{-0,208}$, при $R^2 = 0,97$.

Образец № 6 (OILRIGHT® ЛИТОЛ-24) $y = 0,8982x^{-0,379}$, при $R^2 = 0,84$.

Образец № 7 (LUXE® ЛИТОЛ-24) $y = 73,705x^{-0,247}$, при $R^2 = 0,95$.

Образец № 8 (GAZPROMNEFT® Grease L EP 3) $y = 200,54x^{-0,254}$, при $R^2 = 0,99$.

Таблица 1. Соответствие показателя степени описываемой степенной функции различным классам, предложенным для оценки водостойкости смазки

Класс	Показатель степени описываемой степенной функции	Характеристика водостойкости
1	Без падения	Отличная
2	$> -0,200$	Хорошая
3	$\geq -0,300$	Средняя
4	$< -0,300$	Плохая

Образец № 9 (ABRO® Multi-Purpose White Lithium Grease) $y = 17,464x^{-0,142}$, при $R^2 = 0,97$.

Образец № 10 (ABRO® #2 Heavy-duty lithium grease) $y = 0,8768x^{-0,368}$, при $R^2 = 0,97$.

Образец №1 1 (ABRO® #2 Super Red Lithium Grease) $y = 1,159x^{-0,308}$, при $R^2 = 0,96$.

Образец № 12 (OILRIGHT® Солидол жировой) $y = 16,72x^{-0,208}$, при $R^2 = 0,97$.

Образец № 13 (ABRO® MOLYBDENIUM Complex grease moly) $y = 23,017x^{-0,139}$, при $R^2 = 0,92$.

Такие образцы как: № 14 (SINTEC® MULTI GREASE EP 2-150 HD), № 15 (ВМПАВТО® MC RUBIN), № 16 (ABRO® #3 Synthetic Lithium Grease), № 17 (SINTEC® ЛИТОЛ-24 (ГОСТ) не показали падение сопротивления.

Образец № 18 (SINTEC® MULTI GREASE EP 2-150) показал рост сопротивления. Природа этого явления может быть обусловлена компонентами, входящими в состав данной смазки, которые реагируют с поверхностью пластин и создающими тем самым окислый, диэлектрический слой. Гипотеза об окислом слое подтверждается заметным влиянием на показания уже проверенных образцов ставших типовыми, которые показывали лучшие результаты по сравнению с картиной падения сопротивления на изначальных испытаниях или же не показывали падение сопротивления вовсе. После обтачивания пластин наждачной бумагой трех разных зернистостей повторяемость результатов вернулась.

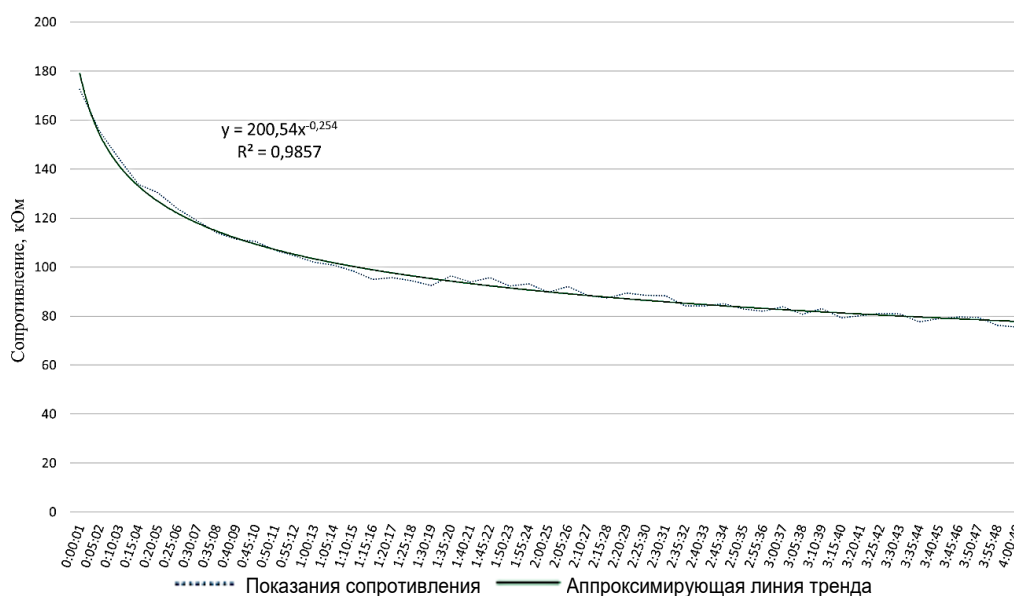


Рис. 2. Типовой график падения сопротивления с аппроксимирующей

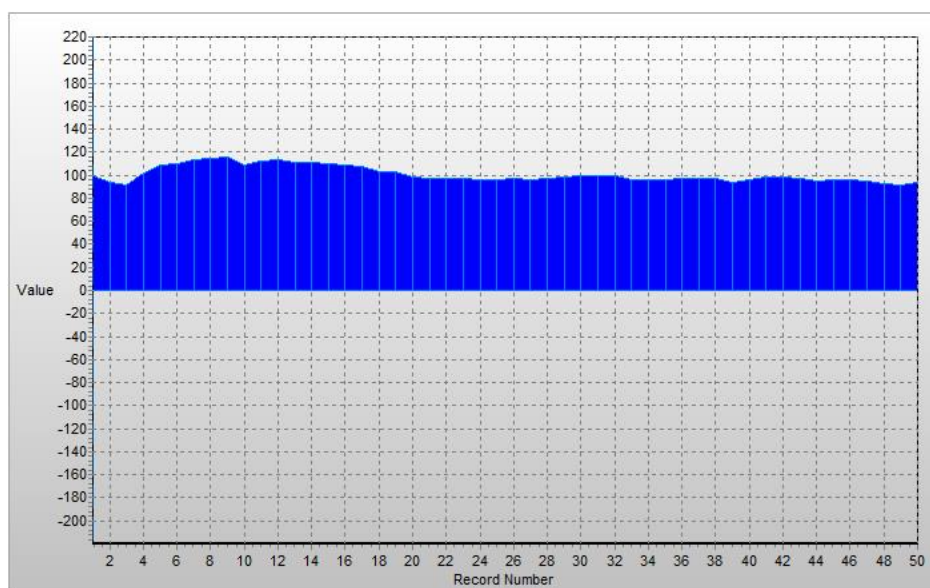


Рис. 3. Отображение графика показаний сопротивления образца SINTEC® MULTI GREASE EP 2-150 HD в программном обеспечении мультиметра

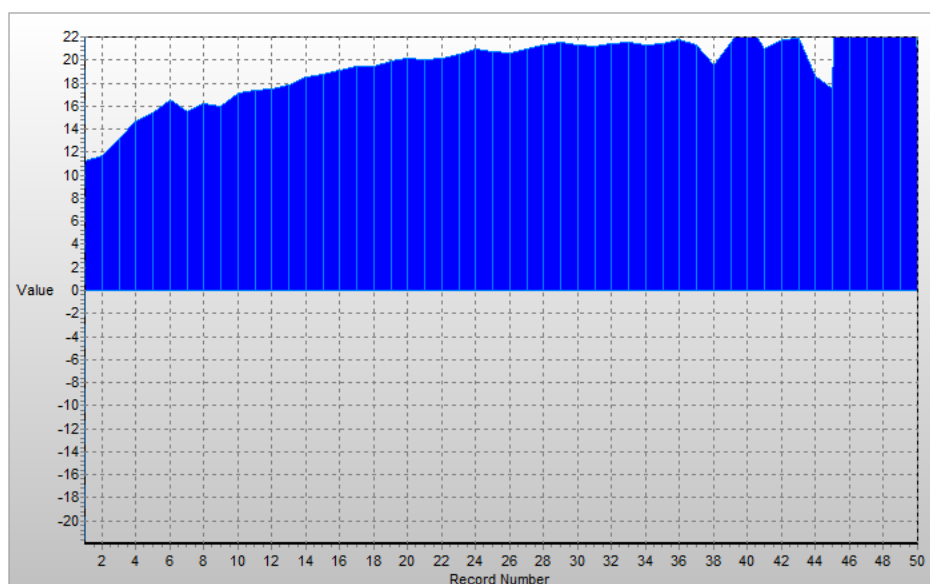


Рис. 4. Рост сопротивления образца SINTEC® MULTI GREASE EP 2-150 HD

Таблица 2. Средние значения углов контакта и соответствующие классы

Тип смазки	Показатель степени описываемой степенной функции	Класс
1	-0,169	2
2	-0,298	3
3	-0,217	3
4	-0,326	4
5	-0,208	3
6	-0,379	4
7	-0,247	3
8	-0,254	3
9	-0,142	2
10	-0,368	4
11	-0,308	4
12	-0,208	3
13	-0,139	2
14	НП	1
15	НП	1
16	НП	1
17	НП	1

Использование математической аппроксимации позволяет выйти за рамки качественной оценки, предоставляя точные количественные показатели изменения свойств смазки. Это важно для прогнозирования поведения смазочного слоя в условиях эксплуатации и разработки более устойчивых составов.

Согласно предложенной процедуре классификации смазок, 17 исследованных смазок были распределены по четырем различным категориям на основе показателя степени описываемой степенной функции. Категории и соответствующие классы представлены в табл. 2.

Из таблицы видно следующее: смазки типов 2 и 15 относятся к классу 1, что указывает на низкую водостойкость; четыре смазки (14,

15, 16 и 17) попадают в класс 5, что указывает на их отличные водостойкие свойства.

Образцы, у которых не было зарегистрировано падение сопротивления, обозначены как нет падения (НП).

Образец № 18 не вошел в данную классификацию ввиду невозможности распознать результаты испытаний.

Заключение

В статье представлен альтернативный метод тестирования для измерения водостойких свойств консистентных смазок. Он позволяет проводить точную количественную оценку водостойкости и может быть использован в качестве дополнения к существующим стандар-

там для более точной характеристики пластичных смазок. Предложенный подход дает возможность улучшить контроль качества

смазочных материалов и повысить надежность механизмов в условиях повышенной влажности.

Список источников

1. Lugt P.M. A review on grease lubrication in rolling bearings // Tribology Transactions. 2009. Vol. 52. Iss. 4. P. 470–480. <https://doi.org/10.1080/10402000802687940>.
2. Агабеков В.Е., Косяков В.К. Нефть и газ. Технология и продукты переработки. Ростов-на-Дону: Феникс, 2014. 458 с.
3. Cyriac F., Lugt P.M., Bosman R. Impact of water on the rheology of lubricating greases // Tribology Transactions. 2016. Vol. 59. Iss. 4. P. 679–689. <https://doi.org/10.1080/10402004.2015.1107929>.
4. Васечкин У.А., Андреев И.А., Котельников С.Н., Стрельников А.Н., Кокоуров Д.В. Исследование смазывающих свойств пластичных смазок // Молодежный вестник ИрГТУ. 2023. Т. 13. № 1. С. 6–19. Режим доступа: <http://мвестник.рф/journals/2023/01> (дата обращения: 01.02.2025).
5. Блинова И.О., Глухова В.А., Миронычев Д.А., Каргин К.А. Отечественные пластичные смазки, применяемые в гражданской авиации // European Research: сб. статей XXVIII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Пенза, 7 сентября 2020 г.). Пенза, 2020. С. 16–18.
6. Котельников С.Н., Васечкин У.А., Сериков К.А., Торговцев К.А., Гусев А.Ф., Стрельников А.Н., Кокоуров Д.В. Изучение смазывающих свойств масел по каплеобразованию // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей XV Всерос. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 22 декабря 2020 г.). Иркутск, 2020. С. 167–173.
7. Любинин И.А. Состояние и перспективы производства пластичных смазок в России странах СНГ // Химия и технология топлив и масел. 2012. № 1 (569). С. 3–6.
8. Жорник В.И., Запольский А.В., Ивахник А.В. Получение пластичной смазки на наноструктурированном смешанном загустителе с порошкообразными исходными компонентами дисперсной фазы // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка: сб. докладов 12-го Междунар. симпозиума (г. Минск, 07–09 апреля 2021 г.). Минск, 2021. С. 367–380.
9. Котельников С.Н., Васечкин У.А., Стрельников А.Н., Кокоуров Д.В. Способы анализа смазывающих свойств масел // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей XIII Всерос. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 23 декабря 2019 г.). Иркутск, 2019. С. 123–128.
10. Lijesh K., Miller R.A., Shah R., Shirvani K., Khonsari M.M. The Standard for Assessing Water Resistance Properties of Lubricating Grease Using Contact Angle Measurements // Lubricants. 2023. Iss. 11. <https://doi.org/10.3390/lubricants11100440>.

Информация об авторах / Information about the Authors

Зайков Владимир Дмитриевич,
студент,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
zaykoffvladimir@yandex.ru

Vladimir D. Zaykov,
Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
zaykoffvladimir@yandex.ru

Зайков Евгений Дмитриевич,
студент,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
evg_zaykov@mail.ru

Evgeniy D. Zaykov,
Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
evg_zaykov@mail.ru

Стрельников Александр Николаевич,
доцент кафедры строительных дорожных машин
и гидравлических систем,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
strelnikov077@rambler.ru

Alexander N. Strelnikov,
Associate Professor of the Road Construction Machinery
and Hydraulic Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
strelnikov077@rambler.ru

Определение коэффициента перекрытия зацепления в эвольвентной зубчатой передаче

© Н.К. Кузнецов, А.С. Корсунова, Д.И. Харьковский

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Понимание процессов взаимодействия зубьев в разные моменты времени, происходящих в эвольвентных зубчатых передачах при перекрытии зацепления, существенно влияет на качество и надежность работы технологических и транспортных машин. Достижение значения коэффициента перекрытия выше единицы является важным показателем для качественной работы зубчатой передачи, поскольку снижает износ и продлевает срок службы машин. Когда в зацеплении участвуют два зуба одновременно, нагрузка между ними распределяется более равномерно, что минимизирует риск возникновения концентраций напряжений и повышает общую долговечность зубчатой пары. В настоящей статье приведены результаты экспериментальных и аналитических исследований процесса перекрытия зацепления на примере опытного макета эвольвентной зубчатой передачи. Определены необходимые геометрические параметры зубчатых колес и значение коэффициента перекрытия зубчатой передачи. Показано, что если воспользоваться процедурой избавления от избыточных связей, то никакой «принципиальной ошибки» в определении понятия «перекрытия зацепления» не существует и оно оказывается возможным в реальных зубчатых механизмах из-за наличия зазоров между боковыми поверхностями зубьев, которые предусматриваются для исключения гидравлического удара жидкости из-за присутствия смазки и снижения требований к точности изготовления и монтажа зубчатых колес.

Ключевые слова: эвольвентное зацепление, зубчатые передачи, модуль зацепления, угол зацепления, коэффициент перекрытия

Overlap coefficient determination of gearing in involute gear

© Nikolay K. Kuznetsov, Alexandra S. Korsunova, Dmitry I. Kharkovskiy

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Understanding the processes of interaction of teeth at different moments of time, occurring in involute gear transmissions during engagement overlap, significantly affects the quality and reliability of technological and transport machines. Achieving an overlap coefficient value higher than one is an important indicator for the high-quality operation of a gear transmission, since it reduces wear and extends the service life of machines. When two teeth are engaged simultaneously, the load between them is distributed more evenly, which minimizes the risk of stress concentrations and increases the overall service life of the gear pair. The article presents the results of experimental and analytical studies of the engagement overlap process using an experimental model of an involute gear transmission as an example. The article provides the necessary geometric parameters of gears and the value of the overlap factor of the gear transmission. The article shows that if you use the procedure for getting rid of redundant ties, then there is no "fundamental error" in the definition of the concept of "overlapping gear" and it turns out to be possible in real gear mechanisms due to the presence of gaps between the side surfaces of the teeth, which are provided to exclude water hammer of the fluid due to the presence of lubrication and reduce the requirements for the accuracy of manufacturing and installation of gears.

Keywords: involute gearing, gear transmissions, engagement module, engagement angle, overlap coefficient.

Эвольвентные зубчатые передачи обладают уникальными характеристиками, которые обеспечивают стабильность передачи движения, снижение динамических нагрузок и плавность работы механизма [1–5]. Одним из ключевых параметров в проектировании зубчатых передач является коэффициент перекрытия, определяющий, какое количество пар зубьев одновременно находится в зацепле-

нии. Для плавной и безударной работы зубчатой передачи должно быть выполнено условие непрерывности смены зубчатых профилей, т. е. вторая пара зубчатых профилей должна войти в зацепление раньше, чем первая пара выйдет из зацепления [6–8]. При проектировании зацепления коэффициент перекрытия выбирают равным не менее 1,1. Чем выше коэффициент перекрытия, тем более

равномерно передается крутящий момент, что положительно сказывается на долговечности всей передачи.

В настоящей статье приводятся результаты исследований по определению коэффициента перекрытия в экспериментальном макете зубчатой передачи.

Определение коэффициента перекрытия зацепления проводилось на примере опытного макета зубчатого механизма, общий вид которого показан на рис. 1. Передача состоит из ведущего звена – шестерни с числом зубьев $z_1 = 20$ и ведомого звена – зубчатого колеса с числом зубьев $z_2 = 40$.



Рис. 1. Макет зубчатого механизма

Величину модуля найдем экспериментальным путем, измеряя с помощью штангенциркуля по касательной к основным окружностям колес шаг по этим окружностям через длину общих нормалей W_{zn} , соответствующих z_n – зубьям, и W_{zn+1} – при охвате губками штангенциркуля на один зуб больше (рис. 2).

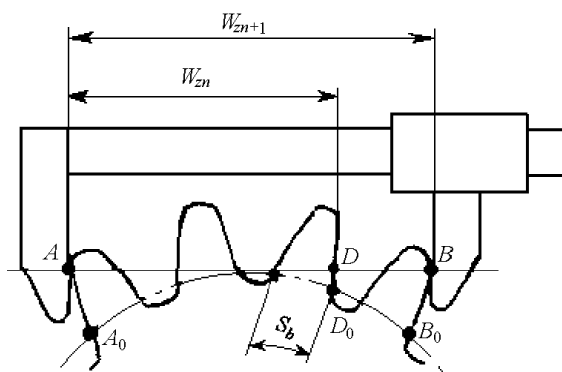


Рис. 2. Схема замеров

Количество зубьев z_n , которые следует охватить штангенциркулем, для шестерни с числом зубьев $Z = 20$ шт. находим по формуле¹:

$$n = 0,11z_n + 0,5 = 3.$$

Расстояние между зубьями оказалось равным $W_z = 30,5$ мм, а $W_{zn+1} = 42,5$ мм. Определим длину шага по основной окружности:

$$p_b = W_{zn+1} - W_{zn} = 42,5 - 30,5 = 12 \text{ мм.} \quad (1)$$

Используя (1), значение модуля зацепления найдем по формуле:

$$m = \frac{p_b}{\pi \cdot \cos(\alpha)} = \frac{12}{\pi \cdot \cos(20^\circ)} = 4 \text{ мм.} \quad (2)$$

Для определения величин смещения при нарезании зубчатых колес инструментальной рейкой, необходимо измерить толщину зуба по основной окружности, сопоставить результат с расчетным значением той же толщины зуба для нулевого колеса и найти коэффициент смещения инструментальной рейки

$$x = \frac{S_b - S_b^0}{2m \cdot \sin \alpha}, \quad (3)$$

где $S_b = (W_{zn+1} - z_n p_b)$ – толщина зуба по основной окружности данного колеса; $S_b^0 = m \cdot \left(\frac{\pi}{2} + Z \cdot \text{inv}(\alpha)\right) \cdot \cos(\alpha)$ – толщина зуба по окружности зубчатого колеса, нарезанного при $x = 0$; $\alpha = 20^\circ$; $\text{inv } 20^\circ = 0,0149$.

Толщину зуба по основной окружности первого колеса определим с помощью выражения:

$$S_b = W_{zn+1} - z_n \cdot p_b = 42,5 - 3 \cdot 12 = 6,5 \text{ мм.} \quad (4)$$

Толщину зуба колеса, нарезанного без смещения, найдем с учетом (2) по формуле:

$$S_b^0 = m \cdot \left(\frac{\pi}{2} + Z \cdot \text{inv}(\alpha)\right) \cdot \cos(\alpha) = 4 \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 20 \cdot \text{inv}(20^\circ)\right) \cos(20^\circ) \approx 7,03 \text{ мм.} \quad (5)$$

Тогда коэффициент смещения производящего контура, с которым нарезалось первое колесо, определим по (3), с учетом (4) и (5):

$$x_1 = \frac{S_b - S_b^0}{2m \cdot \sin(\alpha)} = \frac{6,5 - 7,03}{2 \cdot 4 \cdot \sin(20^\circ)} \approx -0,194. \quad (6)$$

Аналогичным образом был найден коэффициент смещения для второго зубчатого колеса, значение которого оказалось равным

$$x_2 = 0,0157. \quad (7)$$

¹ Кребель Ф.Р., Мехонцева Д.М., Синенко Е.Г., Конищева О.В., Зубков Ю.Н. Лабораторный практикум по теории механизмов и механике машин. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001. 102 с.

При этом использовались следующие параметры:

$$W_z = 55,38 \text{ мм}; W_{z_{n+1}} = 67,188 \text{ мм};$$

$$S_b = 8,188 \text{ мм и } S_b^0 = 8,145 \text{ мм}.$$

Угол зацепления определим через его инволюту с учетом выражений (6) и (7) по выражению:

$$\begin{aligned} \text{inv} \alpha_w &= \text{inv} 20^\circ + 2 \frac{x_1 + x_2}{z_1 + z_2} \cdot \text{tg} 20^\circ = \\ &= 0,0127. \end{aligned} \quad (8)$$

В результате получим $\alpha_w = 19^\circ$.

Диаметры делительных окружностей d_1 и d_2 найдем по формуле:

$$d = m \cdot Z. \quad (9)$$

С помощью (9) для шестерни получим $d_1 = 80$ мм, а для колеса – $d_2 = 160$ мм. Эти параметры необходимы для определения зон контакта зубьев, а также для расчета начальных окружностей, радиусы которых вычисляются с учетом угла зацепления.

Радиус основной окружности r_b вычисляется как произведение радиуса начальной окружности на косинус угла зацепления. Для данной передачи значения радиусов основных окружностей равны:

$$r_{b1} = r_1 \cdot \cos \alpha = 40 \cdot \cos 20^\circ = 37,59 \text{ мм}, \quad (10)$$

$$r_{b2} = r_2 \cdot \cos \alpha = 80 \cdot \cos 20^\circ = 75,18 \text{ мм}. \quad (11)$$

Начальные окружности имеют радиусы r_{w1} и r_{w2} , которые определяют положение точки зацепления на профиле зуба. Они вычисляются по выражению:

$$r_w = \frac{r_b}{\cos \alpha_w}. \quad (12)$$

Таким образом, начальные окружности имеют радиусы 39,8 мм и 79,5 мм, что обеспечивает требуемое соотношение для передачи момента и минимизацию ударных нагрузок при вращении.

Рассматривая радиусы окружностей впадин и вершин зубьев, необходимо отметить, что эти параметры также влияют на качество зацепления и долговечность работы механизма. Радиусы впадины найдем по выражениям:

$$\begin{aligned} r_{f1} &= r_{w1} - 1,25 \cdot m + m \cdot x_1 \text{ и } r_{f2} = \\ &= r_{w2} - 1,25 \cdot m + m \cdot x_2, \end{aligned} \quad (13)$$

при $m = 4$, $x_1 = -0,19$, $x_2 = 0,016$, $r_{w1} = 39,8$ мм, $r_{w2} = 79,5$ мм.

В нашем случае радиус впадин зубьев равен 34,04 мм для первого колеса и 74,56 мм для второго, что позволяет сформировать оптимальные условия для контакта зубьев и обеспечивает достаточный запас на случай воз-

никновения небольших смещений или деформаций под воздействием внешних нагрузок [9].

С помощью (13) найдем радиусы окружностей вершин зубьев:

$$\begin{aligned} r_{a1} &= \alpha_w - (r_{f2} + 0,25 \cdot m) = \\ &= 119,3 - (74,56 + 0,25 \cdot 4) = 43,7, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} r_{a2} &= \alpha_w - (r_{f1} + 0,25 \cdot m) = \\ &= 119,3 - (34,04 + 0,25 \cdot 4) = 84,3. \end{aligned} \quad (15)$$

Для выражений (14) и (15) межосевое расстояние определялось по формуле:

$$\begin{aligned} a_w &= \frac{m}{2} (z_1 + z_2) \frac{\cos 20^\circ}{\cos \alpha_w} = \\ &= \frac{4}{2} (20 + 40) \frac{\cos 20^\circ}{\cos 19^\circ} = 119,3 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (16)$$

Правильный подбор высоты зубьев также влияет на стабильность коэффициента перекрытия, т. к. более высокие зубья могут обеспечить большее перекрытие зацепления, тем самым повышая устойчивость всей системы к динамическим нагрузкам.

Коэффициент перекрытия с учетом (8), (10), (11) и (14–16) найдем по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\widetilde{B\widetilde{B}_1}}{p_b} = \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} + \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - a_w \sin \alpha_w}{\pi m \cos \alpha} = 1,83.$$

Рассчитанный коэффициент перекрытия, равный 1,83 указывает на то, что в каждый момент времени в зацеплении находятся более одной пары зубьев, что обеспечивает равномерность передачи движения, снижает уровень вибраций и повышает общую долговечность зубчатой пары [10]. Однако, как утверждает профессор Л.Т. Дворников [7], одновременное вхождение в контакт нескольких пар зубьев невозможно, поскольку «Никакая точность изготовления зубьев ... не обеспечит ... того, чтобы выход первой пары зубьев колес из зацепления происходил в тот же момент, когда войдет в зацепление вторая пара зубьев». Действительно, если подходить к определению коэффициента перекрытия формально, исходя из основных положений и принципов теории механизмов и машин, то движение зубчатых колес при наличии более одного контакта зубьев оказывается невозможным из-за наличия в зубчатых механизмах избыточных связей, которые дублируют имеющиеся связи из-за несоответствия реальных размеров, форм и взаимного расположения звеньев и кинематических пар расчетным значениям. Если же воспользоваться

процедурой нахождения в зубчатой передаче избыточных связей и избавления от них, то, как показано в работе [11], никакой принципиальной ошибки в определении понятия «перекрытия зацепления» не существует. Избавиться от избыточной связи позволяет наличие зазоров между боковыми поверхностями зубьев, которые предусматриваются для исключения гидравлического удара жидкости

из-за присутствия смазки и снижения требований к точности изготовления и монтажа зубчатых механизмов. Из этого следует, что если первый зуб первого колеса непосредственно передает движение на первый зуб второго колеса, то между другими парами колес гарантировано присутствует зазор, который сохраняет фактическую подвижность зубчатых механизмов.

Список источников

1. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. М.: Наука, 1968. 584 с.
2. Гавриленко В.А. Основы теории эвольвентной зубчатой передачи. М.: Машиностроение, 1969. 432 с.
3. Кудрявцев В.Н. Детали машин. Л.: Машиностроение: ленинградское отделение, 1980. 464 с.
4. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. М.: АГПМ, 2005. 471 с.
5. Крюков В.А., Нгуен З.Т. Геометрический синтез цилиндрических зубчатых передач внешнего зацепления // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 12. С. 312–319.
6. Гудимова Л.Н., Серебряков И.А. Исследование плавности хода зубчатого одноподвижного плоского планетарного механизма при применении уравновешенной конструкции водила // Черные металлы. 2023. № 10. С. 49–54. <https://doi.org/10.17580/chm.2023.10.08>.
7. Дворников Л.Т., Жуков И.А. Принципиальные уточнения понятия перекрытия зацепления эвольвентных зубчатых передач // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. 2022. № 16. С. 37–45. <https://doi.org/10.26160/2658-3305-2022-16-37-45>.
8. Гудимова Л.Н., Серебряков И.А., Суджаян А.А. Создание самоустанавливающихся многосателлитных планетарных передач // iPolytech Journal. 2024. Т. 28. № 3. С. 408–417. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2024-3-408-417>.
9. Прохоров Н.И. Эволюция зубчатых механизмов: от теории к практике // Механика. 2018. Т. 10. № 2. С. 123–129.
10. Кузнецов А. В., Сидорова Е.С. Моделирование процессов зацепления в зубчатых передачах: виртуальные и экспериментальные методы // Журнал машиностроения и приборостроения. 2021. Т. 8. № 4. С. 56–62.
11. Каменяр М.Е., Кузнецов Н.К. Исследование процесса перекрытия зацепления в эвольвентных зубчатых передачах // Общество и наука: векторы развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (г. Чебоксары, 7 февраля 2025 г.). Чебоксары, 2025. С. 229–231.

Информация об авторах / Information about the Authors

Кузнецов Николай Константинович,
д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой конструирования
и стандартизации в машиностроении,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
knik@istu.edu

Nikolay K. Kuznetsov,
Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Head of Design and Standardization
in Mechanical Engineering Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
knik@istu.edu

Корсунова Александра Сергеевна,
студент,
Институт авиационного машиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
astakhova.2009@mail.ru

Alexandra S. Korsunova,
Student,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
astakhova.2009@mail.ru

Харьковский Дмитрий Игоревич,
студент,
Институт авиационного машиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
Lbvf_kha@mail.ru

Dmitry I. Kharkovskiy,
Student,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
Lbvf_kha@mail.ru

Перспективы использования нейронных сетей в программировании станков с числовым программным управлением

© А.А. Кульпин, С.А. Метальников, Э.А. Плесовских

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассматриваются перспективы использования нейронных сетей в области программирования станков с числовым программным управлением, что применительно к авиастроительной и аэрокосмической промышленности. Актуальность темы обусловлена растущими требованиями к автоматизации производственных процессов с повышением производительности, а также качества и точности эффективности обработки материалов. Исследование анализирует существующие методы программирования станков с числовым программным управлением, выявляет их ограничения и предлагает интеграцию нейронных сетей для оптимизации процессов производства, в том числе в авиастроительной сфере. В статье рассмотрены различные передовые разработки в сфере внедрения собственных технологий искусственного интеллекта от современных стартапов. В том числе проанализированы особенности и преимущества виртуального моделирования, применительно к станкам с числовым программным управлением. Были сделаны выводы о необходимости дальнейших исследований в области применения нейронных сетей в станках числовым программным управлением. А также были предложены направления для будущих разработок.

Ключевые слова: нейронные сети, станки с числовым программным управлением, адаптивное управление, Xaba Inc., робототехника, Fused Deposition Modeling

Prospects for the use of neural networks in programming computer numerical control machines

© Artyom A. Kulpin, Semyon A. Metalnikov, Eduard A. Plesovskikh

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article considers the prospects for using neural networks in the field of programming CNC machines, as applied to the aircraft manufacturing and aerospace industries. The relevance of the topic is due to the growing requirements for the automation of production processes with increased productivity, as well as the quality and accuracy of material processing efficiency. The article analyzes existing computer numerical control machines programming methods, identifies their limitations and offers the integration of neural networks to optimize production processes, including in the aircraft manufacturing industry. The article also considers various advanced developments in the field of implementing proprietary artificial intelligence technologies from modern startups. In particular, it analyzes the features and advantages of virtual modelling in relation to computer numerical control machines. The article concludes that further research is needed in the field of using neural networks in computer numerical control machines, and also proposes directions for future developments.

Keywords: neural networks, computer numerical control machines, adaptive control, additive control, Xaba Inc., robotics, Fused Deposition Modeling

Автоматизация производственных процессов, как один из важнейших аспектов технологий современного мира приобретает с каждым днем все большее значение. Одним из направлений, наиболее значимым в этой области, является использование нейронных сетей в написании программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Нейронные сети – это метод в искусственном

интеллекте (ИИ), с помощью которого компьютеры учатся обрабатывать данные таким же способом, как и человеческий мозг. Математическая модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации биологических нейронных сетей – нервных клеток живого организма. Эти сети представляют собой сложные математические модели, направленные

на имитацию работы человеческого мозга, а именно возможности к самообучению, развитию и решению различных задач, на основе полученных данных.

Одними из наиболее проблемных вопросов производства, использующих станки с ЧПУ, являются точность, качество и время изготовления деталей – эти проблемы могут быть в значительной мере решены, благодаря использованию нейронных сетей. Существенной статьей расходов и простоев производства могут быть неисправности и выход из строя оборудования, что может быть решено применением нейронных сетей.

В данной статье главной целью является изучение возможностей применения нейронных сетей в работе станков с ЧПУ, а также поиск возможных методов по внедрению сетей в работу станков. В ходе работы будут проанализированы результаты уже реализованных проектов, а также предложены направления дальнейших исследований в этой области.

Существует два основных метода повышения производительности, качества и точности, изготавливаемых деталей путем механической обработки – это методы адаптивного и оптимального управления, которые предполагают постоянство входных параметров.

Метод, в котором корректировка работы станков по обработке деталей производится в автоматическом режиме в зависимости от изменяющихся условий обработки – адаптивное управление.

Адаптивное управление использует математические модели, описывающие физические процессы и явления. Данный метод характеризуется тем, что его основная функция – это установка и сохранение значения наиболее важного и приоритетного параметра в соответствии с целевой функцией – закона управления. Адаптивное управление включает в себя управление на основе нечеткой логики, с самонастройкой и обобщенно-прогнозирующее управление. Ввиду того, что эти способы обладают одним критическим изъяном, а именно необходимостью постоянного контроля правильности математической модели они не получили широкого применения, хоть и применяются в технических системах. Помимо этого, для обеспечения функционирования системы, при изменениях в объекте

управления или во внешних условиях – требуется перестраивать модель и определять новый закон управления, что в свою очередь является фактором, при котором требуется постоянное присутствие человека с целью контроля математической модели.

Главными факторами, составляющими основу всей авиапромышленности, традиционно являются жесткие допуски на изготовление и сборку деталей, строгие требования к качеству деталей, трудоемкость производства и множество других факторов, которые крайне сложно поддаются автоматизации. Ведь качество конечного продукта, которое должно быть на максимально возможном уровне, должно соответствовать высоким стандартам, чтобы обеспечить безопасность и надежность полетов. Именно поэтому недопустимость даже малейшей ошибки в производственном процессе приводит к осложнению процесса автоматизации.

Тем не менее, прогресс никогда не стоит на месте и появляются новые ветви технологий, которые могут изменить эту ситуацию. Повышение точности и эффективности производственных процессов может быть обеспечено роботами, которые оснащены современными системами искусственного интеллекта. Например, канадский стартап Xaba Inc., который в свою очередь в сотрудничестве с компанией Lockheed Martin Corp. является ярчайшим примером внедрения самых передовых технологий в области робототехники в производство. Данные технологии они внедрили на своем заводе в Мариетте, штат Джорджия, где собираются военные самолеты, такие как многофункциональный транспортный C-130 и самолет-разведчик P-3 Orion.

Xaba Inc. в основе управления своими промышленными роботами использует искусственный интеллект, создавая интеллектуальные системы, которые по множеству показателей превосходят традиционные методы по уровню точности и эффективности. Именно эти технологии позволяют эффективно адаптироваться производственным роботам к неплановым изменениям со стороны производственных процессов. К их способностям относится автоматическое оптимизирование собственных действий в зависимости от конкретных условий с учетом ограничений, которые

могут возникнуть в процессе работы. Таким образом, робототехника, в которую внедряется ИИ, позволяет сделать из обычных роботов с ручным управлением полностью автономные и интеллектуальные системы, которые могут значительно упростить и улучшить процесс производства самолетов, обеспечивая при этом соблюдение высоких стандартов качества и безопасности.

Постоянные изменения условий на рынке аэрокосмических технологий в значительной мере подогревают спрос на автоматизацию в этом секторе. Производителям приходится адаптироваться к запросам на все большее разнообразие и обновление модельного ряда продукции. Важными факторами, влияющими на этот процесс, являются не только потребность в инновациях, но и экономические аспекты, такие как снижение затрат, уменьшение отходов и дефицит квалифицированной рабочей силы. В поточном производстве все больше сказывается необходимость в развитии гибкости, которая делает автоматизацию еще более актуальной.

Стартапы, такие как Archer Aviation, Boom Supersonic и SpaceX, оказывают дополнительное давление на традиционных производителей аэрокосмической отрасли, требуя от них ускорения процессов автоматизации на своих заводах. Основными преимуществами данных производителей над традиционными аэрокосмическими гигантами являются внедрение самых современных технологий и подходов производства, что неизбежно создает конкурентную среду. В этом противостоянии традиционные производители для недопущения отставания вынуждены инвестировать в современные технологии и автоматизацию производства.

Однако современные коммерческие промышленные роботизированные системы не безупречны: они также сталкиваются с трудностями в сверхточном и трудоемком производстве, а именно с различными типами операций с высоким уровнем ответственности. Задачи, такие как сверление, лазерная сварка, легкая обработка и точная сборка, требуют высокой точности и повторяемости. В том числе традиционные роботизированные системы не всегда могут обеспечить необходимые характеристики из-за сложности програм-

мирования траекторий движения манипуляторов и отсутствия необходимого уровня робототехники.

Для решения этих проблем были разработаны две системы управления, не имеющие аналогов, в основе которых лежит искусственный интеллект. Данные разработки произвел стартап Xaba, который создал собственную технологию искусственного интеллекта. Благодаря данным системам стало возможно поддерживать в постоянном режиме высокий уровень качества и автономности работы, что обеспечивается согласованностью и надежностью выполнения операций. Данные системы способствуют снижению отходов в производственном процессе за счет отсутствия необходимости в постоянном человеческом надзоре и перепрограммировании.

Первая система xCognition, позволяет захватывать и моделировать физические свойства промышленных роботов, такие как эластичность, динамика, механика и оснастка. Что в свою очередь позволяет без дополнительного перепрограммирования любой роботизированной системе выполнять такие задачи как дозирование клея, сверление и сварка, с максимальной точностью и повторяемостью.

Вторая система xTrude представляет собой программу аддитивного производства, предназначенную для применения в методе Fused Deposition Modeling (FDM). Она позволяет компаниям изготавливать крупные элементы конструкции, при этом заметно снижая риск возникновения дефектов. В этом и заключается преимущество данной системы, ведь xTrude открывает новые возможности для производства сложных и высококачественных деталей. Изготовление сложных деталей высокого качества, в свою очередь, особенно требуется в космической и авиастроительной отраслях, где надежность и качество продукции чрезвычайно важны.

При обработке заготовок на станках с числовым программным управлением уровень оптимальности выбранных настроек обработки напрямую зависит от начальных условий процесса. Данные условия включают в себя такие параметры, как виды материалов, размеры заготовок, виды используемых инструментов и режимы обработки, которые были заданы при разработке программы.

Чем точнее начальные условия процесса отражают действительные условия обработки, тем выше вероятность получения оптимальных результатов.

Процесс оптимизации обработки осуществляется на основе информации, которая поступает в систему управления непосредственно в ходе обработки заготовок. Это означает, что система имеет реакцию на изменения, которые могут возникнуть в процессе, а не просто следует заранее заданной программе.

В данном случае существенную роль играют датчики, в основе работы которых лежат технологии искусственного интеллекта, компьютерное зрение и обработка изображений. Перечисленные технологии предоставляют возможность проводить проверку деталей и анализировать их в настоящем времени во время процесса обработки на станках с ЧПУ. Например, компьютерное зрение позволяет системе визуально оценить поверхность детали и выявить отклонения от заданных допусков, а также обнаружить дефекты.

В случае, если система обнаружит какие-либо проблемы, она сможет задать верное направление процессу обработки или компенсировать его. Данный прием может включать в себя автоматическую настройку параметров резания, изменение скорости подачи или даже выбор другого инструмента. Такие меры помогают исправить ошибки в процессе обработки и минимизировать количество бракованных деталей, что в свою очередь, снижает затраты на производство и повышает общую эффективность.

К тому же, более глубокий анализ данных о дефектах, полученных в процессе обработки, указывает на истинные причины появления проблем. Это позволяет производителям проводить профилактические и корректирующие действия, направленные на устранение источников дефектов, что позволяет повысить качество продукции в долгосрочной перспективе.

Нейронные сети являются одним из инструментов искусственного интеллекта и, соответственно, могут обучаться на основе исторических данных о производственных процессах. Эти данные могут включать в себя такую информацию, как режимы резания, харак-

теристики материалов и результаты обработки. Благодаря обучению нейронные сети способны предсказывать оптимальные параметры резания, что обеспечивает более высокую точность и производительность фрезерования.

Внедрение нейронных сетей в производство для настройки наилучших параметров резания позволяет в высокой степени сократить время производства и стоимость разработки. Данный аспект также способствует улучшению качества готовых деталей, т. к. система может адаптироваться к изменениям в условиях обработки и обеспечивать более точное соответствие заданным требованиям. Таким образом, интеграция технологий в производство не только повышает его эффективность, но и дает компании конкурентные преимущества на рынке.

В настоящее время в отечественных и зарубежных предприятиях активно внедряются технологии виртуального моделирования, которые позволяют воспроизводить реальные процессы обработки. Основная цель виртуальной обработки заключается в проектировании и оптимизации производственных процессов еще до их фактической реализации. Это позволяет заранее определить, как различные параметры обработки влияют на конечный результат, что, в свою очередь, помогает выявить оптимальные входные параметры. Оптимизация входных параметров способствует повышению эффективности производственного процесса и минимизации ошибок в производимых деталях.

Для эффективного использования адаптивного управления в производственных системах внедряются ансамблевые нейронные сети. Ансамблевое обучение – техника машинного обучения, использующая обученные алгоритмы для получения лучшей предсказательной эффективности, чем можно было бы получить от каждого алгоритма по отдельности. Ансамбль моделей в машинном обучении включает в себя конкретные конечные множества альтернативных моделей, но обычно позволяет существовать гораздо более гибким структурам.

Это происходит за счет применения предсказаний базовых моделей, которые в данном случае представляют собой базовые опера-

ции для станков с числовым программным управлением. Предсказания этих базовых моделей используются в качестве новых признаков для построения более сложных и точных решений.

В частности, для оптимизации процесса фрезерования на станках с ЧПУ можно рассмотреть использование ансамблевой нейронной сети. Перед началом обучения такой нейросети проводится полное факторное параметрическое исследование, которое анализируется с использованием дисперсионного анализа.

При проведении параметрического исследования оптимизация осуществляется на элементарном уровне. Это означает, что на каждом шаге оптимизируется минимальное количество параметров, в то время как остальные параметры остаются фиксированными. После этого применяется дисперсионный анализ (ANOVA), который является статистическим методом, позволяющим сравнивать средние значения двух или более выборок. Дисперсионный анализ (ANOVA) — это статистический метод, который используется для сравнения средних значений двух или более выборок. Он позволяет определить, различаются ли средние значения между группами, или же различия случайны. Этот метод позволяет оценить, как исследуемые факторы влияют на зависимую переменную.

В процессе моделирования решается задача выявления и описания сложных нелинейных связей между переменными, что включает в себя как анализ, так и прогнозирование данных. Для решения этой задачи базовая модель нейросети включает в себя гиперпараметры, которые необходимо оптимизировать. Гиперпараметры нейронной сети — необучаемые параметры, которые задаются заранее, например, количество слоев в нейросети, скорость обучения и т. д. Оптимизация гиперпараметров осуществляется с использованием байесовского фреймворка оптимизации, которая позволяет находить наиболее эффективные настройки модели для достижения наилучших результатов в процессе обработки. Байесовская оптимизация — это метод, который оптимизирует принятие решений по настройке параметров путем применения целевой функции для понимания прошлых настроек, в конечном итоге эффективно находя наилучшие настройки гиперпараметров по сравнению с сеткой и случайным поиском.

Таким образом, внедрение виртуального моделирования и использование ансамблевых нейронных сетей в производственных процессах открывает новые возможности для повышения качества и эффективности обработки, а также для снижения затрат и времени на разработку.

Список источников

1. Fan Xu, Man Sing Wong, Rui Zhu, Joon Heo, Guoqiang Shi. Semantic segmentation of urban building surface materials using multi-scale contextual attention network // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2023. Vol. 202. P. 158–168. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.06.001>.
2. Дьяконов А. Ансамбли в машинном обучении // Анализ малых данных. Режим доступа: <https://alexanderdyakonov.wordpress.com/2019/04/19/ансамбли-в-машинном-обучении> (дата обращения: 17.01.2025).
3. Мальцев Д.Б., Барабанова Е.А. Использование нейронных сетей для повышения эффективности управления станками с числовым программным управлением // Научный результат. Информационные технологии. 2016. Т. 1. № 3. С. 52–56. <https://doi.org/10.18413/2518-1092-2016-1-3-52-56>.
4. Ковалевский С.В., Ковалевская Е.С. Нейросети в управлении точностью обработки резанием. Краматорск: ДГМА, 2009. 136 с.
5. Лисьих А.С., Турчина А.А., Шадрин С.А. Нейронные сети. Применение нейронных сетей в автоматизации процессов // Исследования молодых ученых: материалы VIII Междунар. науч. конф. (г. Казань, 20–23 января 2023 г.). Казань, 2023. С. 1–6.
6. Баранов А.С. Проектирование нейронных сетей для автоматизации производственных процессов. СПб.: Лань, 2019. 165 с.
7. Захаров М.И. Введение в нейронные сети и их использование в производстве. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2020. 184 с.
8. Курдов В.Н. Современные нейронные сети в индустрии. М.: Наука, 2020. 213 с.
9. Орлов А.Т. Нейронные сети: применение в автоматизации. Самара: СГАУ, 2019. 132 с.
10. Сидоров Н.К. Управление производственными процессами с помощью нейронных сетей. Пенза: ПГУ, 2022. 93 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

Кульпин Артем Алексеевич,
студент,
Институт авиационного строительства и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
artemkypin.5@gmail.com

Метальников Семён Александрович,
студент,
Институт авиационного строительства и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
semeneon13@mail.ru

Плесовских Эдуард Андреевич,
студент,
Институт авиационного строительства и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
Kegla228@gmail.com

Artyom A. Kulpin,
Student,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
artemkypin.5@gmail.com

Semyon A. Metalnikov,
Student,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
semeneon13@mail.ru

Eduard A. Plesovskikh,
Student,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
Kegla228@gmail.com

Motion-design процессы создания анимационных роликов и особенности в работе 3D-художника

© Д.Д. Садомцев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Motion-design – современная и активно развивающаяся профессия и феномен, являющийся объектом разных исследований как в области психологии, так и дизайна. Анимированный дизайн помогает людям легче воспринимать через два ключа восприятия: визуальный и аудиальный. Изучены публикации в российских научных журналах по применению motion-design в разных сферах экономической, социально-культурной и образовательной деятельности. В статье описываются основные аспекты, характерные для понимания термина motion-design, а также анализ проблем для его реализации на практике. Приведены основные принципы и техники Motion-design: процесс создания анимации и ее типы, особенности работы 3D-художника. Сравнение работы в профессиональной деятельности художника на себя и в команде. Сформулированы этапы создания видеоролика. Приведены и проанализированы ошибки начинающих дизайнеров с целью их дальнейшей коррекции, а также приведен вывод по постоянному обучению специалиста для повышения его квалификации с целью быть в курсе постоянно меняющегося темпа обновлений его инструментов и трендов в сфере дизайна. Описаны разновидности сфер деятельности 3D-художников. Проведен анализ программ по работе с анимацией по критериям: сложность освоения программы, стоимость приложения, качество моделей, требования наличия модификаторов, специализация в 2D и 3D.

Ключевые слова: Motion-design, анимация, 3D-художник, дизайн, компьютерная графика

Motion-design processes of creating animation videos and features in the work of a 3D artist

© Daniil D. Sadomtsev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Motion design is a modern and actively developing profession and phenomenon, which is the subject of various studies in both psychology and design. Animated design helps people perceive more easily through two perception keys: visual and auditory. The article examines publications in Russian scientific journals on the application of motion design in various areas of economic, socio-cultural and educational activities, describes the main aspects characteristic of understanding the term motion design, as well as an analysis of the problems for its implementation in practice. The article presents the basic principles and techniques of Motion-design: the process of creating animation and its types, the features of the work of a 3D artist, a comparison of work in the professional activity of an artist for himself and in a team, and formulates the stages of creating a video clip. The article presents and analyzes the mistakes of novice designers with the aim of their further correction, and also provides a conclusion on the ongoing training of a specialist to improve his skills in order to be aware of the constantly changing pace of updates to his tools and trends in the field of design. The article describes the types of areas of activity of 3D artists, analyzes programs for working with animation according to the criteria: complexity of mastering the program, cost of the application, quality of models, requirements for the presence of modifiers, specialization in 2D and 3D.

Keywords: Motion-design, animation, 3D artist, design, computer graphics

Введение

Motion-design – это одна из самых актуальных сфер деятельности 20-х гг. текущего столетия в коммуникативном дизайне. Он представляет собой анимированные графические элементы, созданные с разной целью: для рекламы, кино, игр или просто обычного видеоролика. Когда статичная графика стала

устаревать, ее стали оживлять, так появился термин Motion Design, который сегодня встречается в самых разных направлениях [1].

Везде нас окружает motion-design: видео, графические анимированные превью, сфера game-dev, медиа, маркетинг, кинематограф, телевидение, образование и много другое в чем преуспел анимированный дизайн, поэтому

его актуальность по мере развития цифровых современных технологий стремительно растет с каждым годом [2, 3]. В своей статье Д.А. Золотарёв и Т.В. Белько рассказывают о потенциале использования цифровых технологий в дизайне: «Поскольку любой процесс, развивающийся во времени и любой объект, отвечающий на наши манипуляции, подсознательно ассоциируется с естественной средой, т. к. движение и взаимодействие с окружением свойственны любой жизни, поэтому и интерактивные объекты в виртуальной среде, находясь на степени технологического прогресса, отсылают нас к естественной среде, в которой сформировался человеческий разум» [4].

И с этим легко согласиться, ведь motion-design напрямую влияет на наше когнитивное восприятие информации. Благодаря анимационному дизайну, мы воспринимаем полученную информацию так, как хочет этого автор. Так благодаря качественной работе 30-секундная реклама с разными анимационными эффектами и грамотно поставленной композицией может привлечь и удержать внимание целевой аудитории. А. Трейман и Г. Гелладе в своей статье ставят вопрос о том, как люди воспринимают информацию, полученную с помощью цифровой графики, и акцентируют внимание на том, что понятность информации можно улучшить, активизируя тем самым когнитивное восприятие с помощью motion-design [5].

Основные принципы и техники Motion-design

Процесс создания анимации берет свое начало с концептуального этапа и включает в себя:

- идею и сценарий – это ключевые моменты, которые задают направления для дальнейшей работы с расстановкой акцентов на важных моментах, общий концептуальный дизайн ролика;

- стиль и визуализация: выбор художественного стиля (2D, 3D или смешанный) и цветовой гаммы (соответствующий бренду компании) играет важную роль в образе проекта и его восприятие аудиторией (на этом этапе идет поиск аналогов и создаются скетчи для дальнейшей работы);

- раскадровка – это чередование набросков, которые нужны для обеспечения визуального ориентира основных сцен в проекте; создание раскадровки помогает визуализировать сюжет и структуру ролика, а ее основная цель – определить точное направление повествования в motion-графике для разработчиков и заказчика;

- дизайн графики – это разработка отдельных элементов визуального дизайна для детализации [6].

Анимация

Анимация – это процесс создания иллюзорного движения за счет последовательной смены кадров с изображениями. Существует множество видов анимации со своими особенностями, разберем несколько из них.

Рисованная анимация – базовый вид анимации, который требует только личного навыка художника, умение рисовать от руки каждый кадр всего проекта. Такой вид может применяться везде, будь то бумага или цифровой формат. Так же стоит отметить, что рисованная анимация не ограничивается только 2D-форматом, но присутствует и в 3D.

Стоп-моушн анимация – это метод, при котором объекты фиксируются в разных положениях, а после отснятые кадры создают ту самую иллюзию анимации.

Цифровая, компьютерная анимация, построенная с помощью компьютерных программ – основной принцип создания анимации. Существует множество программ, помогающих создать анимацию. Такой вид самый актуальный на рынке труда, а компьютерная анимация применяется в играх, кино, рекламе, интернет-маркетинге на рынок b2b и других отраслях [7].

Кукольная анимация подразумевает собой перемещение реальных, физических объектов. Такая анимация может быть выполнена и отснята как вручную, так и с помощью компьютера.

Ротоскопия – это метод, при котором анимация осуществляется за счет перерисовки изображений реальных людей и объектов. Такая техника используется для большего реализма в анимации.

Анимация стоп-кадром – это метод, где каждый кадр создается вручную, путем перемещения объектов в сцене.

Моушн-графика – процесс создания анимации, использующий цифровые алгоритмы, которые следят за движением объектов в реальном времени. В основном эта техника используется в играх и небольших анимационных роликах.

Интерактивная анимация – это вид анимации, полностью подчиняющийся пользователю. Исходя из названия, зритель сам может изменять направление сюжета и характер персонажей. Такая анимация часто используется в веб-сайтах.

В зависимости от поставленной цели, используется та или иная техника для создания проекта, к тому же не исключено, что их можно комбинировать. Но главной сутью анимации остается создание увлекательного и познавательного контента для пользователей, который активно используется в современной рекламе различных товаров, услуг, обучений и т. п. [8].

Пост-продакшн – это финальная часть проекта, подразумевающая обработку отснятого материала. Обработка может включать в себя удаление лишних кадров (клин-ап), а также цветокоррекция и работа со звуком, будь то устная речь или созданный саундтрек. Но главная задача пост-продакшн объединить все элементы монтажа видео в соответствии с сюжетом режиссера в готовый проект.

Особенности работы 3D-художника

3D-художник – это специалист, создающий трехмерные объекты в виртуальном пространстве. Его задачи строятся от вида его деятельности. В маленьких студиях в задачи художника входит не только создание виртуальной модели, но и развертка текстур и небольшая анимация объектов. Есть различные разновидности специализации 3D-художника, разберем некоторые из них.

3D-моделлер – это художник, создающий низкополигональную (объект с низким качеством) и высокополигональную (объект с высоким качеством) модель, он сам накладывает на них текстуры. 3D-моделлер может создать любые неодушевленные объекты от заполнения локации, до растительности и оружия.

Художник по окружению создает и накладывает модульные текстуры на объекты окружения. Собирает локации из модулей в игровом движке, выставляет освещение в лока-

ции, эффекты постпроцессинга, а также контролирует технические процессы такие как коллизия.

Моделлер персонажей воплощает в 3D-идею концепт-художника по персонажам. Сначала создает сложный объект (хай-поли), а после упрощает ее для лучшей работы в движке, которым пользуется компания.

Концепт-художник – сценарист по визуалу персонажей. Зачастую часто концепт создают сразу в 3D для полного анализа со всех ракурсов. Главная задача художника – это создать эскиз персонажа по техническому заданию заказчика в сжатые сроки.

3D-Generalist – этого специалиста можно назвать разносторонним в своей профессии. Он может создать 3D-объекты, выставить свет, камеры, а также наложить текстуры и создать анимацию сам.

Навыки и инструменты 3D-художника

В обязанности 3D-художника входит знание требуемых программ для дальнейшей работы с ними. Без них он словно без своих главных инструментов, которыми он творит. Разберем некоторые программы по созданию 3D-анимации:

- Blender – программное обеспечение для создания графики, которое включает моделирование, скульппинг, анимацию, постобработку и рендеринг, считается самой простой программой по моделированию 3D-объектов;

- Cinema 4D – популярная программа для создания 3D-анимаций; программу применяют для создания реалистичных объектов, персонажей, а также абстрактных вещей;

- Maya – профессиональная программа с универсальным набором инструментов для создания высококачественных 3D-объектов и анимаций, часто используется при разработке игр, в телевидении и кино;

- 3Ds Max – приложения для создания трехмерного изображения, часто используется в инженерии и создании интерьерного дизайна, но может и послужить в разработке игр, motion-дизайне и архитектуре в современном социокультурном пространстве [6];

- ZBrush – программа, связанная исключительно со скульппингом, в которой художники создают персонажей и объекты словно из глины, превращая примитивные форму в произведение искусства;

– Adobe After Effects – программа для монтажа видео, а также создания баннеров и визуальных эффектов в видео. Часто применяется в современной рекламе [9, 10];

– Adobe Premiere Pro – узконаправленная программа для монтажа видео, считается самым удобным и популярным программным обеспечением для редактора видеороликов;

– DaVinci Resolve – приложения для изменения цветокоррекции, монтажа видео и создания графики;

– Figma – любимая программа веб-дизайнеров, она создает визуальную составляющую для сайтов, а выделяется тем, что в ней можно вести совместную работу, где каждый работник может внести правки.

Художественные навыки и ошибки начинающих

Профессия 3D-художник говорит сама за себя. Специалисту важно иметь художественные навыки, ведь это то, на что он полагается в своей работе. Знание анатомии поможет в разработке персонажа, сделать его симметричным, если речь идет о человеке. Если говорить о встроенных пресетах программ, где можно бесплатно скачать готовую модель, то для поставленной задачи ее нужно будет переделать и в этом поможет как знания программы, так и художественные навыки. Тоже самое касается и умение рисовать, когда нужно придумать текстуру с нуля, именно этот навык поможет детализировать ее до реали-

стичной. Умение выстраивать перспективу тоже не будет лишним, особенно для концепт-художников, ведь прорисовка скетчей локаций требует именно этого.

Большинство художников начиная свою карьеру совершают множество ошибок, и большая их часть закладывается в самом начале, когда они берут заказ. При разговоре с заказчиком стоит учитывать, что не заказчик должен донести что он хочет от художника, а сам специалист должен вытянуть из заказчика максимум информации для упрощения работы самому себе и ограничиваясь требованием технического задания, на случай если у заказчика возникнут новые идеи и прихоти для проекта.

Важным фактором в работе 3D-специалиста является расчет своего времени. Частая ошибка – неумение распределять свое время так, чтобы уложиться в дедлайн. Особенно это заметно, когда у художника сразу несколько заказов. Из-за неуспеваемости уложиться в поставленный срок, страдает репутация и отзывы о его работе.

Начинающие дизайнеры, работающие часто на себя, не умеют оценивать свой труд, ставя минимальный прайс за свою работу, в которую они вкладывают немало сил и времени. Чтобы избежать недовольства полученным гонораром стоит поставить расценки не за готовый проект, а за потраченное на него время.

Критерии программ

№	Название программы	Сложность в освоении (1–3)	Стоимость программы (подписка в месяц)	Специализация	Требование к дополнительным модификаторам	Качество 3D-моделей (1–3)
1	Blender	1	Бесплатно	3D	Нет	1
2	Cinema 4D	3	От 294 042 руб. в год	3D	Да	2
3	Maya	3	7 738,67 руб.	3D	Нет	3
4	ZBrush	1	3 572,73 руб.	3D и 2D	Нет	1
5	Adobe After Effects	1	От 1439 руб.	Редактор видео	Нет	Не предусмотрено
6	Adobe Premiere Pro	2	От 1 877,14 руб.	Редактор видео	Нет	Не предусмотрено
7	DaVinci Resolve	2	От 1 767 руб.	Редактор видео	Нет	Не предусмотрено
8	3ds Max	3	От 21 016,05 руб.	3D	Да	3
9	Figma	1	От 1 073,16 руб.	2D	Нет	Не предусмотрено

Работа в команде и постоянное обучение

После обучения дизайнер выбирает, где и как ему работать: одному или в коллективе с другими дизайнерами. Лучший и надежный вариант – это работа в компании, где художник может взять новый опыт у своих коллег как в творчестве, так и в сфере коммуникаций, получив новые знакомства. Но стоит помнить, что работа в коллективе требует ответственности перед своими коллегами и если неправильно донести свои мысли о проекте, то это может сорвать поставленный срок выполнения задачи.

Мир технологий постоянно развивается и это касается инструментов 3D-дизайнеров. Важно понимать, что программы и движки постоянно обновляются и специалистам необхо-

димо за этим следить, чтобы работать с новыми функциями приложений. Это может требовать дополнительных курсов или самообразования.

Заключение

Концепция анимированного дизайна имеет большое количество преимуществ, улучшение коммуникаций, повышенное когнитивное восприятие на полученную информацию, вовлеченность и умение быстро решать поставленные задачи, а умелый синтез возможностей программ для дизайна и творческий стиль художника комбинируют анимационный продукт, повышающий доход и целевую аудиторию компании научной и культурной деятельности.

Список источников

1. Паули К.А., Никитина О.И. Преимущество и эффективность интернет-рекламы // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений: сб. науч. тр. Иваново: Ивановский государственный политехнический университет, 2018. С. 149–154.
2. Itti L., Koch C. Computational modelling of visual attention // Nature Reviews Neuroscience. 2001. № 2 (3). P. 194–203. <https://doi.org/10.1038/35058500>.
3. Zacks J.M., Braver T.S., Sheridan M.A., Donaldson D.I., Snyder A.Z., Ollinger J.M., et al. Human brain activity time-locked to perceptual event boundaries // Nature Neuroscience. 2001. № 4 (6). P. 651–655. <https://doi.org/10.1038/88486>.
4. Чжан С. Когнитивные аспекты влияния моушн-дизайна на восприятие информации // Социально-культурная деятельность: векторы исследовательских и практических перспектив: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Казань, 15 мая 2023 г.). С. 396–402.
5. Treisman A., Gelade G. A feature-integration theory of attention // Cognitive Psychology. 1980. № 12 (1). P. 97–136. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90005-5).
6. Jan L. Plass., Bruce D. Homer., Macnamara A., Teresa M. Ober. Emotional design for digital games for learning: The effect of expression, color, shape, and dimensionality on the affective quality of game characters // Learning and Instruction. 2020. № 1 (70). P. 119–135. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.01.005>.
7. Гарин Ю.А., Никитина О.И. Внедрение интернет-маркетинга на рынок b2b // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2019. № 1–2. С. 73–74.
8. Жуков А.В. Особенности технологии анимации в современной рекламе // Молодой ученый. 2016. № 11 (115). С. 168–171. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/115/31259> (дата обращения: 15.08.2024).
9. Никонова М.А., Шанина С.Э. Роль MotionDesign в современной рекламе // Актуальные исследования. 2022. № 17 (96). С. 16–18.
10. Мамонтов К.В., Карасенко Е.А. Моушн-дизайн в рекламной отрасли // Дизайн и архитектура в современном социокультурном пространстве: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (г. Уфа, 25–27 мая 2016 г.). Уфа, 2016. С. 59–64.

Информация об авторе / Information about the Author

Садомцев Даниил Дмитриевич,
магистрант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
sadomtsev1999@mail.ru

Daniil D. Sadomtsev,
Master's Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
sadomtsev1999@mail.ru

Обучение нейронной модели для создания игрового искусственного интеллекта на основе компьютерного зрения

© В.А. Уваров, С.В. Григорьев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В статье описывается процесс обучения модели You Only Look Once для распознавания и классификации мобов в игре Minecraft. You Only Look Once – это система компьютерного зрения, которая позволяет выполнять обнаружение объектов в реальном времени, что делает ее идеальной для использования в динамичных игровых средах, где требуется быстрая и точная реакция искусственного интеллекта. В статье подробно излагается процесс подготовки данных, включая сбор и обработку изображений различных мобов в разнообразных условиях из Minecraft, разделения полученного датасета на вариационную, тестовую и обучающие выборки, а также настройку параметров обучения для достижения оптимальной производительности модели. Демонстрируется процесс обучения модели и проводится краткий анализ метрик F1-Confidence Curve и mAP50, которые используются для оценивания качества обученной модели. После обучения проводятся и анализируются эксперименты, которые показывают, что модель You Only Look Once способна с высокой точностью идентифицировать и классифицировать различные типы мобов в игре, как дружелюбных, так и враждебных, что может быть использовано для создания более сложных и интерактивных ИИ-противников или помощников в игровом мире.

Ключевые слова: You Only Look Once, Minecraft, обнаружение объектов, машинное зрение

Training a neural model to create a gaming artificial intelligence based on computer vision

© Vladimir A. Uvarov, Stanislav V. Grigorev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article describes the process of learning the You Only Look Once model for recognizing and classifying mobs in the Minecraft game. You Only Look Once is a computer vision system that allows real-time object detection, making it ideal for use in dynamic gaming environments where fast and accurate AI response is required. The authors describe in detail the process of data preparation, including the collection and processing of images of various mobs in various conditions from Minecraft, the division of the resulting dataset into variational, test and training samples, as well as the adjustment of training parameters to achieve optimal model performance. The model learning process is demonstrated and a brief analysis of the F1-Confidence Curve and mAP50 metrics is carried out, which are used to assess the quality of the trained model. After the training, experiments are conducted and analyzed, which show that the YOLO model is able to accurately identify and classify various types of mobs in the game, both friendly and hostile, which can be used to create more complex and interactive AI opponents or assistants in the game world.

Keywords: You Only Look Once, Minecraft, object detection, machine vision

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) играет важную роль в современной разработке видеоигр, обеспечивая реалистичное и убедительное поведение неигровых персонажей (НИП). Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является использование нейросетей для создания игровых деревьев поведения, что позволяет достичь нового уровня адаптивности и реалистичности.

С развитием технологий машинного обучения и увеличением вычислительных мощностей, нейросети стали доступным инструмен-

том для разработчиков всех уровней. Использование нейросетей в игровых деревьях поведения открывает новые возможности для создания более глубоких и интерактивных игровых миров. Нейросети могут анализировать большие объемы данных о поведении игроков, адаптируясь и предсказывая их действия, что делает игровой процесс более динамичным и непредсказуемым [1–3].

Обзор деревьев поведения

Игровые деревья поведения представляют собой модель для структурирования

принятия решений в искусственном интеллекте, особенно в компьютерных играх и робототехнике. Они используются для создания сложных систем поведения через простую комбинацию базовых узлов, которые описывают возможные действия или состояния агента.

Структура дерева поведения включает в себя узлы, которые могут быть классифицированы как узлы-задачи, узлы-последовательности, узлы-селекторы и узлы-декораторы. Узлы-задачи представляют конкретные действия или проверки состояния. Узлы-последовательности выполняют своих детей последовательно до тех пор, пока один из них не потерпит неудачу. Узлы-селекторы выполняют своих детей до первого успешного выполнения. Узлы-декораторы изменяют условия выполнения или поведение своих дочерних узлов.

Преимущества использования деревьев поведения заключаются в их модульности и гибкости. Разработчики могут легко добавлять, удалять или изменять узлы для адаптации и оптимизации поведения ИИ. Это позволяет создавать более сложные и адаптивные системы поведения по сравнению с традиционными конечными автоматами.

Применение деревьев поведения варьируется от простых задач, таких как навигация и преследование цели, до более сложных, включая тактическое принятие решений и взаимодействие с окружающей средой. В игровой индустрии они используются для управления поведением неигровых персонажей, обеспечивая им возможность реагировать на изменения в игровом мире динамично и реалистично.

Методы создания игровых деревьев поведения

В похожих проектах по созданию игровых агентов используется обучение с подкреплением. Работает это следующим образом: агент получает данные из игры в виде кода и отправляет назад свои данные. За одни действия он получает очки, за другие теряет. И хотя такой подход показывает отличные результаты на входе, у него есть ряд недостатков, например, то, как агент взаимодействует с игрой: он видит ее не как игрок, через экран монитора в виде набора пикселей, а в виде

кода и уникальных ID предметов в игровом мире и взаимодействует с ними напрямую, игнорируя все, кроме нужного объекта. Из-за этого теряется один из основных критериев деревьев поведения, а именно реалистичная имитация человеческого поведения [4, 5].

Использование технологии компьютерного зрения при создании деревьев поведения

Исправить вышесказанную проблему можно, если изменить подход к обучению агента. Если заменить его взаимодействие с игрой так, чтобы он получал данные не из кода игры, а напрямую из текущего изображения на экране, которое видит обычный игрок [5].

Дело в том, что для нахождения того или иного объекта для дальнейшего взаимодействия с ним агент больше не может сканировать код игры, то нужно будет прописать условия, по которым агент будет ориентироваться в игровом мире. Например, условие: «Объект А находится относительно объекта Б следующим образом», подскажет объекту, что между расположением объектов есть определенная логика и будет искать один из них, используя в качестве ориентира другой, как это делают реальные игроки.

Процесс обучения будет выглядеть следующим образом:

- агент получает данные от модели компьютерного зрения, что обнаружен новый объект;
- агент начинает взаимодействовать с объектом любыми доступными ему способами;
- за одни действия агент будет получать очки, за другие их терять;
- после того, как агент исчерпал все возможные варианты взаимодействия, он переходит к следующему объекту, основываясь на прописанной заранее для него логике.

Данный подход усложнит процесс обучения из-за прописывания дополнительной логики, но также он улучшит итоговый результат обучения, добавив в поведения агента больше реалистичности.

Выбор платформы и объектов для модели компьютерного зрения

В качестве игры для создания и тестирования модели был выбран Minecraft. Minecraft – компьютерная инди-игра в жанре песочницы.

Minecraft написан на языке программирования Java, а наша модель компьютерного зрения на Python, из-за чего нам придется использовать метод для обеспечения взаимодействия между ними, например, API или специальные библиотеки.

В Minecraft можно выделить несколько групп объектов для определения:

- блоки, из которых состоит весь мир; они делятся на строительные материалы и ресурсы;

- mobs – это любой нестатичный объект в компьютерной игре; mobs делятся на дружелюбных, нейтральных и враждебных;

- биомы – это территория, которая имеет свой уникальный климат; в Minecraft биомы отличаются между собой географическими особенностями, типом и окраской генерируемой растительности, температурой и уровнем влажности, они разделяют каждый сгенерированный игровой мир на различные среды, такие как лес, джунгли, пустыня, тайга и т. д.;

- постройки, которые встречаются в игровом мире: деревни, аванпосты, особняки и т. д.

Поскольку основная цель игры заключается в выживании, то первым делом создадим модель для распознавания мобов.

Обнаружение объектов

Обнаружение объектов – это технология компьютерного зрения, которая связана с идентификацией и локализацией объектов внутри изображения или видео. Эта технология позволяет компьютерам автоматически обнаруживать объекты и определять их границы на уровне пикселей. Обнаружение объектов используется в различных приложениях, таких как видеонаблюдение, автономное вождение, системы безопасности, и машинное обучение. Оно может распознавать объекты различных классов: людей, автомобилей, животных и многих других.

Описание технологии обнаружения объектов

Эта технология находит применение в самых разных областях. В розничной торговле она помогает анализировать поведение покупателей и управлять запасами. В области здравоохранения обнаружение объектов используется для анализа медицинских изобра-

жений, что способствует более точной диагностике и лечению. В сфере безопасности технология помогает в мониторинге и обнаружении подозрительной активности, а в смартфонах и других устройствах улучшает пользовательский интерфейс и взаимодействие с помощью распознавания жестов и лиц [4].

С улучшением алгоритмов глубокого обучения и увеличением вычислительной мощности, обнаружение объектов становится все более точным и быстрым, что открывает новые горизонты для инноваций и улучшения технологий во многих отраслях [6–8].

Выбор технологии обнаружения объектов

В области компьютерного зрения существует несколько передовых технологий для обнаружения объектов.

Примеры методов обнаружения объектов:

- SSD (Single Shot MultiBox Detector) – этот метод также позволяет обнаруживать объекты в реальном времени, используя только один проход для предсказания ограничивающих рамок и вероятностей классов, что делает его эффективным и быстрым;

- YOLO (You Only Look Once) – один из самых быстрых методов обнаружения объектов, который обрабатывает изображения в реальном времени, предсказывая ограничивающие рамки и классификации объектов за один проход;

- Faster R-CNN (Region-based Convolutional Neural Networks) – более точный, но относительно медленный метод по сравнению с YOLO и SSD; Faster R-CNN сначала выделяет предложения областей, которые могут содержать объекты, а затем использует сверточные нейронные сети для точного определения класса и ограничивающей рамки каждого объекта.

Поскольку изображение в игре меняется каждую секунду, то для нашей цели подойдет самая быстрая модель YOLO.

Модель YOLO

YOLO или You Only Look Once (с англ. смотришь только один раз) – это серия моделей для обнаружения объектов в реальном времени. Это одна из самых известных и широко используемых систем в области компьютерного зрения. Основное преимущество YOLO заключается в скорости: в отличие от

традиционных методов, которые выполняют обнаружение в несколько этапов, YOLO делает это одновременно для всего изображения.

Модель YOLO работает на принципе одно-проходного обнаружения объектов.

Основные шаги ее работы:

1. Разделение изображения. YOLO делит входное изображение на сетку фиксированного размера. Каждая ячейка сетки отвечает за обнаружение объектов, центр которых попадает в эту ячейку.

2. Предсказание ограничивающих рамок. Для каждой ячейки сетки модель предсказывает несколько ограничивающих рамок и соответствующие им уверенности (Confidence Scores), которые указывают, насколько вероятно, что рамка содержит объект и насколько точно рамка его описывает.

3. Классификация объектов. Вместе с ограничивающими рамками модель также предсказывает вероятности классов для каждого объекта, определяя к какому классу он может принадлежать.

4. Фильтрация предсказаний. С помощью порога уверенности и метода подавления не максимальных значений (Non-Maximum Suppression, NMS) модель фильтрует и уточняет предсказания, удаляя слабые и перекрывающиеся рамки.

5. Вывод результатов. На выходе модель предоставляет ограничивающие рамки вокруг обнаруженных объектов с указанием их класса и уровня уверенности [9, 10].

Моделирование нейронной сети для обнаружения объектов на видео

Подготовим датасет, в котором данные будут разделены на тренировочную, тестовую и валидационные выборки. К каждому изображению должна прилагаться аннотация в формате .txt, в которых будет содержаться информация о классах объекта и его координаты на изображении (рис. 1).

В нашем случае для создания датасета использование метода поиска изображений в интернете по ключевым словам не подходит, т. к. Minecraft популярная игра и большая часть изображений при поиске составляет художественные арты, одежду, различную сувенирную продукцию, которые могут использоваться при создании датасета, но при этом это может отрицательно отразиться на точности модели. Поэтому изображения для датасета будем делать в самой игре.

Для разметки изображений можно воспользоваться сервисом makesense.ai, с помощью которого разметить изображения для нашего датасета (рис. 2).

```
06_snowy_0_52_jpg.rf.621db7fad78bf31dce0cf2f3004cbcb2.txt -
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
5  0.453125  0.43046875  0.27109375  0.61953125
```

Рис. 1. Пример содержимого файла аннотации

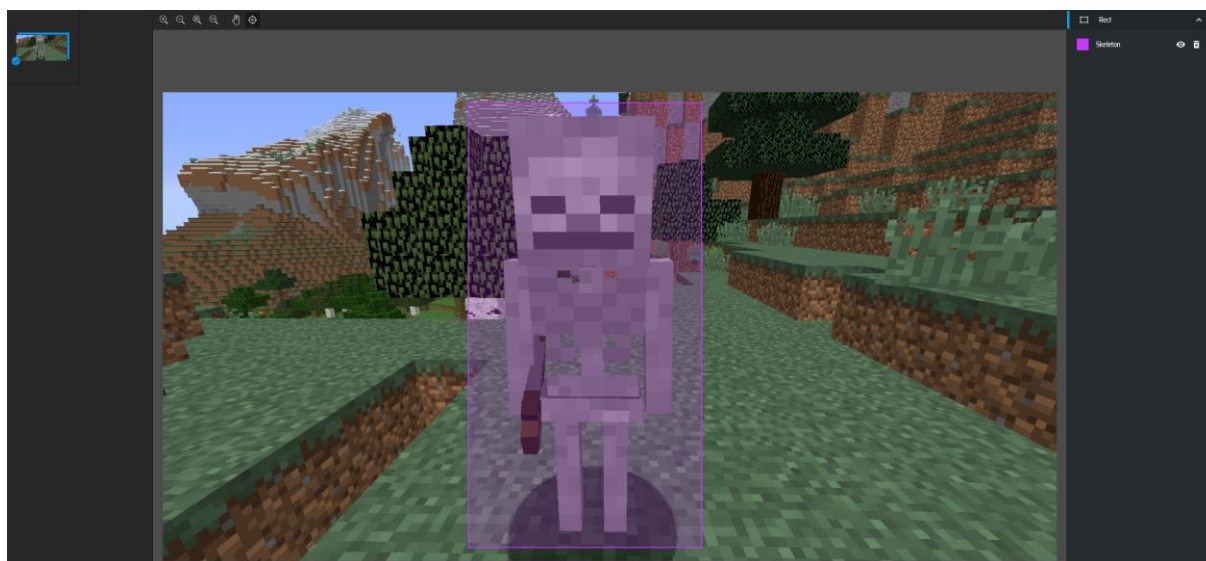


Рис. 2. Пример разметки изображения

Разметим изображения для 17 классов: пчела, курица, корова, крипер, эндермен, лиса, лягушка, гаст, коза, лама, свинья, овца, скелет, паук, черепаха, волк, зомби.

Разделим файлы на обучающую, тестовую и валидационную выборки. Сделать это можно при помощи библиотеки `sklearn`, используя метод `train_test_split()`.

После использования данного метода датасет разделится на папки `test`, `train` и `valid`, в каждой из которых будет папка `images` с изображениями и `labels`, в которой будут находиться метки. В итоге мы получили несбалансированный датасет (рис. 3).

Из-за того, что на этапе создания датасета была проведена аугментация изображений, чтобы его увеличить, он оказался несбалансированным. Была предпринята попытка еще одной аугментации в целях балансировки классов датасета, но разница между классами оказалась слишком велика и аугментация не принесла ожидаемых результатов.

Дело в том, что в YOLOv7 была добавлена ограничивающая прямоугольная функция регрессионных потерь без потерь, которая

должна справиться с данной проблемой, поэтому решено было оставить данные в таком виде.

Обучение модели

Перед обучением модели необходимо создать файл конфигурации `data.yaml`, в котором будут указаны пути к папкам датасета, число классов и их название.

Модели YOLO имеют пять различных модификации: `-n`, `-s`, `-m`, `-l`, `-x`. Каждая из них отличается количеством слоев и параметров (рис. 4).

В ходе экспериментов было выявлено, что наилучшим вариантом для решения поставленной задачи является модель YOLOv8x.

Следующим шагом запускаем обучение, где указаны следующие аргументы:

- `cos_lr=True` для использования косинусного планировщика скорости обучения, он настраивает скорость обучения по косинусной кривой в течении эпох для лучшей сходимости;
- `Profile=True` для профилирования ONNX и TensorRT во время тренировки, что полезно для оптимизации развертывания модели;

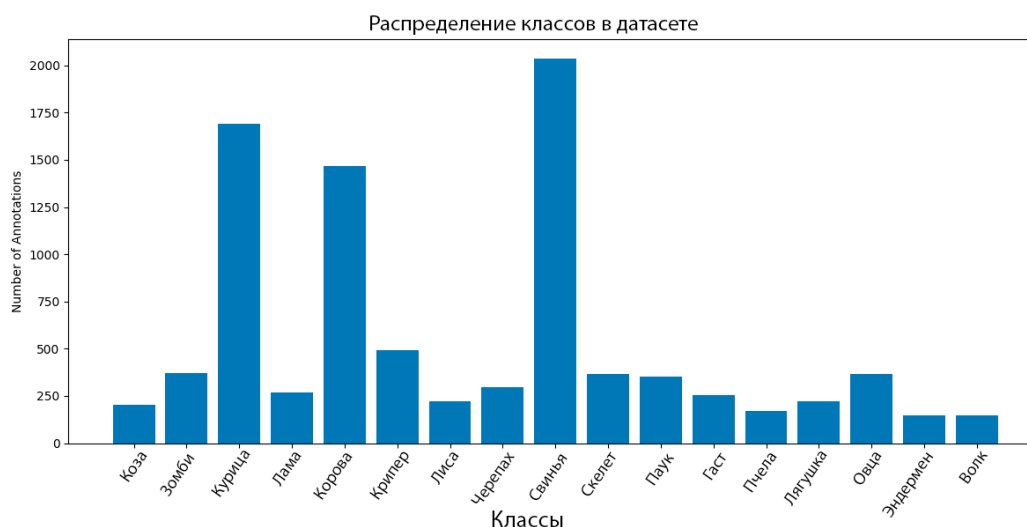


Рис. 3. Распределение данных по классам в датасете

Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
1/3	7.87G	1.368	2.024	1.313	24	640: 100% 577/577 [01:54<00:00, 5.03it/s]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 27/27 [00:02<00:00, 9.07it/s]
	all	422	697	0.403	0.339	0.343 0.193
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
2/3	7.29G	1.323	1.262	1.323	16	640: 100% 577/577 [01:45<00:00, 5.47it/s]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 27/27 [00:02<00:00, 9.94it/s]
	all	422	697	0.678	0.333	0.363 0.211
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
3/3	7.56G	1.214	0.9629	1.251	20	640: 100% 577/577 [01:50<00:00, 5.21it/s]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 27/27 [00:03<00:00, 8.62it/s]
	all	422	697	0.486	0.439	0.465 0.277

Рис. 4. Процесс обучения модели

– val=True для включения валидации во время обучения, что позволяет периодически оценивать производительность модели на отдельном наборе данных;

– optimizer="auto" для автоматического определения наилучшей функции оптимизации;

– exist_ok=True для перезаписи модели в одну и ту же папку вместо создания новых; сделано это было для того, чтобы не потеряться в множестве различных вариантов моделей в процессе экспериментов;

– dropout=0.1 для предотвращения перебора с помощью случайного исключения единиц во время обучения;

– epoch=3 во время экспериментов было установлено оптимальное значение эпох для обучения -3;

– batch=8 размер пакета (batch_size) установили равным 8.

После обучения выводятся метрики (рис. 5).

На рис. 5 мы можем увидеть следующие метрики:

– P (Precision) – точность обнаруженных объектов, показывающая сколько обнаруженных были правильными;

– R (Recall) – способность модели идентифицировать все экземпляры объектов на изображениях;

– mAP50 – средняя точность, рассчитанная при пороге Intersection Over Union (IoU), равном 0,50, это показатель точности модели, учитывающей только легкие обнаружения;

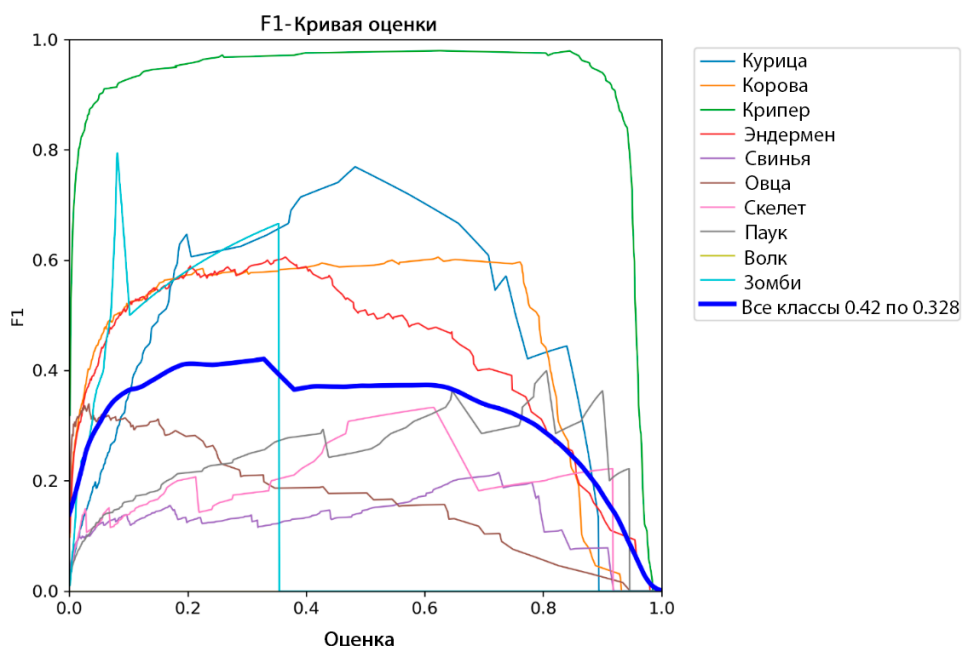
– mAP50-95 – среднее значение средней точности, рассчитанное при различных пороговых значениях IoU, варьирующихся от 0,50 до 0,95, дает полное представление о производительности модели на разных уровнях сложности обнаружения.

На рис. 6 представим F1-Confidence Curve. Рисунок представляет собой оценку F1 при различных пороговых значениях. Интерпретация этой кривой может дать представление о балансе модели между ложноположительными и ложноотрицательными результатами при различных пороговых значениях.

Model summary (fused): 268 layers, 68139939 parameters, 0 gradients, 257.5 GFLOPs

Class	Images	Instances	Box(P)	R	mAP50	mAP50-95): 100% 27/27 [00:04<00:00, 6.55it/s]
all	422	697	0.487	0.438	0.465	0.276
chicken	422	14	0.566	0.714	0.694	0.396
cow	422	127	0.776	0.457	0.524	0.29
creeper	422	123	0.963	0.976	0.993	0.83
enderman	422	103	0.668	0.524	0.636	0.314
pig	422	48	0.101	0.208	0.122	0.0667
sheep	422	126	0.599	0.127	0.29	0.215
skeleton	422	8	0.138	0.25	0.24	0.168
spider	422	8	0.155	0.625	0.324	0.251
wolf	422	138	0	0	0	0
zombie	422	2	0.899	0.5	0.828	0.232

Рис. 5. Результат обучения модели



На рис. 7 представлен показатель точности модели mAP50, глядя на который можно сказать, что данная метрика росла по ходу обучения.

Проверка модели на тестовых данных

В качестве тестовых данных использовалось видео, т. к. оно наиболее приближено к происходящему на экране во время игры. Было записано тестовое видео с кадрами из игры и обработано с помощью полученной нейронной модели (рис. 8–11).

На видео присутствовали пять классов объекта: три, которые определились с достаточной точностью (зомби, корова и крипер), и еще два, которые определились с недостаточно высокой точностью (паук и скелет).

Модель определила все объекты в кадре

с ошибками в количестве объектов. Так два крипера распознались как один из-за слишком близкого расположения друг к другу.

Из-за низкой точности определения классов некоторые объекты определяются не сразу или неправильно из-за близкого расположения к объекту, класс которого имеет высокую точность или не определяются какое-то время полностью.

Скелет и паук вблизи определяются с высокой точностью, если рядом с ними не расположены объекты других классов, несмотря на низкую точность классов.

Для исправления данной проблемы необходимо сбалансировать классы датасета и добавить в него изображения несколько стоящих рядом друг с другом объектов.

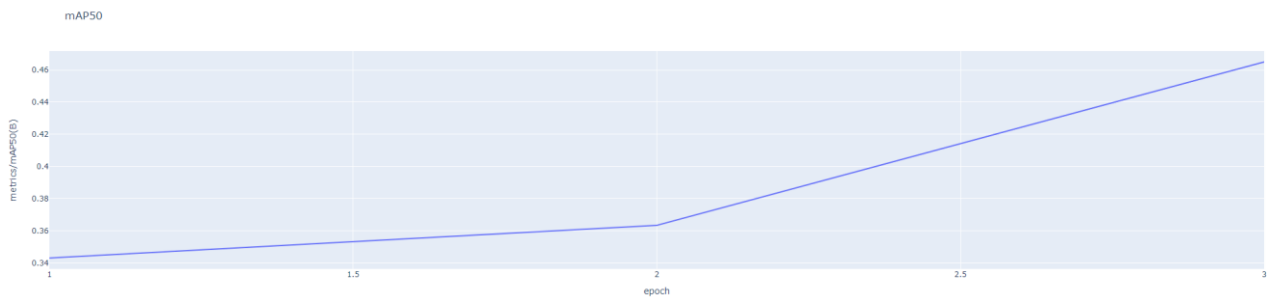


Рис. 7. Метрика mAP50 в зависимости от эпох

```
0: 384x640 2 cows, 2 creepers, 1 skeleton, 8.2ms
1590 400 1664 529
1532 401 1601 526
1791 416 1918 555
1407 376 1497 527
1826 418 1919 573
Speed: 1.5ms preprocess, 8.2ms inference, 1.7ms postprocess per image at shape (1, 3, 384, 640)
```

Рис. 8. Информация об обнаруженных объектах на кадре из тестового видео



Рис. 9. Кадр из тестового видео

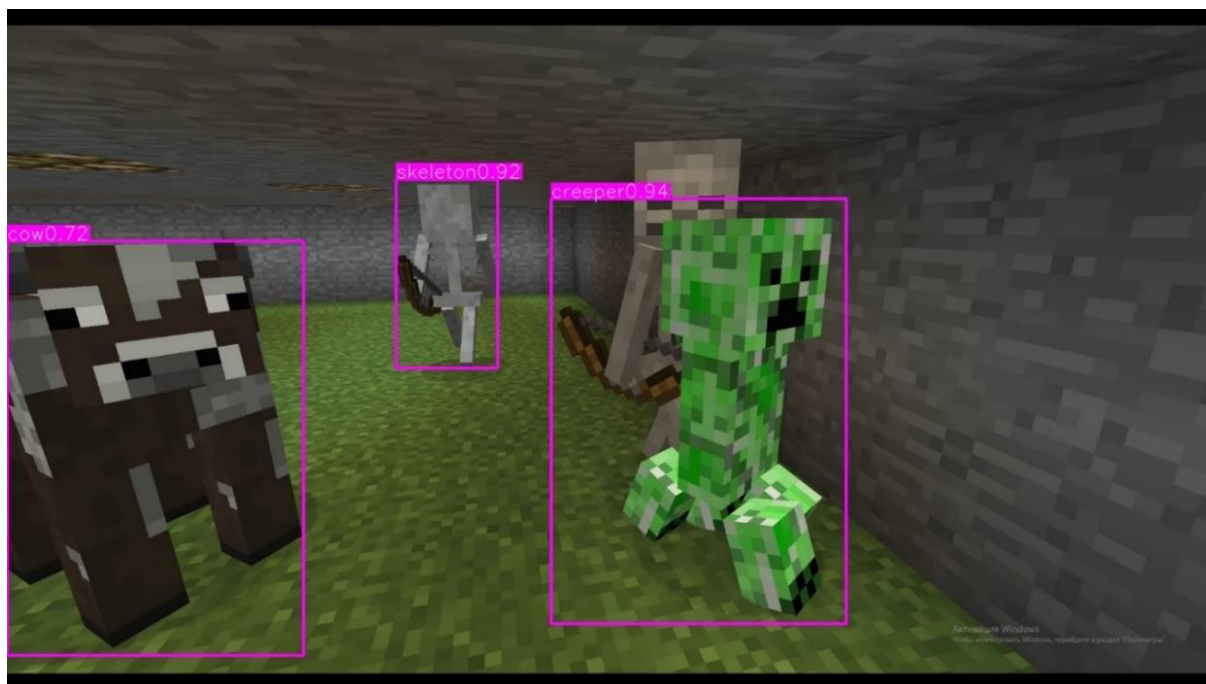


Рис. 10. Кадр из тестового видео с высокой точностью определения класса скелет

```
0: 384x640 1 cow, 1 creeper, 1 skeleton, 8.4ms
863 302 1331 973
617 269 778 568
0 367 470 1023
Speed: 1.5ms preprocess, 8.4ms inference, 1.2ms postprocess per image at shape (1, 3, 384, 640)
```

Рис. 11. Информация об обнаруженных объектах на кадре из тестового видео

Заключение

В ходе выполнения работы была создана нейронная модель, выполняющая функции определения объектов (Object Detection) для последующего использования при обучении игрового агента. Для достижения поставленной цели были проделаны следующие шаги:

- изучено понятие дерева поведения, что оно из себя представляет, каким критериям должно соответствовать и как можно использовать нейросеть для обнаружения объектов при обучении нейронной модели поведения;
- были рассмотрены несколько вариантов технологий обнаружения объектов на изображении и видео, среди которых была выбрана YOLO, т. к. она лучше всего подходит для решения наших задач, потому что способна быстро обрабатывать игровые данные в виде кадров, частота которых варьируется в диапазоне 30–240 кадров в секунду;
- рассмотрена история всех версий моделей YOLO, чтобы узнать, какие возможности в

ней есть;

- была проведена работа с датасетом: разметка данных, их распределение на тестовую, тренировочную и валидационные выборки и последующая их аугментация;
- обучена модель YOLOv8 с модификацией -х, после чего протестирована на тестовом видео; средняя точность полученной модели составила 46 %, точность отдельных классов находится в промежутке от 12 % (класс овца) до 97 % (класс крипер);
- в качестве улучшения показателей модели можно предложить следующее: сбалансировать классы датасетов и добавить в него изображения с расположенными рядом объектами.

Таким образом, благодаря этим шагам, цель работы, заключающаяся в создании и тестировании модели определения объектов YOLO8x, которая будет использоваться при создании игровых деревьев поведения в будущем – была достигнута.

Список источников

1. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. СПб: Питер, 2018. 400 с.
2. Гафаров Ф.М., Галимьянов А.Ф. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. 121 с.
3. Лесник Д.В. Искусственный интеллект в компьютерных играх, его методы и проблемы // Матрица научного познания. 2023. № 4–1. С. 96–108.
4. Анохин А.О. Разработка поведенческих моделей интеллектуальных агентов на базе деревьев поведения и конечных автоматов // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 12 (126). С. 10–13.
5. Донских А.К., Барабанов В.Ф., Гребенникова Н.И., Белых М.А. Обзор архитектуры систем управления интеллектом на основе полезности и дерева поведения // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2021. Т. 17. № 2. С. 36–41. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2021.17.2.006>.
6. Новак Я.Д., Белозерова С.И. Создание компьютерных игр с использованием графических нейросетей // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2023. Т. 2. С. 463–467.
7. Lankes M., Stock A. AI-Powered Game Design: Experts Employing ChatGPT in the Game Design Process // The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics. 2023. Vol. 24. P. 1–9. <https://doi.org/10.55549/epstem.1406194>.
8. Скоропада В.И. Машинное обучение в видеоиграх // Молодежная наука: сб. статей VII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Пенза, 17 апреля 2022 г.). Пенза, 2022. С. 24–27.
9. Кузнецова П.А. Преимущества использования искусственного интеллекта в разработке компьютерных игр и влияние на пользовательский опыт // Вестник науки. 2024. Т. 1. № 5 (74). С. 505–511. Режим доступа: <https://www.xn----8sbempclcwd3bmt.xn--p1ai/article/14275> (дата обращения: 17.01.2025).
10. Буковшин В.А., Воскобойников С.Г. Интеллектуальные системы в компьютерных играх. Перспективы развития искусственного интеллекта в игровой индустрии // Современные материалы, техника и технология. 2017. № 3 (11). С. 21–36.

Информация об авторах / Information about the Authors

Уваров Владимир Александрович,
студент,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
VolodaPGG@yandex.ru

Vladimir A. Uvarov,
Student,
School of Information Technology
and Data Science,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
VolodaPGG@yandex.ru

Григорьев Станислав Валентинович,
к.х.н., доцент,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
svg@istu.edu

Stanislav V. Grigorev,
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
svg@istu.edu

Классификации интеллектуальных энергетических сетей

© А.А. Власов, В.П. Степанчук

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Традиционные электрические сети разрабатывались еще с середины XX века и не способны предоставить потребителю дешевую, экологически чистую электроэнергию. Стабильность в таких системах достигается за счет избыточной мощности и им требуется модернизация. Главным способом усовершенствования считается имплементация информационных технологий в энергетическую сеть и создание, таким образом, интеллектуальной сети. В мире на данный момент вопросы определения интеллектуальных сетей и их классификации не изучены в достаточно полном объеме. В статье рассмотрены определения трех организаций и на их основании составлено общее определение, представлены преимущества интеллектуальных сетей и их функции. Предложена своя классификация сетей по нескольким признакам, таким как архитектура, место использования и другие. Основной акцент ставится на классификации сетей по масштабу, такие как наносети, микросети, минисети и интеллектуальные суперсети. Для каждой из интеллектуальных сетей описаны их условия применения и дана общая информация о сетях, приведены примеры использования. Были изложены основные составляющие наносети и ее топологии. Было проведено сравнение топологий и выложены их диаграммы. Микросеть рассматривается как сеть, состоящая из нескольких наносетей, которая имеет большую нагрузку. В разделе минисети были выделены отличия от микросетей и приведен список стран, которые внедряют минисети в свою энергетику. Были рассмотрены потенциальные проекты интеллектуальных суперсетей и показана их модель. Модель суперсети показала лучшую стабильность, по сравнению с традиционными сетями.

Ключевые слова: интеллектуальная энергетическая сеть, классификация интеллектуальных сетей, функции интеллектуальной сети, структура интеллектуальной сети

Smart grid classification

© Anton A. Vlasov, Vitaliy P. Stepanchuk

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Conventional power grids have been developed since the middle of 20th century and are not capable of providing cheap, environmentally friendly electricity to consumers. Stability in such systems is achieved at the expense of excess power and they need to be upgraded. The primary way of improving the power grid is considered to be the implementation of the information technology and thus creating a smart grid. At the moment, the issues of defining smart grids and classifying them have not been fully studied in the world. The article considers the definitions of three organizations and on their basis compiles a general definition, presents the advantages of smart grids and their functions. The article proposes its own classification of grids according to several characteristics, such as architecture, place of use, and others. The article focuses on the classification of networks by scale, such as nanogrids, microgrids, minigrids, and smart supergrids. For each of the smart grids, the article describes their energy utilization conditions and provides general information about the grids, exemplifies the usage, and outlines the main components of the nanogrid and its topologies. The article compares topologies and provides their diagrams. A microgrid is considered to be a grid that consists of several nanogrids and has a larger power load. The minigrid section highlights the differences from microgrids and provides a list of countries that are implementing minigrids in their energy sector. The article discusses potential projects of intelligent supergrids and shows their model. The supergrid model has shown better stability compared to traditional networks.

Keywords: smart grid, smart grid classification, smart grid functions, smart grid structure

Введение

Большая часть мировой системы распределения электричества была построена, когда цены на электроэнергию были значительно низкими. На протяжении десятков лет в ней были сделаны незначительные изменения, чтобы удовлетворить растущий спрос

на электроэнергию. На данный момент существующая сеть коммунальных услуг работает так же, как и почти 100 лет назад, энергия течет от центральных электростанций к потребителям через сеть коммунальных услуг, и за счет сохранения избыточной мощности обеспечивается надежность.

Такая система является расточительной с точки зрения экологии и потребляет ископаемое топливо, которое является основным источником выбросов твердых частиц и парниковых газов. К тому же в будущем данной сети может не хватить мощности для удовлетворения спроса. Революционные изменения в системах связи, в основном вдохновленные Интернетом, открывают большие возможности управления и мониторинга всей энергосистемы и, следовательно, более низкую стоимость, гибкость и эффективность эксплуатации. Интеллектуальная сеть (*англ.*: Smart grid) – это шанс использовать новые коммуникационные технологии и информацию для преобразования традиционной системы электроснабжения.

Определение интеллектуальных энергетических сетей

Концепция интеллектуальных систем объединяет ряд технологий, потребительских решений и апеллирует к нескольким политическим и нормативным направлениям. Интеллектуальную сеть можно описать как прозрачную, бесперебойную и мгновенную двустороннюю доставку энергии, информации, позволяющую электроэнергетической отрасли лучше управлять доставкой и передачей энергии, а потребителям иметь больший контроль над решениями в области энергетики.

Однако одного общего определения у интеллектуальных сетей нет. Свои определения интеллектуальным сетям давали, например, европейская технологическая платформа, министерство энергетики США и Институт инженеров электротехники и электроники (*IEEE от англ.*: Institute of Electrical and Electronics Engineers).

На основании определений вышеупомянутых организаций автор статьи [1] составил следующее определение: «Интеллектуальная сеть – это усовершенствованная цифровая двухсторонняя сеть электропитания, способная к самовосстановлению, адаптивности, устойчивости с возможностью прогнозирования в условиях различных неопределенностей. Она оснащена для взаимодействия с настоящими и будущими стандартами компонентов, устройств и систем, которые защищены от кибератак злонамеренных атак».

Преимущества интеллектуальных сетей

У интеллектуальных сетей есть много преимуществ. Они позволяют достичь улучшений в следующих показателях [1]:

- надежность (увеличивают надежность коммунальной сети за счет снижения колебаний качества электроэнергии и снижения последствий и вероятности массовых отключений электроэнергии);
- цены (внедрение интеллектуальных сетей снижает цены на электроэнергию для ее покупателей);
- доступность (делают энергию более доступной для ее потребителей);
- внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ);
- безопасность (обладают лучшей безопасностью за счет снижения последствий и вероятности стихийных бедствий и техногенных атак, уменьшают количество жертв и травм в результате событий, связанных с коммунальными сетями);
- эффективность (за счет снижения потерь и нерационального использования энергии повышают общую эффективность);
- экология (могут помочь снизить темп загрязнения окружающей среды за счет сокращения выбросов парниковых газов и твердых частиц углерода, а также обеспечивают более чистую электроэнергию за счет содействия к разворачиванию большего количества ВИЭ);
- универсальность (к интеллектуальным сетям можно подключать и эксплуатировать генераторы, использующие различные технологии и обладающие разными размерами, а также согласовывают между собой устройства хранения и прерывистую генерацию);
- двунаправленность (интеллектуальные сети позволяют продавать энергию не только поставщикам, но и потребителям, таким образом, потребитель не только получает электроэнергию, но и может ее произвести и продать);
- модульность (интеллектуальные сети по своей сути являются модульными сетями, за счет этого они позволяют образовывать более масштабные сети посредством подключения одной интеллектуальной сети к другой).

Функции интеллектуальной сети

Интеллектуальные сети обладают множествами функций, включая [1]:

- обмен данными между системами (могут обмениваться данными между генераторами энергии, потребителями и сетями по средствам интернета и обрабатывать эти данные при помощи информационных технологий);

- выравнивание выработки энергии в разное время суток (могут выравнивать колебания по выработке электроэнергии, которые возникают в результате использования ВИЭ);

- обработка информации в реальном времени (могут использовать синхронизированные по времени датчики и средства связи для обработки информации в режиме реального времени);

- диагностика состояния элементов (интеллектуальная сеть может определить в режиме реального времени способности элемента (например, линии, трансформатора и т. д.), выдерживать нагрузку на основе электрических и экологических условий);

- регулирование настроек защитного реле (может регулировать настройки реле (ток, напряжение, фидеры и оборудование), которые могут изменяться в режиме реального времени на основе сигналов от локальных датчиков или центральной системы управления);

- автоматическое отключение элементов сети (интеллектуальная сеть может отключить от себя неисправные сегменты распределительных каналов или линий электропередачи, реконфигурировать их с помощью датчиков, элементов управления, переключателей и систем связи).

Классификации интеллектуальных энергетических сетей по архитектуре

В последнее десятилетие научные и промышленные круги предложили множество способов реализации решений для интеллектуальной сети. Решение для интеллектуальной энергосистемы включает в себя функции для выполнения различных задач (например, контроль напряжения, управление аварийными ситуациями, самовосстановление и обнаружение островов) в различных условиях и временных рамках с различной степенью коммуникационных возможностей.

Решения для интеллектуальных сетей включают в себя контроллеры, функциональные возможности и концепции для программ-

ного и аппаратного обеспечения, которые часто могут быть описаны математическими моделями, происходящими из таких научных дисциплин, как теория управления или автоматизация. Однако, когда дело доходит до реализации и внедрения таких методов, это часто делается с точки зрения информационных или коммуникационных технологий.

Архитектуры интеллектуальных энергетических сетей можно классифицировать по следующим параметрам [2]:

1. По архитектуре системы управления. Архитектуры систем управления были еще описаны в книге Ланце Яна [3]. Классификация архитектур систем управления очень строго прописана в стандарте международной электротехнической комиссии (*англ.*: IEC – The International electrotechnical Commission). По архитектуре системы управления можно выделить следующие характеристики систем управления:

- централизованная система управления управляется одним контроллером, который имеет полную информацию о системе и управляет все управляющие переменные, связанные с системой (рис. 1);

- иерархическая система управления подразделяется на многоуровневые и многослойные (в многоуровневой системе независимые контроллеры взаимодействуют для достижения одной цели, части системы, имеющие более высокий уровень координируют работу нижестоящих уровней и наоборот, в многослойной системе каждый контроллер имеет свою собственную цель, а функция, которую должна реализовать система управления, делится рис. 2);

- система децентрализованного управления (в таких системах независимые контроллеры управляют отдельными подсистемами, важно отметить, что между ними не происходит обмена информацией рис. 3);

- распределенная система управления (если между независимыми контроллерами происходит обмен информацией, архитектура управления считается распределенной, она может быть полностью или частично распределенной, в зависимости от того, обменивается ли информация между всеми контроллерами или только с подмножеством контроллеров).



Рис. 1. Блок-схема централизованной системы управления

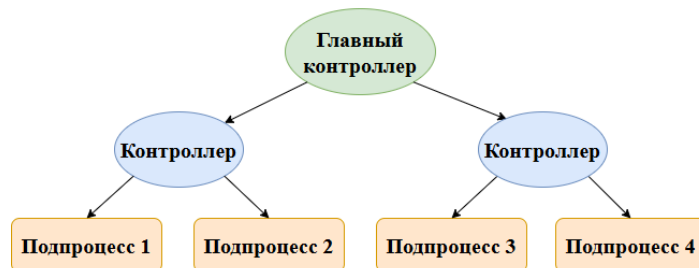


Рис. 2. Блок-схема иерархической системы управления



Рис. 3. Блок-схема системы децентрализованного управления

2. По архитектуре программного обеспечения. Область архитектуры программного обеспечения изучает структуру программных систем и имеет собственные термины для классификации типов архитектуры. К типам программных архитектур относятся:

- архитектура «клиент-сервер» – здесь реализовано четкое разделение между поставщиком ресурсов (сервером) и пользователем ресурсов (клиентом);

- одноранговая архитектура (Peer-to-peer): каждый одноранговый пользователь может общаться и использовать ресурсы других одноранговых пользователей [4].

Виды интеллектуальных сетей

Интеллектуальные сети можно условно поделить на три критерия:

1. По расположению сети. Здесь можно разделить на:

- городские интеллектуальные сети (разрабатываются для густонаселенных городов, основной фокус данной сети – это интеграция системы реагирования на спрос и распределения больших объемов энергии);

- сельские интеллектуальные сети (разрабатываются для удаленных районов или районов, куда невозможно доставить необходимое количество энергии, основной акцент в

данных сетях делается на автономию и интеграцию возобновляемой энергии);

- промышленные интеллектуальные сети (обслуживают большие промышленные комплексы, у которых присутствует большой спрос на энергию, основное внимание уделяется энергоэффективности, балансу энергии и системам резервирования энергии).

2. По используемым технологиям. В данном случае интеллектуальные сети можно разделить на:

- сети, основанные на использовании возобновляемых источников энергии (они разрабатываются, чтобы поставлять потребителю энергию, извлеченную в большей степени из солнца, ветра или биомассы);

- сети, использующие интернет вещей (используются устройства интернета вещей для автоматизации, мониторинга и контроля подачи энергии в реальном времени);

- сети на основе машинного обучения и искусственного интеллекта (используют машинное обучение для оптимизации, поддержки и предсказания нагрузки).

3. По масштабу сети. По масштабу сети можно поделить на несколько категорий. Каждая последующая категория имеет больший размер и сложность и предлагает различные функциональные возможности для удовле-

творения энергетических потребностей на разных уровнях:

- наносеть (*англ.*: Nano Smart Grid) – наименьшая по размерам интеллектуальная сеть; обычно используется в небольшом доме, офисе и не требует много электричества;
- микросеть (*англ.*: Micro Smart Grid) состоит из нескольких наносетей; используется в кампусах, больницах или в жилых кварталах, может работать независимо от остальной электрической сети города во время неполадок или отключения электричества;
- минисеть (*англ.*: Mini Smart Grid) включает в себя несколько микросетей, используется в сельских или полугородских условиях;
- интеллектуальная суперсеть (*англ.*: Super Smart Grid) самая большая интеллектуальная сеть, используется в масштабах стран или регионов.

Более полное описание сетей будет рассмотрено далее.

Также в некоторых интернет-источниках используется термин мезосеть (*англ.*: MesoGrid) для описания интеллектуальных сетей, которые больше минисетей, но меньше суперсетей. Такие сети используются для покрытия нескольких районов города, либо небольших городов. В отличие от суперсетей, мезосети не используют дальние высоковольт-

тные подключения и больше настроены на оптимизацию распределения электроэнергии и управление локальными ресурсами. Мезосети также способствуют развитию децентрализованных энергосистем, предоставляя пользователям больше контроля над производством, потреблением и обменом электроэнергией. Благодаря внедрению цифровых технологий и систем управления, мезосети позволяют реализовать более гибкие и экологичные решения для энергоснабжения, что особенно актуально в условиях растущего спроса на энергоэффективность и снижение углеродного следа.

Стоит отметить, что концепция мезосетей не является широко распространенной, как например минисети или микросети, и поэтому не учитывается в основной классификации. На рис. 4 изображены каждый из типов сетей по масштабу, кроме мезосети.

Наносеть

Наносеть – это сеть распределения электроэнергии для одного дома, либо небольшого здания, которая имеет возможность подключения или отключения от других энергообъектов при помощи шлюза. Она состоит из источника электроэнергии, батареи, нагрузки, контроллера и шлюза.

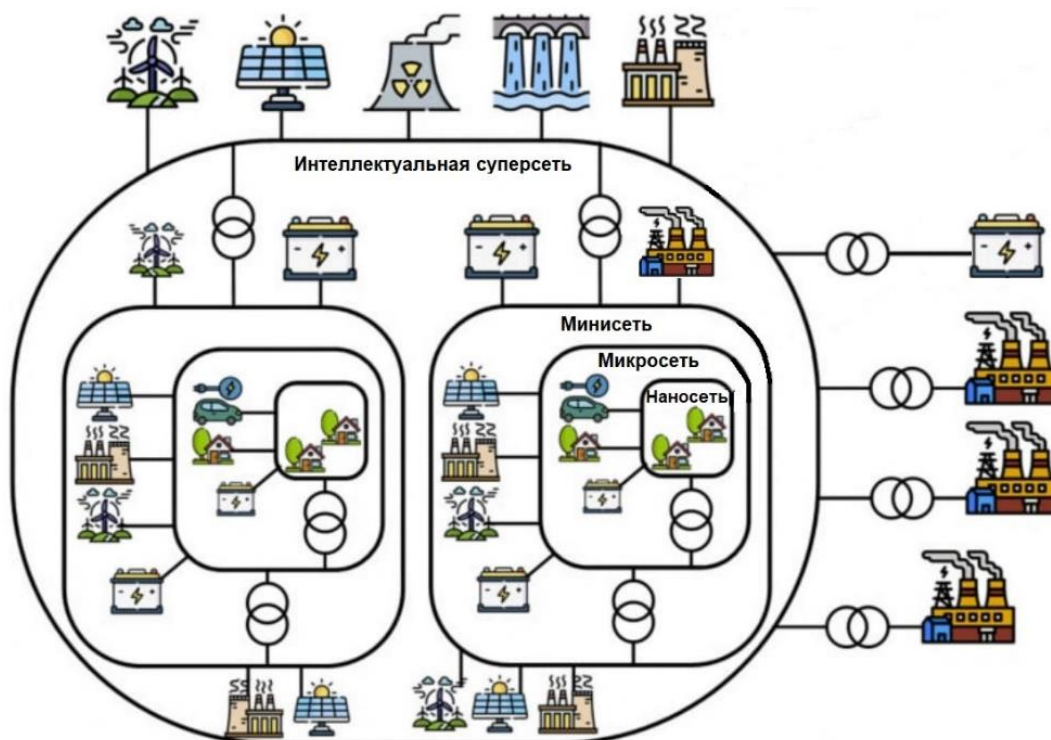


Рис. 4. Классификация интеллектуальных сетей по масштабу

Разберем подробнее каждый элемент сети [5]:

Источник электроэнергии – один из важнейших компонентов наносети, он может быть, как возобновляемым (солнечная панель), так и невозобновляемым (дизельный генератор).

Электрическая нагрузка. Сюда входят бытовые электроприборы, которым нужна электроэнергия, добываемая источником через наносеть.

Шлюз – это двунаправленное подключение к электросети между наносетью и другой сетью. Иногда шлюз может передавать информацию о потребностях наносети в другие энергетические организации, а также отключать наносеть от внешней сети и функционировать в режиме автономии, покупать или продавать электроэнергию.

Аккумулятор энергии обычно присутствует в наносети, но он не обязательно должен быть в ней. Вместе с аккумулятором сеть более стабильна.

Контроллер наносети позволяет координировать множество источников энергии, оптимизировать выработку энергии и ее расход. Контроллер не является обязательной составляющей наносети, но обычно в ней присутствует.

Наглядный пример наносети продемонстрирован на рис. 5 в виде блочной схемы. Как видно из рисунка, все элементы наносети подключены к контроллеру. ВИЭ и НИЭ обозначают возобновляемые и невозобновляемые источники энергии, а нагрузки – приборы, потребляющие электроэнергию (холодильник, телевизор, телефон и пр.). Через шлюз наносеть подключается к другой сети, откуда берет дополнительную электроэнергию, в случае ее дефицита, либо куда отправляет ее излишки.

Топологии наносетей. Структура наносети зависит от того, какой тип тока в ней используется: постоянный (DC – direct current) или переменный (AC – alternating current). На данный момент проводится множество исследований на тему преимуществ распределительной генерации электроэнергии. Источник питания и аккумуляторы в сети преимущественно используют постоянный ток, поэтому преимущества сети с постоянным током все еще обсуждаются. Данный вопрос актуален и для наносетей, т. к. сеть постоянного тока имеет большую эффективность при распределении электроэнергии.

Диаграммы обычных наносетей для каждого вида тока представлены на рис. 6 и 7. Из диаграмм можно увидеть, что на конце цепи питания источника есть сходства между двумя топологиями. Этими сходствами являются [5]:

1. Источник постоянного тока (DC Source). Несмотря на отсутствие ограничений по типу возобновляемых/невозобновляемых ресурсов для выработки энергии, некоторые из них более практичны, чем другие. Обычными ресурсами для наносети являются солнце и ветер в связке с аккумуляторами. Реже используются дизельные генераторы и другие источники энергии (например, вода).

2. Преобразователь постоянного тока (DC–DC). Преобразователь – позволяет принимать входное напряжение и повышает или понижает его в зависимости от требуемого выходного напряжения. Также он может выполнять ряд функций: использование нескольких источников электроэнергии, преобразование входящего напряжения и т. д.

У наносети постоянного тока на другом конце питания расположена нагрузка (устройство), которая имеет DC–DC преобразователь для сопряжения с шиной постоянного тока.



Рис. 5. Блочная схема наносети



Рис. 6. Диаграмма наносети с постоянным током

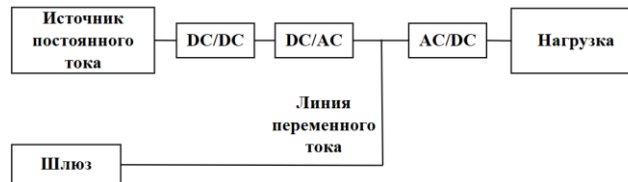


Рис. 7. Диаграмма наносети с переменным током

Также шлюзу нужен переменный ток. Преобразования происходят следующим образом:

- преобразователь нагрузки с постоянным током (Load DC-DC converter) используется для понижения напряжения до уровня устройства (нагрузки), эффективность таких преобразований выше 80 %;

- двунаправленный преобразователь (AC-DC converter) необходим для взаимодействия наносети с национальной сетью или другими внешними источниками электроэнергии, т. к. сеть работает на постоянном токе и большинство стандартных внешних сетей на переменном, нужен преобразователь, при избытке энергии ее можно будет продать и при недостатке – купить; если преобразователь разработан правильно, то его эффективность не должна быть ниже 80 % и в некоторых случаях достигает 95 %.

В сравнении с топологией наносети постоянного тока, наносети с переменным током необходимы дополнительные преобразования электроэнергии, чтобы обеспечить правильную мощность для устройств сети. Из-за этих преобразований в такой наносети теряется эффективность тока. Эти преобразования проходят в следующих участках цепи:

- DC-AC преобразователь тока получает постоянное напряжение от преобразователя-источника и выдает 230 В переменного тока (или 120 В переменного тока в зависимости от происхождения), которое может быть использовано большинством продаваемых сегодня потребительских устройств, такой же уровень напряжения используется стандартными сетями, что облегчает обмен энергией между

наносетью и обычной сетью, если они синхронизируются;

- преобразователь постоянного тока в переменный на нагрузке (Load DC-AC) преобразуется в постоянный и подается на устройство, устройства, которым нужно меньше 15 Вт электроэнергии, также происходят преобразования постоянного тока; эффективность таких преобразований варьируется от 20 до 75 %, в нагрузках, которые требуют большое количество энергии, эффективность достигает от 50 до 90 %.

Сравнение топологий наносети. На данный момент невозможно сказать, какая из топологий является лучшей, т. к. есть ряд элементов, которые нужно учесть при сравнении [5]:

Наносеть, основанная на постоянном токе более эффективна за счет отсутствия преобразований тока из переменного в постоянный на уровне нагрузки. Средние потери тока в наносети, основанной на переменном токе составляют на уровне 14 %.

В большинстве домохозяйств используются сети, основанные на переменном токе. Чтобы переоборудовать существующий дом под систему постоянного тока, потребуется либо заменить нагрузки переменного тока на ограниченные нагрузки, совместимые с постоянным током, которые можно приобрести, либо модифицировать нагрузки переменного тока для работы на постоянном. Таким образом, хотя повышение эффективности системы постоянного тока в долгосрочной перспективе приведет к финансовой экономии, замена/переоснащение нагрузки переменного тока увеличит первоначальный капитал, необ-

ходимый для установки распределенной генерации в доме.

Также в сети с постоянным током существуют проблемы с защитой от короткого замыкания на линии и замыканий на земле. Эти замыкания могут нанести серьезный ущерб наносети.

Микросеть и общая информация о них. Как и наносеть, микросеть – это локализованная интеллектуальная сеть, способная работать автономно или параллельно с основной энергетической сетью. Микросеть также может использоваться в связке как с ВИЭ, так и с невозобновляемыми источниками энергии (НИЭ) и имеет продвинутые системы контроля.

Также благодаря тому, что связь с основной сетью происходит через микросеть, увеличивается стабильность интеллектуальной сети и финансовая выгода потребителя. Через микросеть можно купить электроэнергию из основной сети, либо продать ее излишки.

Основное отличие микросети от наносети – ее масштаб. Микросети могут объединять несколько наносетей и подключать их через себя в основную электрическую сеть. В таком случае микросеть управляет электроэнергией и распределяет ее между наносетями. Также из-за увеличенных размеров через микросеть проходит большая нагрузка. Блоковая схема микросети, основанной на наносетях представлена на рис. 8.

Области применения. Как правило, микросети устанавливаются в районы, в которых

затруднительно подключение к основной энергетической сети, небольшие городские районы или в объекты критической инфраструктуры, которым нужна бесперебойная подача электроэнергии. По месту внедрения микросети можно поделить на [6]:

- микросеть организаций – это одно из самых успешных применений микросетей, где обычно нагрузка на такую сеть варьируется мощностью от 4 до 40 МВт; примером использования данного типа является тюрьма Санта-Рита, расположенная в Калифорнии;

- военная микросеть – в применении ключевым фактором является надежная поставка электроэнергии во время выполнения критически важных операций во время длительного отключения основной сети, одной из лучших демонстраций военных микросетей является демонстрация интеллектуальной энергетической инфраструктуры для обеспечения надежности и безопасности энергии (*англ.*: Smart Power Infrastructure Demonstration for Energy Reliability and Security), проходящая в три этапа с 2012 по 2015 г. в США;

- микросеть жилых районов (выработка электроэнергии в жилом районе и перераспределение энергии между различными нагрузками);

- микросеть удаленных районов и деревень (удаленные от основной электрической сети районы очень часто вынуждены полагаться на дизельные генераторы, топливо для которого может быть дорогостоящим, в таких

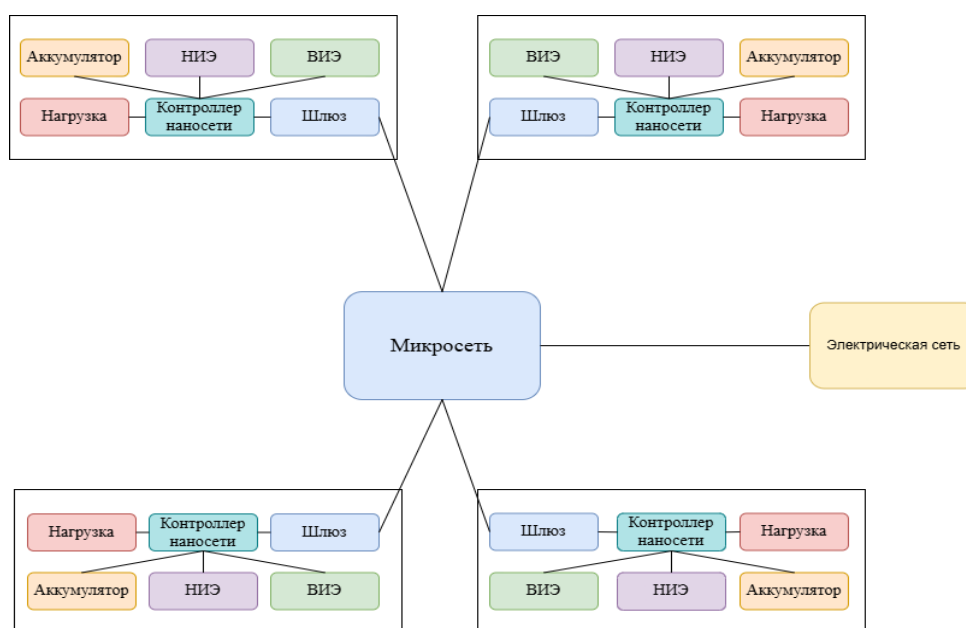


Рис. 8. Микросеть, построенная из нескольких наносетей

условиях микросеть является более предпочтительным способом производства электричества).

Топологии микросетей. Деление микросетей по топологиям происходит так же, как и у наносетей. Существуют микросети с постоянным и переменным током. Есть гибридные микросети, состоящие, как и из сетей переменного тока, так и из постоянного. Такая микросеть включает в себя преимущества обеих сетей.

Преимуществами, характерными для гибридных сетей являются [7]:

- гибридная микросеть минимизирует многократные преобразования в независимой микросети постоянного или переменного тока, она также снижает потери, возникающие при многократном преобразовании;

- гибридная архитектура позволяет снизить стоимость аппаратуры, устранить различные аспекты преобразования, минимизировать устройства преобразования частоты, что снижает потери и повышает надежность и экономичность всей системы;

- дополнительный инвертор или выпрямитель не требуется, что снижает общую стоимость.

К недостатку такой топологии микросети можно отнести ее сложность. Те отличительные черты, а именно сочетание систем переменного и постоянного тока делают сеть сложной и вызывают множество серьезных эксплуатационных проблем из-за взаимосвязи между ними. Также все еще не было найдено решение по снижению потери мощности при преобразовании энергии переменного и постоянного тока.

Минисеть. Минисеть – это еще один из видов интеллектуальных сетей. Очень часто микросеть и минисеть в литературе используются взаимозаменяемо, однако у них есть различия в зависимости от контекста:

- минисеть как правило ориентирована на большую нагрузку (до 100 МВт);

- термин минисеть чаще используется

в проектах, нацеленных на подключение электричества в сельской местности или отдаленных поселениях (согласно статье [8] в 2012 г. 79 из 155 минисетей, которые работали в 37 странах, использовались для подключения удаленных поселений к электричеству);

- минисети решают проблемы доступа к энергии в развивающихся регионах, где часто требуются большие мощности для обслуживания множества домохозяйств и удовлетворения потребностей общин;

- большинство минисетей работают в автономном режиме, однако у них есть возможность подключаться к основной сети, если в будущем будет такая возможность.

Минисети, как один из видов интеллектуальных сетей, имеют все их преимущества, включая надежность, модульность, низкую стоимость электроэнергии, получаемую при помощи сети и прочее. Компонентами минисети, как и наносети, микросети являются источниками электроэнергии (ветряные установки, солнечные панели, дизельные генераторы и т. п.), аккумуляторы, контроллер сети и нагрузка на сеть.

Минисети имеют применение во многих регионах. По данным Всемирного банка около 40 % населения земли не имеют доступа к электроэнергии. Среди стран с наименьшим доступом к электроэнергии находятся:

- Южный Судан (7 % населения имеют доступ к электричеству);

- Чад (11 %);

- Бурунди (11,7 %);

- Малави (14,7 %);

- Центральная Африканская Республика (15 %).

Внедрение минисетей положительно скажется на жизни населения в данных регионах. На данный момент по программе «Africa minigrids program» (AMP) участвует 21 африканская страна. Все страны, принимающие участие в программе, перечислены в таблице и поделены на три фазы.

Список стран программы AMP

Фазы	1	2	3
Страны	Ангола, Буркина-Фасо, Коморы, Джибути, Эсватини, Эфиопия, Мадагаскар, Малави, Нигерия, Сомали, Судан	Бенин, Чад, Мали, Мавритания, Нигер, Сан-Томе и Принсипи, Замбия	Бурунди, Демократическая Республика Конго, Либерия

Страны, входящие в первую фазу, первыми оснащаются микросетями. Проектирование и проведение работ по электрификации этих стран закончится в 2026 г. Стран, входящих во вторую фазу – в 2027 г. По странам третьей фазы информации нет.

Примером использования минисетей может стать район Йебу (*англ.*: Yebu) в Нигерии. С 2017 года в Йебу работает минисеть, имеющая батареи емкостью в 144 кВтч и солнечные батареи мощностью 40 кВт. На данный момент минисеть позволяет обслуживать более 5000 жителей и помогает небольшим предприятиям и центру первичной помощи. Также за счет установки минисети улучшилось освещение в домашних хозяйствах [9].

Интеллектуальная суперсеть. Интеллектуальная суперсеть – это концепция интеллектуальной энергетической сети, которая потенциально может вырабатывать и распределять электроэнергию в масштабах регионов или стран. Предполагается, что такая сеть будет основана на уже существующих энергетических объединениях, таких как Европейское и Азиатское энергообъединение и др.

Очень часто противопоставляются концепции крупномасштабной сети с централизованным управлением и концепции небольших, локальных и децентрализованных интеллектуальных сетей. Считается, что эти два подхода являются взаимоисключающими, однако интеллектуальная суперсеть стремится объединить эти два подхода, рассматривая их как взаимодополняющие и необходимые для достижения полностью декарбонизированной системы энергоснабжения.

Интеллектуальная суперсеть позволит передавать электроэнергию с высокой пропускной способностью и низкими потерями по низкой цене и объединить производителей и потребителей электроэнергии на огромных расстояниях. Потенциал интеллектуальных сетей используют для передачи и распределения электроэнергии локальных сетей для координации распределенной генерации, хранения и потребления электроэнергии в кластер, который суперсеть представляет, как виртуальную электростанцию.

Далее будут рассмотрены трудности и преимущества развития интеллектуальной

суперсети для стран Ассоциации регионального сотрудничества Южной Азии (*англ.*: South Asian Association for Regional Collaboration – SAARC) и проект Европы.

Трудности и выгоды создания интеллектуальной суперсети для стран SAARC

Авторы статьи [10] рассматривают две потенциальные интеллектуальные суперсети: суперсеть SAARC и суперсеть Европы.

Далее идет обзор ограничений и возможностей развития интеллектуальных суперсетей в странах SAARC. Также была построена карта потенциального развития в регионе и обозначены преимущества и трудности, с которыми каждая из стран могут столкнуться. Наибольшие трудности могут испытать Мальдивы, Пакистан, Непал и Афганистан.

Мальдивы. Основной трудностью в создании интеллектуальной суперсети на Мальдивских островах будет являться изолированное географическое положение, что может мешать подключениям на дальние дистанции. Также в Мальдивы входит 1192 острова, что делает затруднительным строительство электрической сети, соединенной с другими странами.

Пакистан. Более 25 млн пакистанцев живут без электричества. Помимо этого, большинство сел страдает от сброса нагрузки. Энергетическая сфера Пакистана нуждается в финансировании и обновлении систем распределения энергии.

Непал. Непал располагает большим потенциалом в развитии гидроэнергетики. Только 280 МВт из потенциальных 8300 МВт используется на данный момент. Только около 40% Непальцев имеют доступ к электричеству в той или иной форме.

Афганистан. 10–15 % жителей Афганистана имеют доступ к электричеству. Также существующая энергетическая структура была сильно повреждена в военных конфликтах на территории страны.

Сложности в развитии интеллектуальных сетей есть и у других стран ассоциации. Преимуществами от объединения электросетей и их усовершенствования могут стать следующие показатели:

– общая инфраструктура станций и соору-

жений передачи электроэнергии;

- снижение уровня бедности за счет уменьшения стоимости электроэнергии;
- меньшее количество конфликтов благодаря процветанию региона.

Пример проекта интеллектуальной суперсети Европы. В 2006 г. компании Airtricity (бывшая Eirtricity) и ABB разработали проект интеллектуальной суперсети, объединяющая Европу, Северную Африку и Ближний Восток. В проекте было заложено создание цепи подводных кабельных соединений, которые бы протягивались от Балтийского моря до Испании и обслуживающих территории между конечными точками. Согласно сторонникам проекта, Западный коридор мог быть введен в эксплуатацию в 2015 г. Группа ветропарков мощностью 10 000 Мвт, находящаяся в Северном море, обеспечивала бы электроэнергией потребителей в Великобритании и Европе.

На рис. 9 изображен концептуальный план Европейской суперсети¹. К суперсети планировалось подключение проектов, которые используют ВИЭ (DESERTEC и Medgrid) и расположены в северной Африке, Средиземье и Европе. В случае формирования интеллектуальной суперсети в Европе, эти проекты могли бы стать ее основой.

Данная интеллектуальная суперсеть опирается на уже существующие технологии. В первом поколении суперсетей использовались бы высоковольтные кабели постоянного тока (HVDC) для объединения европейского рынка электроэнергии и возможного подключения к соседним регионам, таким как Северная Африка, поскольку она обладает огромными ресурсами, которые необходимы для возобновляемой энергетики, которые могут быть задействованы в проекте DESERTEC & Medgrid. Данная интеллектуальная Суперсеть будет работать над местными высоковольтными сетями переменного тока (HVAC). Электроэнергия будет передаваться по уже существующим сетям переменного тока на короткие расстояния внутри стран, однако эти сети будут улучшены до уровня интеллектуальных сетей.

Пример модели для интеллектуальной суперсети. В 12–15 главах статьи [10] авторы смоделировали в MATLAB два кластера электрических сетей, которые представляли собой две страны и разработали три случая, чтобы проектировать оптимальные стратегии при краткосрочном прогнозировании нагрузки. Каждый случай рассмотрен в промежутке в 20 с. Подробнее рассмотрим каждый из случаев.

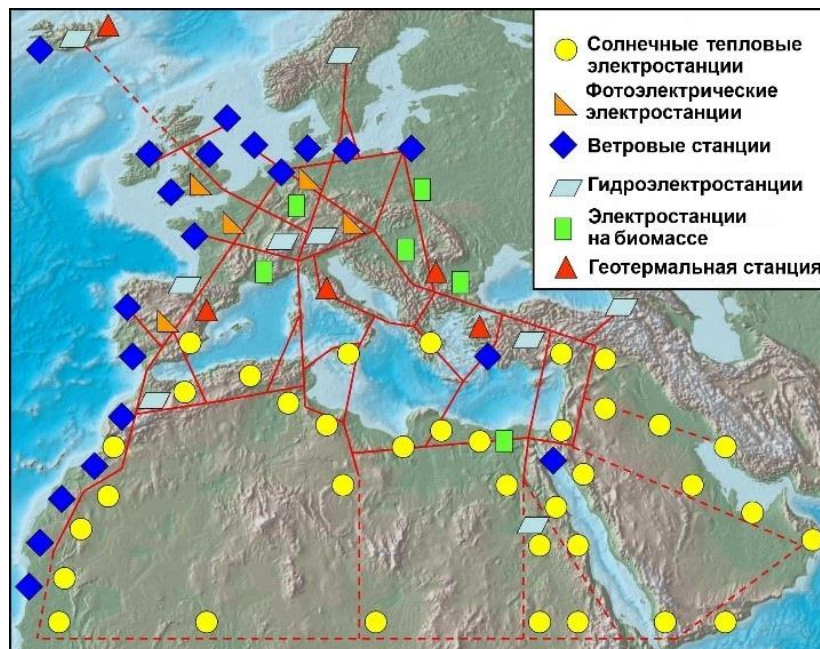


Рис. 9. Концепция суперсети для Европейской энергетической сети

¹ Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation TREC // Chen Europe.com. Режим доступа: https://www.chemeurope.com/en/encyclopedia/Trans-Mediterranean_Renewable_Energy_Cooperation.html (дата обращения 19.03.2025).

В первом случае во время работы 0–3 с. кластера 1 происходит сбой и уменьшается подача электроэнергии. Для обеспечения потребителей дополнительной электроэнергией через какое-то время запускается кластер 2 и передает недостающую кластеру 1 электроэнергию в интервале 5–8 с.

Во втором случае сбой первого кластера устранен в интервале 8–10 секунд и он работает на полную мощность. Оба кластера не обмениваются энергией и работают на полную мощность. Между 10–12 секундами происходит сбой во втором кластере, что приводит к снижению им выработки энергии. Кластер 1 подключается и вырабатывает энергию для кластера 2 в течении 12–15 с. На отрезке 15–19 с. оба кластера работают бесперебойно и на полную мощность.

В третьем случае на промежутке 19–20 с. поломка происходит в обоих кластерах и выработка электроэнергии падает до нуля. В таком случае кластеры подключаются к внешней ветряной электростанции для получения энергии и выхода на полную мощность.

Полные графики работ для кластеров 1 и 2 продемонстрированы на рис. 10, 11.

Предлагаемая авторами модель значительно улучшает контроль над потоками электроэнергии в сети, т. к. при неполадке в одном из кластеров, второй кластер компенсирует недостающую мощность. В ситуации, когда сбой произошли в каждом кластере, подключаются ветровые станции, которые вырабатывают электроэнергию на время сбоя.

Интеллектуальная суперсеть – это амбициозное видение, требующее технологических инноваций, международного сотрудничества и значительных инвестиций. Хотя текущие проекты подчеркивают ее потенциал, до

реализации всего масштаба, вероятно, еще несколько десятилетий.

Заключение

Интеллектуальные сети являются следующей ступенью развития уже существующих электрических сетей, которые были построены в течение XX в. На данный момент в каждой стране ведется работа по внедрению таких сетей, т. к. они имеют неоспоримые преимущества в ряде ключевых параметров, включая надежность и цену.

Функционал интеллектуальных сетей позволяет задействовать меньше людей при ремонте оборудования и поиске неисправностей. Также их способность отключать поврежденные участки сети делает их более стабильным и предпочтительным вариантом, чем традиционные сети.

На протяжении последних нескольких десятков лет учеными и большими компаниями было предложено множество проектов и реализаций интеллектуальных сетей. Они отличаются архитектурами, программным обеспечением, масштабом, технологиями и местностью, на которой их развертывали.

Также можно сделать следующие выводы по размерам сетей.

Наносеть является базовой, самой маленькой по размерам интеллектуальной сетью. Ее достаточно для обеспечения электричеством квартиры, небольшого дома или офиса. В зависимости от типа тока, можно выбрать сеть либо с постоянным, либо переменным током. Каждая из них обладает своими преимуществами и недостатками.

Микросеть является уже большей по размерам интеллектуальной сетью, использование которой целесообразно в больницах,

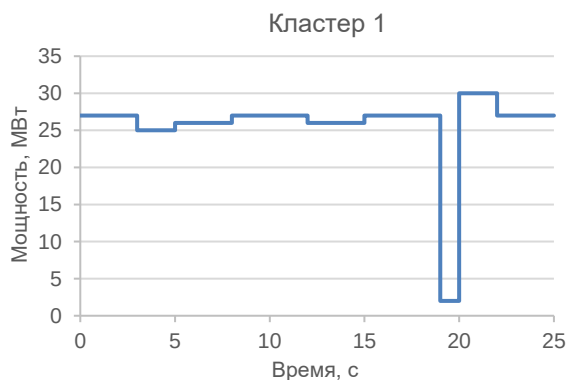


Рис. 10. Изменение нагрузки кластера 1

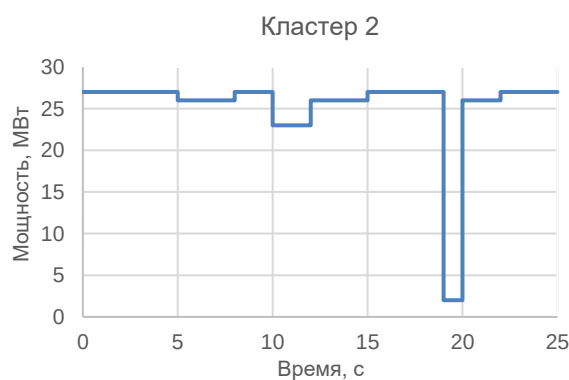


Рис. 11. Изменение нагрузки кластера 2

кампусах и небольших поселениях. В отличие от наносетей, микросети могут работать и с переменным током, и с постоянным одновременно, однако и у этого подхода есть свои преимущества и недостатки.

Минисеть являются распространенным решением для удаленных от основной электрической сети поселений и деревень, отличающаяся от микросети большими нагрузками и приоритетом на автономную работу.

Существуют различные проекты по электрификации стран Африки, которые будут играть ключевую роль в генерации энергии.

Интеллектуальная суперсеть является самой большой интеллектуальной сетью, масштаб которой охватывает множество стран и регионов. На данный момент она является проектом и не реализована на практике в полной мере.

Список источников

1. Dileep G. A survey on smart grid technologies and applications // Renewable Energy. 2020. Vol. 146. P. 2589–2625. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.092>.
2. Wenderoth F., Drayer E., Schmoll R., Niedermeier M., Braun M. Architectural and functional classification of smart grid solutions // Energy Informatics 2 (S1). 2019. <https://doi.org/10.1186/s42162-019-0083-1>.
3. Lunze J. Feedback control of large-scale systems. New York: Prentice Hall, 1992. 344 p.
4. Khare R. Decentralized Software Architecture // ISR Technical Report. 2002. 17 p. Режим доступа: https://archive.org/details/DTIC_ADA441133/mode/2up (дата обращения: 19.03.2025).
5. Burmester D., Rayudu R., Seah W., Akinyele D. A review of nanogrid topologies and technologies // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 67. P. 760–775. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.073>.
6. Hirsch A., Parag Y., Guerrero J. Microgrids: A review of technologies, key drivers, and outstanding issues // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 90. P. 402–411. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.040>.
7. Dagar A., Gupta P., Niranjana V. Microgrid protection: A comprehensive review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2021. Vol. 149. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111401>.
8. Chris W., Breyer C. Analysis of Mini-Grid Installations: An Overview of System Configurations // Conference: 27th EU PVSEC. 2012. <https://doi.org/10.4229/27thEUPVSEC2012-5DO.9.6>.
9. Edomah N. Rural electrification in Africa: a case study of Yebu community solar minigrid // Environmental Research: Infrastructure and Sustainability. 2022. Vol. 2. Iss. 4. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac9014>.
10. Ahmad N., Ghadi Y.G., Adnan M., Ali M. From Smart Grids to Super Smart Grids: A Roadmap for Strategic Demand Management for Next Generation SAARC and European Power Infrastructure // IEEE Access. 2023. Vol. 11. P. 12303–12341. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3241686>.

Информация об авторах / Information about the Authors

Власов Антон Андреевич,
студент,
Институт энергетики,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
Vlasovaa@ex.istu.edu

Anton A. Vlasov,
Student,
Institute of Power Engineering,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
Vlasovaa@ex.istu.edu

Степанчук Виталий Павлович,
студент,
Институт энергетики,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
Vstepanchuk@gmail.com

Vitaliy P. Stepanchuk,
Student,
Institute of Power Engineering,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074
Russian Federation
Vstepanchuk@gmail.com

Оптимальное использование мощностей при реконструкции гидроэлектростанции

© А.С. Вовсеенко, Е.А. Вовсеенко

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Обеспечение надежного и селективного функционирования защит основного оборудования в отраслях энергетики является важнейшим направлением совершенствования релейной защиты. В настоящее время идет глобальное внедрение и развитие цифровых защит, которые позволяют избежать множества недостатков аналоговых. При функционировании электроэнергетической системы неизбежно возникновение коротких замыканий. Они сопровождаются протеканием токов, многократно превосходящих длительно допустимые, а также глубокими снижениями напряжений. Поэтому короткие замыкания не только приводят к разрушению поврежденного оборудования электроэнергетической системы, но и могут быть причиной развития системной аварии. Это обстоятельство имеет особую актуальность в условиях возрастающего влияния энергетики на безопасность государства и устойчивость экономики. Анализ существующей системы предупреждения короткого замыкания показал, что эксплуатация реле серии РНТ-566 и комплектов дифференциальной защиты шин с торможением на полупроводниковой элементной базе происходит уже более 50 лет. За это время защиты шин 500 кВ как морально, так и физически устарели. Согласно действующим нормативным документам, вновь устанавливаемые устройства релейной защиты должны быть реализованы на микропроцессорной элементной базе. Цифровые терминалы релейной защиты обладают меньшими габаритами и потребляемой мощностью, имеют более высокое быстродействие и возможность реализовать сложные характеристики, multifunctional, позволяют осуществлять запись аварийных режимов и дистанционное управление. В проведенном исследовании выполнен проект реконструкции релейной защиты шин 500 кВ гидроэлектростанции в Иркутской области, итоги которого представлены в статье.

Ключевые слова: проектирование, энергетика, релейная защита, трансформаторы тока

Optimal use of capacities during the reconstruction of hydroelectric power plants

© Alexander S. Vovseenko, Elena A. Vovseenko

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Ensuring reliable and selective functioning of the protection of the main equipment in the energy industry is the most important area of improvement of relay protection. Currently, there is a global implementation and development of digital protections that avoid the many disadvantages of analog protections. During the operation of the electric power system (EES), the occurrence of short circuits is inevitable. Short circuits are accompanied by the flow of currents many times exceeding the long-term permissible ones, as well as deep voltage drops. Therefore, short-circuit failures not only lead to the destruction of damaged EES equipment, but can also be the cause of a systemic accident. This fact is of particular relevance in the context of the increasing influence of energy on the security of the state and the sustainability of the economy. An analysis of the existing short-circuit warning system has shown that the operation of the RNT-566 series relays and sets of DSTs based on a semiconductor warning system has been going on for more than 50 years. During this time, 500 kV tire protectors have become both mentally and physically obsolete. According to the current regulatory documents, newly installed RE devices must be implemented on a microprocessor element base. RZ digital terminals have smaller dimensions and power consumption, have higher performance and the ability to implement more complex characteristics, are multifunctional, allow recording emergency modes and remote control. In the research, a project was carried out to reconstruct the relay protection of 500 kV HPP tires in the Irkutsk region. The article presents the results of the conducted research.

Keywords: engineering, energy, relay protection, current transformers

Рассматриваемая в работе Братская гидроэлектростанция (Братская ГЭС), как объект исследования, входит в состав энергетической компании ООО «ЕвроСибЭнерго-Гидрогенерация» на правах производственного фи-

лиала, обеспечивая электрической энергией местных жителей и производства области [1].

Здание ГЭС приплотинного типа разделяется на 20 агрегатных секций и две монтажные площадки, расположенные с торцов зда-

ния. Мощность ГЭС 4500 МВт, среднегодовая выработка 22,6 млрд. кВт·ч.

В машинном зале ГЭС установлено 18 гидроагрегатов мощностью по 250 МВт, оборудованных радиально-осевыми турбинами РО-115-В-558 (12 шт.) и РО-662-ВМ-550 (6 шт.), работающих на расчетном напоре 101,5 м.

Тип главного генератора СВ-1190/250-48: синхронный, вертикальный, подвесного исполнения, наружный диаметр сердечника статора 1190 см, высота сердечника статора 250 см, число полюсов ротора 48¹.

На ГЭС установлены силовые трансформаторы типов: ОРЦО-210000/500 (в охладителях вода движется по трубам, а масло в межтрубном пространстве, разделенном перегородками); ТЦ-300000/220²; АОДЦН-267000/500/220 (общего назначения со встроенным регулированием напряжения под нагрузкой на стороне 220 кВ).

Выдача электроэнергии гидроэлектростанцией в энергосистему по напряжению 500 кВ производится с ОРУ-500 кВ [2].

Цель исследования: провести расчет токов короткого замыкания (КЗ), который необходим для выбора соответствующего электрооборудования и расчета уставок релейной защиты и автоматики в рамках реконструкции [3]. Ток короткого замыкания для трехфазного и однофазного замыкания на стороне 500 кВ в максимальном режиме составил 25344 А и 28066 А соответственно³.

Требования к оснащению и принципам функционирования релейной защиты и сетевой автоматики систем шин напряжением

110 кВ и выше учтены согласно Приказу Минэнерго РФ от 13 февраля 2019 г. № 101⁴.

При проведении проектных исследований расчет токов короткого замыкания проводился в два этапа: ручным методом на основе имеющихся неполных данных об оборудовании ГЭС с помощью программы АНАРЭС-2000 (рис. 2, 3) и в программе АРМ СРЗА в службе релейной защиты и электроавтоматики ООО «ЕвроСибЭнерго-Гидрогенерация»⁵ [4, 5].

Параметры блоков, работающих на ОРУ-500:

– генератор – СВ-1190/250-48, Р_{ном} = 250 МВт, U_{ном} = 15,75 кВ, cosφ = 0,85, x_d'' = 0,24 о. е.;

– трансформатор – ОРЦО-500, S_{ном} = 630 МВА, U_{вн} = 525 кВ U_{нн} = 15,75 кВ, U_к = 13,1 %.

Согласно итогам проведенных расчетов, для обоснования практического применения результатов исследования по каталогу НПП «ЭКРА» взамен устаревших устройств дифференциальной защиты шин с торможением (ДЗШТ) и дифференциальной защиты шин (ДЗШ) 500 кВ, выполненной на базе реле РНТ-566, для дальнейшего расчета уставок принят шкаф типа ШЭ2710 562 [6].

В данном проекте для выполнения защит шин 500 кВ ОРУ по полуторной схеме применяется два комплекта ДЗШ⁶.

В соответствии с Руководством по эксплуатации⁷ шкаф типа ШЭ2710 562 предназначен для защиты шин напряжением 330–750 кВ с фиксированным присоединением элементов (рис. 1). Шкаф может использоваться для за-

¹ ПАО Иркутскэнерго. Типовая инструкция Э212.005.156-2015. Режим доступа: <https://www.irkutskenergo.ru/> (дата обращения: 15.06.2024).

² Булычев А.В., Наволочный А.А. Релейная защита в распределительных электрических сетях: учеб. пособие. М.: ЭНАС, 2017. 208 с.

³ Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого издания. М.: КноРус, 2014. Режим доступа: <https://www.elec.ru/library/direction/pue.html> (дата обращения: 11.06.2024).

⁴ Приказ от 13 февраля 2019 г. № 101: глава VII. Требования к оснащению и принципам функционирования релейной защиты и сетевой автоматики систем шин, обходных шиносоединительных и секционных выключателей напряжением 110 кВ и выше. Режим доступа: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minenergo-Rossii-ot-13.02.2019-N-101/> (дата обращения: 15.12.2024).

⁵ ООО «ЕвроСибЭнерго-Гидрогенерация». Производственная инструкция Э 907-212.005.162-2018, 2018. 19 с. Режим доступа: <https://www.eurosib.ru/ru/> (дата обращения: 15.12.2024).

⁶ Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ, утвержденных приказом Минэнерго России от 04.10.2022 г. № 1070. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405785259/> (дата обращения: 15.01.2025).

⁷ Руководство по эксплуатации ЭКРА.656453.043 РЭ, шкаф защиты сборных шин типа ШЭ2710 562. Режим доступа: https://ekra.ru/upload/iblock/228/%D0%A0%D0%AD%20%D0%A8%D0%AD2710%20562_308.pdf (дата обращения: 20.12.2024).

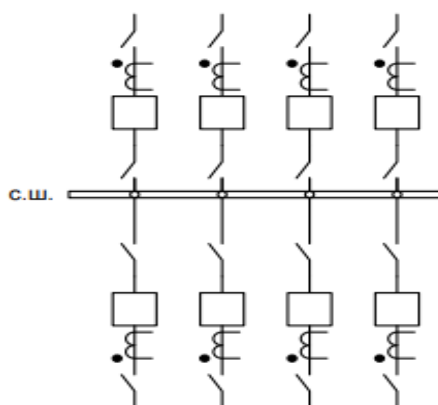


Рис. 1. Схема защиты шин

щиты шин с фиксированным присоединением элементов и для более низких классов напряжений (110–220 кВ) [7, 8].

Согласно гл. 7 приказа Минэнерго РФ № 101, к релейной защите шин предъявляются следующие основные требования:

- на каждой системе (секции) шин напряжением 330 кВ и выше должны устанавливаться по две ДЗШ;

- выключатели присоединения должны входить в зону ДЗШ; при наличии измерительных трансформаторов тока (ТТ) с двух сторон выключателя выключатель должен входить в зону действия ДЗШ и в зону действия защиты присоединения;

- ДЗШ должна автоматически блокироваться при неисправности цепей переменного тока; в устройстве, в котором выполнена функция ДЗШ, должна быть предусмотрена возможность оперативного перевода действия блокировки на сигнал.

Следующим этапом исследования в программе «Проект РЗА» выполнен расчет времени до насыщения существующих трансформаторов тока SAS-550. В результате вре-

мя до насыщения ТТ без учета остаточной индукции составило 5,95 мс, а с ее учетом 2,28 мс. При этом для выбранного шкафа ШЭ2710 562 время до насыщения должно быть не менее 5 мс.

Расчет времени до насыщения трансформаторов тока, применяемых для подключения ДЗШ⁸, был выполнен в соответствии с ГОСТ Р 58669-2019⁹

Объект: ОРУ-500 кВ. Присоединение: ВЛ-562. Трансформатор тока: SAS 550/5G 2000/1 [ТА11]. Исходные данные для расчета приведены в таблице.

Расчет параметра режима А:

$$A = \frac{I_{1\text{НОМ}} \cdot K_{\text{НОМ}} \cdot \sqrt{(R_2 + R_{\text{НОМ}})^2 + (X_2 + X_{\text{НОМ}})^2}}{I_{\text{КЗ}} \cdot \sqrt{(R_2 + R_{\text{ФАКТ}})^2 + (X_2 + X_{\text{ФАКТ}})^2}} =$$

$$= \frac{2000 \cdot 20 \cdot \sqrt{(7,41 + 24)^2 + (0 + 18)^2}}{25344 \cdot \sqrt{(7,41 + 6,3)^2 + (0 + 0)^2}} = 4,168.$$

$$A \cdot (1 - K_r) = 4,168 \cdot (1 - 0,86) = 0,58.$$

На рис. 2 приведены векторная диаграмма и характеристика намагничивания ТТ по результатам проведенных расчетов. Первичные и вторичные токи ТТ приведены на рис. 3.

Исходные данные трансформатора тока SAS 550/5G 2000/1 (ТА11)

Ток короткого замыкания		Параметры трансформатора тока		Параметры нагрузки	
$I_{\text{КЗ}}, \text{А}$	25344	$I_{1\text{НОМ}}, \text{А} / I_{2\text{НОМ}}, \text{А}$	2000 / 1	$R_{\text{ФАКТ}}, \text{Ом} / X_{\text{ФАКТ}}, \text{Ом}$	6,3 / 0
$T_p, \text{А}$	128	$K_{\text{НОМ}}$	20	K_r	0,9
		$R_2, \text{Ом} / X_2, \text{Ом}$	7,41 / 0		
		$R_{\text{НОМ}}, \text{Ом} / X_{\text{НОМ}}, \text{Ом}$	24 / 18		
		$S_{\text{НОМ}}, \text{ВА} / \cos \varphi_{\text{НОМ}}$	30 / 0,8		

⁸ Проект РЗА. Режим доступа: <https://pro-rza.ru/models/ct/> (дата обращения: 15.01.2025).

⁹ ГОСТ Р 58669-2019 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита. Трансформаторы тока измерительные индуктивные с замкнутым магнитопроводом для защиты. Методические указания по определению времени до насыщения при коротких замыканиях. Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/73857/?ysclid=m7b98rdoh6556403252> (дата обращения: 15.01.2025).

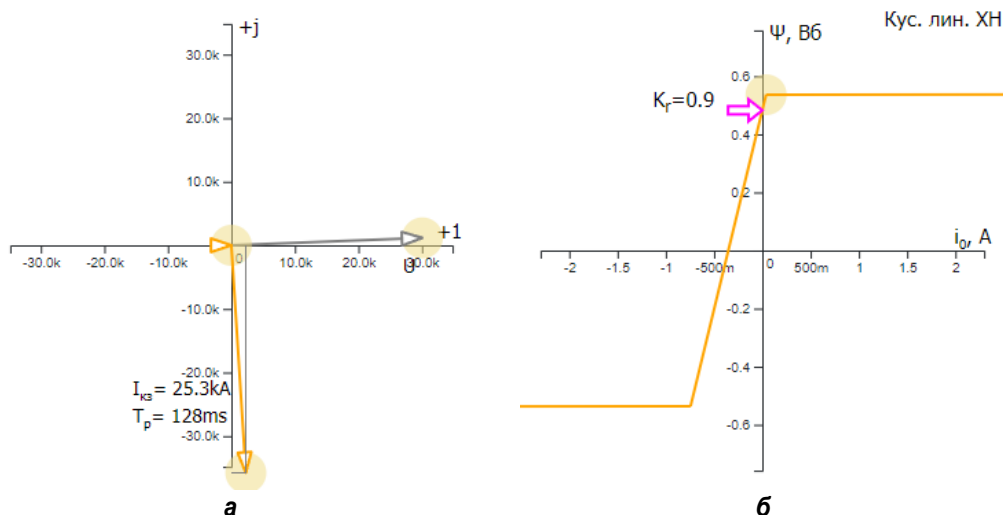


Рис. 2. Векторная диаграмма и характеристика намагничивания трансформатора тока: а – первичный режим; б – при анализе насыщения

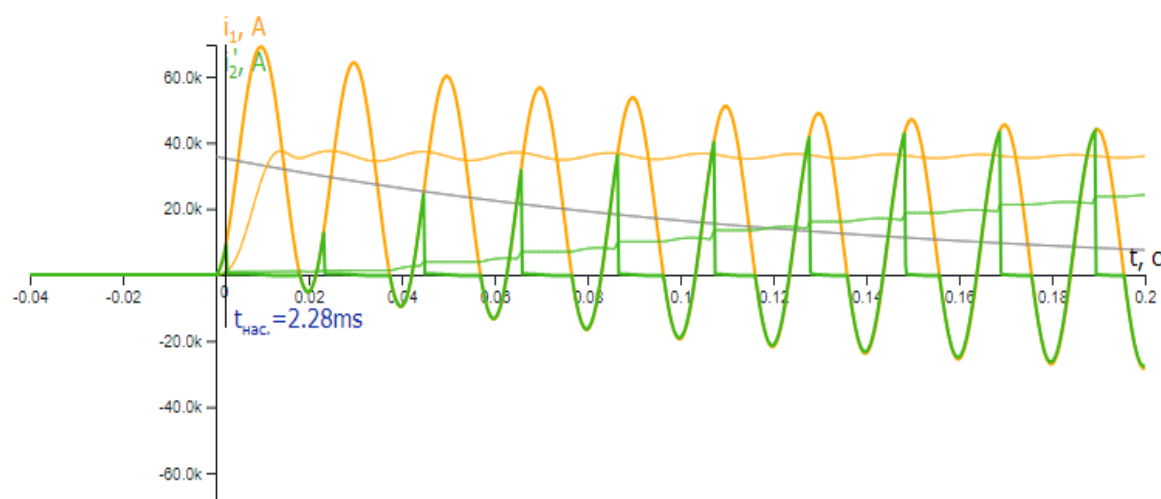


Рис. 3. График изменения первичного и вторичного тока трансформатора тока

В расчетной части проекта также приведено описание микропроцессорного терминала ШЭ2710 562, представлен принцип действия защиты и произведен подробный расчет уставок данного терминала¹⁰ [8].

Рассчитаны уставки органа с торможением, чувствительного токового органа, устройства контроля исправности токовых цепей в разрезе следующих показателей и этапов исследования.

Расчет базисных токов (параметров терминала) проведен в соответствии с руководством по эксплуатации ЭКРА¹¹ в следующей

последовательности (в качестве типоразмера шкафа защиты принят $I_{ном} = 1$ А):

- главные ТТ присоединений расположить в порядке уменьшения их коэффициентов трансформации;

- при $I_{ном} = 1$ А базисный ток ТТ с наибольшим коэффициентом трансформации принимается равным $I_{баз, T11} = 1$ А;

- базисные токи присоединений с меньшими коэффициентами трансформации определяются с помощью выражения:

$$I_{баз, N} = I_{баз, T11} \cdot \frac{K_{ТТ11}}{K_{ТТ, N'}}$$

¹⁰ ООО НПП «ЭКРА» – научно-производственное предприятие Режим доступа: <http://www.ekra.ru> (дата обращения: 15.01.2025).

¹¹ Методические указания по выбору параметров срабатывания устройств РЗА подстанционного оборудования производства ООО НПП «ЭКРА». Режим доступа: <https://www.rosseti.ru/upload/iblock/142/zrc3i5q962tq90d1fh7iop5tlqurpfo7.pdf> (дата обращения: 15.01.2025).

где $I_{баз,N}$ – базисный ток присоединения с меньшим коэффициентом трансформации ТТ ($K_{mm,N}$); $I_{баз,T11}$ – базисный ток ТТ с наибольшим коэффициентом трансформации ТТ.

$$I_{баз,N} = I_{баз,T11} \cdot \frac{K_{ТТ11}}{K_{ТТ,N}} = 1 \cdot \frac{\frac{2000}{1}}{\frac{2000}{1}} = 1 \text{ А.}$$

Важнейшим нормативным документом для расчета параметров реконструкции стал стандарт организации ОАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» СТО 56947007-29.120.70.99-2011, в рамках требований которого учтены и приняты следующие базовые показатели:

- коэффициент торможения в шкафу защиты шин – в диапазоне от 0,6 до 1,2;
- ток срабатывания реле «ЧТО» – значение, равное 0,2 о.е.;
- значение выдержки времени АПВ в шкафах защиты шин ШЭ2710 562 = 5,00 с.;
- ток срабатывания реле контроля исправности (обрыва) цепей тока для ПО «IcpОбрПО» = 0,05 относительных единиц (о.е.), для ИО1 «IcpОбрИО1» = 0,07 (о.е.), для ИО2 «IcpОбрИО2» = 0,05 (о.е.);
- время срабатывания контроля обрыва цепей тока пусковых органов в шкафах защиты для данного исследования также принято рекомендуемое методическими указаниями: 10,0 с.;

– диапазон регулирования тока срабатывания реле тока Icp.опр. находится от 0,1 до 1,0 $I_{баз}$. В расчетах принято значение по умолчанию = 0,20 (о.е.);

– выдержка времени запоминания команды опробования в шкафах защиты шин ШЭ2710 562 регулируется в диапазоне от 0,05 до 0,60 с. (рекомендуемое значение выдержки времени 0,5 с.).

Все рассчитанные параметры для реконструкции были представлены на рассмотрение заинтересованным пользователям в виде подробных схем, с учетом наличия современного оборудования и эффективности используемых материалов [9,10].

Таким образом, была предложена реконструкция устройств релейной защиты шин за счет перехода к новым микропроцессорным устройствам релейной защиты и автоматики на базе микропроцессорных устройств ШЭ2710 562 компании «ЭКРА» для оптимального использования производственных мощностей Братской ГЭС. Применение предложенных параметров реконструкции и моделей оборудования позволит повысить надежность функционирования системы релейной защиты и автоматики, увеличить срок ее службы, расширить функциональные возможности и сократить время обслуживания и ремонта.

Список источников

1. Бахмисов Д.Е. Оценка работы аппаратуры релейной защиты и автоматики ОРУ-220 кВ Братской ГЭС // Молодая мысль: наука, технологии, инновации: материалы XIV (XX) Всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (г. Братск, 04–08 апреля 2022 г.). Братск, 2022. С. 226–229.
2. Морозов Н.А. Обзор действующей схемы дифференциальной защиты шин ОРУ-500 кВ БГЭС // Молодая мысль: наука, технологии, инновации: материалы XV (XXI) Всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (г. Братск, 03–07 апреля 2023 г.). Братск, 2023. С. 173–177.
3. Дикарев П.В., Ахмедова О.О. Релейная защита: состояние, проблемы, перспективы развития // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2018. № 4 (25). С. 10–13.
4. Амангелдиева У., Беллиев М., Чарыгелдиев Б., Сахедов Х. Релейная защита: ключ к надежности электрических систем // Академическая публикация. 2024. № 10–2. С. 22–25. Режим доступа: <https://aeterna-ufa.ru/events/ap> (дата обращения: 15.01.2025).
5. Безденежных М.Н., Дони Н.А., Егоров Е.П., Кошельков И.А., Петров А.А., Тойдеряков Н.А. и др. Особенности тестирования цифровой дифференциальной защиты шин 110–750 кВ на основе протокола IEC 61850-9-2LE // Релейная защита и автоматизация. 2018. № 2 (31). С. 41–47.
6. Елистратов В.В. Схемы дифференциальной защиты шин 110кВ // Поколение будущего: взгляд молодых ученых–2019: сб. науч. статей 8-й Междунар. молодежной науч. конф. в 6-х томах (г. Курск, 13–14 ноября 2019 г.). Курск, 2019. С. 67–72.
7. Ширяев С.А. Релейная защита шин станций и подстанций // Мавлютовские чтения: материалы XIV Всерос. молодежной науч. конф. в 7-ми томах (г. Уфа, 01–03 ноября 2020 г.). Уфа, 2020. Т. 3. Ч. 2. С. 25.
8. Варичева В.В., Иванов Д.А., Отарова М.Р., Сиукаев Т.З. Проектирование устройства защиты от короткого замыкания в электрических цепях постоянного тока на основе микропроцессора // Наукосфера. 2024. № 7–1. С. 243–248. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12772308>.

9. Пат. № 2807794 С1, Российская Федерация, В22D 19/02, В02С 13/28. Способ повышения износостойкости бил молотковых мельниц / С.Г. Тигунцев, А.С. Вовсеенко, Л.И. Подопригора, К.Б. Толонов, А.А. Хабибулин, Е.К. Кравчук; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет. Заявл. 01.02.2023; опубл. 21.11.2023.

10. Вовсеенко А.С., Вовсеенко Е.А. Экономика энергетики – инвестиционная эффективность использования материалов // Экономика и предпринимательство. 2022. № 12 (149). С. 117–121. <https://doi.org/10.34925/ERP.2022.149.12.020>.

Информация об авторах / Information about the Authors

Вовсеенко Александр Сергеевич,
магистрант,
Институт энергетики,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
alevovseenko2020@mail.ru

Alexander S. Vovseenko,
Master's Student,
Institute of Energy,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
alevovseenko2020@mail.ru

Вовсеенко Елена Александровна,
к.э.н.,
старший преподаватель кафедры
экономики и цифровых бизнес-технологий,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
vea1963@mail.ru

Elena A. Vovseenko,
Cand. Sci. (Economics),
Senior Lecturer of the Economics
and Digital Business Technologies Department,
Institute of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
vea1963@mail.ru

Моделирование электропривода в современных системах электроснабжения

© В.А. Пионкевич, Е.В. Власенко

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Данная статья посвящена моделированию электрического привода в системе MATLAB, в частности в библиотеке Electric Drives Library. В ней можно моделировать как привод, основанный на машинах переменного, так и постоянного тока. Для примера было рассмотрено моделирование системы переменного и постоянного тока при помощи блока нереверсивного трехфазного выпрямителя Two-Quadrant Three-Phase Rectifier с возможностью рекуперации энергии при торможении. Отмечены моменты времени разгона и торможения, а также значения количества оборотов в минуту в разные моменты процесса. Рассмотрены возможности применения всех блоков библиотеки для практического моделирования. Отмечается, что работа с данной средой сильно облегчает разработку, блоки не могут обеспечить абсолютно точное представление привода, так как являются моделями в виртуальной системе, которые не могут учитывать все факторы, влияющие на его работу. Работа с Electric Drives Library позволяет моделировать процессы в электрическом приводе для разработки новых механизмов.

Ключевые слова: MATLAB, электрический привод, моделирование, Electric Drives Library, блок

Modeling of an electric drive in modern power supply systems

© Vladimir A. Pionkevich, Elena V. Vlasenko

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. This article is devoted to modeling an electric drive in the Matlab system, in particular in the Electric Drives Library. It can simulate both a drive based on AC and DC machines. For example, the process of operation of a rectifier modeled using a Two-Quadrant Three-Phase Rectifier block was considered, which allows you to simulate the process of energy conversion between three-phase variable and constant systems with the possibility of energy recovery during braking. When considering the operation of the example, the moments of acceleration and deceleration, their time, as well as the values of the number of revolutions per minute at different points in the process are noted. The possibilities of using all library blocks for practical modeling are considered. It is noted that although working with this environment greatly facilitates development, the blocks cannot provide an absolutely complete picture of the operation of the drive, since it is an imitation in a virtual system that cannot take into account all the factors affecting its operation. As a result of the research, it can be said that working with the Electric Drives Library can allow you to simulate the processes of an electric drive to develop new mechanisms.

Keywords: Matlab, electric drive, modeling, Electric Drives Library, block

Введение

Электропривод – это важная часть всех отраслей народного хозяйства и промышленности. Это один из самых энергоемких потребителей и преобразователей энергии. Сам электропривод – это сложная электромеханическая система, состоящая из нескольких подсистем, выполняющих специализированные функции [1]. Они отвечают за соотношение входных параметров комплекса и рабочих (силовая часть), выполнение заданных функций устройства (электромеханическая часть), а также за управление процессом (управляющая (информационная) часть). Все это значительные системы, при создании и проектировании которых нужно моделировать процессы на каж-

дом из этапов для достижения правильной работы механизма, а также для повышения коэффициента полезного действия электропривода [2, 3]. В данной работе рассмотрено моделирование систем электропривода в пакете SimPowerSystems программы MATLAB с использованием библиотеки Electric Drives library, которая представляет собой комплексный набор инструментов для моделирования электрических машин, силовой электроники и систем управления, а также анализа итоговой модели.

В работе рассмотрена модель Two-Quadrant Three-Phase Rectifier DC Drive (рис. 1) – это нереверсивная система электропривода постоянного тока, реализованная с помощью трехфазного выпрямителя.

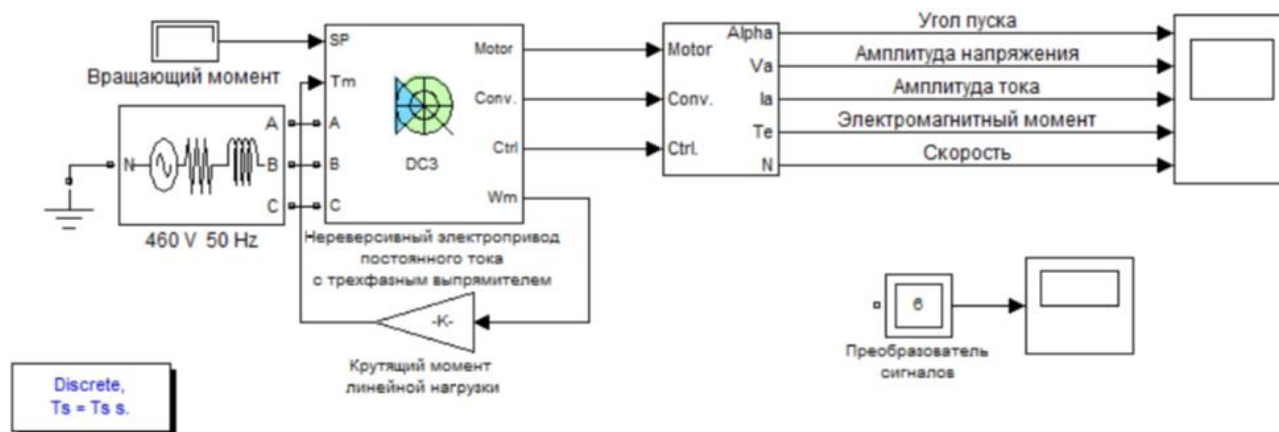


Рис. 1. Схема работы электропривода

Описание модели

Трехфазный выпрямитель преобразует трехфазный переменный ток в постоянный. Диоды обеспечивают односторонний поток тока, а тиристоры позволяют управлять током в обоих направлениях (прямом и обратном). Система управления определяет угол открытия тиристоров. Изменяя угол открытия, она управляет напряжением постоянного тока, подаваемого на двигатель. Изменяя напряжение постоянного тока, система управления изменяет скорость и направление вращения двигателя [4–6].

Выпрямитель питается от источника переменного тока напряжением 460 В частотой 50 Гц. Двигатель подключен к линейной нагрузке, что означает, что механический момент нагрузки пропорционален скорости вращения.

Начальное значение момента равно 0 Нм, ток якоря равен нулю. Электромагнитный момент не создается, и двигатель остается неподвижным. При $t = 0,05$ с заданный момент достигает 800 Нм. Это приводит к увеличению тока якоря примерно до 305 А, ток якоря довольно точно соответствует заданному значению с быстрым временем отклика и небольшим превышением. Сглаживающая индуктивность в 15 мГн позволяет уменьшить колебания тока. Среднее значение начального угла остается меньше 90° , так как преобразователь находится в режиме выпрямления.

Электромагнитный момент, создаваемый током якоря, приводит к ускорению двигателя. Скорость увеличивается и начинает стабилизироваться примерно через $T = 5$ с при 1450 об/мин, сумма моментов нагрузки и вязкого

трения начинает выравнивать электромагнитный момент.

При $t = 5$ с заданный момент устанавливается равным 400 Нм, а ток якоря уменьшается до 155 А, что приводит к замедлению работы двигателя из-за момента нагрузки. При $t = 10$ с частота вращения начинает стабилизироваться на уровне 850 об/мин.

На рис. 2 показаны результаты, полученные с использованием осциллографа. Этот процесс демонстрирует работу привода при разгоне и торможении.

Подобный электропривод может использоваться для управления двигателем постоянного тока в реверсивном и нереверсивном режиме.

Применение блоков библиотеки

Блоки библиотеки Electric Drives library могут использоваться для моделирования разных систем электроприводов. С помощью рассмотренного примера можно создавать модели электромобилей, промышленных систем (подъемных кранов, конвейерных лент и т. д.), систем автоматизации (роботы-манипуляторы, автоматизированные транспортные системы).

Другие блоки также имеют свои области применения. Two-Quadrant Single-Phase Rectifier DC Drive может применяться в создании малых электромобилей, промышленных механизмов (малых кранов и подъемников, конвейерных лент), бытовой техники.

Two-Quadrant Chopper DC Drive используется для создания схем электромобилей и гибридных автомобилей, электрических грузовиков и автобусов, оборудования для альтернативной энергетики (солнечных трекеров и ветротурбин).

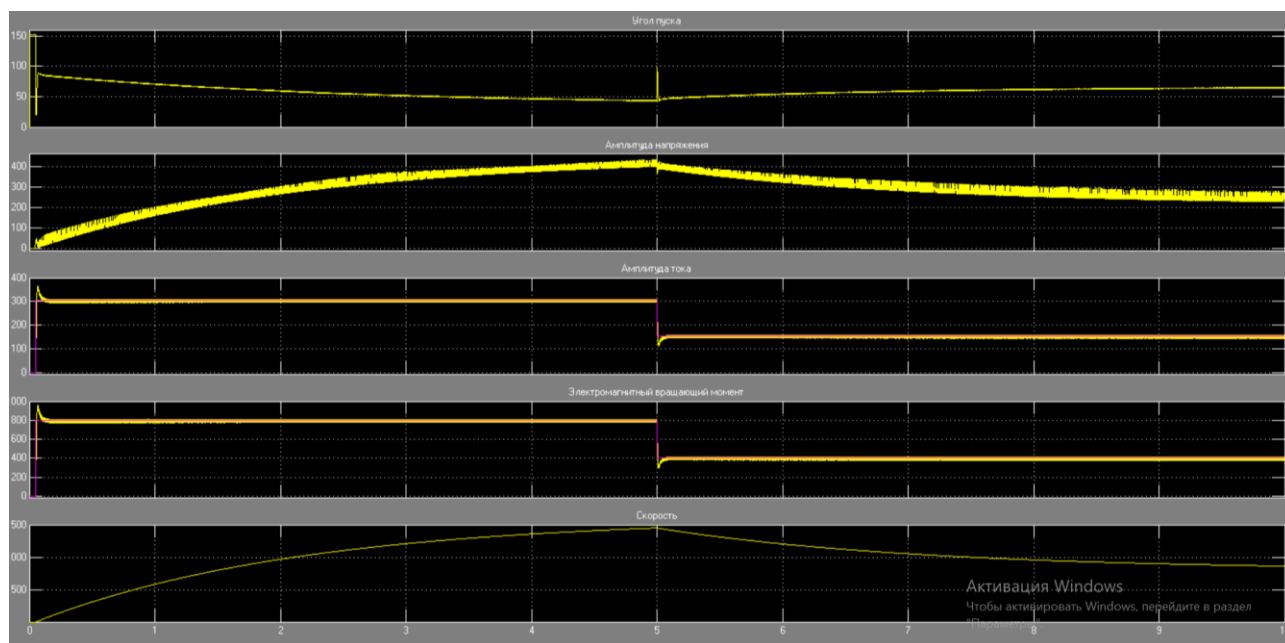


Рис. 2. Результаты моделирования

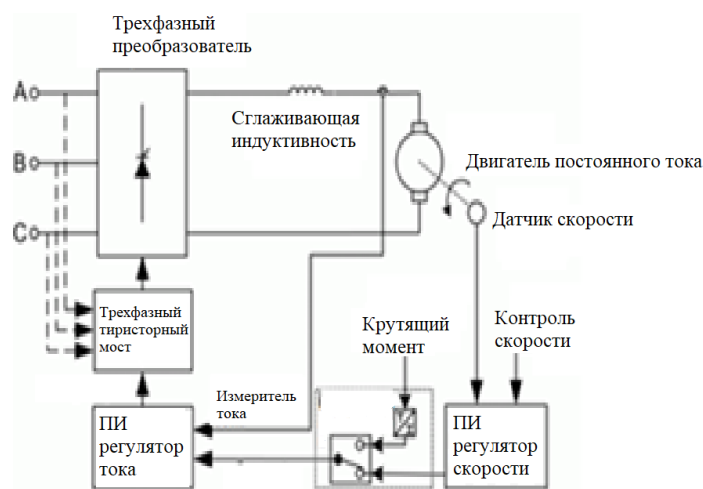


Рис. 3. Схема моделируемого блока

One-Quadrant Chopper DC Drive – это система электропривода, которая использует двигатель постоянного тока с широтно-импульсным преобразователем. Она работает только в одном квадранте, то есть обеспечивает только прямое вращение двигателя. Этот блок позволяет моделировать системы с ограниченным пространством (малые электромотоциклы, малые роботы), системы с низкой потребностью в рекуперативном торможении конвейерные ленты и станки с ЧПУ), системы, где рекуперативное торможение не требуется.

Four-Quadrant Three-Phase Rectifier DC Drive – это система электропривода, которая использует трехфазный выпрямитель для управления двигателем постоянного тока, она

работает во всех четырех квадрантах. Что позволяет обеспечивать полный контроль над направлением и скоростью двигателя. Блок может применяться для разработки электрических и гибридных автомобилей (для систем привода и рекуперативного торможения), в промышленных системах подобный привод применяется для подъемных кранов, конвейерных лент и станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Four-Quadrant Single-Phase Rectifier DC Drive в этой системе однофазный выпрямитель используется для управления двигателем постоянного тока, что обеспечивает полный контроль за направлением и скоростью двигателя. Этот блок позволяет моделировать малый электрический транспорт, быто-

вую технику, промышленные системы с ограниченным питанием.

Four-Quadrant Chopper DC Drive используется в системах, где необходимо точное управление скоростью и торможением. Например, в электромобилях, промышленной автоматизации, оборудовании для обработки материалов, кранах, лифтах и тяговых системах.

Brushless DC Motor Drive (бесщеточный двигатель постоянного тока) – это система электропривода, в которой электронный коммутатор используется для управления двигателем. Этот блок может быть использован для электромобилей и гибридных автомобилей, для манипуляторов и других промышленных устройств, бытовой техники, а также для дронов и медицинского оборудования.

DTC Induction Motor Drive [7] моделирует электрический привод на основе прямого управления моментом асинхронного двигателя [8]. Этот блок может использоваться для электромобилей и гибридов, промышленного оборудования, бытовой техники, а также ветровых турбин и дронов.

Field-Oriented Control (FOC) Induction Motor Drive работает, используя векторное управление для достижения быстрого и точного регулирования асинхронным двигателем [9]. FOC позволяет разделять управление моментом и потоком, моделируя характеристики двигателя. Это позволяет добиться хорошей динамики и эффективности.

PM Synchronous Motor Drive – синхронный двигатель с постоянными магнитами для управления движением. Эта система может применяться для различного электрического транспорта, промышленных систем, бытовой техники, сервоприводов, медицинского оборудования и дронов.

Self-Controlled Synchronous Motor Drive – синхронный двигатель с самовозбуждением, который в отличие от традиционных синхронных двигателей генерирует собственное магнитное поле статора. Подобный привод может применяться для моделирования электротранспорта, бытовой техники, промышленных систем с ограниченными требованиями (конвейерные ленты, малые станции перекачки).

Six-Step VSI Induction Motor Drive эта система использует шестишаговый инвертор напряжения для управления асинхронным двигателем. Используется для систем, в которых высокая точность и динамика не критичны, например, в бытовой технике, ряде промышленных систем.

Space Vector PWM VSI Induction Motor Drive использует широтно-импульсную модуляцию для управления асинхронным двигателем. При его использовании можно воссоздавать высокопроизводительные системы, электрический транспорт, промышленные системы [10], ветровые турбины, дроны и сервоприводы.

Заключение

Электрический привод является одной из самых обширных отраслей в электроэнергетике, поэтому необходимость ее развития не подвергается сомнению. Библиотека Electric Drives Library позволяет создавать различные системы электроприводов, что дает возможность применять их в различных моделях систем электроснабжения.

Смоделированная система нереверсивного трехфазного выпрямительного привода постоянного тока демонстрирует работу при наборе скорости и торможении. Разгон происходит при $t = 0,05$ с и идет до $t = 5$ с, после этого начинается торможение.

Список источников

1. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0. СПб.: КОРОНА принт, 2001. 320 с.
2. Бебихов, Ю.В., Семёнов, А.С., Семёнова, М.Н., Якушев, И.А. Анализ методов моделирования технических систем в среде MATLAB // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3. 12 с. <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2019.26.3.037>.
3. Герман-Галкин С.Г. MATLAB & SIMULINK. Проектирование мехатронных систем ПК. СПб.: КОРОНА-БЕК, 2008. 368 с.
4. Черных И.В. Моделирование электрических устройств в MATLAB, Sim Power System и Simulink. М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. 288 с.
5. Копп Д.О. Моделирование привода постоянного тока в программном комплексе Matlab // Наука молодых – будущее России: сб. науч. статей 6-й Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых (г. Курск, 09–10 декабря 2021 г.). Курск, 2021. Т. 5. С. 236–239.

6. Лустенков М.Е., Скарыно Б.Б., Лустенкова Е.С. Выбор асинхронного двигателя для привода ленточного конвейера с параллельным валом редуктора // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2019. № 2. С. 3–10. <https://doi.org/10.18698/0536-1044-2019-2-3-10>.
7. Козлов Н.Д., Семёнова Ю.В. Моделирование режимов работы асинхронного электропривода с частотным регулированием в среде Simulink // Вестник РГТА имени П.А. Соловьева. 2020. № 2 (53). С. 81–85.
8. Пантель О.В. Методика расчета параметров асинхронного двигателя для моделирования режимов его работы в Matlab/Simulink // Academy. 2015. № 2 (2). С. 7–11.
9. Еремочкин С.Ю., Жуков А.А., Дорохов Д.В. Разработка компьютерной имитационной модели трехфазного асинхронного электропривода с использованием регулируемого транзисторного редуктора // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2023. № 2 (50). С. 76–82.
10. Дмитриева В.В., Собянин А.А., Сизин П.Е. Моделирование плавного пуска для асинхронного двигателя ленточного конвейера // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 6. С. 77–92.

Информация об авторах / Information about the Authors**Пионкевич Владимир Андреевич,**

к.т.н.,
доцент кафедры электроснабжения и электротехники,
Институт энергетики,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
pionkevichva@istu.edu

Vladimir A. Pionkevich,

Cand. Sci. (Engineering),
Associate Professor of the Department
of Power Supply and Electrical Engineering,
Institute of Energy,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
pionkevichva@istu.edu

Власенко Елена Владимировна,

студент,
Институт энергетики,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
elena17vlasenko2004@gmail.com

Elena V. Vlasenko,

Student
Institute of Energy,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
elena17vlasenko2004@gmail.com

УДК 629.423
EDN: GZRJGJ

Организация высокоскоростного железнодорожного движения в России

© Н.В. Демидов, Т.В. Волчек

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, Красноярск, Российская Федерация

Аннотация. Около 28 % всего пассажирооборота транспортной системы Российской Федерации приходится на железнодорожный транспорт. В связи с этим одной из перспективных задач крупнейшего холдинга нашей страны компании открытое акционерное общество «Российские железные дороги» является развитие высокоскоростных магистралей, что позволит увеличить мобильность населения за счет затраты меньшего количества времени на передвижение между населенными пунктами, а, следовательно, повысить важнейший показатель для любого вида транспорта – пассажирооборот. В настоящее время уже ведутся работы по строительству данных магистралей на участке Москва – Санкт-Петербург. В статье представлены основные инженерные решения по строительству железнодорожного пути, которые позволяют организовать движение поездов с высокими скоростями. Представлена конструкция строения железнодорожного пути и требования к контактной сети для высокоскоростных магистралей. Также рассмотрена история развития высокоскоростных поездов в России и за рубежом. Представлены мировые лидеры высокоскоростных поездов Китая и Японии, планы по разработке нового высокоскоростного электропоезда в России «Белый Кречет», который позволит преодолеть участок Москва – Санкт-Петербург за 2 ч 15 мин.

Ключевые слова: пассажирооборот, железнодорожный транспорт, высокоскоростные магистрали, высокоскоростные поезда

Organization of high-speed railway traffic in Russia

© Nikita V. Demidov, Tatyana V. Volchek

Krasnoyarsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University,
Krasnoyarsk, Russian Federation

Abstract. About 28 % of the total passenger turnover of the transport system of the Russian Federation is accounted for by rail transport. In this regard, one of the promising tasks of the largest holding company of our country, JSC Russian Railways, is the development of high-speed highways, which will increase the mobility of the population by spending less time moving between settlements, and, consequently, increase the most important indicator for any type of transport – passenger turnover. Currently, work is already underway on the construction of these highways on the Moscow – St. Petersburg section. The article presents the main engineering solutions for the construction of a railway track, which will allow organizing the movement of trains at high speeds. Also it presents the design of the railway track structure and the requirements for the contact network for high-speed highways. The article considers the history of the development of high-speed trains in Russia and abroad. The article examines the world leaders of high-speed trains in China and Japan, presents plans, as well as plans to develop a new high-speed electric train Belyi Krechet in Russia, which will cover the Moscow – St. Petersburg section in 2 hours and 15 minutes.

Keywords: passenger turnover, railway transport, high-speed highways, high-speed trains

Железнодорожный транспорт играет огромную роль в развитии нашей страны. Согласно статистическим данным по грузообороту он занимает первое место, а по пассажирообороту второе место в России. Компания открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») в год выполняет более 2,5 млн рейсов, что составляет около 28 % всего пассажирооборота всей

транспортной системы России [1]. Мировым трендом развития железнодорожных пассажирских перевозок является строительство высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ). Согласно долгосрочной программе развития ОАО «РЖД» до 2035 г. одной из важнейших задач является развитие высокоскоростного движения [2]. На федеральный проект «Развитие высокоскоростных железно-

дорожных магистралей» в 2025 г. выделено 16,2 млрд рублей [3–4]. Благодаря ВСМ, получится увеличить мобильность населения за счет затраты меньшего количества времени на передвижение между населенными пунктами, а также увеличится общий годовой пассажирооборот за счет скорости перевозки пассажиров.

К сожалению, в настоящее время в России нет ни одной железной дороги, специально предназначенной для ВСМ (со скоростью более 250 км/ч).

Железнодорожные пути для ВСМ должны иметь усовершенствованное строение и земляное полотно более высокого качества для обеспечения безопасного, плавного и комфортного движения поездов на высоких скоростях. Основными инженерными решениями в строительстве пути для высокоскоростных магистралей стали:

- применение специального гранулометрического грунта для первого слоя защиты;
- применение песка крупной и средней фракции для второго слоя защиты;
- применение глинистого и щебенистого грунта для насыпи [5].

Представленные решения позволят обеспечить более высокую устойчивость к деформациям вибродинамического воздействия поездов. На рис. 1 показана схема строения пути для ВСМ. С учетом китайского и европейского опыта в строительстве ВСМ было решено применять в качестве основной конструкции верхнего строения пути – безбалластный путь с применением рельса Р65.

Такое строение железнодорожного пути позволит уменьшить вибродинамическое воздействие поезда на путь во время движения на высоких скоростях, снизит трудоемкость

обслуживания пути и обеспечит безопасное движение на высоких скоростях.

Пристальное внимание уделяется требованиям к контактной сети, т. к. она должна обеспечивать высокую эффективность токосъема на высоких скоростях для обеспечения подачи требуемой для движения поезда мощности, безопасность движения и удовлетворительное качество токосъема на скорости около 400 км/ч.

Поэтому в контактной сети КС-400 используются передовые для России технологии для улучшения всех значимых узлов:

- применение проводов из прочных и износостойких сплавов медь-магний, медь-хром-цирконий;
- опорные конструкции повышенной жесткости;
- буронабивные фундаменты в виде свай;
- усовершенствованные барабанные компенсаторы с подшипником скольжения внутри;
- модернизированное пятипролетное устройство анкерного участка, реализующего схемы плавки гололеда и подогрева;
- применение воздушных стрелок, обеспечивающих отсутствие контакта проводов с дополнительной подвеской;
- применение новых технологий в мониторинге состояния контактной сети [5].

В настоящее время в России утверждены следующие сети ВСМ:

- Москва – Санкт-Петербург;
- Москва – Казань – Екатеринбург;
- Москва – Ростов-на-Дону – Адлер;
- Москва – Минск;
- Москва – Рязань (рис. 2) [6].

На данный момент уже ведутся работы на участке Москва – Санкт-Петербург.

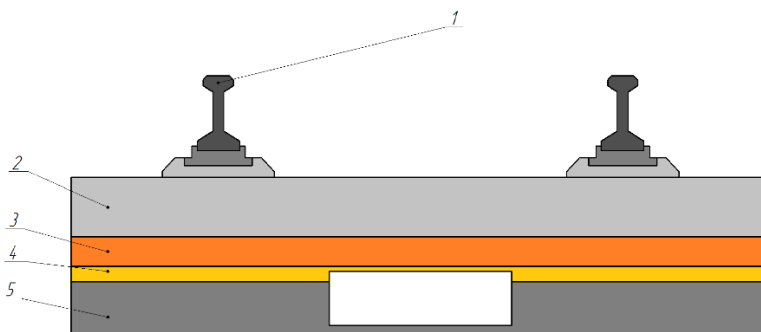


Рис. 1. Схема строения пути для высокоскоростных магистралей:
1 – рельс; 2 – подрельсовая плита; 3 – упругий слой; 4 – промежуточный слой;
5 – фундаментная плита



Рис. 2. Высокоскоростные магистрали России

Для организации движения на ВСМ необходим высокоскоростной подвижной состав. Идея создания высокоскоростного поезда возникла еще в начале XX в., но свое развитие данная технология получила только во второй половине XX в. Наиболее известным высокоскоростным поездом стал японский Shinkansen, который был запущен в 1964 г. (рис. 3). В эксплуатации более 10 моделей, данный поезд развивает скорость до 300 км/ч. С тех пор технология ВСМ значительно продвинулась и получила мировое распространение [7, 8].

В данный момент мировым лидером в со-

здании высокоскоростных поездов является Китай, показавший всему миру свой Шанхайский маглев, способный развить скорость 430 км/ч. Также Китаю принадлежит создание поезда CR400 Fuxing, способного развить скорость 350 км/ч (рис. 4) [7, 8].

В других странах также ведется разработка и модификация высокоскоростных поездов. В Германии самым быстрым поездом является ICE3, максимальная скорость которого – 330 км/ч. Немного этому показателю уступают французский TGV POS и японский JR East E5, способные развивать скорость 320 км/ч.



Рис. 3. Высокоскоростной японский поезд Shinkansen



Рис. 4. Высокоскоростной китайский поезд CR400AF



Рис. 5. Высокоскоростной поезд «Сапсан»



Рис. 6. Высокоскоростной электропоезд «Белый Кречет»

В России первым высокоскоростным поездом был электропоезд серии ЭР200, выпущенный в 1984 г. Он имел возможность достигать скорость 200 км/ч. В 2009 г. для России компания Siemens разработала высокоскоростной поезд «Сапсан», который способен развивать скорость до 250 км/ч (рис. 5). В настоящее время данный электропоезд эксплуатируется на участке Москва – Санкт-Петербург [9–10].

В настоящее время в России создано совместное предприятие ОАО «РЖД» и «Синара» – «Инжиниринговый центр железнодорожного транспорта» для разработки высокоскоростного электропоезда к 2028 г. под названием «Белый Кречет» (рис. 6). Данный

электропоезд будет двухсистемным, на переменном токе напряжением 25 кВ сможет достигать скорости 360 км/ч, а на постоянном токе напряжением 3 кВ – 250 км/ч. Основной состав электропоезда – восемь вагонов. Участок Москва – Санкт-Петербург длиной 679 км он сможет преодолеть за 2 ч 15 мин.

Таким образом, высокоскоростное движение – молодое и перспективное направление развития железнодорожной отрасли, нуждающееся в постоянной модернизации и новых инновациях. Благодаря развитию ВСМ получится увеличить один из важнейших показателей работы любого вида транспорта – пассажирооборот.

Список источников

1. Турутин Б.Б. Основные направления развития транспортной инфраструктуры России // Транспортное дело России. 2024. № 7. С. 8–12.
2. Новгородова М.С., Шабалина А.П. Планирование деятельности организации железнодорожного транспорта // Всероссийские научные чтения – 2024: сб. статей III Всерос. науч.-практ. конф. (г. Петрозаводск, 31 октября 2024 г.). Петрозаводск, 2024. С. 103–109.
3. Михальчук Н.Л. О перспективном развитии локомотивного комплекса ОАО «РЖД» // Локомотив. 2024. № 8 (812). С. 2–5.
4. Молчанов А.В. Локомотивы. Электрический транспорт – XXI век // Локомотив. 2024. № 7 (811). С. 2–6.

5. Бодров П.А., Вдовина Е.Е., Стогний Е.А. Перспективы развития высокоскоростного движения // Молодой ученый. 2016. № 18. С. 60–63. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/122/33672/> (дата обращения: 15.09.2024).
6. Андреев А.Г. Анализ значимости скорости движения поездов для государства // Актуальные проблемы современного транспорта. 2023. № 3 (13). С. 6–22. Режим доступа: https://www.samgups.ru/about/struktura_universiteta/filialy/vpo/nnov/nauka/nauchnyy-zhurnal/arkhiv-nomerov.php (дата обращения: 15.09.2024).
7. Лакин И.К. О перспективах развития тягового подвижного состава // Локомотив. 2021. № 12 (780). С. 43–45.
8. Лакин И.К. Пригородное движение: история развития и современность // Локомотив. 2022. № 6 (786). С. 45–48.
9. Бушуев Н.С., Шульман Д.О., Сагайдак К.М. Высокоскоростной железнодорожный транспорт мира в год десятилетия поездов «Сапсан» в России // Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах (рилттранс-2019): сб. тр. III Междунар. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 23–25 октября 2019 г.). Санкт-Петербург, 2019. С. 169–175.
10. Парфененко Р.Е., Изварин М.Ю. Перспективы использования высокоскоростных электропоездов «Сапсан» увеличенной составности // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2022. № 1–2 (98–99). С. 15–20.

Информация об авторах / Information about the Authors

Демидов Никита Владимирович,
студент,
Красноярский институт железнодорожного
транспорта – филиал Иркутского государственного
университета путей сообщения,
660028, г. Красноярск, ул. Ладос Кецоховели, 89,
Российская Федерация
nikitichdem@gmail.com

Nikita V. Demidov,
Student,
Krasnoyarsk Rail Transport Institute,
Branch of Irkutsk State Transport University,
89 Lado Ketskhoveli St., Krasnoyarsk 660028,
Russian Federation
nikitichdem@gmail.com

Волчек Татьяна Витальевна,
к.т.н., доцент,
доцент кафедры эксплуатации железных дорог,
Красноярский институт железнодорожного
транспорта – филиал Иркутского государственного
университета путей сообщения,
660028, г. Красноярск, ул. Ладос Кецоховели, 89,
Российская Федерация
tanya.vol4eck@yandex.ru

Tatyana V. Volchek,
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor of the Railway
Operation Department,
Krasnoyarsk Rail Transport Institute,
Branch of Irkutsk State Transport University,
89 Lado Ketskhoveli St., Krasnoyarsk 660028,
Russian Federation
tanya.vol4eck@yandex.ru

Цифровизация управления строительством с использованием BIM-технологий: преимущества и проблемы внедрения

© С.В. Корчиги, Д.К. Белых, О.В. Никишина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена анализу использования технологий информационного моделирования зданий в управлении строительством, акцентируя внимание на преимуществах и проблемах их внедрения в России. BIM-технологии, основанные на графическом языке GLIDE, позволяют создавать и управлять цифровыми моделями объектов, что значительно повышает качество проектирования и взаимодействие между участниками строительного процесса. В статье рассматриваются успешные примеры применения BIM в крупных российских проектах, таких как мост через Керченский пролив и стадион «Краснодар», демонстрируя значительное сокращение сроков и затрат. Однако, несмотря на очевидные преимущества, внедрение BIM в России сталкивается с рядом сложностей, включая нехватку нормативной базы, высокую стоимость программного обеспечения и недостаток квалифицированных специалистов. Низкий уровень осведомленности и заинтересованности строительных компаний также замедляет процесс адаптации к новым технологиям. Статья подчеркивает важность государственной поддержки и стандартизации для успешного внедрения BIM, а также необходимость изменения корпоративной культуры в строительной отрасли. Авторы предлагают рекомендации по преодолению существующих барьеров и делают акцент на том, что только совместные усилия государства и бизнеса могут привести к значительным улучшениям в эффективности и качестве строительных проектов в России.

Ключевые слова: BIM-технологии, информационное моделирование, модель, проект, нормативная база

Digitalization of construction management using BIM technologies: advantages and problems of implementation

© Savely V. Korchigo, Danil K. Belykh, Olga V. Nikishina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the analysis of the use of building information modelling (BIM) technologies in construction management, focusing on the advantages and problems of their implementation in Russia. BIM technologies based on the GLIDE graphical language allow you to create and manage digital models of objects, which significantly improves the quality of design and interaction between participants in the construction process. The article examines successful examples of BIM applications in large Russian projects such as the Kerch Strait Bridge and Krasnodar Stadium, demonstrating significant time and cost reductions. However, despite the obvious advantages, the implementation of BIM in Russia faces a number of difficulties, including a lack of a regulatory framework, high software costs and a lack of qualified specialists. The low level of awareness and interest of construction companies also slows down the process of adapting to new technologies. The article highlights the importance of government support and standardization for the successful implementation of BIM, as well as the need to change the corporate culture in the construction industry. The authors offer recommendations for overcoming existing barriers and emphasize that only joint efforts by the government and business can lead to significant improvements in the efficiency and quality of construction projects in Russia.

Keywords: BIM technologies, information modelling, model, project, regulatory framework

Современные технологии существенно изменили подходы к управлению строительством и Building Information Modelling (BIM) занимает центральное место в этом процессе. BIM-технологии обеспечивают возможность создания и управления цифровыми моделями зданий, интегрируя всю информацию об объекте на всех стадиях его жизненного цикла.

Целью данной научной статьи является анализ преимуществ и проблем внедрения BIM-технологий в управлении строительством в России.

В основе информационных моделей зданий лежит графический язык для интерактивного дизайна (GLIDE), созданный в лаборатории CMU в 1977 г. Чарльзом Истманом [1].

С того времени технология 3D-моделирования прошла этапы внедрения и развития в таких странах, как США, Великобритания, Дания, Норвегия и Швеция. BIM-технологии начали активно внедряться в России с начала 2010-х г. Массовое применение и законодательная поддержка этого подхода начались позже. В 2014 г. был создан Национальный исследовательский центр BIM-технологий при Московском государственном строительном университете.

Опыт зарубежных стран показывает, что широкое внедрение BIM способствует улучшению качества строительства и ускоряет процессы. В странах, таких как Великобритания и Германия, BIM уже интегрирован в государственные стандарты и широко применяется в крупных государственных проектах. В Великобритании, например, государство обязало использование BIM для всех проектов, финансируемых из государственного бюджета, что позволило повысить прозрачность и эффективность управления проектами.

В России создание информационной модели объекта строительства стало обязательным с 1 января 2022 г. Это требование закреплено в Постановлении Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства».

Согласно этому постановлению, информационная модель должна создаваться для всех объектов капитального строительства, финансируемых за счет бюджетных средств, начиная с указанной даты. Это означает, что государственные заказчики обязаны использовать BIM-технологии при проектировании, строительстве и эксплуатации таких объектов.

Также стоит отметить, что в этом постановлении речь идет не только об обязательном создании информационной модели, но и о ее использовании на всех этапах жизненного цикла объекта: проектирование, строительство, эксплуатация и утилизация.

На начальном этапе исследования был проведен анализ теоретических аспектов информационного моделирования в строительстве. Следующим шагом является идентификация ключевых преимуществ применения BIM-технологий в процессе разработки строи-

тельных проектов. Далее, проанализированы существующие трудности, возникающие у строительных компаний в ходе внедрения технологий информационного моделирования. В завершении исследования авторами предложены рекомендации по решению проблем и по улучшению процесса внедрения BIM-технологий в России.

Рассмотрим преимущества применения информационного моделирования в управлении строительством.

BIM-технологии дают возможность для максимально точного проектирования сооружений и координации между участниками проекта, что позволяет значительно улучшить качество строительства и сократить число ошибок. При создании виртуальной модели объекта можно наглядно представить, как различные элементы здания будут взаимодействовать на этапе строительства. Это снижает риск ошибок и улучшает взаимодействие между проектировщиками и строителями [2].

BIM существенно оптимизирует процессы управления проектами, снижая как финансовые затраты, так и сроки реализации проектов [3]. Согласно данным команды IYNO, использование BIM позволяет сократить затраты до 30 % за счет уменьшения ошибок в проектной документации, оптимизации процессов и точного планирования, сроки проектирования и строительства – на 20–50 % и сроки реализации проектов – до 50 %. Это важно для строительной отрасли, потому что не соблюдение сроков ведет к увеличению стоимости строительства и к потере репутации компании. Внедрение цифровых технологий в управление строительством дает преимущества как строительным компаниям, так и государству. Цифровизация в строительной сфере приводит к развитию экономической ценности самой страны, помимо сокращения сроков и затрат на государственные проекты.

Примеры проектов, в которых технология информационного моделирования (BIM) была использована на всех стадиях жизненного цикла – от проектирования до ввода в эксплуатацию: мост через Керченский пролив в Крыму, который сдали на семь месяцев раньше срока; строительство стадиона «Краснодар»; самое высокое здание в Европе – «Лахта Центр» (несмотря на многозадачность

и уникальность проект был построен в срок); реконструкция стадиона «Лужники» в Москве; многофункциональный комплекс «Грозный-Сити»; реконструкция Большого театра; космодром «Восточный» в Амурской области на Дальнем Востоке. Эти примеры показали, что BIM успешно внедряется в технологию строительства по всей России. Данная инновация помогает возводить уникальные здания и сооружения, соответствующие международным стандартам, реализовать проекты, которые были на стадии разработок долгое время.

Информационное моделирование зданий представляет собой инновационный подход к проектированию, строительству и эксплуатации объектов капитального строительства, который обеспечивает комплексный учет всех параметров проекта на протяжении всего его жизненного цикла. Несмотря на очевидные преимущества, такие как повышение точности проектирования, снижение затрат и улучшение координации между участниками строительного процесса, внедрение BIM-технологий сталкивается с рядом серьезных вызовов и препятствий:

- нехватка нормативных документов по BIM (в России на данный момент насчитывает 14 государственных стандартов и 8 сводов правил, отвечающих мировым стандартам ISO);
- высокая стоимость программного обеспечения становится серьезным препятствием для большинства компаний;
- внедрение BIM требует высококвалифицированных специалистов;
- трудоемкость создание BIM-модели [4].

Это подтверждается данными Минстроя РФ о том, что в России лишь 7 % компаний активно используют BIM на постоянной основе, что значительно ниже по сравнению с другими странами, такими как Великобритания или Германия.

К вышеперечисленным проблемам можно добавить и другие. Недостаточная заинтересованность и осведомленность строительных организаций является одним из ключевых барьеров для внедрения BIM-технологий. Многие российские компании не видят всех преимуществ использования цифровых технологий, т. к. до сих пор придерживаются традиционных подходов к управлению строительством. Внедрение таких решений требует пе-

рестройки устоявшихся бизнес-процессов. В глазах российских строителей BIM часто ассоциируется не с повышением эффективности, а скорее с ужесточением контроля и дополнительными требованиями. Появляются новые роли, задачи, должности: например, BIM-менеджер, BIM-координатор, IT-специалисты. Это также требует дополнительных затрат и временного снижения производительности работы [5]. Это приводит к тому, что лишь небольшая часть компаний начинает осваивать современные технологии, что нередко приводит к трудностям, вследствие чего они отказываются от их использования.

Немаловажным фактором для строительных компаний стало и то, что в 2022 г. с российского рынка ушли крупные поставщики специализированного программного обеспечения, что затрудняет возможность применение BIM-технологий в управлении строительством.

Для успешного внедрения BIM необходима поддержка со стороны государства, выражающаяся как в нормативной базе, так и в финансовом стимулировании. Текущие затраты на разработку и поддержку информационных моделей оправданы преимущественно в крупных проектах, из-за чего для среднего и малого бизнеса такие вложения остаются менее доступными.

В ходе анализа существующих трудностей по внедрению технологий информационного моделирования в управлении строительством авторами были предложены следующие рекомендации.

Для успешного применения BIM-технологий в России необходимо объединить усилия государства и строительных компаний. Важнейшими шагами станут стандартизация и создание нормативной базы, чтобы все этапы жизненного цикла проектов с применением BIM поддерживались на законодательном уровне и имели единый стандарт. Государственные меры поддержки могут включать финансовое стимулирование в виде субсидий и налоговых льгот, чтобы облегчить переход компаний на новую систему.

Необходима адаптация корпоративной культуры, способствующая принятию инноваций. Это подразумевает обучение сотрудников, создание мотивирующей среды и под-

держку коллектива, что поможет опытным сотрудникам, придерживающихся традиционных подходов, сделать шаг в сторону освоения новых технологий.

В целом, внедрение новых технологий в России требует всестороннего подхода, учитывающего организационные и финансовые аспекты. Только при согласованных действиях всех участников, они смогут принести значительную пользу строительной отрасли и повысить ее конкурентоспособность на мировом рынке.

Введение обязательных стандартов для использования BIM в государственных проектах, как это произошло в России, – это важный шаг на пути к цифровизации строительной отрасли. Важной рекомендацией является стимулирование компании к использованию ин-

формационного моделирования через снижение стоимости лицензий на программное обеспечение и проведение массовых обучающих программ для персонала.

На основании проведенного исследования можно сказать, что BIM-технологии представляют собой мощный инструмент для управления строительными проектами, предлагая значительные преимущества в плане экономии ресурсов и времени. Однако их успешное внедрение требует преодоления ряда барьеров, таких как высокие начальные затраты и необходимость переобучения персонала. При наличии государственной поддержки и стандартизации процессов BIM может стать важным элементом в трансформации строительной отрасли, способствуя повышению ее эффективности и качества.

Список источников

1. Шеина С.Г., Петров К.С., Федоров А.А. Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и России // *Строительство и техногенная безопасность*. 2019. № 14 (66). С. 7–14.
2. Кисель Т.Н. Экономическая эффективность применения BIM-технологий в строительстве в различных странах // *Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сб. материалов междунар. науч. конф.* (г. Москва, 16–17 ноября 2016 г.). Москва, 2016. С. 492–497.
3. Грибкова И.С., Хашпакянц Н.О. Эффективность BIM технологии проектирования // *Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ»*. 2018. № 2. С. 235–242. Режим доступа: <https://ntk.kubstu.ru/tocs/50> (дата обращения: 12.11.2024).
4. Абрамян С.Г., Котляревская А.О., Оганесян О.В., Бурлаченко О.В., Джикмеджян А.А. Проблемы внедрения BIM-технологий в строительном секторе: обзор научных публикаций // *Инженерный вестник Дона*. 2019. № 9 (60). Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6202> (дата обращения 25.11.2024).
5. Попов А.Р., Попов Р.А., Савенко А.А. Перспективы моделирования экономико-технологических процессов в строительном комплексе на основе BIM-технологий // *Экономика устойчивого развития*. 2019. № 3 (39). С. 239–243.
6. Уткина В.Н., Грязнов С.Ю., Бабушкина Д.Р. Проблемы и перспективы внедрения технологии информационного моделирования в области строительства в России: проблемы и перспективы внедрения // *Основы экономики, управления и права*. 2019. № 1 (19). С. 57–61. Режим доступа: <https://basis763.ru/archive/> (дата обращения 09.11.2024).
7. Бурова О.А. Использование цифровых технологий в строительстве: отечественный и мировой опыт // *Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА*. 2023. № 2. С. 59–63. https://doi.org/10.52210/2224669X_2023_2_59.
8. Талапов В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК Пресс, 2015. 412 с.
9. Гинзбург А.В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта // *Информационные ресурсы России*. 2016. № 5 (153). С. 28–31.
10. Диханов Н., Абрахманова К.К. Эффективность внедрения BIM-проектирования // *Наука и инновационные технологии*. 2016. № 1. С. 27–30.

Информация об авторах / Information about the Authors

Корчиги Савелий Вадимович,
студент,
Институт архитектуры строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
savelyikorchigo@icloud.com

Savely V. Korchigo,
Student,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
savelyikorchigo@icloud.com

Белых Данил Константинович,
студент,
Институт архитектуры строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
d.bielyk@mail.ru

Danil K. Belykh,
Student,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
d.bielyk@mail.ru

Никишина Ольга Валерьевна,
старший преподаватель кафедры
экспертизы и управления недвижимостью,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
nikishinaov@ex.istu.edu

Olga V. Nikishina,
Senior Lecturer,
Real Estate Expertise and Management Department,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
nikishinaov@ex.istu.edu

Сравнительный анализ влияния длины пролета и геометрии поперечного сечения на собственные колебания трубопровода системы водоснабжения

© И.Н. Рыжиков, Я.А. Апанович

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме – уменьшению вредного влияния вибраций на прочность элементов трубопроводной системы. Представлен обзор литературы по данному вопросу, на основании которого установлено, что решением данной проблемы может быть частотная отстройка от резонансных колебаний трубопроводов. Описаны методы, позволяющие провести частотную отстройку. В качестве основного выбран модальный анализ конструкций с помощью метода конечных элементов. Моделирование элементов стандартных трубопроводов проводилось в программном комплексе APM WinMachine в модуле APM Structure 3D. Рассмотрены различные схемы закрепления пролетов водопроводных труб пяти стандартных размеров разной длины и проведен анализ собственных частот и форм колебаний участков трубопровода в каждом случае. Проведен анализ влияния на собственные частоты и формы колебаний участков трубопровода его геометрии (размеров поперечного сечения), длины пролетов между опорами и видов опор закрепления трубопровода. В результате исследований определены максимальные длины пролетов между опорами стандартных трубопроводов при заданных частотах возбуждающей силы. Проведен анализ результатов расчетов, который позволил выработать практические рекомендации по отстройке собственных частот колебаний пролетов трубопроводов от резонансных колебаний при проектировании трубопроводных систем.

Ключевые слова: трубопровод, компьютерное моделирование, собственные колебания, резонанс, частотная отстройка

Comparative analysis of the influence of span length and cross-section geometry on natural oscillations of the water supply system pipeline

© Igor N. Ryzhikov, Yaroslav A. Apanovich

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to an urgent problem – reducing the harmful effect of vibrations on the strength of the elements of the pipeline system. The article presents a review of the literature on this issue, on the basis of which it is established that the solution to this problem can be frequency tuning from resonant oscillations of pipelines. The article describes methods that allow frequency tuning. As the main method, the article examines the modal analysis of structures using the finite element method. The elements of standard pipelines were modeled in the APM WinMachine software package in the APM Structure 3D module. The article discusses various schemes for fixing spans of water pipes of five standard sizes of different lengths and analyzes the natural frequencies and vibration forms of pipeline sections in each case. The article analyzes the effect of its geometry (cross-sectional dimensions), the length of spans between supports and types of pipeline fastening supports on the natural frequencies and shapes of oscillations of pipeline sections. The article presents the results of studies that determine the maximum length of spans between the supports of standard pipelines at given frequencies of excitation force. The article provides an analysis of the results of calculations, which made it possible to develop practical recommendations for tuning the natural frequencies of oscillations of pipeline spans from resonance vibrations in the design of pipeline systems.

Keywords: pipeline, computer simulation, natural oscillations, resonance, frequency tuning

Введение

Трубопроводы систем водоснабжения многоквартирных домов при эксплуатации подвержены вредному влиянию вибраций. Причины возникновения вибраций:

– особенности конструкций трубопроводов, которые способствуют их колебаниям (большие линейные размеры при малых поперечных сечениях, значительные расстояния между опорами);

– воздействие внешних динамических нагрузок, возбуждающих колебания (пульсация потока вследствие переменного поля давлений, создаваемых насосами и другим оборудованием в составе трубопроводной системы).

Вибрации оказывают вредное воздействие на организм человека. Жители квартир, расположенных на первых этажах многоквартирных домов, часто сталкиваются с проблемой, заключающейся в появлении сильного шума, исходящего при вибрации оборудования, расположенного в подвальных помещениях. Шум и вибрации, особенно в ночное время, могут отрицательно воздействовать на организм, нарушать нормальную работу его внутренних органов и систем, приводить к потере сна, повышенной усталости и, как следствие, к психологическим проблемам. Предельно-допустимые значения параметров вибрации оговариваются разработанными нормативными документами¹.

Также вибрации трубопроводов могут стать причиной их разрушения вследствие возникновения резонансных колебаний и усталостного разрушения элементов трубопроводной системы.

Кроме того, есть данные о вредном влиянии вибрации на скорость коррозии технологических трубопроводов [1].

Изучению вибраций трубопроводов посвящены работы [2–5]. В работе [6] исследовано влияние жесткости опор на собственные колебания трубопровода. Численным исследованием колебаний конструкций, в том числе и трубопроводов, методом конечных элементов посвящены работы [7–11].

Явление резонанса заключается в совпадении собственной частоты колебаний конструкции с частотой переменной силы от пульсации потока, возбуждающей колебания. В этом случае резко возрастает амплитуда колебаний и, как следствие, напряжения в материале, которые могут достигнуть критических значений, что приведет к разрушению.

Уменьшить вредное влияние вибраций или полностью его исключить можно с помощью частотной отстройки элементов кон-

струкции от резонанса. Частотная отстройка заключается в изменении значений частот и форм собственных колебаний конструкции. Для трубопровода стандартных размеров (диаметра и толщины стенки) этого можно достичь, изменяя условия закрепления трубы (применением опор разного вида и подбором расстояния между опорами) при которых частоты первых форм собственных колебаний трубы гарантированно выводились бы за пределы опасного интервала значений частот возбуждающих сил. Разработка методики частотной отстройки имеет большую практическую значимость, т. к. она позволяет при проектировании трубопроводов обеспечить их защиту от вредного воздействия вибраций.

Целью данной работы является исследование влияния длины пролета и геометрии поперечного сечения элемента трубопроводной системы на его собственные частоты и формы колебаний для повышения эффективности частотной отстройки.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести модальный анализ элемента трубопровода, наполненного водой, с различными геометрическими параметрами и длиной пролета.
2. Выявить зависимость частоты первой формы собственных колебаний от геометрических параметров поперечного сечения и длины пролета участка трубопровода.
3. Определить максимальные длины пролетов между опорами трубопроводов, при которых будет невозможно появление резонансных колебаний.

Материалы и методы исследований

Для проведения частотной отстройки необходимо определить собственные частоты и формы колебаний конструкции, т. е. провести так называемый модальный анализ.

При решении задачи свободных колебаний тел простой формы можно использовать известные аналитические методы. Как известно, физические процессы можно описать дифференциальными уравнениями в частных

¹ СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Утв. Постановлением 109 Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 40. Москва, 1997. 20 с.

производных. Если рассматривать участок трубопровода как шарнирно-опертый по концам стержень, представляющий собой упругую систему с распределенной массой и жесткостью, и обладающую бесконечным числом степеней свободы, то его свободные колебания можно описать дифференциальным уравнением в частных производных:

$$EI_x \frac{\partial^4 y}{\partial z^4} + \rho F \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0,$$

где EI_x – жесткость стержня; x, y, z – координаты; ρ – плотность; F – площадь сечения; t – время.

При решении данного уравнения можно определить собственные частоты и формы колебаний стержня (рисунок). Каждой частоте соответствует определенная форма колебаний.

Наиболее опасной с точки зрения прочности трубопровода является первая форма колебаний, т. к. она имеет наибольшую амплитуду колебаний, а значит в материале при этом возникнут наибольшие напряжения.

В данной работе модальный анализ участка трубопровода выполнялся с использованием метода конечных элементов (МКЭ) в перемещениях. Основная идея МКЭ состоит в замене дифференциального уравнения в частных производных, описывающего физический процесс, системой линейных алгебраических уравнений, легко решаемой компьютером. Таким образом, непрерывная функция аппроксимируется кусочно-непрерывной, построенной из отдельных линейных участков. Исследуемый объект при этом представляется в виде конечной совокупности участков простой формы (конечных элементов), соединенных друг с другом в узловых точках. В пределах каждого конечного элемента соотношения между силами и перемещениями известны. Искомые величинами являются перемещения узловых точек.

Расчет по МКЭ состоит из следующих этапов:

1. Конечноэлементная идеализация конструкции. Конструкция разбивается на КЭ, связанные между собой в узлах. Предполагается, что перемещение любой точки, лежащей внутри некоторого элемента, полностью определяется узловыми перемещениями.

2. Построение матриц жесткости и масс конечных элементов и всей конструкции. Матрицы жесткости и масс конечных элементов определяются по соотношениям МКЭ:

$$[K]^* = \int_V [B]^T [D] [B] dv,$$

$$[M]^* = \int_V [N]^T [N] dv,$$

где $[K]^*$ и $[M]^*$ – матрицы жесткости и масс конечных элементов; V – объем; $[B]$ – матрица дифференцирования перемещений; $[D]$ – матрица упругости; $[N]$ – матрица функций формы.

Затем матрицы $[K]^*$ и $[M]^*$ элементов увязываются в единый ансамбль с учетом связей элементов друг с другом и получаются матрицы $[M]$ и $[K]$ всей конструкции.

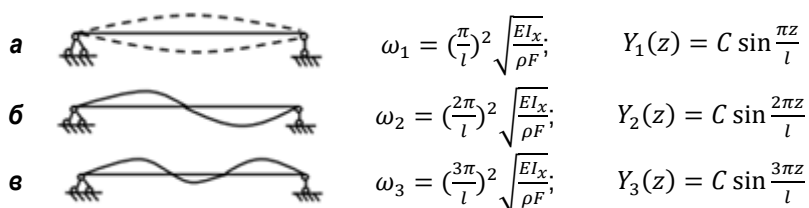
Определение перемещений, форм колебаний и собственных частот

Для определения неизвестных перемещений необходимо решить уравнение динамики. В случае свободных колебаний без демпфирования уравнение в матричной форме имеет вид:

$$[M]\{\ddot{\delta}\} + [K]\{\delta\} = 0,$$

где $[M]$ и $[K]$ – матрицы масс и жесткости; $\{\delta\}$ – вектор перемещений; $\{\ddot{\delta}\}$ – вектор ускорений.

После некоторых преобразований уравнение приводится к стандартному виду и решается прямыми или итерационными методами: метод исключения Гаусса, итерации в подпространстве и др. В результате решения уравнения определяются неизвестные перемещения, формы колебаний и собственные частоты.



Первые формы и круговые частоты колебаний стержня:
 а – первая форма (одна полуволна); б – вторая форма (две полуволны);
 в – третья форма (три полуволны)

После определения перемещений можно найти деформации $\{\varepsilon\} = [B]\{\delta\}$ и напряжения $\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}$. Однако в рамках данной работы определение напряжений не проводилось, т. к. это является уже следующим этапом планируемых исследований, а именно анализом долговечности конструкции, который включает в себя расчет вынужденных колебаний с определением динамических напряжений, приводящих к возникновению усталостных трещин. После этого делается заключение о долговечности конструкции с использованием одной из существующих гипотез.

Результаты исследований

В данной работе проводилась отстройка собственных колебаний пролетов трубопровода от следующих значений частот возбуждающей силы: 12 Гц, 20 Гц, 50 Гц, которые определены экспериментально и описаны в работе [11] для элементов трубопроводов рассматриваемых поперечных сечений. При проектировании трубопроводных систем необходимо определять экспериментально частоты возбуждающих сил на рабочих режимах конкретного трубопровода.

Изначально было понятно, что с увеличением длины пролета частоты его свободных колебаний будут снижаться. При большой длине пролета частоты первых форм колебаний могут совпасть с одной из частот возбуждающей силы и возникнет резонанс. Следовательно, нужно выбрать для каждого стандартного трубопровода такую максимальную длину пролета, при которой частота первой формы колебаний будет выше максимальной частоты возбуждающей силы (50 Гц). Для гарантированного исключения возможности по-

явления резонанса, приняли частоту первой формы, увеличенную на 10 % по сравнению с максимальной частотой возбуждающей силы, и равную 55 Гц.

В программном модуле APM Structure 3D подготовлены стержневые модели горизонтальных пролетов трубопроводов, им были назначены стандартные сечения 15×1,6; 20×2,0; 22×1,6 по ГОСТ 10704-91², которые наиболее широко применяются в конструкциях водопроводных систем многоквартирных домов.

Расчеты проводились для пролетов трубопровода разной длины, заполненного водой. Пролеты имели опору одного конца в виде жесткой заделки, а другого конца в виде шарнирно-неподвижной опоры.

На первом этапе работы минимальная длина пролета для всех поперечных сечений труб была взята 1 метр. Как показали результаты расчетов, при этой длине все трубопроводы колеблются с частотой значительно выше 55 Гц. На следующих этапах последовательно увеличивалась длина пролета до достижения частоты колебаний, равной 55 Гц.

В табл. 1 представлены результаты расчетов собственных частот первой формы колебаний разных по длине пролетов стандартных труб рассматриваемых поперечных сечений. В таблице не приводятся частоты других форм колебаний, поскольку их значения значительно выше частоты первой формы.

В результате проведения серии расчетов частот и форм колебаний пролетов трех стандартных трубопроводов разной длины, были определены максимально допустимые длины пролетов, при превышении которых возможно появление резонанса при заданных значениях частот возбуждающей силы (табл. 2).

Таблица 1. Результаты расчетов форм и собственных частот колебаний пролетов труб

Труба (ГОСТ 10704-91)	Длина пролета, м	Первая форма, Гц
15×1,6	1,0	87,12
	1,5	38,39
	1,25	55,28
20×2,0	1,0	115,89
	1,5	51,52
	1,45	55,13
22×1,6	1,5	58,20
	1,55	54,51
	1,54	55,22

² ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент. М.: Стандартинформ, 2007. 38 с.

Таблица 2. Максимально допустимая длина пролета трубы

Труба (ГОСТ 10704-91)	Максимально допустимая длина пролета l_{max} , м	Собственная частота колебаний пролета, Гц
15×1,6	1,25	55,28
20×2,0	1,45	55,13
22×1,6	1,54	55,22

Заключение

В результате проведенных численных исследований определена максимально допустимая длина пролетов для пяти стандартных труб, при превышении которой возникает опасность появления резонанса при заданных частотах возбуждающей силы.

На основании анализа результатов проведенных численных экспериментов разработана методика частотной отстройки элементов тру-

бопроводной системы от резонансных колебаний, выработаны практические рекомендации для проектировщиков водопроводных систем.

В дальнейших исследованиях планируется выполнить анализ долговечности конструкции, включающий в себя расчет вынужденных колебаний с определением динамических напряжений и последующим заключением о долговечности конструкции на основе одной из существующих гипотез [12].

Список источников

1. Астахов Г.Л. Исследование влияния вибрации на скорость коррозии технологических трубопроводов // Современная механика в цифровую эпоху: проблемы и перспективы: материалы II Всерос. молодежной науч.-практ. конф. (г. Оренбург, 01–02 июня 2023 г.). Оренбург, 2023. С. 99–103.
2. Вельмисов П.А., Тамарова Ю.А., Петров С.В., Шингарова А.И. К задаче определения собственных частот колебаний трубопровода // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2021. № 4 (96). С. 36–38.
3. Черенцов Д.А. Пирогов С.П. Влияние перекачиваемой жидкости на частоты свободных колебаний надземных участков трубопроводов // Деловой журнал Neftgaz.RU. 2023. № 8 (140). С. 118–119.
4. Хусаинов Р.Б., Хусаинов С.Б., Пулатова Р.Т. Продольные колебания подземных трубопроводов конечной длины в среде, окруженной грунтом с различными свойствами по длине трубопровода // Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2022. № 2 (39). С. 16–29.
5. Сафаров И.И., Тешаев М.Х., Болтаев З.И., Каримов И.М., Эсанов Н.К., Равшанов Н. Собственные и вынужденные колебания трубопроводов, контактирующих со средой Винклера // Проблемы машиноведения: материалы VII Междунар. науч.-технич. конф. (г. Омск, 16–17 мая 2023 г.). Омск, 2023. С. 101–108.
6. Леонтьев Е.В., Травуш В.И. Колебания трубопроводов газосодержащих жидкостей при изменяющихся условиях опирания // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. Т. 18. № 6. С. 544–551. <https://doi.org/10.22363/1815-5235-2022-18-6-544-551>.
7. Темис М.Ю. Анализ подверженных повышенным уровням вибрации трубопроводов с применением программного комплекса CRIPE // Комплексный инжиниринг в нефтегазодобыче: опыт, инновации, развитие – 2024: материалы Шестой междунар. науч.-практ. конф. (г. Самара, 14–15 августа 2024 г.). Самара, 2024. С. 566–575.
8. Швецов А.В., Паровой Ф.В. Исследование вибрационного состояния трубопроводов авиационного двигателя в среде ANSYS // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 4. С. 316–320.
9. Repetskiy O., Ryzhikov I., Lutaenko N., Latin A. Vibration of mistimed bladed discs // Futures in Mechanics of Structures and Materials – Proceedings of the 20th Australasian Conference on the Mechanics of Structures and Materials, ACMSM20: 20th Australasian Conference on the Mechanics of Structures and Materials, ACMSM20 (Toowoomba, 02–05 December 2008). Toowoomba, 2008. P. 719–722.
10. Repetskiy O., Ryzhikov I., Schmidt R. Investigations of Impact of Various Types of Mistuning on Bladed Disks Vibration and Fatigue Life // IFTOMM Rotordynamics 2010: IFTOMM Rotordynamics 2010 (Seoul, 12 September –15 October 2010). Seoul: Curran Associates, 2012. Vol. 1.
11. Sekacheva A., Noskov A., Pastukhova L. Investigation of natural frequencies of complex water pipelines // Akustika. 2021. Vol. 38. P. 3–8. <http://dx.doi.org/10.36336/akustika2021382>.
12. Рыжиков И.Н. Оценка и возможные способы увеличения долговечности элементов роторов ГТД // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2007. № 1–1 (29). С. 155–158.

Информация об авторах / Information about the Authors

Рыжиков Игорь Николаевич,

к.т.н.,
доцент кафедры материаловедения,
сварочных и аддитивных технологий,
Институт авиамашиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
rin111@list.ru

Igor N. Ryzhikov,

Cand. Sci. (Engineering),
Associate Professor of the Department of Materials Science,
Welding and Additive Technologies,
Institute of Aviation Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
rin111@list.ru

Апанович Ярослав Александрович,

студент,
Институт авиамашиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
rin111@list.ru

Yaroslav A. Apanovich,

Student,
Institute of Aviation Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
rin111@list.ru

Сравнение производства лего-кирпича на станках различного типа

© А.В. Черныгов, О.В. Черепанова

Филиал Иркутского национального исследовательского технического университета в г. Усолье-Сибирском,
Усолье-Сибирское, Российская Федерация

Аннотация. Лего-кирпич – относительно новая разновидность кирпича, который по форме напоминает детский конструктор. Технические характеристики при этом соответствуют строгим требованиям современных строителей и отвечают требованиям рынка о материале, из которого можно было бы строить, не обладая специальными навыками каменщика. Главное преимущество в производстве лего-кирпича – отсутствие термического воздействия (обжига) на изделие, что позволяет заметно уменьшить себестоимость готовой продукции. Эти факты делают производство лего-кирпича привлекательным продуктом для развития малого бизнеса. В статье представлены и проанализированы основные достоинства и недостатки лего-кирпича при использовании в строительстве, рассмотрены технические характеристики, опыт использования. Проведено сравнение производства лего-кирпича на ручном и автоматизированном станках с экономической и организационной точек зрения, сравнение качества лего-кирпича при разных способах производства. Все экономические расчеты произведены на основании собственного опыта при производстве лего-кирпича и монтаже станков представленных видов.

Ключевые слова: лего-кирпич, станок «Булава 2А», автоматизированный станок ООО «Промвектор»

Comparison of Lego brick production on different types of machines

© Artyom V. Chernygov, Olga V. Cherepanova

Branch of the Irkutsk National Research Technical University in Usolye-Sibirskoye, Russian Federation

Abstract. Lego bricks are a relatively new type of brick, shaped like a children's construction kit. At the same time, the technical characteristics meet the strict requirements of modern builders, and meet the market requirements for a material from which it would be possible to build without having special skills of a mason. The main thing in the production of Lego bricks is the absence of thermal effects (firing) on the product, which significantly reduces the cost of finished products. In addition, Lego bricks are a material from which you can build without having special skills as a bricklayer. These facts make the production of Lego bricks an attractive product for the development of small businesses. The article presents and analyzes the main advantages and disadvantages of Lego bricks when used in construction, technical characteristics, and experience of use are considered. The article provides a comparison of the production of Lego bricks on manual and automated machines from an economic and organizational point of view, a comparison of the quality of Lego bricks with different production methods. All economic calculations are based on our own experience in the production of Lego bricks and the installation of machines of the presented types.

Keywords: Lego brick, manual machine "Bulava-2A", automated machine LLC "Promvector"

Все больше и больше людей отдают предпочтение проживанию в собственном доме: в пригороде, вдали от городской суеты. И хотя этот выбор оправдан наличием неоспоримых преимуществ, изначально приходится пройти через хоть и приятные, но все же существенные хлопоты, связанные со строительством дома. Один из вопросов при строительстве дома: из чего сделать забор красиво и надолго. А главное, чтобы забор можно было построить, не обладая специальными навы-

ками каменщика. На данный момент магазины предлагают очень много различного материала для строительства.

Исходя из этого, целью работы является проведение сравнения станков по производству лего-кирпича.

Задачи, поставленные для достижения цели:

- отработать навыки производства лего-кирпича на ручном станке «Булава 2А»;
- получить навыки производства лего-кирпича на автоматизированном станке

ООО «Промвектор»;

- выполнить сравнение станков и процесса организации работы на них;
- сравнить рентабельность производства лего-кирпича на станках разных типов;
- проанализировать отзывы о лего-кирпиче;
- сделать выводы о качестве кирпича и о производительности двух типов станков по производству лего-кирпича.

В начале данного исследования было предположение, что изготовление лего-кирпича на автоматизированном станке выгоднее, чем на ручном.

Лего-кирпич – относительно новая разновидность кирпича. Название связано с тем, что его форма напоминает вид детского конструктора. Технические характеристики при этом соответствуют строгим требованиям современных строителей. Данный вид характеризуют высокая плотность, прочность до М300 и низкое водопоглощение – около 5 %. Изобретен лего-кирпич в ответ на запрос рынка о материале, из которого можно было бы строить, не обладая специальными навыками строителя. Ведь стоимость работы при возведении стен зачастую сопоставима со стоимостью материала (рисунок).

Сфера применения лего-кирпича:

- облицовка фасадов зданий;
- возведение несущих стен и межкомнатных перегородок (такую перегородку можно не штукатурить, а оставить как дизайнерское решение);
- строительство заборов;
- строительство домов.

Характеристики строительного материала:

- морозоустойчивость (от 40 циклов);
- водопоглощение – 5 % (материал можно использовать в регионах с высокой влажностью воздуха);

- плотность (около 1500 кг/м³);
- прочность цемента (М100–М200), плюс 1600 кг отсева.

В производственный процесс в обязательном порядке входит следующее оборудование и инструменты:

- дробильно-просеивающий узел;
- оборудование и инструменты для прессования предварительно подготовленной смеси;
- гидравлический пресс;
- укладчики [1–4].

Отсутствие термического воздействия (обжига) на изделие и использование различных материалов, которые можно добыть в местности, где находится производство, позволяет заметно уменьшить себестоимость готовой продукции.

В качестве сырья для производства лего-кирпича используются глина, песок, травертин, доломит и отходы от производства других строительных материалов. Самыми лучшими материалами для изготовления является сырье известкового происхождения мелкого помола. Чем меньше дисперсность исходного сырья, тем более высокие технологические показатели будет иметь готовое изделие [1–5].

В процессе данного исследования выполнялся монтаж станков и производство лего-кирпича на ручном станке «Булава 2А» и на автоматизированном станке ООО «Промвектор» [6–10].

За три месяца в составе бригады было произведено 1200 кирпичей в день на ручном станке. Пять кирпичей было изготовлено на ручном станке и два – на автоматизированном.

Изучив информацию строительных сайтов и отзывы людей, использовавших лего-кирпич, были выделены основные плюсы и минусы лего-кирпича. Полученный анализ приводится в табл. 1, 2.



Лего-кирпич

Таблица 1. Анализ достоинств лего-кирпича по информации с сайтов

Плюсы лего-кирпича по информации с сайтов	Анализ на основании собственного опыта
Безупречно ровные стены	По сравнению с обычным кирпичом действительно идеально ровные, даже при условии отсутствия большого опыта укладки
Экономия на каменщике; благодаря своей форме лего-кирпич прост в укладке даже для человека без подготовки	В любом случае нужна подготовка, чтобы ознакомиться с технологией, выполнением пробной кладки кирпича. Наш опыт показал, что на это понадобится около двух дней работы
Экономия на внутренней отделке	После окончания работы стены получаются гладкими и ровными, можно их зашпатлевать и наклеить, например, обои, а можно оставить без отделки, т. к. кирпич изготавливается в нескольких цветах
Минимальный расход клея: примерно 15 кг плиточного клея на 1 м ³ (500 лего-кирпичей)	Действительно, при использовании лего-кирпича в строительстве уходит минимальное количество клея по сравнению с обычным кирпичом
Правильная геометрическая форма, красивый дизайн	За время работы нами был сделан вывод, что лего-кирпич является одним из самых красивых материалов для строительства
Широкий модельный ряд, из которого покупатели могут отбирать изделия по: форме, размеру, наличию дополнительных особенностей	Клиент при заказе лего-кирпича может выбрать цвет кирпича, фаску (прямая или скошенная) и поверхность (рваная, гладкая, фактурная)
Доступная стоимость	Считаем стоимость лего-кирпича дорогой
Эстетичность	Лего-кирпич в готовых сооружениях смотрится красиво
Благодаря наличию отверстий в полости блоков упрощается процесс прокладки инженерных коммуникаций	Несомненно, благодаря наличию отверстий в полости блоков, упрощает процесс кладки и проведения различных коммуникаций
Простая обработка; при необходимости, нетрудно провести подрезку, отсечь часть кирпича, для этого стоит воспользоваться болгаркой с отрезным кругом	В процессе работы нами были произведены различные подрезки кирпича: режется просто, не крошится, срез получается ровным и гладким
Скорость кладки в 2–3 раза выше по сравнению с кирпичом без пазов	Этот факт был проверен нами опытным путем, проведя соревнование по выполнению кладки 0,1 м ³ из лего-кирпича и обычного кирпича
Загрязнения можно удалять водой благодаря низкому водопоглощению этого материала	Для эксперимента мы оставили на один год лего-кирпичи разного цвета незащищенными от природных условий; через год с кирпичами ничего не произошло: цвет не изменился, поверхность сохранилась

Таблица 2. Анализ недостатков лего-кирпича по информации с сайтов

Минусы лего-кирпича по информации с сайтов	Анализ на основании собственного опыта
Лего-кирпич нельзя использовать сразу после его изготовления, надо дать просохнуть около 20 дней или больше	Лего-кирпич нельзя использовать сразу после изготовления; наблюдения за изготовленным кирпичом показали, что полностью визуально и тактильно высыхает на 10 день
Отсутствие контроля за качеством	Контроль за качеством на предприятии осуществляется после изготовления и высыхания; каждый кирпич проверяют на целостность, гладкость, насыщенность цвета, плотность
Низкая паропроницаемость и повышенная теплопроводность	Показатель теплопроводности лего-кирпича: 0,4–0,56 Вт/(м·К), а обычный красный кирпич – 0,5–0,8 Вт/(м·К); лего-кирпич обычно используется для кладки заборов, для других случаев можно использовать теплоизоляцию
Более высокая стоимость	Считаем, что высокая стоимость компенсируется расходом на материал при кладке кирпича
Выгорание пигментного красителя с течением времени	Выгорание пигмента происходит только в том случае, когда его наносят после высыхания на готовый лего-кирпич; наблюдения показали, что цвет через год не изменился; следовательно, это произошло потому, что краситель добавляют в смесь для производства кирпича
Это новая технология, опыт использования которой еще не наработан	Думаем, что для оценки качества строительного материала нужно более 10 лет его использования в строительстве

На основании приведенных исследований, можно сделать вывод, что лего-кирпич помогает сэкономить при строительстве: оплата рабочим, внешняя и внутренняя отделка, раствор. Однако следует учесть, что это новый материал, который не прошел испытания временем.

В данной работе авторами проведены небольшие экономические расчеты по организации предприятия по производству лего-кирпича.

Анализ расходов и прибыли за первый год организации предприятия по производству лего-кирпича представлен в табл. 3.

Предприятие изготавливает 200 единиц продукции за час, а за месяц работы (25 смен) – 50 000. Отпускная оптовая цена одного кирпича составляет 30 руб. Объем среднемесячной выручки равен 1 500 000 руб. Для расчета прибыли отнимем от этой суммы текущие траты и налоговые отчисления (15 % от разницы между доходами и расходами):

$$1\,500\,000 - 365\,000 = 1\,135\,000$$

Изготовление лего-кирпича на ручном станке требует большой физической нагрузки. Для того чтоб начать изготавливать лего-кирпич надо загрузить в мешалку 400 кг мрамора, 60 кг цемента, 10 л воды, краситель (граммовка зависит от цвета продукта) и 10 мл пла-

стификатора. Все эти операции выполняются вручную, после смесь перемешивается до однородной массы и подается в емкость, из которой она попадает под пресс. После изготовления продукта его надо переместить на специальные поддоны для высыхания. Полученные кирпичи со станка перемещаются с использованием ручного труда. Одной емкости смеси хватает на 60 кирпичей [5].

Учитывая трудоемкость и малую производительность ручного станка, предпочтение стоит отдать автоматизированному. В табл. 4 представлены возможные варианты автоматизированных станков для производств лего-кирпича.

Изготовление лего-кирпича на автоматизированном станке значительно проще, чем на ручном. Для начала производства следует подготовить сырье, загрузить в емкость цемент, мрамор, проверить уровень воды и поместить в емкость краситель. После заполнить данные в компьютере, запустить станок и в процессе производства добавлять сырье в емкости [5].

В табл. 5 произведены расчеты для сравнения расходов и прибыли от производства лего-кирпича при изготовлении его на станках разного типа.

Таблица 3. Расходы и прибыль за первый год предприятия

Расходы	Прибыль
Регистрация ИП – 800 руб.	1 месяц – 560 000 руб. (без учета расходов)
Оборудование – 500 000 руб.	1 месяц – 165 750 руб. (с учетом расходов)
Сырье – 100 000 руб.	1 год – 1 989 000 руб. (сумма которую компания смогла заработать на продажах лего-кирпича за один год)
Реклама – 50 000 руб.	
Транспортные расходы – 20 000 руб.	
Аренда помещения – 30 000 руб.	
Заработная плата сотрудников с отчислениями – 97 500 руб.	
Аутсорсинг – 8 000 руб.	
Закупка сырья – 230 000 руб.	
Налог	
Итог – 1 036 300 руб.	

Таблица 4. Сравнительная таблица станков по производству лего-кирпича

Наименование, производитель	Производительность, шт. в час (для лего-кирпича)	Мощность, кВт	Вес, кг	Цена, руб.
Мастек-Метеор, ЗАО «Монолит», Россия	180	От 7,3	От 1500	От 387 500
АКС-7, «Легостанок», Россия	От 360	11,5	1700	1 980 000
Булава 2АС, «Добрыня», Россия	240–300	7,5–11	от 1500	846 000
ООО «Промвектор»	650	25,5	4000	18 000 000
Рифей-04ТС, Стройтехника, Россия	150–220	15,6	2650	700 000

Таблица 5. Сравнение расходов и прибыли от приобретения разных станков

Показатель	Ручной станок «Булава 2А»	Автоматизированный станок ООО «Промвектор»
Стоимость станка	2 000 000 руб.	18 000 000 руб.
Расход сырья в месяц (в руб.)	70 000 руб.	800 000 руб.
Производительность (шт. в час)	200	650
Производительность (шт. в месяц)	50 000	162 000
Мощность (кВт)	7,5 кВт	25,5 кВт
Затраты электроэнергии в месяц	220 000 руб.	750 000 руб.
Количество рабочих	3	3
Оплата рабочим	2 рубля за шт.	50 коп. за шт.
Цена лего-кирпича на продажу	30 руб.	40 руб.

Таблица 6. Сравнение лего-кирпича, произведенного на разных станках

Показатель	Ручной станок «Булава 2А»	Автоматизированный станок ООО «Промвектор»
Морозостойкость	F75	F150
Водопоглощение	6 %	3 %
Теплопроводимость	0,4 Вт/(м·К)	0,45 Вт/(м·К)

Расчет окупаемости ручного станка «Булава 2А»:

- изначальная стоимость станка 2 000 000;
- прибыль за месяц 2 000 000 (200 шт. в час×10 часов рабочий день×25 дней рабочих в месяце×40 (стоимость одного кирпича);
- расходы на электроэнергию за месяц 220 000;
- расходы на сырье за месяц 70 000;
- зарплаты рабочим за месяц 270 000;
- чистая прибыль 1 440 000 (2 000 000 – 220 000 – 70 000 – 270 000);
- до полной окупаемости станка 1,3 месяца (2 000 000/1440000);

Расчет окупаемости автоматизированного станка ООО «Промвектор»:

- изначальная стоимость станка 18 000 000;
- прибыль за месяц 6 500 000 (650 шт. в час×10 ч (рабочий день) ×25 рабочих дней в месяце×40 (стоимость одного кирпича);

– расходы на электроэнергию за месяц 700 000;

- расходы на сырье за месяц 800 000;
- зарплаты рабочим за месяц 200 000;
- расходы на потребляемый материал на станке (матрица) 300 000;
- чистая прибыль 4 500 000 (6 500 000 – 700 000 – 800 000 – 200 000 – 300 000);
- до полной окупаемости станка 4 месяца (18 000 000 / 4 500 000) [9, 10].

Оказалось, что представленные станки отличаются не только ценовыми категориями, но они разные и по качеству производимой продукции. Сравнительный анализ наблюдений представлена в табл. 6.

Выполненные расчеты показали, что изготовление лего-кирпича на автоматизированном станке выгоднее, чем на ручном и в плане получения прибыли (при условии отработанного сбыта продукции), и в вопросе качества получаемого материала.

Список источников

- Агбаева А.М. Исследование строительства каркасных домов// Научные труды студентов Ижевской ГСХА. 2023. Т. 1 (14). С. 2124–2127.
- Зенкин П.В., Ковалев С.А., Сайфулин Р.В., Абросимов И.П. Использование лего-кирпича в современном строительстве // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. № 5. С. 290–295. Режим доступа: <https://www.bulletennauki.ru/archive/> (дата обращения: 28.09.2024).
- Зернова М.Н. Эффективные технологии облицовки фасадов кирпичом // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: сб. материалов XIX Междунар. межвузовской науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (г. Москва, 27–29 апреля 2016 г.). Москва, 2016. С. 285–288.
- Пермяков М.Б., Пешнина А.В., Степочкин В.М., Гибадуллин Р.Ф., Лапшин В.В., Сагитдинов Р.А. Лего-технологии и материалы в строительстве // Проблемы современной науки и образования. 2016. № 3 (45). С. 66–68.

5. Титова Т.С., Мокеева О.Д. Использование 3D-принтера для упрощения производства кирпича и повышения уровня автоматизации здания // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: сб. материалов XIX Междунар. межвузовской науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (г. Москва, 27–29 апреля 2016 г.). Москва, 2016. С.980–982.
6. Толкачев В.Я. Кирпич керамический. Наука и производство. СПб.: Красстром, 2014. 1060 с.
7. Толкачев В.Я. Технология качественной сушки изделий из глин. Красноярск: Компьютерные технологии, 2008. 142 с., ил.
8. Воронин К.М., Гаркави М.С., Пермиков М.Б., Кришан А.Л., Матвеев В.Г., Федосихин В.С. и др. Научные исследования, инновации в строительстве и инженерных коммуникациях в третьем тысячелетии // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. № 2 (26). С. 49–50.
9. Шмелева К. А. Стратегии конкурентоспособности на современном этапе: мировой и отечественный опыт // StudNet. 2021. Т. 4. № 2. С. 64.
10. Шумал В.И., Васильев А.В. Проблемы развития малого предпринимательства в России // Modern Science. 2020. № 2. С. 208–214.

Информация об авторах / Information about the Authors

Черныгов Артём Вадимович,
студент,
филиал Иркутского национального
исследовательского технического
университета в г. Усолье-Сибирском,
665462, г. Усолье-Сибирское, ул. Менделеева, 65,
Российская Федерация
chernygov06@mail.ru

Artyom V. Chernygov,
Student,
Branch of the Irkutsk National Research
Technical University in Usolye-Sibirskoye,
65 Mendeleev St., Usolye-Sibirskoye 665462,
Russian Federation
chernygov06@mail.ru

Черепанова Ольга Валерьевна,
преподаватель,
филиал Иркутского национального
исследовательского технического
университета в г. Усолье-Сибирском,
665462, г. Усолье-Сибирское, ул. Менделеева, 65,
Российская Федерация
uhtt@istu.edu

Olga V. Cherepanova,
Teacher,
Branch of the Irkutsk National Research
Technical University in Usolye-Sibirskoye,
65 Mendeleev St., Usolye-Sibirskoye 665462,
Russian Federation
uhtt@istu.edu

УДК 94(57)
EDN: JULOLY

Восприятие жителями произведений искусства в процессе участия в событиях художественной жизни Байкальской Сибири второй половины XIX века

© В.В. Ткачев

Государственное автономное учреждение дополнительного образования Иркутской области
«Центр развития дополнительного образования детей», Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Предметы искусства являются наглядными источниками для передачи исторических сведений о прошедших событиях. Произведения влияют на становление отношения жителей к творчеству мастеров как отечественных, так и зарубежных живописных направлений. В представляемой работе рассматривается процесс восприятия жителями произведений искусства, с которыми возможно было познакомиться на выставках в музеях, жилых домах и общественных организациях, где размещались ценные картины. В рамках разбора художественных событий были выявлены документальные свидетельства, которые объясняют изменения интереса зрителей к живописным полотнам, представленных на выставках во второй половине XIX века. Проводя анализ сведений о работе деятелей искусства и коллекционеров в Иркутске, возможно убедиться в том, что в обществе сформировались общие представления о творчестве отечественных и зарубежных мастеров. Появляются пространства, где живописные полотна, скульптура и другие художественные материалы находят места, которые использовались в качестве источников для знакомства с наследием мирового изобразительного искусства. Отмечается то, что общение с искусством дает возможность сформировать представление у жителей о прошедших событиях и героях, которые отражены в сюжетных линиях. В исследовании проводится анализ свидетельств о работе художников и коллекционеров по созданию связей между зрителями и произведениями искусства.

Ключевые слова: история Сибири, городская культура, художественная жизнь, художественная интеллигенция, искусствознание

Perception of works of art by residents during participation in the events of artistic life of Baikal Siberia in the second half of the 19th century

© Vitaliy V. Tkachev

State Autonomous Institution of Additional Education of the Irkutsk Region
"Development Center of Additional Education for Children", Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Art objects are visual sources for transmitting historical information about past events. Works influence the formation of the attitude of residents to the work of masters of both domestic and foreign painting trends. The presented article examines the process of perception by residents of works of art, which could be seen at exhibitions in museums, residential buildings and public organizations where valuable paintings were displayed. As part of the analysis of artistic events, documentary evidence was found that explains changes in the interest of viewers in paintings presented at exhibitions in the second half of the 19th century. Analyzing information about the work of artists and collectors in Irkutsk, it is possible to make sure that common ideas about the work of domestic and foreign masters have formed in society. Spaces appear where paintings, sculptures and other artistic materials find places that were used as sources for acquaintance with the heritage of world fine art. It is noted that interaction with art provides an opportunity to form an idea among residents about past events and heroes, which are reflected in storylines. The article presents the analysis of the evidence about the work of artists and collectors to create connections between viewers and works of art.

Keywords: history of Siberia, urban culture, artistic life, artistic intelligentsia, art history

Изобразительное искусство в своих формах и видах оказывает сильное влияние на мировоззрение человека, который знакомится как с отдельными сюжетами, так и с общими идеями автора. Только через глубокое погру-

жение и понимание существующих образов возможно выстраивать собственные предположения и высказывать предложения о том, как должно быть в данном историческом моменте. Произведения художников постепенно

размещались в домах, где местные жители понимали важность искусства для становления и развития личности, приобщения к наследию прошлых веков.

В рамках организации мероприятий в Иркутске происходил важный процесс взаимодействия посетителей с кураторами, оформителями помещений. Они являлись не только участниками событий, но и теми, кто непосредственно постепенно изучал историю появления выставочных пространств и музеев в регионе. Во второй половине XIX в. каждый зритель напрямую наблюдал за тем, как многие предметы искусства выделяли среди богатых коллекций, определяли собственное место для эффективного погружения в историческое прошлое. Через отдельные события важно выделять деятельность сотрудников учреждений культуры, науки и образования, музеев, которые стремились создать благоприятные условия для полного восприятия произведений искусства.

В настоящее время музейным обществом проводятся разные просветительские мероприятия, которые направлены на рассмотрение жизни и деятельности представителей художественной интеллигенции, которые занимались изучением как истории искусства, так и отдельных живописных полотен отечественных и зарубежных мастеров. Деятели искусства принимали участие в жизни горожан Байкальской Сибири: становились инициаторами многих мероприятий, выделяли отдельные предметы из живописных собраний, занимались составлением описаний к тематическим разделам и поддерживали художников, которые только начинали свой творческий путь, определяли сопровождающие материалы, которые активно использовались в разных моментах.

Разбирая историческую литературу и архивные документы по истории искусства и художественной жизни Байкальской Сибири второй половины XIX в., необходимо обращать внимание на произведения мастеров как на источники для взаимодействия с творческой средой, передачи знаний о прошедших событиях. В материалах размещаются сведения о том, как картины занимали места в жилых домах, которые посещали многие гости города, известные общественные деятели и ученые.

Предметы, которые демонстрировались на мероприятиях, отражали отношение того, как многие представители общества относились к творчеству деятелей искусства. В результате включения произведений в состав выставочных проектов и создания исторической связи между другими экспонатами, происходило полное погружение в события, которые важно было показать зрителю. Через определение места и создание условий, которые влияли на степень восприятия тем, понимание сюжетов живописных полотен. В работах художников отражается жизнь горожан, традиции и праздники, интересы к определенным видам деятельности и многие другие сферы дореволюционного общества.

Общедоступные для исследователей документальные свидетельства и художественные полотна дают возможность достаточно подробно изучать творчество мастеров разного периода. Материалы постепенно становятся открытыми для каждого, кто продолжает раскрывать тему, следит за развитием художественной жизни Байкальского региона.

В рамках проведения исследования были рассмотрены исторические сюжеты, которые подтверждают участие посетителей в оценке художественных полотен, представляемых на выставках иркутскими коллекционерами и ценителями искусства. Общедоступные материалы по истории бытования предметов искусства в жизни горожан дают возможность более подробно изучить отношение посетителей к произведениям мастеров. Цель настоящего исследования заключается в том, чтобы рассмотреть восприятие жителями произведений искусства в процессе участия в событиях художественной жизни Байкальской Сибири во второй половине XIX в.

В результате рассмотрения отношения жителей к произведениям искусства были определены документы о работе Восточно-Сибирского отдела Императорского Русского географического общества (ВСОИРГО), где размещались документы по описанию деятельности художников, сотрудников музеев и ученых. Выявлены источники в области сохранения художественного наследия Байкальской Сибири. Также выделены изобразительные материалы, созданные мастерами в период организации и проведения коллекцио-

нерами выставок. Важно понимать то, что многие документы дают возможность подробно рассматривать процесс размещения произведений мастеров в жилых домах, учебных заведениях и других общезначимых для общества зданиях. Так в делах с живописным описанием сибирских земель находятся сведения о том, как деятели искусства изучали природные и культурные богатства.

Историческая литература, которая представлена в настоящее время в библиотечных и музейных собраниях, поднимает разные вопросы взаимодействия посетителей с живописными полотнами. Постепенно исследователями собираются уникальные материалы, которые направлены на то, чтобы раскрыть с разных сторон творчество сибирских, столичных и зарубежных мастеров. Важно понимать то, как живописные полотна становились источниками для познания сибирских просторов, природных и культурных богатств региона и многие другие явления. Работы отражают историю событий, создание живописных полотен: от этапа подбора содержательных сюжетных линий, до выделения отдельных художественных образов. Через труды ученых возможно познакомиться с разными направлениями взаимодействия сибирских деятелей искусства с другой частью общества, что совершенствует многие способности творческих объединений. Постепенно выходят из печати издания, которые посвящены рассмотрению особенностей развития художественных и музейных направлений в работе деятелей искусства, представителей научных и общественных организаций, учебных заведений в дореволюционный период. Обратимся к литературе, которая поднимает вопросы взаимодействия зрителей с произведениями как отечественных, так и зарубежных мастеров. Впервые в работах исследователи поднимают тему восприятия изобразительного искусства в процессе посещения выставочных залов общественных пространств, музеев и зданий учебных заведений, где размещались картины художников.

Истории построения работы с музейными формами, художественными собраниями в рамках реализации просветительских проектов в регионе разными представителями общественности, посвящены многие исследова-

ния известных историков, искусствоведов и музеологов [1, с. 12–17; 2, с. 16–18]. В изданиях размещаются наблюдения о том, как посетители воспринимали живописные полотна художников, которые не только давно стали известными в творческой среде, но и начинающих деятелей искусства [3–5; 6, с. 96–98]. Другая часть работ исследователей направлена на то, чтобы проследить процесс использования разных форм для создания благоприятных связей между зрителями и художниками, организаторами и оформителями пространств. По замечанию историков инициаторами взаимодействия использовались такие формы, как выставки, тематические встречи с создателями произведений, лекции и экскурсии, происходила демонстрация фрагментов написания картин [7–9]. Среди книжных собраний стоит обратить внимание на издания, описывающие то, как творческое сообщество занималось подбором сопроводительных материалов, которые возможно было использовать на мероприятиях: выставках, лекциях, экскурсиях и многих других. Художественная интеллигенция становится инициативной группой в создании необходимых связей между зрителем и искусством [10, с. 25; 11].

Изобразительные источники важны и актуальны тем, что они представляют из себя то, как подробно описывают историю создания картин и скульптур, на основе определенной идеи, подбора необходимых природных и культурных материалов, сведений о достопримечательностях сибирских земель при написании сюжетных линий [12, с. 14–19]. По данному направлению существует достаточное количество работ, что подтверждается актуализацией темы по вопросам знакомства жителей с творчеством мастеров. В изданиях восстанавливают по документам процесс подбора материалов для выставок и музейных пространств, которые становились центрами, точками связи между искусством и настоящим зрителем [13, с. 24–29; 14; 15].

Также стоит обозначить то, что многие исследования обращаются к изучению деятельности представителей художественной интеллигенции с точки зрения происходящих художественных процессов второй половины XIX в.: проведения выставок разного уровня, появления первых творческих объединений,

формирование живописных собраний. Настоящие труды важны тем, что в разделах размещались сведения о том, как происходило становление интереса к развитию пространств для распространения знаний в области отечественного и мирового искусства [16, с. 43; 17, с. 26].

В дальнейшем в работах историки стали изучать деятельность отдельных коллекционеров, которые стремились продемонстрировать личные собрания для каждого горожанина, создать благоприятные условия для восприятия увиденных сюжетов, образов и событий [18, с. 208]. Постепенно исследователями сформировано то, что во второй половине XIX в. мастера занимались организацией деятельности творческих объединений, чтобы наиболее результативно проводить художественные мероприятия на территории Байкальской Сибири и непосредственно в Иркутске. Появлялись собственные контролирующие органы, которые документировали деятельность в отчетах и тематических статьях [19].

Исследования сибирских историков, которые были направлены на изучение выставочного и музейного дела в дореволюционный период, анализировали и составляли подробные описания, чтобы было доступно для каждого жителя большое количество документальных свидетельств о художественной жизни Иркутска. В данных материалах размещались истории участия деятелей искусства в создании условий для более глубокого понимания сюжетов, образов, представленных в каждой работе.

Приведем в качестве доказательства того, как жители оценивали важную роль искусства для развития образования, воспитания подрастающего поколения. Воспоминания доказывают то, что только через создания коллекций произведений как местных, так и западных мастеров возможно более полно и доступно рассказывать об основных этапах становления творческого сообщества. Восстанавливая процесс создания пространств, где картины занимали особое место, становились источниками для формирования представлений о том, что возможно было узнать и усво-

ить за определенный срок. Известный иркутский городской голова, коллекционер и ценитель изобразительного искусства В.П. Сукачев писал в своих трудах о ценности получения образования и о возможностях, которые давали учреждения, создаваемые при его жизни. Он приводил перечень общественных структурных подразделений при объединениях: «Во второй половине шестидесятих годов учреждены были в Иркутске женская прогимназия, мужская реальная прогимназия, преобразованная впоследствии в техническое училище, «Детский сад», отделение Русского Технического Общества, устраивались педагогические съезды и выставки местных произведений. На все эти нужды были средства, и средства находились. Начиная именно с этого времени идут одно за другим, почти непрерывно до настоящего времени, те крупные пожертвования, которые дали Иркутску возможность стать в деле народного образования в занимаемое им ныне, выдающееся среди других городов, положение. Медведников, Солдатов, Кузнецов, Трапезниковы, Сибиряковы, Пономарев, Хаминова, Базанов, Немчинов, Михеев, Портнова – жертвуют крупные суммы, учреждают и поддерживают благотворительные и учебные заведения. Но среди всех этих пожертвований дело народного образования, просвещения, занимает первое, главное место, на его долю выпадает и большее число, и большая сумма пожертвований»¹.

По замечанию Владимира Платоновича во второй половине XIX в. в связи с ростом числа населения городов, приезд значительного количества художественной интеллигенции, деятелей, увлеченных искусством, стали проводиться выставки произведений, которые находились в местных частных домах.

Иркутский коллекционер в своих наблюдениях останавливался на том, как жители относились к просветительской деятельности, как понимали значимость деятельности по сохранению художественного наследия всех времен. Владимир Платонович был одним из тех, кто рассматривали инициативу интеллектуального, образованного сообщества по разви-

¹ Архив Иркутского областного художественного музея им. В.П. Сукачева (Архив ИОХМ). Дело по истории художественной жизни в Иркутской губернии. Л. 16.

тию городов и улучшению условий жизни, доступности существующих знаний об окружающем мире. Исследователь сообщает то, что необходимо приобщать разных представителей общества в деятельность научных, творческих объединений, музеев и учебных заведений: «Из этого видно, что убеждение в необходимости просвещения крепко залегло в сознании иркутского общества. Идея о нем стала дорога не одним только представителям интеллигенции, но и людям, руками своими составившим себе большие состояния и на пути к обогащению успевшим убедиться в необходимости для их родины знания, науки, просвещения народной массы. Каковы бы ни были внутренние, сокровенные побуждения людей, жертвующих на дело народного образования целые состояния, заслуга их уже тем велика, что предметом своих забот и своих жертв они избрали это насущное, краеугольное для блага страны дело»².

В дальнейшем иркутский исследователь обращался к тому, что способствовало и направляло коллекционеров, жертвователей на развитие художественной жизни в городе. Так купец обращал внимание на то, что многие ценители искусства в большей степени не стремились получить высокие должности или почетные звания за просветительскую деятельность. Владимир Платонович писал следующее в своих работах, которые сохранились в архивах: «И надо заметить, что люди, наиболее в этом отношении сделавшие, не примешивали к этому никаких сторонних, побочных или суетных стремлений. И Трапезников, и Пономарев жили вне Иркутска; первый жил последнее время своей жизни в Москве, где и умер, второй жил и работал в Китае, а умер в Петербурге. Оба они отдали свое достояние после смерти и при жизни ни за какими отличиями не гонялись и их не получали»³.

Разбирая заметки и наблюдения сибирских ученых и свидетелей исторических событий, стоит отметить то, что многие из них выделяли работу художников, которые стреми-

лись участвовать во всех мероприятиях Иркутска во второй половине XIX в. В данный период происходило достаточное количество выставок и лекций, появлялись профессиональные художники, открывались мастерские и учебные заведения в разных сибирских городах. При общезначимых учреждениях происходило становление многих деятелей, которые связали свою жизнь с искусством и художественной жизнью. В большинстве случаев исследователи представляли воспоминания о том, как деятели искусства впервые обращали внимание на регион не только как место для сбора материала для собственных картин, но и в качестве площадок для демонстрации живописных полотен и результатов проведенных научных работ. Мастера не только занимались оформлением помещений и создавали живописные полотна, но и формировали условия для того, чтобы каждый желающий получил возможность увидеть картины, скульптуру, рисунки и художественные альбомы, которые были написаны в период изучения территории Байкальской Сибири⁴.

Через статьи в газетах, отчетах о деятельности сибирских научных сообществ можно узнать о том, что впервые художественные деятели обращали внимание на искусство как источник для получения новых знаний, приобщение как к отечественному, так и к мировому наследию. В трудах появляются и сведения о том, как действующие учреждения влияли на определение места произведений мастеров в жизни. Также выделялось то, что изобразительные материалы использовались в рамках образовательной деятельности и сопроводительных документов для подготовки новых специалистов. Ученые выделяют деятельность С.Е. Вронского, Н.И. Верхотурова и многих других, что было отражено в каталогах, афишах, статьях в газетах и первых журналах в области искусства⁵.

Среди художественной и творческой среды особое место можно выделить деятельности С.Е. Вронского. Станислав Евгеньевич был одним из многих художников, материалы кото-

² Архив ИОХМ. Дело по истории художественной жизни в Иркутской губернии. Л. 24.

³ Государственный архив Иркутской области (ГАИО). Ф. 293. Оп. 1. Д. 2. Л. 9.

⁴ ГАИО. Ф. 480. Оп. 1. Д. 459. Л. 13.

⁵ ГАИО. Ф. 480. Оп. 1. Д. 178. Л. 18.

рого демонстрировались на выставках в Иркутске. Сибирские исследователи так описывали работу мастера в регионе: «С.Е. Вронский принимал участие не только в экспедициях Б.И. Дыбовского, но был участником и других проектов Восточно-Сибирского отдела Императорского Русского географического общества как художник-рисовальщик, автор зоологических иллюстраций. Сам художник считал себя пейзажистом; его пейзажные произведения есть в Иркутске, Красноярске, Нерчинске, в Чехии, Польше. В художественном музее Иркутска находится достаточно большое количество его живописных полотен и карандашных рисунков. Более всего в Сибири С.Е. Вронский известен как создатель видового пейзажа к картине С. Тончи «Портрет Г.Р. Державина». Зимний вид Иркутска художник написал в начале 1870-х г. по заданию генерал-губернатора Восточной Сибири Н.П. Синельникова. Акварельные и графические изображения рыб созданы Станиславом Евгеньевичем по просьбе Б.И. Дыбовского в качестве зоологических иллюстраций к научным отчетам по исследованию фауны озера Байкал и реки Амур в 1869–1874 годах»⁶.

Иркутяне второй половины XIX в. обращали внимание на события, которые происходили в художественной жизни Российской империи. Так они писали о важной роли произведений искусства в процессе передачи знаний о деятельности разных представителей общества, которые отличились в своих сферах и направлениях: науки, образовании, культуры. Через переписку иркутян с другими жителями городов можно узнать о том, как в Байкальской Сибири они постигали тайны разных видов и жанров живописи. Чтобы убедиться в том, что жители следили за новыми свершениями в области изобразительного искусства, достаточно обратиться к письмам и описаниям того, как они читали книги и выписывали журналы. В домах существовали личные книжные собрания, которые раскрывали разные стороны художественных мероприятий Петербурга, Москвы и зарубежья. Также в помещениях усадебных комплексов хранились

и издания о творчестве известных мастеров прошедших эпох, биографии деятелей искусства отечественного и мирового значения⁷.

Таким образом, иркутяне стремились поддерживать художественные события, которые были направлены на включение произведений как отечественных, так и зарубежных мастеров в процесс знакомства с историей искусства. Картины размещались в жилых домах, усадебных комплексах, общественных организациях и учебных заведениях, передаваемых видовые пейзажи, портреты известных жителей Байкальской Сибири. Так у каждого появлялась возможность посмотреть работы художников, приобщиться к творчеству и известным живописным направлениям. Живописные полотна и скульптура становились достоверными источниками, которые отражали внутренний мир каждого художника и изображаемых героев. В период проведения первых выставок и многих других мероприятий, направленных на распространение знаний о деятельности творческих объединений и известных представителей художественной интеллигенции данного времени, происходил обмен мнениями об увиденных картинах. Иркутские зрители через разные формы делились своими идеями, отражали впечатления, раскрывали сюжеты в понятных для каждого выражениях.

В дальнейшем сибирским исследователям необходимо продолжить изучать отношение иркутских зрителей к произведениям искусства, которые демонстрировались на выставках в разные периоды. В архивах сохранились документы, отражающие не только принципы организации и проведения мероприятий, но и реакцию посетителей на то, что они видели в настоящий момент. Описания и впечатления дают возможность более подробно проследить процесс восприятия иркутянами живописных полотен и скульптуры во второй половине XIX века. В результате восстановления процесса изменения отношения жителей к искусству возможно проследить формирование особого взгляда на художественное наследие как отечественных, так и западных мастеров.

⁶ Архив ИОХМ. Личное дело С.Е. Вронского. Л. 2.

⁷ Архив ИОХМ. Личное дело Н.И. Верхотурова. Л. 6.

Список источников

1. Сыроева Н.С., Потапова А.С. Иркутск и Романовы. Иркутск: Иркутский областной художественный музей им. В.П. Сукачёва, 2023. 232 с.
2. Токарев В.П. Художники Сибири XIX век. Новосибирск: Наука, 1993. 113 с.
3. Гончаренко Н.В. Жизнь в иркутской усадьбе Сукачёва. Новые документы // Карабахские научные чтения. После юбилея: новые перспективы изучения Н. А. Некрасова и его эпохи: материалы науч.-практ. конф. (г. Ярославль, д. Карабиха, 30 июня – 01 июля 2022г.). Ярославль, 2022. С. 49–53.
4. Беляева И.Г. Деятельность художественных обществ России в конце XIX – начале XX в. // Культура. Наука. Творчество: сб. науч. статей XII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Минск, 3 мая 2018 г.). Минск, 2018. С. 80–85.
5. Исаев И.А., Туманова А.С. Изучение городских культурных ландшафтов средствами фотографии и живописи (на примере старой Москвы) // Ландшафтоведение и ландшафтная экология: коадаптация ландшафта и хозяйственной деятельности: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Симферополь, 20–25 сентября, 2020 г.). Симферополь, 2020. С. 400–405.
6. Токарева Е.А., Казенина А.А., Набокина М.Е., Рябов А.В., Малышева О.Г., Смирнова Ю.В. [и др.]. Творческая интеллигенция России начала XX века: монография. М.: ОнтоПринт, 2020. 244 с.
7. Чирков В.Ф. Искусство Сибири // Изобразительное искусство Урала, Сибири и Дальнего Востока. 2019. № 1. С. 98–105.
8. Колесник Л.М., Пушкина Т.Л., Свинин В.В. ВСОРГО и музейное дело в Иркутске // Известия Иркутского государственного университета. Серия История. 2012. № 2 (3). Ч. 2. С. 44–56.
9. Манзырева Е.С. Образ Восточной Сибири и его отражение в региональной художественной культуре // Вестник Кемеровского государственного университета культуры и искусства. 2017. № 38. С. 33–39.
10. Иманакова Е.Г. Художественная жизнь Восточного Забайкалья. Чита: Поиск, 2011. 250 с.
11. Зябликов А.В. Художественная интеллигенция как объект исторического дискурса // Интеллигенция и мир. 2004. № 3–4. С. 44–49.
12. Фатьянов А.Д. Художники, выставки, коллекционеры Иркутской губернии. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1995. 187 с.
13. Лыхин Ю.П. Художественная жизнь Иркутска (первая четверть XX в.). Иркутск: ИП Макаров С.Е., 2002. 334 с.
14. Ткачев В.В. Деятели искусства второй половины XIX века в собраниях ценителей живописи и трудах исследователей // Молодежный вестник ИрГТУ. 2024. Т. 14. № 3. С. 428–434. Режим доступа: <http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2024/03> (дата обращения: 21.11.2024).
15. Ткачев В.В. Художественная интеллигенция Байкальской Сибири в работе с музейными пространствами во второй половине XIX – начале XX века // Интеллигенция и интеллигентоведение Байкальской Сибири. 2024. Т. 2. № 3 (4). С. 189–196. Режим доступа: <https://zhizngoroda.tilda.ws/4> дата обращения: 21.11.2024).
16. Романов Н.С. Летопись города Иркутска за 1881–1901 гг. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1993. 542 с.
17. Романов Н.С. Летопись города Иркутска за 1902–1924 гг. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1994. 559 с.
18. Сукачёв В.П. Иркутск: его место и значение в истории и культурном развитии Восточной Сибири: очерк. М.: Типо-литография издательства И.Н. Кушнерев и К°, 1891. 268 с.
19. Веселов А.А. Формирование законодательной регламентации союзов художественной интеллигенции в конце XIX – первой четверти XX века // Интеллигенция и мир. 2012. № 1. С. 89–99.

Информация об авторе / Information about the Author

Ткачев Виталий Викторович,
исследователь, преподаватель-исследователь,
педагог-организатор отдела краеведения
и музейной работы,
Государственное автономное учреждение
дополнительного образования Иркутской области
«Центр развития дополнительного
образования детей»,
664007, г. Иркутск, ул. 1-я Красноказахья, 9,
Российская Федерация
vitaliy.tkachev.96@mail.ru

Vitaliy V. Tkachev,
Teacher-Researcher,
Department of Local History and Museum Work,
State Autonomous Institution of Additional Education
of the Irkutsk Region "Development Center
of Additional Education for Children",
9 1st Krasnokazachya St., Irkutsk 664007,
Russian Federation
vitaliy.tkachev.96@mail.ru

Некоторые размышления о мироздании в помощь студентам, изучающим философию

© И.И. Апончук, А.Р. Файзрахманова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Успешное изучение философии, науки о мироздании, невозможно без постижения ее основополагающих понятий. Помочь в этом могут пояснения научно-популярного характера. В помощь студентам, изучающим эту науку, в статье представлены размышления об устройстве мира с подробными примерами из физики, биологии, химии и истории. В концепте мироздания как системы существования и взаимодействия материи рассмотрена классификация форм движения материи (механическая, физическая, химическая) их сложность и взаимосвязь, хаотичность и упорядоченность. Всякое движение несет в себе информацию, но она не материальна, это особая характеристика мироздания. Авторы рассматривают многогранное понятие информации: ее объем, количество в зависимости от форм движения материи, роль в формировании Вселенной, взаимодействие различных сил в природе, связь порядка и беспорядка, единицы их измерения – энтропии, гармонии и хаоса. Главный же вопрос смысла существования всего сущего на Земле рассматривается в двух аспектах: жизнь – это продолжение существования себе подобных, преодоление смерти, и жизнь – это борьба противоположностей. В заключение делается вывод: исследование мироздания сводится к получению информации из окружающего мира и умению грамотно осмыслить, переработать и связать с данными, полученными от изучения других явлений, иными словами прийти к осознанию взаимосвязи всего сущего.

Ключевые слова: мироздание, информация, жизнь, философия

On some Universe Reflections to Help Students of Philosophy

© Irina I. Aponchuk, Alfia R. Faizrahmanova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Successful study of philosophy, the science of the universe, is impossible without comprehension of its fundamental concepts. Popular science explanations can help with this. To help students studying this science, the article presents reflections on the structure of the world with detailed examples from physics, biology, chemistry and history. In the concept of the universe as a system of existence and interaction of matter, the article considers the classification of forms of motion of matter (mechanical, physical, chemical), their complexity and interconnection, chaotic and orderly. Any movement carries information, but it is not material, it is a special characteristic of the universe. The authors examine the multifaceted concept of information: its volume, quantity depending on the forms of matter movement, role in the formation of the Universe, interaction of various forces in nature, the connection between order and disorder, units of their measurement - entropy, harmony and chaos. The article examines the main question of the meaning of the existence of everything on Earth in two aspects: life is the continuation of the existence of one's own kind, overcoming death, and life is the struggle of opposites. The article concludes that the study of the universe comes down to obtaining information from the surrounding world and the ability to competently comprehend, process and connect with the data obtained from the study of other phenomena, in other words, to come to an understanding of the interconnection of everything that exists

Keywords: universe, information, life, philosophy

Введение

Кто владеет информацией – тот владеет миром, эту фразу, ставшую афоризмом, приписывают основателю Лондонской ветви Ротшильдов – Натану. Он был одним из самых успешных спекулянтов эпохи первоначального накопления капитала в 1815 г. Великобритания тогда воевала с «воскресшим» Наполеоном и занимала на войну деньги у своего народа посредством продажи облига-

ций – долговых обязательств правительства. Золото и ассигнации для оплаты военных расходов командующему британской армией фельдмаршалу А.У. Веллингтону доставлял как раз Н. Ротшильд на своих дилижансах с двойным дном. В решающих событиях при Ватерлоо Наполеон поначалу превосходил союзные войска, о чем было известно в Лондоне, но на помощь англичанам неожиданно прибыли прусские войска Г.Л. Блюхера, и ар-

мия Наполеона была повержена. Известие о поражении французов и было той информацией, которая позволила Н. Ротшильду обмануть британцев и разбогатеть. Имея в распоряжении «инсайд», развитую сеть контрабандной логистики в Европе, голубиную почту, каботажный флот и очень расторопных помощников, он узнал о возможном «золотом дожде» на несколько дней раньше всей остальной Британии. Натан Ротшильд успел поднять на бирже панику, массово распродавая облигации правительства по бросовым ценам. Когда цена облигаций стала мала, он быстро скупил их сколько смог за бесценок, а когда нарочные с депешами от А.У. Веллингтона добрались между штормами на Ламанше до столицы, дело было сделано. Н. Ротшильд в результате этой аферы смог получить доход, по оценкам специалистов 40 млн фунтов, стал сказочно богат¹.

Следует отметить, что широкая русская душа графа М.С. Воронцова, командующего экспедиционным корпусом России, подвигла его к выплате из своих личных средств «малому бизнесу» Франции за постой и пропитание русских войск 6 млн франков. А российский император Александр из благородных побуждений простил Франции контрибуцию в 175 млн франков. Монархи Европы тех времен почти сплошь были родственниками по крови и многое друг другу прощали, как тогда было принято по-семейному.

Прошло двести лет и понятие информация существенно изменилось и расширилось. Она перестала быть только обозначением каких-либо первичных знаний о предметах и событиях, т. е. всего того, что можно описать словами. Это понятие проникло во все аспекты наук, изучающих основы мироздания, более того оказалось основополагающим в процессах материальных: космических, физических, химических, управленческих, мировоззренческих и пр. На нынешнем этапе развития человечества оно породило новые отрасли знаний – информационные технологии. Оказалось, что информация, в том или ином виде, обуславливает рождение жизни и регулирует ее, используется для описания нашего существования на планете и в космосе.

Мироздание

Мы живем в окружении некоей объективной реальности – материи и сами ею являемся. В.И. Ленин назвал ее категорией реальности, которая может нашими ощущениями копироваться, фотографироваться, отображаться, но существует независимо от нас и является нам в трех формах: движение, пространство и время [1].

Движение – основной способ существования материи, т. е. вечное непрерывное изменение всего и вся, но с разными скоростями. Только благодаря этим изменениям мы и обнаруживаем существование материи. Ключевой характеристикой для понимания и описания мироздания являются следствия этого вечного движения. Хаотичное движение результатов не дает, а вот движение, вследствие которого появляется некая упорядоченность, а то и полный порядок, имеет иной смысл. Для познания и описания мира с этой точки зрения как раз и потребовалось понятие информации, она не материальна и сохраняется только в нашей памяти или на внешних носителях.

Человек, порождая последовательно осознанные звуки, произносит слово, соплеменники опознают его, т. е. упорядоченные звуки, наполненные смыслом, приобретают новые качества – становятся информацией. Беспорядочные звуки не означают ничего – хаос. Звук – тоже движение материи в виде электромагнитных волн. Приняв сигналы, мы дешифруем их в нематериальные понятия и образы и наоборот, шифруем понятия, а затем превращаем в звуки с помощью голосового аппарата. Итак, звук материален, но его абстрактное содержание нематериально. Звуки, объединенные в слово, обозначают для нас некое нематериальное понятие, но очень нужное нам в материальном мире. Слова в свою очередь выстраиваются во фразы, те объединяются в нечто большее и вот вам произведения литературы разной степени гениальности. В процессе эволюции человека ему пришлось придумать тысячи слов и одновременно «договориться» между собой, что каждое из них означает.

Движение может быть самым простым, например, механическим перемещением в про-

¹ Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 т. СПб.: Семеновская Типолитография, 1893. Т. 17. С. 113–116.

странстве. Если подбросить предмет вверх, детский кубик или игральную кость, он обязательно упадет на землю. Все, что имеет массу, притягивается к ядру нашей планеты с силой, эквивалентной его массе, и падает на ее поверхность со скоростью, которую можно вычислить, благодаря сэру Исааку Ньютону. Но никто не может заранее знать, на какую грань упадет кубик, т. е. информация здесь случайна, а порядок неизвестен. В указанном примере из информации есть только предположение, т. е. вероятность падения кубика на одну из шести граней, это чуть больше 16 %. Единственное проявление порядка в процессе падения кубика на пол (или один бит информации) – это обязательное направление движения вниз. И как разительно отличаются движения нескольких кубиков, поочередно подбрасываемых жонглером. Тут уже информации много: куда, с какой силой, каковы центробежные силы, вращение, силы Кориолиса и их моменты, через какое время подбрасывать, нормальный ли полет, где их ловить и т. д. Человек в этом процессе действует на автомате, не думает, решений не принимает, работает мышечная память. Но информации, описывающей такое проявление упорядоченности, уже гигабайты, ведь кубики-то летают, как одно разумное существо.

Вторая по сложности форма движения материи – физическая, она включает в себя механическую энергию, тепло, электричество и поле, магнитное, гравитационное и пр. Тут уже появляется большая упорядоченность и, следовательно, большая информация. В форме тепла, например, энергия перераспределяется между горячим и менее горячим. Грелки, батареи центрального отопления тому пример. Значит движение здесь имеет новые характеристики: площадь контакта, показатель интенсивности, градиент температур, теплоемкость, направление движения, скорость, завершенность и пр. Это и есть информация о способе передачи энергии в форме тепла и ее уже существенно больше, чем в механике. Электричество, его природа и результаты воздействия, в том числе направленное движение электронов в металлах – электрический ток – это явление, для существования и описания которого привлекается уже невообразимо много информации. Электроны, двигаясь

под действием разности потенциалов внутри металла между точками их приложения со скоростью света, ударяются о молекулы в узлах кристаллической решетки. При каждом таком ударе выделяется тепло – энергия. В разных металлах мера этого тепла разная, в проводниках (Cu, Al) его мало, но в некоторых других столько, что хватит вскипятить воду или даже расплавить металл.

Еще более сложная форма движения материи – химическая. Она такова, что сопровождается изменением природы самих веществ. Из двух-трех исходных (или реагентов) получаются уже совершенно иные продукты. Например, крайне агрессивный металл натрий и не менее активный и убивающий все живое газ хлор, соединяясь, дают твердую белую соль – хлорид натрия. Этот хлорид настолько безвреден, что мы употребляем его ежедневно в пищу скорее с пользой для здоровья. В этих процессах меняются вполне материальные молекулы, атомы и составляющие их электронные оболочки.

Вещества могут кардинально менять свои свойства: яды становятся лекарством и наоборот. Упорядоченность и объем информации, используемые для этого, уже на порядки больше, чем в предыдущей физической форме. Теперь уже в описании движения сверх всего предыдущего участвуют еще и состав молекул, количество в них атомов, строение электронных оболочек атомов исходных веществ и продуктов, процессы их изменений и перераспределений, другие внешние условия: температура, давление, активность веществ, время и т. д.

Каждая последующая по сложности форма движения материи обязательно включает в себя все предыдущие. Такова классификация форм движения материи, она предложена немецким философом Ф. Энгельсом и воспринята миром как образцовая [2]. Пока ее никто не пытался опровергнуть.

Итак, мы рассмотрели атрибут материи – движение и его элементарные формы: механическую, физическую и химическую.

Информация

Естествоиспытатели, с древних времен изучающие материю неживую, видят в информации один из столпов материального миро-

здания. Основатель кибернетики, гениальный Н. Винер, заметил, что информация отличается и от материи, и от энергии, она является собой особую характеристику вселенной [3]. Информация – это инструкция для наведения порядка, и она противостоит хаосу, случайности. Именно она является характеристикой определенности, основой каких-либо структур, то есть порядка. Самопроизвольные явления в природе – разрушения, деструкции приводят к увеличению случайности, неупорядоченности. Созидание же чего-либо, т. е. увеличение упорядоченности надо стимулировать, прикладывать усилия, тратить энергию, выполнять работу.

Наш мир существует уже 13–15 млрд лет благодаря последствиям «большого взрыва», создавшим некоторый порядок, о котором мы сейчас начинаем догадываться, а когда импульс от взрыва иссякнет, утихнет, как круги на воде, наш мир может и исчезнуть. К счастью – это только гипотеза и для ее проверки нужны миллиарды лет. Очень популярно это можно объяснить так: разрушиться изначально крепкий дом (т. е. структурированные в нужном порядке камни, бревна, доски, стекла, цемент и пр.) может самопроизвольно, без затрат энергии извне по причинам старости, гниения, ветра, воды, огня, войны, взрывов, землетрясений и др. А вот для постройки дома надо целенаправленно создать из строительных материалов его упорядоченную структуру, затратить энергию и выполнить разные работы, учесть многие обстоятельства, преодолеть трудности.

Изучению и открытию всеобщих законов механической, физической и химической форм движения в неживом мире посвятили свои жизни великие мыслители и исследователи: М. Ломоносов, С. Карно, Л. Больцман, Г. Гельмгольц², Дж. Гиббс и многие другие [4–7]. Благодаря их открытиям оформилась наука термодинамика, основанная на всеобщих законах объективного неживого мира, оперирующая методами, которые позволяют численно оценить направления и глубину физических и химических процессов. Одна из характеристик материи, нужная термодинамике для понимания и расчетов, называется энтропия. Так называли меру неупорядоченности, т. е. ве-

личину, обратную упорядоченности. Она бесконечна при наступлении полного хаоса, его пример – «идеальный газ», молекулы в котором не притягиваются, а только отталкиваются, как шары в лототроне и не изменяют при этом свою энергию. Многие из нас в школе моделировали броуновское движение. Вот это и есть хаос. Жизнь в таких условиях невозможна. Никто и ничто не соблюдает никаких правил, а жизнь – это соблюдение очень многих условий. Нулю же она (энтропия) может быть равна только при абсолютном порядке. Это тоже абстракция. Физики называют таковым идеальный кристалл при температуре абсолютного нуля (-273°C), молекулы его не вибрируют, жестко зафиксированы, каждая на своем месте и ни с чем извне не реагируют – нет ни малейшей степени свободы. Никаких взаимодействий между собой и с внешним миром. В таком состоянии материи жизнь тоже невозможна. Каждый вправе сравнить существование хаоса и порядка с борьбой противоположностей: добром и злом, дневного и ночного дозора, придуманного российским писателем Ф. Лукьяненко. Жизнь возможна где-то посередине, в некоем коридоре соотношений того и другого. В это зыбком лабильном состоянии и существует жизнь, ее легко разрушить или уничтожить.

Вот пример некоей реальной неживой системы. Все когда-либо видели камень, лежащий на склоне (откосе) холма, горы или насыпи железной дороги. Этот камень ранее как-то попал на некоторую высоту, приобретая при этом запас потенциальной энергии. Под действием гравитации он может сам скатиться вниз после какого-либо небольшого импульса: толчков в земной коре, движений животных, поезда, температурных изменений среды, роста грибов и т. д. В результате этого движения камня вниз (энтропия) беспорядок системы «холм–камень» возрастет, а запас энергии камня уменьшится. Переместиться вверх, на холм, против гравитационного поля – уменьшить энтропию и восстановить порядок. Увеличить энергию камень сам не может. Создать прежний порядок, поднять камень на вершину, можно только затратив энергию. Эти обстоятельства – возможности

² Гельмгольц Г.Ф. Большая советская энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1969. 606 с.

или невозможности конкретных процессов в природе как раз и описывает термодинамика и дает их количественную оценку в метрах, джоулях, молях, вольтах, граммах и других единицах измерения.

Мы увидели, что человек, описывая космические процессы мироздания, использует две характеристики – порядок и беспорядок. Наблюдая тысячелетия за ночным небом, он заметил, что движения небесных тел происходят в определенном порядке и с определенной периодичностью во времени и пространстве. Это и есть движение материи в космосе.

Жизнь

Христиане, мусульмане и иудеи считают, что творец мира создал живые объекты на третий день: траву, зелень и все, что производит семена, способные воспроизводить жизнь. Исследователи же биологической формы движения материи – следующей после химии, поняли, что жизнь – это еще большая и по-иному организованная упорядоченность, информированность некоторых больших систем молекул. И абсолютный закон всего живого – это воспроизводство, преодоление смерти, хаоса, т. е. снижение энтропии через потомство и, следовательно, восстановление порядка.

Любой живой организм на планете Земля должен дать жизнеспособное потомство, хотя бы один раз в жизни, это высший смысл жизни, и потому некоторые обитатели планеты размножаются со стопроцентной гарантией. Каждая особь или пара особей производит тысячи или сотни тысяч себе подобных. Таковы рыбы, мелкие грызуны, насекомые и все те, кто служит началами пищевых цепей. Изучая процессы размножения организмов, люди поняли, что их механизм заложен в простейшем минимальном живом элементе – клетке. Она способна размножаться сама или в составе большого организма и содержит для этого столько информации, что человек пока не смог до конца понять, сколько и какой. Размножаясь, например, митозом, клетка сначала получает сигнал к делению. Сигналами могут быть разные внешние и внутренние факторы, их много, даже скорость роста соседних клеток может выполнять эту сигнальную функцию. Получив сигнал, маточная

клетка с заданной кем-то скоростью буквально разделяется на две, диплоидные, в ней делится пополам буквально все. Две новорожденные клетки – есть копии маточной, где жестко соблюдены законы наследственности, идентично воспроизводятся все наборы хромосом, затем после роста и «обучения» появляются, наконец, два близнеца – абсолютные копии их прародительницы. Деление клетки сопровождается отображением возраста клетки в хромосомах, т. е. количества циклов деления, что она уже совершила, и сколько ей осталось до смерти. Подробнее об этом можно прочесть в трудах американского биолога Л. Хейфлика [8]. Он установил, что соматические, т. е. клетки тканей нашего тела, при средней продолжительности жизни человека примерно 70 лет, претерпевают 50–55 циклов деления. Следует отметить, что клетки очень разнообразны и механизмов их размножения, даже из тех, что нам известны, много. Количество клеток, производимых человеком за жизнь, невероятно велико. Их можно подсчитать, используя формулы для операций с геометрическими прогрессиями. Человек не знает пока сколько их всего, какой, где и как в живой клетке, которую едва видно в микроскоп, зашифровано и хранится целехонькой, укрытой от невзгод, информации.

Бывают, безусловно, и какие-то мутации, сбои и даже аварии в случае болезней, неблагоприятных условий, радиации и пр. В результате неблагоприятных воздействий целостность молекул ДНК, несущих информацию о наследственности, нарушается. Сегодня уже исследованы механизмы пассивного и активного восстановления, «ремонта» фрагментов молекул ДНК специальными ферментами естественного происхождения и синтезированными. Активной корректировке подвергаются уже и наследственные механизмы.

Гениальный физик Э. Шредингер, известный в мире своим «божественным» уравнением, писал, что: «...всякий организм питается отрицательной энтропией...», т. е. жизнь снижает беспорядок [9]. Эволюция – это движение в направлении от хаоса к порядку, от бессодержательного к информационному. «Жизнь стремится двигаться наперекор остальной части вселенной», – утверждает П. Косса, она играет созидательную роль в

космосе, противостоит ему, приводит к накоплению энергии [10].

Борьба и взаимодействие противоположностей: порядка и хаоса, света и тьмы, жизни и смерти, т. е. перехода неживого в живое и наоборот, породило двойственность или дуализм во всем живом (мужское и женское, инь и янь и тому подобное).

Пока никто не установил, при каком соотношении порядка и хаоса и при каких дополнительных условиях появилась жизнь. Некоторые исследователи не доверяют христианским постулатам и предполагают, что первые живые клетки на нашу планету могли занести метеориты, кометы и прочие космические тела. Жаль, конечно, что творец мира, если он был, не оставил нам архивов. А вот движущей силой последующего развития клеток, эволюции жизненных форм, их совершенствования, немецкий философ Ф. Энгельс назвал противоборство, конфликт, столкновение, войну. Он и сформулировал закон единства и борьбы противоположностей, определив его единственной причиной всякого развития, изменения и прогресса [11]. Один из лидеров кубинской революции, команданте Че Гевара не был ученым, но по наитию произнес афоризм, который стал буквально самым многочисленным на сегодня в мире принтом: «Жизнь – есть борьба!». Смысл афоризма оказался всеобщим, более, чем пророческим, поскольку отражает любой масштаб явлений космических или молекулярных.

Заключение

Философия – основополагающая наука о мироздании, система идей, взглядов на мир и

на место в нем человека; исследует познавательное, социально-политическое, ценностное, этическое и эстетическое отношение человека к миру; занимается изучением основных вопросов жизни, бытия, истины. В статье представлены примеры форм движения материи, их взаимосвязь и соотношение с информацией, которую они несут. Используя эту информацию, человек связывает и осмысливает химические, физические, космические и прочие явления, что помогает понять и описать условия возникновения жизни. Информация – это характеристика упорядоченности, она противостоит хаосу, мерой которого является энтропия. Некоторые соотношения порядка и хаоса могут породить жизнь, но также легко ее разрушить при изменении этих соотношений.

Смысл же жизни – в продолжении ее существования, борьбе за нее через потомство. В этом состоит главный, всеобщий закон всего живого – каждая клетка стремится дать жизнеспособное потомство.

Таким образом, информация – не просто слова и понятия, а еще одна основополагающая характеристика мироздания. Изучение ее позволяет найти ответы на фундаментальные вопросы бытия. Великие мыслители и исследователи грамотно использовали этот инструмент и подарили человечеству открытия в различных областях науки, которые до сих пор помогают людям в познании устройства Вселенной. Исследование мироздания сводится к получению информации из окружающего мира и умению осмыслить, переработать ее и связать с данными, полученными от изучения других явлений, т. е. к глубокому осознанию взаимосвязи всего сущего.

Список источников

1. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. М.: Издательство политической литературы, 1968. 457 с.
2. Энгельс Ф. Анти-Дюринг. Диалектика природы. М.: Издательство политической литературы, 1961. 550 с.
3. Винер Н. Кибернетика и общество / пер. с англ. Е.Г. Панфилова. М.: Издательство иностранной литературы, 1958 г. 200 с.
4. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики. С древнейших времен до конца XVIII века. М.: КомКнига, 2007. 352 с.
5. Карно С. Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу. М.: ЕЭ Медиа, 2024. 80 с.
6. Мартин Н., Ингленд Дж. Математическая теория энтропии / пер. с англ. В.А. Каймановича. М.: Мир, 1988. 350 с.
7. Семенченко В.К. Д.В. Гиббс и его основные работы по термодинамике и статистической механике (К 50-летию со дня смерти) // Успехи химии. 1953. Т. 22. № 10. С. 224 –243.
8. Хейфлик Л. Как и почему мы стареем?: советы специалиста. М.: Вече; АСТ, 1999. 432 с.
9. Березин Ф.А., Шубин М.А. Уравнение Шредингера. М.: МГУ, 1983. 392 с.
10. Косса П. Кибернетика. От человеческого мозга к мозгу искусственному. М.: Иностранная литература, 1958. 122 с.
11. Розенталь М.М. Материалистическая диалектика. Популярный очерк основных законов материалистической диалектики. М.: Ленанд, 2023. 128 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

Апончук Ирина Игоревна,
старший преподаватель кафедры
рекламы и журналистики,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
aponchuk55@inbox.ru

Irina I. Aponchuk,
Senior Lecturer of the Department
of Advertising and Journalism,
Institute of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
aponchuk55@inbox.ru

Файзрахманова Альфия Радиковна,
студент,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
faizrahmanovaalfia@yandex.ru

Alfia R. Faizrahmanova,
Student,
Institute of Information Technology and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
faizrahmanovaalfia@yandex.ru

Трудности перевода сленга в современных китайских романах на русский язык

© Д.А. Зашкола

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В настоящее время китайские романы, насыщенные сленговыми выражениями, приобретают огромную популярность как в Китае, так и за его пределами. Это создает новые вызовы для переводчиков, которым необходимо находить эффективные способы передачи точного смысла реалий и аутентичных понятий, присущих современной китайской культуре. В статье рассматриваются основные трудности, возникающие при переводе сленга из современных китайских романов на русский язык. Сленг, как динамичный и контекстуально насыщенный элемент языка, не только отражает культурные особенности, но и подчеркивает социолингвистические изменения в обществе. Переводчики сталкиваются с множеством проблем, включая отсутствие прямых аналогов в русском языке, различия в культурном контексте и стилистические нюансы. Статья анализирует примеры сложных сленговых выражений и предлагает стратегии для их адекватной передачи, такие как адаптация, калькирование и использование комментариев. Это позволяет сохранить оригинальный смысл и эмоциональную окраску текста, что особенно важно для передачи культурных кодов и нюансов восприятия. В заключение подчеркивается необходимость глубокого понимания как исходного, так и целевого языков для успешного перевода, а также важность сотрудничества между культурными экспертами и переводчиками для достижения наилучших результатов.

Ключевые слова: китайские романы, перевод, сленг, контекст, метод адаптации

Difficulties in translating slang from modern Chinese novels into Russian

© Daria A. Zashkola

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Nowadays, Chinese novels rich in slang expressions are gaining immense popularity both in China and abroad. This creates new challenges for translators who need to find effective ways to convey the precise meaning of realities and authentic concepts inherent in modern Chinese culture. The article examines the main difficulties encountered when translating slang from modern Chinese novels into Russian. Slang, as a dynamic and contextually rich element of language, not only reflects cultural features but also highlights sociolinguistic changes in society. Translators face many problems, including the lack of direct analogues in the Russian language, differences in cultural context, and stylistic nuances. The article analyzes examples of complex slang expressions and suggests strategies for their adequate transmission, such as adaptation, calque, and the use of comments. This allows preserving the original meaning and emotional colouring of the text, which is especially important for conveying cultural codes and nuances of perception. The conclusion highlights the need for a thorough understanding of both the source and target languages for successful translation, as well as the importance of collaboration between cultural experts and translators to achieve the best results.

Keywords: Chinese novels, translation, slang, context, adaptation method

Перевод художественной литературы всегда был сложной задачей для переводчика, особенно когда речь идет о произведениях, насыщенных сленгом и культурными реалиями.

Современные китайские романы, отличающиеся богатством языка и разнообразием выражений, представляют собой особый вызов для переводчиков. Сленг как отражение молодежной культуры и социолингвистических изменений не только обогащает текст,

но и создает барьеры для понимания. Многие зарубежные и отечественные ученые такие как В.Г. Вилюман, Ч. Фриз, Э. Парtridge, Р. Спирс и В.А. Хомякова дискутировали на тему появления сленга и изучали историю его развития [1–4].

Целью данного исследования является выявление основных трудностей, с которыми сталкиваются переводчики при переводе китайского сленга на русский язык, а также

анализ возможных стратегий преодоления этих трудностей. Понимание данных аспектов не только углубит наше восприятие перевода как искусства, но и поможет лучше осознать культурные различия между двумя языками и народами.

Сленг – это специфическая форма языка, характеризующаяся неформальностью и использованием уникальных слов и выражений, часто присущих определенным группам людей. Он активно используется в повседневной речи и отражает культурные и социальные реалии своего времени.

Необходимо отметить, что сленг может варьироваться в зависимости от региона, субкультуры или даже конкретной социальной группы, что делает его динамичным и изменчивым явлением. Изучение сленга помогает лучше понять не только язык, но и общественные тенденции, идентичность и межличностные отношения.

В этом контексте сленг становится важным объектом исследования для лингвистов и социологов, открывая новые горизонты для анализа языка и культуры. На данный момент существует большое количество версий происхождения данного слова. Так, Эрик Парtridge, лексикограф английского языка, пишет, что *slang* происходит от *sling* – метать, швырять. Другая версия гласит, что термин происходит от *slanguage*, при этом начальная буква *s* добавляется к *language* в результате пропуска слова *thieves*, т. е. изначально это было отсылкой к *thieves' language* – воровскому языку [1].

Схожее определение дает Ричард Спирс, отмечая, что первоначально термин использовался для обозначения британского криминального жаргона в качестве синонима слову *cant*.

Со временем определение слова расширяет свое значение и в настоящее время включает в себя различные виды нелитературной лексики (жаргон, просторечия, диалекты и даже вульгарные слова) [2].

Американский лингвист Чарльз Фриз дает размытое понятие данному термину: «Сленг настолько расширил свое значение и применяется для обозначения такого количества различных понятий, что крайне затруднительно провести разграничительную линию

между тем, что является сленгом, и что нет» [2].

В.А. Хомяков, профессор кафедры английской филологии, термин сленга определял, как язык низкого вульгарного типа. С 1802 г. он имел значение жаргона определенного класса или периода, а с 1818 г. под этим понятием стали понимать, как язык разговорного типа [3].

В.Г. Вилюман, доктор филологических наук, в 1955 г. различал два типа сленга. К первому типу относится общий сленг, находящийся за пределами литературного языка. Это общепонятные и широко распространенные в разговорной речи образные слова и словосочетания, обладающие эмоционально-оценочной окраской, претендующие на новизну и оригинальность. В этих качествах они выступают синонимами слов и словосочетаний литературного языка. Второй тип – специальный сленг, т. е. слова и словосочетания того или иного профессионального либо классового жаргона, заимствованные из общенародного языка, а нередко из диалектов и просторечия, и выступающие в качестве реагентов слов и словосочетаний литературного языка.

При этом В.Г. Вилюман утверждает, что границы между общим и специальным сленгом, между общенародным значением слова и сленговым, оказываются во многих случаях нечеткими [4].

Проанализировав различные толкования рассматриваемого термина, можно сделать вывод, что, несмотря на различия в подходах и акцентах, существует несколько общих тем и схожих черт, которые объединяют их определения.

1. Происхождение и эволюция термина. Все исследователи сходятся во мнении, что слово сленг имеет криминальные корни, связывают его с языком воров или определенных социальных групп. Это подчеркивает его изначальную функцию как средства общения в замкнутых сообществах.

2. Неофициальный и неформальный характер. Сленг определяется как язык, находящийся за пределами литературного языка. Он включает в себя разговорные выражения, жаргон и просторечия, что свидетельствует о его неофициальном статусе и использовании в менее формальных контекстах.

3. Социальная и классовая принадлежность. Многие определения акцентируют внимание на том, что сленг может быть специфическим для определенных групп, будь то профессиональные сообщества или молодежные субкультуры. Это подчеркивает его роль как маркера идентичности и принадлежности к определенной социальной группе.

4. Эмоциональная окраска и новизна. Сленг часто обладает эмоционально-оценочной окраской и стремится к оригинальности. Это делает его привлекательным для пользователей, желающих выразить свои чувства или выделиться из толпы.

5. Размытость границ. Исследователи отмечают, что границы между сленгом, жаргоном и обычным языком часто нечеткие. Это говорит о динамичности языка и о том, что сленг может быстро изменяться, адаптироваться и заимствовать элементы из других языков и диалектов.

6. Расширение значения. Как указывает Чарльз Фриз, сленг расширил свое значение и стал охватывать множество понятий, что делает его трудным для четкой классификации. Это отражает его гибкость и адаптивность в языке [2].

В целом, приведенные толкования у ученых показывают, что этот феномен языка является многогранным и сложным, сочетая в себе элементы социальной идентичности, культурного контекста и динамики языка. Сленг служит не только средством общения, но и инструментом самовыражения и социальной дифференциации.

В современных китайских романах или, как их еще называют, новеллах, часто встречаются сленговые выражения, которые могут быть труднопереводимыми из-за их культурного контекста или специфики языка. Для анализа мы выбрали такие китайские романы как: «Случайный мужчина, за которого я вышла замуж - самый богатый в мире человек» (автор: Налань Лю Лан), «Матриарх перевоплотилась в богатую госпожу» (автор: Гучжэн), «Сегодня парочка злодеев снова сводит счеты» (автор: Ча Лю Ченъинь), «Соленая рыба переместилась в книгу про апокалипсис» (автор: Найсян Вэйда), «Опытный Зеленый Чай Превратился в Оскорбленную Героиню» (автор: Ю Ин), «Расколота битвой синева небес» (автор:

Тянь Цань Тудоу) и «Покорение Дворца Яньси» (автор: Чжоу Мо).

Приведем несколько примеров таких сленговых выражений, которые могут встречаться в романах.

1. 高富帅 (gāo fù shuài) Гао Фушуай. В 2008 г. один из пользователей китайской сети создал фанатское анимационное видео по сериалу «Гандам». Главного героя ролика звали Гао Фушуай, имя которого буквально переводится как высокий, богатый, красивый (об идеальном мужчине). «Гао Фушуай» используется для обозначения абстрактного идеального мужчины, имеющего хорошую внешность, а главное, богатого (собственный дом, машина и годовой доход свыше 200 тыс. юаней). Часто используется для обозначения «золотой молодежи» [5].

2. 白富美 (bái fù měi) Бай Фумэй. Слово белый в сленговом выражении «Бай Фумей» относится к цвету кожи девушки, а не к ее расе. Изначально термин появился как обозначение абстрактной идеальной девушки, совершенно недостижимой для бедных Дяоси 屌丝 (diǎo sī в переводе неудачник, недотепа, лузер). Однако со временем его всерьез стали использовать как критерий для оценки женской успешности. Согласно опросам китайского новостного портала Ife, для получения титула Бай Фумэй девушка должна иметь хорошую фигуру, светлую кожу и доход не менее 20 тысяч юаней [6].

3. 屌丝 (diǎo sī) Дяоси. В отличие от Гао Фушуай и Бай Фумэй, Дяоси – это человек, который считает себя неудачником, не достигшим богатства и не имеющим ни дома, ни девушки, ни ожиданий от дальнейшей жизни. Считается, что провозглашение самого себя Дяоси позволяет многим людям найти способ посмеяться над собой и выразить отчаяние от социального давления, например, когда другие пользователи начинают хвастаться своим богатством и достижениями [7].

4. 咸鱼 (xián yú) Соленая рыба. Данное выражение в китайском языке используется для обозначения человека, который не стремится к активной жизни или имеет пассивный подход к своим целям и амбициям. Соленая рыба – это рыба, которая была засолена и больше не может двигаться или жить. В более

широком смысле, это выражение описывает людей, которые довольствуются текущим положением вещей и не стремятся к изменениям, или тех, кто испытывает апатию и бездействие. Это выражение можно использовать, в шуточной форме, чтобы описать кого-либо, кто просто расслабляется и не беспокоится о своих обязанностях [8].

5. 绿茶婊 (lǜ chá biǎo) Шлюха-притворщица. Выражение «绿茶婊» (lǜ chá biǎo) в китайском языке переводится как зеленый чай или шлюха. Этот термин используют для описания женщины, которая притворяется невинной, но на самом деле является манипулятором и имеет только голый расчет. «绿茶» (зеленый чай) символизирует чистоту и свежесть, в то время как «婊» (шлюха) указывает на негативные черты характера. Таким образом, данное выражение описывает человека как невинного и добродушного, скрывающего свои истинные намерения [9].

6. 斗气» (dòu qì) Боевое дыхание или Дух борьбы. Данное сленговое выражение используется в романе для обозначения энергии, которую используют персонажи для боя и развития своих боевых навыков [10].

7. 斗心眼» (dòu xīnyǎn) Соревноваться в хитрости. Это выражение часто используется в исторических романах для описания интриг и манипуляций между придворными дамами [11].

Приведенные примеры показывают, как современный сленг может обогатить язык и добавить глубину персонажам в романах, но их трудно перевести на другие языки без потери смысла или нюансов.

Перевод китайских сленгов в современных китайских романах может быть сложной задачей из-за уникальности языка, культурных контекстов и динамичности сленга.

В качестве способов перевода мы можем использовать:

1. Объяснение и комментарии. В перевод необходимо включить краткие объяснения или сноски для сложных сленговых выражений, чтобы читатель мог лучше понять их значение. А также использовать культурные ссылки для целевой аудитории, чтобы сделать перевод более доступным, т. к. культурные ссылки содержат в себе подробную информацию об ассоциациях, которые те или иные слова вызывают у носителей языка. Как правило эти ассоциации связаны со старинными поверьями или традициями.

2. Обратная связь и корректировка. Привлечь носителей языка для оценки перевода и внести изменения на основе полученной обратной связи, чтобы улучшить качество перевода.

3. Прямой перевод с адаптацией. Адаптация представляет собой переводческую трансформацию, которая используется для достижения равенства коммуникативного эффекта в тексте оригинала и тексте перевода. Найти эквиваленты в целевом языке, которые передают схожее значение или эмоции, а если его нет, адаптировать сленг так, чтобы он звучал естественно для целевой аудитории.

4. Использование синонимов и аналогов. Найти синонимы, которые могут передать схожее значение, но при этом будут более понятны для читателей или же применять аналогии или метафоры, которые знакомы читателю и могут помочь понять смысл оригинала.

Перевод китайских сленгов требует креативного подхода и глубокого понимания как китайского языка, так и языка целевой аудитории. Используя методы адаптации, объяснения и обратной связи, переводчик может эффективно передать смысл и контекст оригинального выражения.

Список источников

1. Partridge E. Slang Today and Yesterday. London: William Press, 1979. 258 p.
2. Мизюрина Т.В. Сленг как одно из ключевых понятий когнитивной лингвистики // Личность в контексте межкультурного взаимодействия: материалы I Всерос. молодежной науч. конф. (г. Томск, 21-23 октября 2010 г.). Томск, 2011. С. 126-129.
3. Хомяков В.А. Введение в изучение сленга – основного компонента английского просторечия. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 104 с.
4. Вилюман В.Г. О способах образования слов сленга в современном английском языке // Ученые записки Ленинградского государственного педагогического института им. А.И. Герцена. Ленинград: Учпедгиз, Ленинградское отделение, 1955. № 111. С. 137–139.

5. Налань Лю Лан. Случайный мужчина, за которого я вышла замуж – самый богатый в мире человек // Ranobelib. Режим доступа: <https://ranobelib.me/ru/book/96921--the-random-passerby-i-married-is-the-richest-man> (дата обращения 22.12.24)
6. Гучжэн. Матриарх перевоплотилась в богатую госпожу // Ranobelib. Режим доступа: <https://ranobelib.me/ru/book/87551--the-master-became-a-wealthy-madam-novel> (дата обращения 22.12.24)
7. Ча Лю Ченьинь. Сегодня парочка злодеев снова сводит счеты // Mir Novel.ru. Режим доступа: <https://mirnovel.ru/book/3334?tabs=info> (дата обращения 22.12.24)
8. Найсян Вэйда. Солёная рыба переместилась в книгу про апокалипсис // Ranobelib. Режим доступа: <https://ranobelib.me/ru/book/80738--salted-fish-transmigrated-into-an-apocalyptic-book-novel> (дата обращения 22.12.24)
9. Ю Ин. Опытный Зеленый Чай Превратился в Оскорбленную Героиню // Novel Cool. Режим доступа: <https://ru.novelcool.com/novel/Senior-Green-Tea-Turned-Into-an-Abused-Heroine.html> (дата обращения 22.12.24)
10. Тань Цань Тудоу. Расколота битвой синевы небес // Ranobelib. Режим доступа: <https://ranobelib.me/ru/book/13906--dou-ro-sang-qiong> (дата обращения: 22.12.2024).
11. Чжоу Мо. Покорение Дворца Яньси // Tl.rulate. Режим доступа: <https://tl.rulate.ru/book/28239> (дата обращения: 22.12.2024).

Информация об авторе / Information about the Author

Зашкола Дарья Александровна,
магистрант,
Байкальский институт БРИКС,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
darya.zashkola@mail.ru

Daria A. Zashkola,
Master's Student,
Baikal School of BRICS,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
darya.zashkola@mail.ru

Lexical evaluation markers in scientific articles on chemistry

© Semyon I. Luppov, Artyom P. Andreev, Dmitrii E. Lukin, Olga A. Boginskaya

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The interaction between the author and the reader is one of the key communicative strategies of academic discourse, which is implemented through the use of metadiscursive means. The article describes a study that aims at identifying the types and frequencies of evaluation markers serving as metadiscourse resources in the corpus of research articles on chemistry. The novelty of the research lies in the attempt to apply metadiscursive analysis to study the category of evaluation in academic discourse, using quantitative and interpretive research methods. The results show that authors used both types of evaluation markers – research-oriented evaluation markers and topic-oriented evaluation markers – giving preference to the first ones. The study also revealed that in expressing evaluation, the authors used a variety of lexical means represented by adjectives, nouns, adverbs, and verbs, prioritizing adjectives and nouns. The data obtained can be useful not only for an in-depth understanding of the features of academic discourse in chemistry, but also have practical significance. The results of the analysis of the use of evaluation markers in the scientific articles can be used in teaching academic writing. The results can also serve as guidelines for novice authors who need to write their scientific texts in compliance with the norms of academic writing accepted in the disciplinary community. Furthermore, this research may stimulate further studies in the field of metadiscourse, broadening the focus to other scientific disciplines and text types.

Keywords: evaluation, evaluation markers, research-oriented evaluation, topic-oriented evaluation, research article

УДК 81'1

Лексические маркеры оценки в научных статьях по химии

© С.И. Луппов, А.П. Андреев, Д.Э. Лукин, О.А. Богинская

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Взаимодействие автора и читателя является одной из ключевых коммуникативных стратегий академического дискурса, которые реализуются посредством использования метадискурсивных средств. Настоящее исследование направлено на выявление разновидностей и частотности использования оценочных маркеров как метадискурсивных средств в научных статьях по химии. Новизна исследования заключается в попытке применить метадискурсивный анализ для изучения категории оценки в академическом дискурсе, используя количественный и интерпретативный методы исследования. Результаты анализа показали, что авторы статей, включенных в корпус, использовали обе разновидности оценочных маркеров – маркеры оценки исследования и маркеры оценки предметной области. При этом было обнаружено, что предпочтение отдавалось первой группе маркеров. Исследование также показало, что для выражения оценки авторы использовали разнообразные лексические средства, представленные прилагательными, существительными, наречиями и глаголами. Прилагательные и существительные оказались наиболее частотными лексико-грамматическими категориями. Полученные данные могут быть полезны не только для углубленного понимания особенностей академического дискурса в химии, но и обладают практической значимостью. Результаты исследования могут быть использованы преподавателями курса «Академическое письмо» для иллюстрации норм академического письма, а также начинающими авторами для совершенствования навыков написания научных текстов, повышения эффективности коммуникации и убедительности изложения. Кроме того, исследование может стимулировать дальнейшие изучения в области метадискурса, расширяя фокус на другие научные дисциплины и типы текстов.

Ключевые слова: оценка, маркеры оценки, оценка исследования, оценка предметной области, научная статья

Introduction

Previous assumptions about academic discourse as non-interactive have been challenged by recent linguistic studies, which demonstrate the need for academic writers to engage with readers while maintaining the accuracy of their research. Research suggests that interaction

within research articles is realized through various discursive and metadiscursive strategies, including modality, hedging, and evaluation.

Metadiscourse elements, such as evaluative judgments, boosters, and hedges, help the reader to better understand the content and identify the author's intentions. They are often used

to involve the reader in a dialogue with the author, stimulate thinking, and provoke critical understanding of the information, playing a key role in the interaction between the author and the reader in academic discourse, strengthening their relationship and contributing to a deeper understanding of the text. The interactive aspect of academic communication has attracted much attention from scholars. A wide range of academic discursive practices has been studied with the aim of identifying linguistic means and discursive strategies of interaction contributing to the effectiveness of communication and achieving the pragmatic effect of speech. Relying on the concept of academic discourse as a social and communicative interaction, scholars have conducted extensive studies of various genres of academic writing, indicating its interpersonal nature [1–3]. It is emphasized that traces of interaction with the reader can be found throughout the entire scientific text: the author introduces the reader to the topic of the research, reports on its goals, presents the results obtained, justifies their validity, points out limitations, anticipates objections from the readership, and suggests avenues for future research.

The interactive aspect of academic discourse has been studied mainly within the metadiscourse analysis. Although various definitions and classifications of metadiscourse have been offered, the role of this category in establishing and maintaining effective relations between the author and the reader is recognized by most researchers [2, 4] and has been studied in a number of works [1, 5–7] both from intercultural and interdisciplinary perspectives.

Materials and methods

The present article presents the results of a study of the types and frequencies of evaluation markers in chemistry research articles by Russian authors.

The research is significant due to the use of a new approach to the study of academic discourse aimed at identifying the role of evaluative tools in building effective communication with the reader. The purpose of the study is to identify evaluation markers and preferences in the use of their types by chemistry scholars. In addition, the study aims to identify the most frequent lexical and grammatical categories used by the authors to verbalize the evaluative attitude in academic discourse.

The study is practically valuable since the results obtained can be applied in teaching the discipline “Academic writing”, as well as used by novice authors when writing scientific articles.

The novelty of this study lies in an attempt to show the possibility of applying the experience of metadiscourse analysis in studying the category of evaluation in research articles using quantitative and interpretive methods, as well as to substantiate the need to study metadiscourse categories as an important element of academic discourse.

The research draws upon a corpus of 36 research articles published in Russian chemistry journals, including *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya*, *Journal of Physical Chemistry*, *Inorganic Materials*, and *Biochemistry*. All the articles were published in 2022–2024 and are available at the journals’ official websites. The research articles were selected using the continuous sampling method from the issues of these journals. The number of words was 83,676.

Results

Any type of discourse is not only a set of propositions, but also an interaction environment with its own dynamics of interpersonal relations. It is always woven into a complex fabric of relations between the participants. Each phrase and word carry not only information but also an attitude of the speaker or writer towards the listener or reader, their statuses, and goals. Conceptualizing discourse as an interaction environment allows us to penetrate its nature and understand not only the propositional content but also the relations between the participants, their motives, and communicative intentions. This aspect of discourse is often labelled as metadiscourse. Although this term was introduced into use in 1959 by Harris, it attracted the attention of linguistics scholars only in the 1980s. Various interpretations of the term made it difficult to determine its role in discursive practices. Early interpretations of metadiscourse were rather vague or narrow. Metadiscourse was defined as discourse about discourse [2], or as a set of text organization techniques [8]. A more comprehensive definition was proposed by Hyland and Tse, who defined metadiscourse as the techniques used by authors to organize the text, attract readers’ attention, and express attitudes toward both the content and the

addressee [9]. This definition seems to cover both textual and interpersonal aspects of discursive activities. The definition moves beyond simply classifying metadiscourse categories. It emphasizes the functions of metadiscourse, highlighting its role in text organization, reader engagement, and expressing the author's stance. This holistic view recognizes the interconnectedness of these functions. Hyland and Tse's definition provides, therefore, a useful and influential framework for understanding metadiscourse. While it presents some limitations regarding the precision of categorization and the scope of its components, its holistic approach and emphasis on both textual and interpersonal functions offer a significant advancement in the field. Researchers using this definition should be aware of its limitations and strive for clear and consistent application to avoid ambiguity in their analysis.

Hyland identified two groups of metadiscourse resources: interactive and interactional [10]. Interactive markers act as connectors, linking statements into a logically structured text and helping the addressee to navigate it, while interactional resources allow the author to construct an effective dialogue with the addressee and explicate his/her attitude to the proposition. The group of interactional markers includes (1) hedges, which soften the illocutionary force of the statement, reducing undesirable effects of the communicative behavior of the speaker/writer and contributing to the success of communication; (2) boosters, increasing the illocutionary force of the statement, explicating the speaker/writer's confidence; (3) evaluation markers, explicating the affective state of the speaker/writer; (4) self-mention markers, indicating the presence of the speaker in discourse; and (5) engagement markers used to involve the addressee in a dialogue.

Given our focus on evaluation, a more detailed examination of these markers is required. According to the definition provided by Hyland and Tse, evaluation markers are interactional means indicating the author's affective attitude to the propositional content [8]. In other words, the author uses evaluation markers to attract readers' attention and express the attitude to a certain aspect of the research or topic under discussion. In addition to constructing an effective dialogue

with the reader, evaluation markers help the author place the research in the context of the discipline and compare it with previous studies, thereby demonstrating its significance and novelty.

Following Tetela, evaluation markers will be divided into two groups: research-oriented evaluation (ROE) markers and topic-oriented evaluation (TOE) markers [11]. ROE isn't monolithic. It encompasses evaluations of the research design, methodology, data analysis, significance of findings, contribution to the field, limitations of the study, and comparisons to previous research. Similarly, TOE includes evaluations of the topic's importance, novelty, relevance, complexity, and the current state of knowledge. In other words, this classification reflects the difference between the author "observing the research" and the author "observing the world". It should be mentioned that the boundary between ROE and TOE can be blurry. Some evaluation markers might simultaneously reflect on the research process and the topic itself.

What types of evaluation do chemistry authors opt for? How are ROE and TOE expressed linguistically in chemistry research articles? Do authors use specific verbs, adjectives, adverbs, or nouns to convey each type of evaluation? Analyzing these lexical choices would provide insight into the stylistic preferences of chemistry authors and the subtle variations in expressing evaluation.

The frequencies of the types of evaluation markers found in the corpus of chemistry research articles are presented in Table 1.

As can be seen from the table, the raw and normalized per 1000 words frequencies of ROE and TOE markers differ significantly in the corpus. Authors predominantly used ROE markers to assess aspects such as methodology, significance of findings, implications of results, and contribution to existing knowledge, with TOE markers occurring less frequently.

Table 2 presents the results of the analysis, showing that adjectives and nouns were the most frequent lexical categories used to express evaluation in the corpus.

To illustrate the application of focus markers in evaluating research and the subject area, we present examples drawn from the corpus. The analysis indicated that adjectives constituted

Table 1. Frequency of evaluation markers

Types	Frequencies	
	Raw frequency	Normalized frequency
ROE markers	194	2,3
TOE markers	177	2,1

Table 2. Frequency of lexico-grammatical categories of evaluation

Lexico-grammatical categories	Frequencies	
	Raw frequency	Normalized frequency
Adjectives	139	1,7
Adverbs	75	0,9
Nouns	109	1,3
Verbs	55	0,7

the most frequent lexical-grammatical category in the corpus. They largely characterized the researchers' own research and its results. A representative example is:

“На основании анализа поверхностей отклика, построенных по уравнению регрессии, определены оптимальные параметры экстракции бетулина этиловым спиртом”.

Using the adjective оптимальный, the authors describe the parameters that were determined using the methodology they are describing. The adjective expresses a positive judgment about the parameters determined. It implies that the parameters are the best possible given the analysis. The author thereby establishes credibility by demonstrating the methodical basis for their conclusion.

In the following example, the adjective многолетний characterizes previous studies rather than the authors' own research:

“Ее эффективность доказана многолетними научными исследованиями и опытом китайской народной медицины”.

The adjective многолетними acts as a powerful implicit evaluation marker, not by directly stating the effectiveness but by significantly enhancing the credibility and weight of the evidence presented to support the implicit claim. It transforms a simple statement of evidence into a more persuasive argument for effectiveness.

Below are examples where adjectives are used to describe a subject area:

“На основе пантогематогена сибирскими исследователями разработана биологически активная добавка с отличными потребительскими свойствами”.

In this example, the adjective отличными is used to describe the subject area – consumer properties of the additive. The adjective “отличными” (excellent) is the implicit evaluation marker. It describes the “consumer properties” of the additive, implying a positive assessment of its quality and appeal. While this does not directly justify the “excellent” properties, it provides context and implies some level of scientific or expert backing. The implicit suggestion is that the researchers have created something of high quality.

“Очистка промышленных технологических сред от соединений тяжелых металлов является одной из важнейших задач современного производства”.

The use of the superlative adjective “важнейших” (most important) is not merely descriptive; it serves a crucial rhetorical function. It elevates the importance of the topic, emphasizing its priority and urgency within the context of modern industrial production. The choice of the superlative, rather than a simpler comparative or positive form, significantly impacts the overall message and its persuasive power.

In the example below, the adjective “хорошей” (good) directly and explicitly asserts a positive evaluation of the biocompatibility. It can also be referred as TOE markers.

“Коллаген обладает хорошей биосовместимостью, так как является самым распространенным белком в организмах млекопитающих”.

Of the four lexical-grammatical categories used in the corpus to express evaluation, nouns rank second. The most frequent nouns in the corpus were значимость, интерес, and важность:

“Среди них особое место занимают металлокомплексные соединения, практическая значимость которых обусловлена возможностью применения их в медицине для изготовления фармацевтических препаратов”.

“Нанотехнологии являются динамично развивающейся областью научного интереса во всем мире, который связан с их уникальными физико-химическими свойствами (магнитными, оптическими и электрохимическими)”.

Both sentences convey a positive evaluation through the use of adjectives, nouns, and an adverb. The first sentence uses implicit evaluation, suggesting importance through wording and implication, while the second uses more explicit evaluation markers to directly showcase the positive aspects of nanotechnology. Both are effective in conveying a positive assessment, but they use different rhetorical strategies to do so. The adjective *особое* used in the phrase *особое место* implicitly positions metallocomplex compounds as significant or important within a larger group. The further clause (практическая значимость которых обусловлена возможностью применения их в медицине для изготовления фармацевтических препаратов) explicitly supports this positive evaluation by highlighting their practical use in medicine. The phrase *динамично развивающейся* suggests rapid progress and innovation, a positive attribute in the scientific field. The adjective *уникальными* emphasizes the special and valuable characteristics of nanotechnology.

A small number of nouns (22 %) were used to express an evaluative attitude towards the subject area:

“Из-за абсорбции, агрегации и осаждения в активном иле наночастицы легко остаются в его избыточном количестве, что создает долгосрочные проблемы в процессах утилизации активного ила”.

Here we can see two evaluation markers – the noun *проблема*, the adjective *избыточный*, and the adverb *легко*. All of them are TOE markers, which convey a negative evaluation. The phrase *долгосрочные проблемы* clearly indicates a negative consequence. The description of the nanoparticles' behavior sets the stage for the negative outcome. The sentence uses a cause-and-effect structure. The cause (nanoparticle behavior) directly leads to the effect (long-

term disposal problems). This causal link paints a negative picture of the situation without needing explicit negative adjectives.

In terms of frequency of use, adverbs rank third in the corpus. Most of the adverbs (63 %) were used to express evaluation of the authors' own research or previous studies:

“Исследования подтвердили, что из пантов успешно выделяют около 100 видов химических компонентов, причем пропорции этих веществ могут варьировать в зависимости от вида оленей”.

“В настоящее время интенсивно развиваются исследования фталоцианинов (Pc) и их производных”.

“Приведенные значения термодинамических характеристик существенно пополняют банк термодинамических данных для фталоцианинов”.

The adverbs *важно* and *существенно* were found to be the most frequent ROE markers in the corpus.

“Поскольку пищевые красители могут подвергаться воздействию неблагоприятных условий как на этапах производства, так и при хранении, важно оценить их стабильность под воздействием светового и температурного факторов, а также при добавлении консерванта, пригодного для пищевого использования, для разработки технологических режимов хранения продуктов”.

The ROE adverb *важно* establishes the evaluation of food coloring stability as a priority. It suggests that this assessment is necessary for achieving a specific goal – namely, developing effective storage regimes for food products. This marker does not judge the object itself but emphasizes the importance of a specific action (evaluation) that is implicitly motivated by a concern about potential negative consequences related to the food colorings' stability. It is a subtle yet effective way to convey the urgency and necessity of further investigation.

37 % of adverbs were used as TOE markers:

“Эти соединения содержат координационные центры H_2N_4 (координационные центры MN_4 и $R-COOH$), обладающие высокой электроакцепторной емкостью, сильно дифференцированные по электронной природе катионов металлов”.

While not explicitly positive or negative, this phrase highlights a significant and potentially

useful characteristic implying potential for specific applications or tunability. This description implies a level of complexity and control, which can be viewed as positive in chemistry.

“В образце № 4, полученном после гидролиза 1 М раствором соляной кислоты, содержится незначительное количество этих оксидов, что существенно влияет на кислотно-основные свойства поверхности”.

In this sentence, the adverb “существенно” (significantly) is more than just an intensifier. It is a crucial element in conveying the specific relationship between the small amount of oxides and their significant influence on the surface properties. Without it, the sentence would lack the precision and impact needed to accurately communicate the scientific finding.

“Данные, поступающие от источников, часто представляют трудно разделимые последовательности”.

This phrase implicitly conveys a negative evaluation of the data sequences. The difficulty in separating them suggests a problem or challenge in data analysis.

The quantitative analysis showed that verbs turned out to be the least frequent lexical-grammatical category. It was found that this category was equally encountered among the ROE and TOE markers:

“Они являются ключевыми величинами в термехимии Рс и открывают возможность проведения термодинамических расчетов в системах с Рс”.

This highlights the practical utility and value of these quantities. The ability to perform calculations

implies that these quantities provide crucial information needed for analysis and predictions.

“Известно, что сульфгидрильные фрагменты в составе дитиокарбаматов способствуют флотационному обогащению полезных компонентов сульфидных минералов меди, включая ковеллит, халькопирит и халькоцит”.

The verb способствуют does not directly state that the sulfhydryl fragments are “good” or “effective”, but it strongly implies a positive contribution. It suggests that the presence of these fragments has a beneficial effect on the flotation enrichment process.

The study also identified the most frequent lexical items used to express evaluation in chemistry articles. The results are presented in Table 3.

The analysis of lexical items used to express evaluation in chemistry articles, as presented in Table 3, reveals a nuanced approach to conveying judgments about the significance, validity, and impact of research findings. The data highlights a focus on both positive and negative assessments, as well as a clear distinction between expressions of certainty and probability, reflecting the inherent complexities within the scientific process. The prominence of terms related to significance and impact (e. g., “значимость”, “актуальность”) suggests a strong emphasis on the practical relevance and value of the research. The varied grammatical categories (adjectives, adverbs, nouns, verbs) used to express evaluation reveal a multifaceted linguistic system adapted to the specific needs and conventions of chemical discourse.

Table 3. Frequency of lexical items of evaluation by categories and meanings

Lexico-grammatical categories
<i>Adjectives</i> 1) of positive evaluation: эффективный, успешный, важный, значимый, ключевой, качественный, ценный; 2) of negative evaluation: неэффективный, спорный, малозначимый; 3) of certainty: уверенный, очевидный, безусловный, несомненный; 4) of probability: гипотетический, возможный, вероятный, предполагаемый
<i>Adverbs</i> 1) of certainty: безусловно, несомненно, явно; 2) of probability: возможно, вероятно, предположительно; 3) of significance: значительно, особенно, исключительно
<i>Nouns</i> of significance: значимость, актуальность, ценность, влияние, перспектива
<i>Verbs</i> 1) of assertion: подтверждать, доказывать, свидетельствовать; 2) of probability: предполагать; 3) of action: способствовать, воздействовать, приводить, привлекать

Conclusion

The study showed that the types of evaluation markers are used differently by chemistry researchers. Authors predominantly used ROE markers to assess aspects such as methodology, significance of findings, implications of results, and contribution to existing knowledge, with TOE markers occurring less frequently. As for the frequency of lexico-grammatical categories involved in the verbalization of evaluation, it was found that researchers preferred adjectives and nouns in evaluative statements.

The appropriate use of evaluative markers in academic discourse serves as a significant indicator of the author's pragmatic competence and is instrumental in achieving effective communication with the reader. These markers facilitate the clear articulation of the author's positionality, enhancing reader understanding of both the author's intentions and the underlying logical struc-

ture of the argument. Moreover, the strategic use of evaluation contributes to the overall persuasiveness of the text by enabling the writer to effectively emphasize significant findings and conclusions.

This study highlights the need for further research investigating metadiscourse across a broader spectrum of academic genres and scientific disciplines. A comparative approach will illuminate the influence of disciplinary conventions and the nature of the research problem on the selection and use of metadiscursive strategies. Further research, including frequency counts, contextual analysis, and comparisons with other scientific disciplines, would provide a more comprehensive understanding of the linguistic features underpinning evaluative judgments in chemistry and offer insights into the evolution of scientific communication within this field.

Список источников

1. Boginskaya O.A. Functional categories of hedges: A diachronic study of Russian-medium research article abstracts // Russian Journal of Linguistics. 2022. Vol. 26. Iss. 3. P. 645–667. <http://dx.doi.org/10.22363/2687-0088-30017>.
2. Hyland K. Persuasion and context: The pragmatics of academic metadiscourse // Journal of Pragmatics. 1998. Vol. 30. P. 437–455. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-2166\(98\)00009-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-2166(98)00009-5).
3. Dontcheva-Navratilova O. Engaging with the reader in research articles in English: Variation across disciplines and linguacultural backgrounds // English for Specific Purposes. 2021. Vol. 63. Iss. 4. P. 18–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.esp.2021.02.003>.
4. Vande Kopple W. Some exploratory discourse on metadiscourse // College Composition and Communication. 1985. Vol. 36. Iss. 1. P. 82–93.
5. Boginskaya O.A. Metadiscourse analysis of New Year addresses of the Russian President // Crede experto: transport, society, education, language. 2023. Iss. 1. P. 166–181.
6. Dontcheva-Navratilova O. Cross-Cultural Variation in the Use of Hedges and Boosters in Academic Discourse // Prague Journal of English Studies. 2016. Vol. 5. Iss. 1. P. 163–184. <http://dx.doi.org/10.1515/pjes-2016-0009>.
7. Takimoto M.A. Corpus-Based Analysis of Hedges and Boosters in English Academic Articles // Indonesian Journal of Applied Linguistics. 2015. Vol. 5. Iss. 1. P. 95–105. <http://dx.doi.org/10.17509/ijal.v5i1.836>.
8. Mauranen A. Contrastive ESP rhetoric: Metatext in Finnish-English economics texts // English for Specific Purposes. 1993. Vol. 12. P. 3–22.
9. Hyland K., Tse P. Metadiscourse in Academic Writing: A Reappraisal // Applied Linguistics. 2004. Vol. 25. Iss. 2. P. 156–177. <http://dx.doi.org/10.1093/applin/25.2.156>.
10. Hyland K. Metadiscourse: Exploring Interaction in Writing. London: Continuum, 2005. 230 p.
11. Thetela P. Evaluated entities and parameters of value in academic research articles // English for Specific Purposes. 1997. Vol. 16. Iss. 2. P. 101–118.

Information about the Authors / Информация об авторах

Semyon I. Luppov,
Student,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
lsi_15@mail.ru

Луппов Семен Иванович,
студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
lsi_15@mail.ru

Artyom P. Andreev,
Student,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
andreevartem12112004@gmail.com

Dmitrii E. Lukin,
Student,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
dlukin34@gmail.com

Olga A. Boginskaya,
Dr. Sci. (Philology),
Professor, Department of Foreign Languages 2,
Institute of Linguistics and Cross-Cultural Communication,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
koa1504@mail.ru

Андреев Артем Павлович,
студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
andreevartem12112004@gmail.com

Лукин Дмитрий Эдуардович,
студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
dlukin34@gmail.com

Богинская Ольга Александровна,
д.ф.н.,
профессор кафедры иностранных языков № 2,
Институт лингвистики и межкультурной коммуникации,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
koa1504@mail.ru

УДК 347.78.034
EDN: PDAKLW

Проблематика художественного перевода. Сравнение переводов стихотворения «Выхожу один я на дорогу» М.Ю. Лермонтова на разные языки

© М.А. Маргоева

Московский государственный лингвистический университет им. Мориса Тореца, Москва, Российская Федерация

Аннотация. Художественный перевод – это сложный творческий процесс. В отличие от обычного перевода, художественный не предполагает дословную передачу смысла и точность воспроизведения оригинального текста. Многие художественные произведения недостаточно хорошо переведены на иностранный язык. Каждый переводчик находится перед лицом альтернативы: выразиться самому или быть простым «передатчиком», потому конечный продукт зачастую не передает ни чувств, ни смысла, которые были вложены в оригинал автором. Целью данного исследования является выявление некоторых особенностей и тонкостей перевода одного и того же произведения на разные языки. Существует 60 переводов на 45 языков стихотворения «Выхожу один я на дорогу» М.Ю. Лермонтова, которые имеют разные лексические наборы и смысловые конструкции, определяемые посредством фундаментальных знаний языка и хорошего ознакомления с культурой и историей народов, являющихся носителями того или иного языка, на который переведена работа. Данное исследование содержит анализ первого четверостишия нескольких переводов упомянутого стихотворения на французский язык, а также один на чеченский. Эти языки входят в разные генеалогические группы, что позволяет в лучшей степени проследить за некоторыми нюансами художественного перевода.

Ключевые слова: художественные произведения, творческий процесс, дословная передача смысла, переводчик, выявление особенностей и тонкостей перевода

Literary translation problems. Comparison of translations of "I Go out Alone on the Road" by M.Y. Lermontov into different languages

© Milana A. Margoeva

Moscow State Linguistic University named after Maurice Thorez, Moscow, Russian Federation

Abstract. Literary translation is a complex creative process. Unlike conventional translation, literary translation does not imply literal transfer of the meaning and accuracy of reproduction of the original text. Many works of art are not well translated into a foreign language. Each translator faces an alternative to express himself or to be a simple transmitter, that is why the final product, in particular cases, does not convey either the feelings or the meaning that were put into the original by the author. The purpose of the article is to identify some of the features and subtleties of translating the same work into different languages. There are 60 translations into 45 languages of the poem "I Go out Alone on the Road" by M.Y. Lermontov, which have different lexical sets and semantic constructions, determined by fundamental knowledge of the language and a good acquaintance with the culture and history of the peoples who are speakers of a particular language into which the work is translated. The article contains several translations of the aforementioned poem into French, as well as one into Chechen. These languages belong to different genealogical groups, which makes it possible to better follow some of the nuances of literary translation.

Keywords: works of art, creative process, literal rendering of meaning, translator, identification of the translation features and subtleties

Художественный перевод – это сложнейшее искусство, позволяющее преодолевать культурные и языковые барьеры, обогащая коллективную память человечества и открывая доступ к сокровищам мировой литературы. Он предполагает перенос какого-либо

текста на иностранный язык с сохранением смысла, авторского стиля и речевых приемов, без которых он не обладал бы своей уникальностью. Он требует не только глубокого знания языков, но и специальной подготовки, а также врожденного таланта. Слишком бук-

важный подход к переводу художественного текста неизбежно приводит к потере индивидуальности персонажей, общего настроения произведения и юмора.

Художественный перевод – один из самых сложных видов перевода, в котором личность переводчика очень важна [1]. Во время перевода художественных произведений переводчику приходится выступать в роли писателя и поэта, соавтора произведения. Перевод художественных текстов требует от переводчика определенных знаний, умений и навыков, которыми можно овладеть в процессе изучения теоретического и практического курсов художественного перевода [2]. Он никогда не переводит отдельно взятые слова, потому что таким образом гарантированно попадает в ошибку. Любой профессиональный переводчик рассматривает возможные значения слов, исходя из общего смысла отдельно взятого контекста [3].

Отличие художественного перевода от обычного – это отсутствие дословности, а также наличие в тексте художественных приемов (метафора, ирония, эпитеты).

В художественном переводе крайне важна передача авторского стиля, включая фразеологизмы, идиомы, поговорки, пословицы и афоризмы. Переводчик должен глубоко понимать культуру и эпоху, изображаемые в тексте, стремясь не просто передать смысл, но и воссоздать авторский замысел и манеру изложения. Сложность художественного перевода обусловлена многообразием стилистических средств и особенностей языка оригинала. Важно суметь максимально точно перевести их на другой язык, не исказив содержания и сохранив воздействующую и эстетическую функции сообщения [4]. Многие полагают, что переводить художественные произведения просто и что для этого не нужно иметь узкую специализацию. Также нет необходимости знать профессиональные термины и можно проявить свой литературный талант. Однако качество перевода многих литературных произведений зарубежных авторов оставляет желать лучшего, что и является исчерпывающим аргументом против вышеизложенных предположений.

Художественный перевод – это высокое искусство, в котором переводчик выступает не

просто посредником, а соавтором, воплощающим замысел писателя на другом языке. Подобно актеру, скульптору или художнику, он работает с текстом как с материалом для собственного творческого процесса, при этом талант – основа его профессии.

Для того, чтобы переводить Бальзака, нужно (хоть отчасти) перевоплотиться в Бальзака, усвоить себе его темперамент, заразиться, насколько возможно, его эмоциональной личностью. Чем талантливее переводчик, тем полнее он преображается в автора. Воля автора не сковывает, а, напротив, окрыляет его. Искусство переводчика, как и искусство актера, находится в полной зависимости от материала. Подобно тому, как высшее достижение актерского творчества заключается не в отклонении от воли драматурга, а, напротив, в слиянии с ней, в полном подчинении ей, также и искусство переводчика, в высших своих достижениях, заключается в слиянии с волей автора [5].

Существуют общие правила художественного перевода:

1. Переводчик должен найти способы передать содержание произведения как можно ближе к авторскому стилю. Крайне важно сохранить атмосферу и дух произведения.

2. Новый литературный труд должен быть интересным для потенциального читателя. Для этого в тексте используются стилистические средства: гиперболы, антитезы, инверсии, риторические вопросы, метафоры и др.

3. Недопустимы ошибки в исторических событиях, географических названиях и другой фактической информации.

4. Художественный перевод подчиняется правилам литературного изложения. Желательно употребление синонимов, а не одного и того же слова подряд в нескольких предложениях.

В некоторых случаях даже при наличии слова-эквивалента мы не можем его использовать, т. к. оно не отражает контекста, поэтому приходится прибегать к контекстуальной замене. Существуют следующие виды контекстуальных замен:

– конкретизация – использование слова, которое имеет более узкое значение, чем слово в оригинале;

– антонимический перевод – замена отри-

цательной конструкции на утвердительную или наоборот;

– целостное переосмысление – прием, который используют при переводе идиом, пословиц и поговорок [6].

Одной из важных функций художественного перевода – передача юмористической окраски произведения. Большинство шуток невозможно перевести на другой язык дословно. И здесь большую роль играет словарный запас и опыт переводчика художественных текстов.

Если говорить о функциях художественного перевода, то основной из них является эстетическое воздействие на читателя (или слушателя). И, безусловно, художественный текст в целом полифункционален: он выполняет и функцию коммуникации между автором и читателем (слушателем), и функцию когнитивную (познавательную), помогая нам часто гораздо лучше специальных научных исследований узнать и познать изображенную в нем действительность. Но тем не менее специфика художественного произведения проявляется прежде всего в его эстетическом воздействии на реципиента [7].

Существует мнение, что Ф.М. Достоевский, когда встречал на одной странице два одинаковых слова, убирал одно и искал к нему синоним, потому что данный аспект крайне важен для мастера пера, а его несоблюдение плохо влияет на эстетическое составляющее художественного произведения.

Передать особенности речи персонажей, особенно яркий диалектизм или жаргон, является непростой задачей, часто приводящей к потере индивидуальности и колорита. Многие специалисты считают некоторые фольклорные и диалектные элементы языка принципиально непереводаемыми. Между исходным художественным произведением и его переводом работающий над ним переводчик устанавливает неустойчивое и, по всей видимости, относительное равновесие на основе своего личного языкового и культурного опыта и индивидуального видения мира.

Предполагается, что благодаря этому равновесию художественный перевод можно признавать заместителем исходного текста в иноязычной культурной среде. В случае если таких заместителей несколько, возникает допол-

нительная проблема достоверности: какой же из них лучше, истиннее, ближе к оригиналу [8]. От мастерства переводческих кадров всецело зависит и качество художественного перевода, которое предопределяет мнение иноязычных читателей о художественной ценности оригинала, обуславливает благоприятность производимого на них эстетического впечатления, влияет на постижение писательских интенций и инационального культурного колорита [9].

Для демонстрации искусности некоторых переводчиков и тонких отличий в их переводах одного и того же произведения рассмотрим и проанализируем стихотворение М.Ю. Лермонтова «Выхожу один я на дорогу» в переводе на французский и чеченский языки. Благодаря тому, что данные языки входят в разные генеалогические группы, между ними есть резкий контраст, который позволит увидеть интересные детали и факты.

«Выхожу один я на дорогу;

Сквозь туман кремнистый путь блестит;

Ночь тиха. Пустыня внемлет Богу,

И звезда с звездой говорит».

Лирический герой предстает в образе одинокого путника, которым считал себя в жизни поэт. Он всегда ощущал свое острое одиночество и независимость. Удаление от людского общества наконец-то внесло в его душу покой и умиротворение. Созерцание природы и звездного неба настраивает на возвышенные мысли. Лирический герой вроде бы избавился от всех волнующих сердце желаний, расстался с надеждами и мечтами о будущем. Отныне он хочет только свободы и покоя. Лермонтов понимает, что единственный выход – физическая смерть, но она пугает поэта, т. к. означает и духовную смерть.

Далее мы рассмотрим три перевода данного стихотворения на французский язык и попытаемся сравнить их.

Je m'en vais tout seul sur la grand route,

Le silex reluit dans le brouillard,

Dieu énonce – et le désert écoute,

L'astre à l'astre lance un long regard [10].

(Пер. М. Цветаевой)

М. Цветаева решила опустить упоминание тропы, использовав одно le silex – камень. Смысл этого вполне очевиден, потому что в данном контексте ясно, что именно дорога

блестит, а не другой элемент окружающей героя среды. Она не указала дословно на состояние ночной природы, а напротив, выразительно проиллюстрировала это в последних двух строках. М. Цветаева использовала существительное «astre» вместо «etoile», в то время, как в трех рассматриваемых переводах (также в переводе А. Абриля) использован второй вариант. Если говорить о семантике данных слов, *etoile* – просто звезда, а *astre* может быть звездой, солнцем, луной, планетой, а также светилом. Она решила заменить разговор звезд на долгий взгляд, что, по моему мнению, вышло очень изящно.

Voici que je m'en vais tout seul, moi, sur la route.
A travers le brouillard le chemin pierreux luit;
La nuit se tait, c'est Dieu que le désert écoute,
Et l'étoile, elle parle à l'étoile sans bruit [10].
(Пер. А. Дюперре)

В самом начале А. Дюперре ясно подчеркивает состояние героя и прямо указывает на единственного его товарища – одиночество. Далее чувствуется исключительно русская манера стихосложения, при которой автор не соблюдает порядок слов в предложении во имя красоты и изящности. А. Дюперре перевел эту строку с соблюдением той же последовательности, что и автор стихотворения. Он использует глагол *se taire*, олицетворяя ночь и иллюстрируя ее состояние, а также сопровождает диалог звезд бесшумностью, возможно, указывая, на их взгляд, нежели на разговор, ровно как и М. Цветаева.

Seul je suis, sur une route pierreuse,
Clair de lune traverse la brume, doucement,
Où le Dieu la plaine déserte et pieuse,
Les étoiles se parlent au firmament [10].
(Пер. А. Суркова)

В отличие от остальных переводов, в своей работе А. Сурков опустил слова о том, что дорога блестит, и напротив указал на лунный свет, который, пробивая туман, неторопливо сопровождал героя. В третьей строке он использовал устаревший глагол *oùire*, который имеет значение «внимать», и выражение «пустынная равнина», охарактеризовав ее набожностью, говоря о том, что она знает своего Создателя и покорна Ему. А. Сурков употребил слово «небосвод», которого нет в исходном тексте, но которое прекрасно дополняет выражение.

Теперь мы рассмотрим перевод данного стихотворения на чеченский язык:

Араволу со буйсана цхьаллехь:
Выхожу я ночью в одиночестве:
Дахарх чех мокхазан тача го,
Сквозь туман видна кремнистая тропинка,
Тийна ду. Дуьне ду леткъаш Далла,
Тихо. Земля жалуется Богу,
Седане камел до седано.
Звезда говорит со звездой [10].
(Пер. Х. Бурчаев)

Х. Бурчаев использовал слово «го», что значит видеть, вместо напрашивающегося «блестеть» (из исходного текста), при этом подразумевая свет, который и позволяет герою видеть через туман, не упоминая его словесно. Также он единственный из рассмотренных нами переводчиков, который употребил выражение «кремнистый путь». Х. Бурчаев заменил практически всю третью строчку стихотворения, выбрав для речи глагол «латкъаш», который имеет значение «жаловаться», заменив слово «пустыня» на «земля» и поменяв местами внимающего и жалующегося. В переводе предложение звучит так: «Земля жалуется Богу». Вероятно, она сетует на людей, которые разносят бесчестие, не творят добро и не отдают должное своему Создателю.

Ознакомившись с чеченским переводом стихотворения, можно увидеть блестящий пример теории, который будет рассмотрен более подробно.

Знание слов – лишь часть необходимых для переводчика навыков. Не менее важно понимание предмета перевода. Эта теория меняет традиционное представление о переводе, акцентируя внимание на контексте. Например, знание латинского языка означает две разные вещи: с одной стороны – знание латинских слов и латинской грамматики, с другой – знание римской действительности (то есть знание жизни, культуры и истории народа, для которого данный язык является средством выражения), стоящей за этими словами и резко отличной от действительности нашего времени. Чтобы хорошо переводить, мало изучить язык, надо еще изучить культуру, связанную с этим языком. И такое изучение должно быть не поверхностным или случайным, а систематическим и фундаментальным [11].

Наглядный для этого пример заключен в первой строке четвертого столбца перевода на чеченский язык рассматриваемого стихотворения. Х. Бурчаев написал: «Амма лахътин шийла наб а йоцуш», что переводится как «Но не тем холодным сном могилы», с употреблением слова «лахъта», которое можно перевести как «могила», если не пытаться разобраться в его этимологии и не учитывать религию, исповедуемую чеченцами со времен второго праведного халифа мусульман Умара ибн аль-Хаттаба. Дело в том, что лахъта – это боковое углубление в могиле у мусульман, куда помещается тело покойника, а не сама могила, хотя Х. Бурчаев использовал это слово как эквивалент. Только человек, осведомленный о вышеизложенных фактах, сможет понять эту тонкую грань.

На основании вышесказанного, можно сделать заключение, что разные переводы одного и того же стихотворения могут иметь как тонкие, так и довольно внушительные отличия. Только великолепный писатель и знаток творчества М.Ю. Лермонтова сможет сказать, какая из рассмотренных работ является лучшей и наиболее близкой к оригиналу. Не то, что перевод, а даже анализ и сравнение – это большой труд, который действительно заслуживает высочайшей похвалы и признания. Для того, чтобы в полной мере изучить культуру и историю какого-либо народа, необходимо владеть языком, который издавна формировался на их основе. Не каждый человек сможет осилить изучение иностранного языка для ознакомления с этническим своеобразием другого народа, потому нам и нужны ква-

лифицированные переводчики, которые смогут передать абсолютно все, что было вложено автором в работу. Это кажется невозможным, учитывая то, что каждое произведение имеет свою эмоциональную окраску, без передачи которой оно теряет свою оригинальность. К примеру, как перевести на иностранный язык знаменитый отрывок из поэмы «Руслан и Людмила» А.С. Пушкина «У лукоморья дуб зеленый», если даже начало вызывает затруднения своей исключительной атмосферой, которую способен понять только русский человек? Таких примеров много и это остается большой проблемой всех времен, т. к. художественный перевод практикуется уже давно. Возможно, в ближайшем будущем переводчики смогут найти способ лучшим образом переводить зарубежную литературу, потому что в настоящее время возвращение духовности и сохранение основополагающих ценностей, на которых человечество росло в течение тысячелетий, становится очень актуальным, а это невозможно без обращения к классическому наследию. Как сказал А.С. Пушкин: «Переводчики – почтовые лошади просвещения».

Необходимо прикладывать все силы для подготовки специалистов этой области, потому что крайне важно знакомить свой народ с шедеврами иностранных классиков и не только. По блестящим работам наших переводчиков можно представить и почувствовать атмосферу какого-либо столетия и города, передаваемую автором со всей скрупулезностью. Такое умение – дар, который необходимо развивать и использовать во всеобщее благо.

Список источников

1. Бояркина А.В. Цифровые технологии в художественном переводе (на примере немецкоязычных текстов) // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. 2022. № 205. С. 14–20.
2. Алимова М.В. Особенности и основные критерии перевода художественного текста // Русистика. 2012. № 2. С. 47–52.
3. Вербова М.В., Салтыкова Е.А. Перевод поэтического текста: реинтерпретация смысла или творчество? // Казанский лингвистический журнал. 2019. Т. 2. № 3. С. 5–13.
4. Огнева К.Н. Особенности нейросетевого перевода художественного текста с английского языка на русский (на примере модели нейросети SEAMLESSM4T) // Актуальные вопросы перевода, лингвистики, истории литературы и фольклора: сб. статей XII Междунар. науч. конф. молодых ученых (г. Екатеринбург, 09 февраля 2024 г.). Екатеринбург, 2024. С. 263–272.
5. Мамина А.В., Данильченко Т.Ю. Художественный перевод как вид литературного творчества // Наука и образование сегодня. 2020. № 4 (51). С. 24–26.
6. Белова А. В. Художественный перевод в переводоведческой парадигме // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. №3–2 (78). С. 69–72.

7. Пожидаева А., Шибеекая О. Художественный перевод с английского на русский: эффективные приемы // Инглекс. Режим доступа: <https://englex.ru/talking-about-literary-translation/> (дата обращения: 15.01.2025).
8. Каторова А.М. Художественные переводы и их роль в диалоге литератур народов России на современном этапе развития // Oriental Studies. 2019. Т. 12. № 3. <https://doi.org/10.22162/2619-0990-2019-43-3-552-560>.
9. Лермонтов М.Ю. Выхожу один я на дорогу (в переводах на языки народов мира). М.: Историческая газета, 2013. 160 с.
10. Клышко А.А. Перевод – средство взаимного сближения народов. М.: Прогресс, 1987. 683 с.

Информация об авторе / Information about the Author

Маргоева Милана Алиевна,
студент,
Московский государственный лингвистический
университет им. Мориса Тореза,
119034, г. Москва, ул. Остоженка, 38, стр. 1,
Российская Федерация
milaan_00@mail.ru

Milana A. Margoeva,
Student,
Moscow State Linguistic University
named after Maurice Thorez,
Bldg. 1, 38 Ostozhenka St., Moscow 119034,
Russian Federation
milaan_00@mail.ru

УДК 332.8
EDN: PRQZHF

Анализ влияния стоимости строительных материалов на стоимость квадратного метра жилой недвижимости

© С. Стояновски, О.В. Литвинова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье проводится анализ влияния стоимости строительных материалов на стоимость квадратного метра жилой недвижимости в России. Исследование основывается на данных Союза инженеров-сметчиков и Росстата за первое полугодие 2024 года, а также на анализе динамики цен на основные строительные материалы в период с сентября 2022 года по сентябрь 2024 года. В результате тщательного анализа выявляется неравномерность изменения цен на строительные материалы, что оказывает непосредственное влияние на себестоимость строительства и на итоговую цену квадратного метра недвижимости. Демонстрируется значительный разброс в изменении цен на различные материалы: от существенного роста до значительного снижения. Анализ показывает, как такая неравномерность влияет на прогнозирование стоимости строительства и доступности жилья, а также указывает на необходимость государственной поддержки строительной отрасли в условиях снижения спроса и финансовых трудностей. В статье рассматриваются мнения экспертов о потенциальных драйверах роста строительного рынка, таких как развитие малоэтажного строительства, улучшение условий для жилищного строительства и реализация государственных программ, направленных на поддержку строительной отрасли в условиях текущих экономических вызовов.

Ключевые слова: строительные материалы, жилая недвижимость, строительная отрасль, себестоимость строительства, доступность жилья

Analysis of the impact of the cost of building materials on the cost per square meter of residential real estate

© Sofia Stoyanovski, Olga V. Litvinova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Based on data from the Union of Cost Engineers and Rosstat for the first half of 2024, as well as on an analysis of the dynamics of prices for basic building materials in the period from September 2022 to September 2024, the article analyzes the impact of the cost of building materials on the cost per square meter of residential real estate in Russia. As a result, a thorough analysis reveals uneven changes in prices for building materials, which has a direct impact on the cost of construction and the final price per square meter of real estate. The article demonstrates a significant range in price changes for various materials: from significant increases to significant decreases. The analysis shows how such unevenness affects the forecasting of construction costs and housing affordability, and also points to the need for state support for the construction industry in the context of declining demand and financial difficulties. The article examines expert opinions on potential drivers of construction market growth, such as the development of low-rise construction, improving conditions for housing construction and the implementation of state programs aimed at supporting the construction industry in the context of current economic challenges.

Keywords: building materials, residential real estate, construction industry, construction costs, housing affordability

Стоимость квадратного метра жилой недвижимости является важным макроэкономическим индикатором. Она отражает нынешнее состояние экономики, инвестиционную привлекательность рынка недвижимости, уровень доходов населения и доступность жилья. Оптимальный уровень цен способствует экономическому росту и развитию, в то время как чрезмерный рост приводит к негативным последствиям, увеличивая риски финансовой

нестабильности и усиливая дифференциацию доходов населения.

Немаловажным аспектом, влияющим на стоимость квадратного метра жилой недвижимости можно считать стоимость строительных материалов, которая составляет значительную часть себестоимости строительства. На рисунке изображена круговая диаграмма, иллюстрирующая структуру себестоимости строительства в первом полугодии 2024 г.



Структура себестоимости строительства в первом полугодии 2024 г.

Из этой диаграммы можно подтвердить, что большая часть приходится на строительные материалы.

По данным Союза инженеров-сметчиков, полная себестоимость строительства 1 м² многоквартирных жилых домов массового спроса составила на первое полугодие 2024 г. в среднем по Российской Федерации – 83 245 руб. Рост себестоимости строитель-

ства за первое полугодие (январь – июнь) 2024 г. составил 8,06 %¹.

По данным Росстата, за шесть месяцев 2024 г. строительные материалы подорожали на 4,62 % при общем росте потребительских цен на 3,88 %. В годовом выражении (по сравнению с июнем 2023 г.) рост стоимости строительных материалов составил 9 %².

Таблица 1. Исходные данные

Наименование строительного материала	Сентябрь, 2022	Сентябрь, 2023	Сентябрь, 2024
Пески природные	114,32	115,96	109,82
Щебень	119,87	107,39	104,65
Камень природный дробленый	114,45	114,88	111,59
Смеси песчано-гравийные	109,18	106,86	125,4
Пиломатериалы хвойных пород	99,27	98,32	105,73
Лесоматериалы хвойных пород необработанные, окрашенные, протравленные, обработанные креозотом или другими консервантами	108,41	84,54	103,29
Битумы нефтяные	104,29	93,42	124,6
Линолеум и твердые непolyмерные материалы для покрытия пола, т. е. упругие напольные покрытия, такие как виниловое покрытие, линолеум и аналогичные изделия	110,18	105,28	105,27
Кирпич керамический неогнеупорный строительный	113,4	100,68	102,1
Портландцемент, цемент глиноземистый, цемент шлаковый и аналогичные гидравлические цементы	116,79	112,1	109,46
Известь негашеная, гашеная и гидравлическая	111,12	101,32	115,68
Кирпич силикатный и шлаковый	115,71	101,95	108,19
Сваи железобетонные	112,23	98,22	114,49
Перекрытия железобетонные	107,06	105,51	102,64
Плиты перекрытий железобетонные	119,16	100,14	104,9
Бетон, готовый для заливки (товарный бетон)	111,39	106,22	110,28
Опоры линий электропередачи (ЛЭП) из черных металлов	114,4	100,29	110,09
Радиаторы центрального отопления с неэлектрическим нагревом металлические	99,6	104,14	100,23

¹ Справка о средней стоимости строительства многоквартирных жилых домов массового спроса и ценах на рынке недвижимости по регионам Российской Федерации // Союз инженеров-сметчиков. 2024. 7 с.

² Индексы цен производителей на строительную продукцию по Российской Федерации в 2024 год // Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistics/price> (дата обращения: 25.03.2025).

В подтверждение вышеуказанных слов рассмотрим динамику изменения индексов цен на приобретенные строительными организациями строительных материалов. Исходные данные для анализа представлены в табл. 1³.

Далее, находим темп прироста индексов основных строительных материалов (табл. 2).

Существенно выросли в цене (более чем на 10 %): песчано-гравийные смеси (+14,86 %), нефтяные битумы (+19,47 %), сталь арматурная горячекатаная для железобетонных кон-

струкций (+20,47 %) и железо, чугун, сталь и ферросплавы (+19,68 %). Наименьшее изменение (близкое к нулю) наблюдается у электросварных труб (-0,08 %) и радиаторов отопления (+0,63 %). Наибольшее снижение цен наблюдаются у следующих материалов: щебень (-12,70 %), кирпич керамический неогнеупорный строительный (-9,96 %), плиты перекрытий железобетонные (-11,97 %). Остальные материалы показали незначительный рост или снижение цен в период с сентября 2022 г. по сентябрь 2024 г.

Таблица 2. Анализ изменения строительных материалов

Наименование строительного материала	Сентябрь, 2022	Сентябрь, 2024	Изменение, %
Пески природные	114,32	109,82	-3,94
Щебень	119,87	104,65	-12,70
Камень природный дробленый	114,45	111,59	-2,50
Смеси песчано-гравийные	109,18	125,4	14,86
Пиломатериалы хвойных пород	99,27	105,73	6,51
Лесоматериалы хвойных пород необработанные, окрашенные, протравленные, обработанные креозотом или другими консервантами	108,41	103,29	-4,72
Битумы нефтяные	104,29	124,6	19,47
Линолеум и твердые непалимерные материалы для покрытия пола, т. е. упругие напольные покрытия, такие как виниловое покрытие, линолеум и аналогичные изделия	110,18	105,27	-4,46
Кирпич керамический неогнеупорный строительный	113,4	102,1	-9,96
Портландцемент, цемент глиноземистый, цемент шлаковый и аналогичные гидравлические цементы	116,79	109,46	-6,28
Известь негашеная, гашеная и гидравлическая	111,12	115,68	4,10
Кирпич силикатный и шлаковый	115,71	108,19	-6,50
Сваи железобетонные	112,23	114,49	2,01
Перекрытия железобетонные	107,06	102,64	-4,13
Плиты перекрытий железобетонные	119,16	104,9	-11,97
Бетон, готовый для заливки (товарный бетон)	111,39	110,28	-1,00
Растворы строительные	110,67	112,84	1,96
Смеси битуминозные на основе материалов природного и искусственного камня и битума, природного асфальта или связанных с ним веществ в качестве связующего	112,53	107,09	-4,83
Железо, чугун, сталь и ферросплавы	84,8	101,49	19,68
Сталь арматурная горячекатаная для железобетонных конструкций	90,49	109,01	20,47
Профили незамкнутые горячекатаные, горячекатаные или экструдированные, без дополнительной обработки, из легированных сталей	105,09	111,22	5,83
Трубы стальные электросварные	104,07	103,99	-0,08
Трубы стальные водопроводные	109,47	108,03	-1,32
Опоры линий электропередачи (ЛЭП) из черных металлов	114,4	110,09	-3,77
Радиаторы центрального отопления с неэлектрическим нагревом металлические	99,6	100,23	0,63

³ Средние цены на приобретенные строительными организациями основные материалы, детали и конструкции по Российской Федерации в 2024 году // Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistics/price> (дата обращения: 25.03.2025).

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что рынок строительных материалов характеризуется неравномерным изменением цен. Непредсказуемые колебания цен на отдельные строительные материалы усложняют процесс прогнозирования себестоимости строительства, следовательно, появляется риск перерасхода бюджета, что приводит к задержкам в реализации проектов и снижению рентабельности.

К тому же сильное увеличение некоторых позиций: щебень, арматура, смеси песчано-гравийные, приводит к недовольствам в строительной сфере и появлениям предложений введения регулирования цен на стройматериалы. Хотя стоит учитывать, что рост цены стройматериалов органично связан с ростом тарифов на газ, электроэнергию и железнодорожные перевозки, повышением цен на топливо и прочее.

Безусловно, одной из важных задач можно считать повышение доступности жилья. Без определения реальных причин роста цен на квадратный метр жилья нельзя предотвратить повышение темпов роста средней стоимости жилой недвижимости. Анализ и контроль динамики цен на строительные материалы является одним из ключевых аспектов в определении истинной причины кризиса строительной отрасли.

Ожидаемое снижение покупательского спроса на жилье требует незамедлительной государственной поддержки строительной отрасли. По мнению Антона Мороза, вице-президента Национального объединения строителей, среди потенциальных драйверов строительного рынка можно назвать рост спроса на малоэтажное строительство на пригородных и сельских территориях, а также продолжение крупных государственных программ, направленных на развитие инфраструктуры⁴.

Список источников

1. Садков В.Г., Потапова Я.В. О тенденциях развития рынка жилья и выявлении монополизма, определяющего рост цен на строительные материалы и жилую недвижимость // Региональная экономика: теория и практика. 2008. № 30. С. 2–8.
2. Павлов И.С. Система жилищного строительства в российской Федерации: состояние и перспективы // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2009. № 3. С. 46–51.
4. Акулова А.Ш., Назарова А.Ю. Современное состояние и основные тенденции развития рынка строительных материалов в России // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 14 (175). С. 5–8.
5. Айткенов Д.Е. Факторы, влияющие на ценообразование недвижимости: анализ и прогнозирование // Инновации и инвестиции. 2023. № 10. С. 497–501.
6. Глазьев С.Ю. Экономика будущего. Есть ли у России шанс? М.: Книжный мир, 2016. 640 с.
7. Алешко О.С. Формирование специализированного производства строительных материалов в России // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2013. № 15. С. 262–271.
8. Тимофеева П.В., Цветых А.В. Тенденции развития рынка строительных материалов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2011. № 330. С. 321–323.
9. Стененко М.Э., Ярошевский А.С., Войнова Я.А. Ценообразование на рынке строительных материалов // Экономика и социум. 2018. № 12. С. 1168–1172.
10. Макаренко С.В., Васильев К.О. Производство строительных материалов с использованием местного сырья и техногенных отходов – комплексный и эффективный путь развития производства строительных материалов и улучшения экологической обстановки в регионе // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. № 10 (1). С. 76–83. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2020-1-76-83>.

Информация об авторах / Information about the Authors

Стояновски София,
студент,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
studennikova2003@list.ru

Sofia Stoyanovski,
Student,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
studennikova2003@list.ru

⁴ Причины роста стоимости жилья и перспективы развития строительного рынка // НОСТРОЙ. Режим доступа: https://nostroy.ru/company/news/?COMP_ID=t_news&CUR_TAB=0&eid=40233&sphrase_id=209015 (дата обращения: 25.03.2025).

Литвинова Ольга Владимировна,

к.э.н., доцент кафедры экспертизы
и управления недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
olga.66.08@inbox.ru

Olga V. Litvinova,

Cand. Sci. (Economics),
Associate Professor of Expertise
and Real Estate Management Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
olga.66.08@inbox.ru

УДК 332.14
EDN: QGIDUI

Бюджетно-налоговая политика региона: основные тенденции и приоритеты в современных условиях

© Г.И. Хохлова, И.О. Попова, П.Г. Шавяرنский

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Бюджетно-налоговая политика как ключевой инструмент управления региональными финансами направлена на достижение сбалансированности бюджетов и устойчивости экономического развития. Бюджетно-налоговая политика в условиях изменяющихся внешних и внутренних факторов нуждается в постоянном преобразовании для эффективного регулирования источниками формирования и использования финансовых ресурсов на основе долгосрочного планирования и прогнозирования. В свою очередь долгосрочный прогноз в субъектах Российской Федерации может корректироваться в соответствии с вносимыми изменениями в законодательство и в прогноз социально-экономического развития региона. Это обстоятельство имеет особую актуальность в условиях возрастающей зависимости российской экономики от ее добывающего сектора, а также внешнеэкономических факторов. Проведенное исследование посвящено рассмотрению основополагающих аспектов формирования и реализации бюджетно-налоговой политики на примере Иркутской области. Анализ параметров бюджета Иркутской области позволил выявить динамику основных показателей, изменения которых в целом совпадают с общероссийскими тенденциями. Например, формирование доходной базы бюджета Иркутской области имеет общие проблемы, связанные с зависимостью от добывающего сектора экономики и внешних факторов (ситуации на мировых сырьевых рынках, санкционного давления). Внедрение долгосрочного бюджетного планирования, финансирование программ социального характера, а также проектов по поддержке малого и среднего бизнеса позволит повысить инвестиционную привлекательность региона.

Ключевые слова: бюджет, программно-целевой метод управления бюджетом, государственный долг, налоговые и неналоговые доходы бюджета, расходы бюджета

Budget and tax policy of the region: main trends and priorities in modern conditions

© Galina I. Khokhlova, Irina O. Popova, Pavel G. Shavyarnovsky

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Fiscal policy as a key tool for managing regional finances is aimed at achieving balanced budgets and sustainable economic development. In the context of changing external and internal factors, budgetary and tax policy requires constant transformation to effectively regulate the sources of formation and use of financial resources based on long-term planning and forecasting. In turn, the long-term forecast in the constituent entities of the Russian Federation can be adjusted in accordance with the amendments made to the legislation and to the forecast of the socio-economic development of the region. This circumstance is of particular relevance in the context of the growing dependence of the Russian economy on its extractive sector, as well as external economic factors. The article is devoted to the consideration of the fundamental aspects of the formation and implementation of budget and tax policy in the case of the Irkutsk region. The analysis of the budget parameters of the Irkutsk region revealed the dynamics of the main indicators, the changes of which generally coincide with the national trends. For example, the formation of the revenue base of the Irkutsk region budget has common problems related to dependence on the extractive sector of the economy and external factors (the situation on world commodity markets, sanctions pressure, etc.). The introduction of long-term budget planning, financing of social programs, as well as projects to support small and medium-sized businesses will increase the investment attractiveness of the region.

Keywords: budget, program-oriented method of budget management, public debt, tax and non-tax revenues of the budget, budget expenditures

Задачи эффективного использования бюджетных средств, сокращения государственного долга и повышения финансовой устойчивости регионов приобретают особую актуальность в условиях экономической и политической нестабильности государства [1].

Как показывает международный опыт и отечественная практика, для управления государственными финансами используется программно-целевой метод управления бюджетами, который предполагает бюджетирование, ориентированное на результат (БОР),

т. е. планирование бюджетных расходов должно согласовываться с результатами деятельности органов исполнительной власти по оказанию услуг и исполнению своих функций, которые не имеют волатильности в течение достаточно продолжительного времени. Программно-целевой метод имеет такие особенности его применения, как бюджетное планирование, разработка и управление бюджетными программами [2, 3].

Согласно бюджетному законодательству одним из важнейших принципов построения бюджетной системы Российской Федерации выступает принцип, в основе которого лежит необходимость эффективного использования бюджетных средств (т. е. достижение наилучших результатов с использованием наименьшего объема бюджетных средств) и управления государственным долгом, что предполагает соблюдение уровня долговой нагрузки региона в пределах 20 % от общего объема доходов областного бюджета без учета безвозмездных поступлений за соответствующий финансовый год¹.

Иркутская область имеет свои специфические особенности бюджета, связанные с влиянием внешнеполитических рисков (колебания цен на нефть, газ, а также применению санкций со стороны недружественных госу-

дарств и т. д.) (рис. 1)².

В структуре доходов бюджета Иркутской области преобладают такие налоги, как налог на прибыль организаций и налог на имущество, которые составляют около 70 % всех налоговых и неналоговых доходов. В целом экономика Иркутской области существенно ориентирована на добычу природных ресурсов и указанная сырьевая зависимость, в первую очередь, за счет развития нефтедобывающей отрасли, только увеличивается. Например, в январе – декабре 2022 г. наблюдалось увеличение добычи полезных ископаемых (103 %), что в основном связано с ростом добычи нефти и металлических руд³.

Несмотря на стоящие задачи по диверсификации экономики, добывающая отрасль является конкурентным преимуществом региона, за счет которого пополняется доходная часть бюджета и повышается инвестиционная привлекательность Иркутской области.

Стимулирование инвестиционной активности имеет важную роль в бюджетной политике Иркутской области. В 2022 г. кредитный рейтинг региона был подтвержден на уровне ruAA+ и оценивается как стабильный, что делает область привлекательной для инвесторов и позволяет привлекать дополнительные ресурсы в экономику региона⁴.

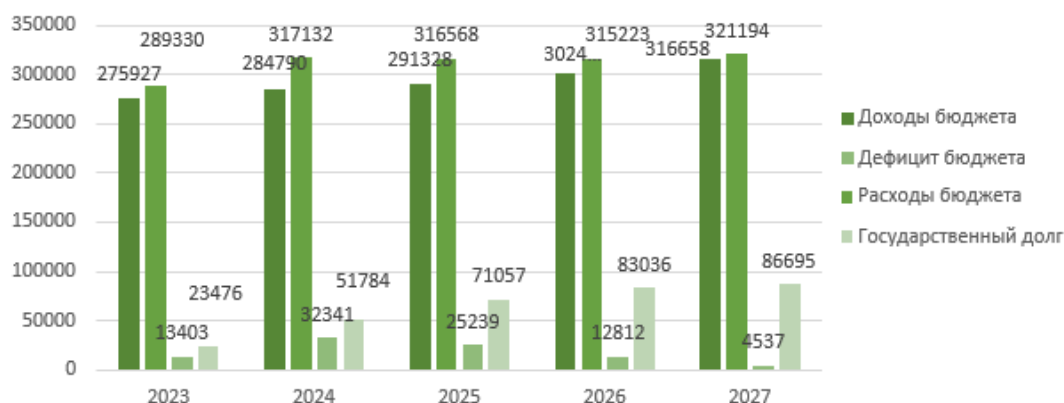


Рис. 1. Динамика основных параметров бюджета и их прогнозные значения в Иркутской области, млн руб.

¹ Бюджетный кодекс РФ от 31.07.1998 г. N 145-ФЗ (в ред. от 26.12.2024 г.). Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19702/ (дата обращения: 04.01.2025).

² Об областном бюджете Иркутской области на 2025 и на плановый период 2026 и 2027 годов: закон Иркутской области от 19.12.2024 № 119-ОЗ. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/3800202412200012> (дата обращения: 04.01.2025).

³ Основные направления бюджетной и налоговой политики Иркутской области на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов. Режим доступа: <https://openbudget.irkobl.ru/upload/iblock/542/u41hxpbnvnf34u64iy1p17x6h5foaza/01.%20ОНБИНП.pdf> (дата обращения: 04.01.2025).

⁴ Регионы: Иркутская область // Expert. Режим доступа: <https://raexpert.ru/database/regions/irkutsk/> (дата обращения: 04.01.2025).

Благодаря этому Иркутская область смогла конкурировать с другими регионами страны в привлечении инвестиций в нефинансовый сектор, в том числе в обрабатывающие производства и высокотехнологичные отрасли.

Однако, в современных условиях поддерживать темпы роста доходов бюджета на прежнем уровне будет затруднительно, чтобы обеспечить исполнение бюджетных обязательств рост собственных доходов не должен быть ниже инфляции [4, 5].

Малый и средний бизнес (МСБ) составляет значительную часть экономики Иркутской области.

На территории региона действует более 30 тыс. субъектов МСБ, а налоговые поступления от их деятельности показывают положительную динамику. Этому способствовали изменения в законодательстве, связанные с отменой единого налога на вмененный доход и введением упрощенной системы налогообложения. Налоговые каникулы для впервые зарегистрированных индивидуальных предпринимателей, осуществляющих деятельность в производственной, социальной, научной и(или) бытовой сферах и льготные ставки по упрощенной системе налогообложения, вовлечение в экономику самозанятых также способствовали развитию предпринимательской активности⁵.

Вместе с тем согласно статистическим данным по-прежнему существуют факторы, ограничивающие инвестиционную деятельность малых и средних предприятий, которые в приоритетном порядке отмечают представители этого сегмента бизнеса в течение 2021–2023 гг. К примеру, недостаточный спрос на продукцию выделяют свыше 20 % респондентов от общего числа исследуемых организаций, сложный механизм получения кредитов и инвестиционные риски, недостаток собственных средств для развития бизнеса – более 50 %, высокие процентные ставки по кредитам и уровень инфляции – более 60 %, неопределенность экономической ситуации в стране – около 70 %⁶.

Приоритетами бюджетной политики является поддержка программ социально-экономического развития региона, направленных на повышение качества жизни населения и развитие реального сектора экономики, малого и среднего бизнеса [6].

Созданы условия для расширения экспортной инфраструктуры, что позволяет местным производителям выходить на внешние рынки и устанавливать новые кооперационные связи.

Для поддержки экспортной деятельности и импортозамещения, финансирования предприятий МСБ в Иркутской области используются такие альтернативные финансовые инструменты как микрозаймы, лизинг и кредитные гарантии [7, 8].

В Иркутской области действует программа по оздоровлению государственных финансов, которая включает меры по ограничению долговой нагрузки, улучшению бюджетного планирования и повышению эффективности использования бюджетных средств. В рамках этой программы Правительство Иркутской области использовало такие инструменты, как привлечение федеральных и внебюджетных источников финансирования для поддержки социально-экономических инициатив региона.

Программно-целевой принцип, применяемый в Иркутской области, обеспечивает целенаправленное использование средств, направленных на достижение конкретных социальных и экономических результатов, что повышает эффективность расходования бюджетных средств и помогает отслеживать результативность реализации государственных программ.

Финансовые ресурсы региона сконцентрированы на решении задач в рамках национальных приоритетов, а расходы бюджета демонстрируют социальную направленность. Около 70 % всех расходов региона направляется на финансирование социальных мероприятий, что соответствует программным документам федерального уровня, а именно реализация государственных (муниципальных)

⁵ Налоговый кодекс Российской Федерации, часть вторая от 05.08.2000 г. № 117-ФЗ (в ред. от 12.12.2024 г.). Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/ (дата обращения: 04.01.2025).

⁶ Малое и среднее предпринимательство в России // Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Mal_pred_2024.htm?ysclid=m8pa41alog599686679 (дата обращения: 04.01.2025).

услуг, оказываемых населению в области образования, здравоохранения, культуры, социальной поддержки и бюджетные инвестиции в развитие социальной инфраструктуры. Соблюдение целевых показателей по реализации национальных проектов в соответствии с установленными значениями для региона должно опираться на решение задач, направленных:

- на финансовое обеспечение приоритетных региональных проектов;
- на эффективность использования бюджетных средств, прежде всего через бюджетное планирование и предоставление финансовой помощи из федерального бюджета на реализацию национальных проектов;
- на изыскание финансовых резервов для выполнения условий софинансирования мероприятий национальных проектов⁷.

Результаты осуществления национальных проектов свидетельствуют о том, что за период 2019–2021 гг. для этих целей из областного бюджета было выделено 11,4 % от общего объема расходов, что составило около 76 млрд рублей. В настоящее время в Иркутской области идет освоение более 44 млрд рублей в рамках 44 региональных проектов, в том числе 43 проекта являются националь-

ными проектами. На 2025 г. предусмотрено финансирование в сумме 42,6 млрд рублей⁸.

Одним из ключевых аспектов бюджетной политики является управление государственным долгом, исходя из параметров бюджета Иркутской области. Следует отметить, что в Иркутской области в последние годы наблюдалась тенденция снижения уровня долга областного бюджета и соответственно расходов на его обслуживание. В 2021 г. объем государственных заимствований Иркутской области был сокращен на 50 %, что составило 14,3 млрд рублей. По состоянию на 1 января 2023 г., государственный долг Иркутской области составил 19,2 млрд рублей⁹.

На 1 января 2024 г. этот показатель имел тенденцию к увеличению, но по сравнению с другими субъектами Сибирского федерального округа составил значительно меньшую величину и был равен 23,475 млрд рублей, что свидетельствует о достаточно высоком уровне финансовой устойчивости Иркутской области (рис. 2). В структуре источников финансирования дефицита бюджета Иркутской области в последнее время преобладали бюджетные кредиты и кредиты, полученные от кредитных организаций¹⁰.

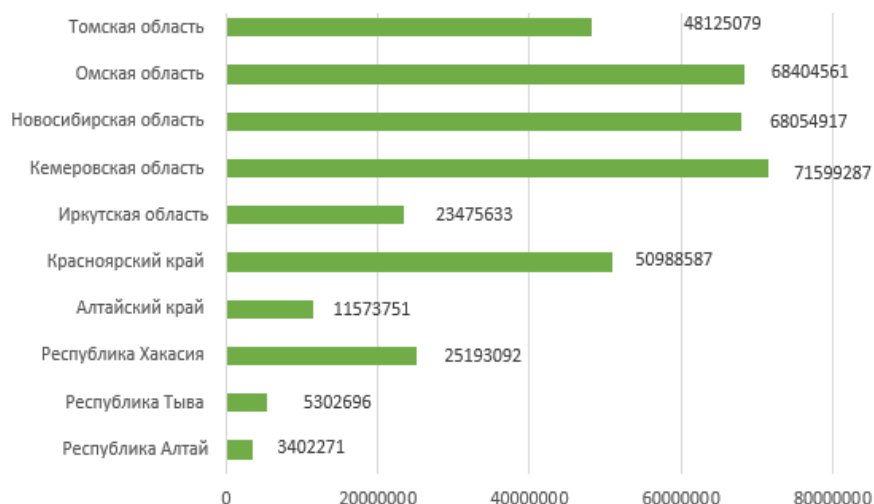


Рис. 2. Объем и структура государственного долга субъектов Сибирского федерального округа по состоянию на 1 января 2024 г., тыс. руб.

⁷ О национальных целях развития Российской Федерации на период 2030 года и на перспективу до 2036 года: указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_475991/ (дата обращения: 04.01.2025).

⁸ Основные направления бюджетной, налоговой, таможенно-тарифной политики на 2024 год и на плановый период 2025 и 2026 годов. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_458280/ (дата обращения: 04.01.2025).

⁹ Объем и структура государственного долга субъектов Российской Федерации и долга муниципальных образований на 1 января 2023 г. Режим доступа: https://minfin.gov.ru/ru/document/?id_4=301284 (дата обращения: 04.01.2025).

¹⁰ Объем и структура государственного долга субъектов Российской Федерации и долга муниципальных образований на 1 января 2024 г. Режим доступа: https://minfin.gov.ru/ru/performance/public_debt/subj/subdbt (дата обращения: 04.01.2025).

Таким образом, региональная бюджетно-налоговая политика должна обеспечивать низкий уровень долговой нагрузки, финансовую устойчивость и инвестиционную привлекательность субъекта Российской Федерации [9].

В этой связи необходимо обеспечивать погашение задолженности за счет дополнительных доходов, путем экономии расходов, а также по мере возможности досрочного погашения долговых обязательств и др.

Вместе с тем основным фактором, влияющим на устойчивость бюджета Иркутской области, остается высокая сырьевая зависимость экономики региона. Рост доходов от нефтедобывающей отрасли, несмотря на позитивный эффект для бюджета и улучшение инвестиционного климата в Иркутской области, делает регион уязвимым перед внешне-экономическими рисками. В целях снижения влияния сырьевой зависимости субъекта Российской Федерации необходимо продолжать диверсификацию экономики, развитие отраслей обрабатывающей промышленности и высоких технологий, малого и среднего бизнеса.

Оптимизация налоговых доходов и увеличение прозрачности бюджетного процесса остаются приоритетными задачами для достижения долгосрочной устойчивости финансовой системы. Кроме того, значимую роль в увеличении доходной базы бюджета должны иметь меры по противодействию неформальной занятости и «серым» схемам выплаты и своевременной индексации заработной платы работников [10].

В свою очередь, мероприятия по повышению финансовой грамотности населения являются фактором, оказывающим положительное влияние на соблюдение принципа открытости и прозрачности использования бюджетных средств.

Итак, в условиях волатильности внешних и внутренних факторов бюджетно-налоговая политика региона должна быть направлена, с одной стороны, на минимизацию рисков, с другой стороны, на эффективное исполнение бюджета по доходам и расходам для поддержки и укрепления своей бюджетной системы.

Список источников

1. Соляникова С.П. Надлежащая бюджетная политика для меняющейся экономики // Мир новой экономики. 2021. Т. 15. № 2. С. 6–15. <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2021-15-2-6-15>.
2. Дедкова Е.Г., Коростелкина И.А., Бадасян А.А. Бюджетно-налоговая политика России: от реальности к перспективам // Вестник Прикамского социального института. 2018. № 1 (79). С. 84–89.
3. Соколов И.А., Тищенко Т.В., Хрусталева А.А. Программно-целевое управление бюджетом: опыт и перспективы в России. М.: Дело, 2013. 246 с.
4. Гришина О.А., Чалова А.Ю., Ахмадеев Р.Г. Федеральный бюджет и бюджетно-налоговая политика России: оценка возможностей для достижения целей национального развития // Финансы и кредит. 2022. Т. 28. № 2 (818). С. 269–294. <https://doi.org/10.24891/fin.28.2.269>.
5. Косов М.Е., Чалова А.Ю., Ахмадеев Р.Г., Голубцова Е.В. Федеральный бюджет и бюджетно-налоговая политика государства: макроэкономическая адаптация до 2025 года // Финансовый журнал. 2023. Т. 15. № 2. С. 8–26. <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2023-2-8-26>.
6. Хохлова Г.И., Хохлов Е.В. Инвестиционная привлекательность региона и особенности ее формирования в Иркутской области // Байкальская наука: идеи, инновации, инвестиции сб. статей по материалам всеросс. науч.-практ. конф. (г.Иркутск, 20 апреля 2023 г.). Иркутск, 2023. Ч. 1. С. 151–153.
7. Таюрская О.В., Окладникова Д.Р., Бибарсов К.Р. Поддержка предприятий малого бизнеса производственной сферы: пути развития и повышения эффективности // Экономика и предпринимательство. 2019. № 5 (106). С. 710–715.
8. Хохлова Г.И., Хохлов Е.В., Хохлов А.В., Удольский А.И., Котова О.М. Финансы российских предприятий и их роль в формировании инвестиционных ресурсов регионов // Экономика и предпринимательство. 2024. № 2 (163). С. 684–687. <https://doi.org/10.34925/EIP.2024.163.2.135>.
9. Староверова О.В. Взаимосвязь бюджетной и налоговой политики государства // Аудиторские ведомости. 2024. № 1. С. 109–113.
10. Тимчук О.Г., Федотова Е.В. Налоговое стимулирование как элемент экономической политики государства // Экономика инфраструктурных преобразований: проблемы и перспективы развития: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. (г.Иркутск, 26 ноября 2020 г.). Иркутск, 2020. С. 255–260.

Информация об авторах / Information about the Authors

Хохлова Галина Ивановна,

к.э.н.,
доцент кафедры экономики
и цифровых бизнес-технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
hgi08@yandex.ru

Galina I. Khokhlova,

Cand. Sci. (Economics),
Associate Professor of the Economics
and Digital Business Technologies Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
hgi08@yandex.ru

Попова Ирина Олеговна,

студент,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
popova10072003@mail.ru

Irina O. Popova,

Student,
Institute of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
popova10072003@mail.ru

Шавярновский Павел Геннадьевич,

студент,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
shavyarnovskiy02@mail.ru

Pavel G. Shavyarnovsky,

Student,
Institute of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
shavyarnovskiy02@mail.ru

УДК 378
EDN: TDEGKV

Формирование критического и системного мышления у студентов посредством изучения одноименной дисциплины

© А.В. Васёнкин, М.А. Куриганова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Статья отражает особенности образовательного курса «Критическое и системное мышление» у студентов очной формы обучения. В данной работе раскрывается сущность понятий критическое и системное мышление. Показано, что критическое мышление представляет собой особое состояние человека, когда он способен активно воспринимать и анализировать информацию, давать ей корректную оценку, формулировать собственное мнение на основании полученной информации. Системное мышление представляет собой состояние, при котором он комплексно оценивает информацию, понимает ее значимость, может формулировать причинно-следственные связи на основании полученной информации, давать прогностические оценки. Кроме того, анализируются особенности предмета критическое мышление, актуализируется изучение данной дисциплины. Показаны различные методы формирования критического мышления и особенности их применения. Отмечается, что, являясь одним из ключевых гибких навыков, которые выделяются в современном образовании, критическое мышление дает человеку большое количество преимуществ, которые он может использовать как в повседневной практике, так и в профессиональной деятельности. Особое значение развитию критического мышления придается в связи с обучением и воспитанием современного поколения Z, погруженным в мир цифровой информации, и зачастую, не способным корректно давать ей оценку.

Ключевые слова: критическое мышление, системное мышление, клиповое мышление, гибкие навыки, критическое сознание

Developing critical and systemic thinking in students through studying the subject of the same name

© Alexey V. Vasenkin, Maria A. Kuriganova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article reflects the features of the educational course "Critical and Systemic Thinking" for full-time students. The article also reveals the essence of the concepts of critical and systemic thinking. It is shown that critical thinking is a special state of a person when he is able to actively perceive and analyze information, give it a correct assessment, formulate his own opinion based on the information received. Systemic thinking is a human condition in which he comprehensively evaluates information, understands its significance, can formulate cause-and-effect relationships based on the information received, and give prognostic estimates. The article analyzes the features of the subject of critical thinking, actualizes the study of this discipline, and shows various methods of forming critical thinking and the peculiarities of their application. The article indicates that, being one of the key flexible skills that stand out in modern education, critical thinking gives a person a large number of advantages that he can use both in daily practice and in professional activities. Special importance is attached to the development of critical thinking in connection with the education and upbringing of the modern generation Z, immersed in the world of digital information, and often unable to correctly assess it.

Keywords: critical thinking, systems thinking, clip thinking, soft skills, critical consciousness, education, pedagogy, higher education, university science

С 2022 г. в Иркутском национальном исследовательском техническом университете (ИРНИТУ) реализуется академический курс для всех специальностей и всех форм обучения под названием «Критическое и системное мышление». Введение данного курса было обусловлено объективными вызовами времени и особенностями общества, которое

сформировалось к началу XXI в. Информационное общество, в котором существует современный человек, полностью состоит из различных потоков информации – визуальной, аудиальной, текстовой, графической. Современный человек погружен в эту информацию и зачастую у него не хватает необходимых компетенций и навыков для того, чтобы кор-

ректно воспринимать и давать оценку данной информации. Именно по этой причине, в различных научных, академических, политических, культурных кругах начали вести разговоры о необходимости формирования критического и системного мышления не только у подрастающего поколения, но и у взрослого населения, которое уже сформировало свое мировоззрение. Навыки критического и системного мышления помогают человеку отвечать на вызовы информационного общества.

История развития подходов к критическому и системному мышлению берет свое начало со времен формирования философии, тогда были поставлены проблемы того, что из себя представляет мышление как процесс, а также каково соотношение мышления и бытия. Такой подход, к примеру, был изложен в философии Парменида [1]. Особое внимание проблемам критического мышления уделялось в философии Иммануила Канта [2] и Дэвида Юма [3]. В XX в. критическое и системное мышление попало в объект изучения психологов. Начиная с конца XX в. отдельно выделилась научная проблема формирования критического мышления [4, 5]. На сегодняшний день критическое и системное мышление рассматриваются как элементы так называемой концепции «soft skills». В этой концепции выделяются также и другие виды «гибких навыков». К ним можно отнести: командообразование, эмоциональный интеллект, управление проектами, принятие решений. Однако, критическое и системное мышление выделяются в данной концепции как системообразующий навык, позволяющий человеку наиболее глубоко проникать в особенности современного информационного пространства и представлять его максимально системно. Становится понятно, почему критическое и системное мышление постепенно внедряется в учебный процесс не только в высшей школе, но и в средней. По этому поводу известный историк Юваль Ной Харари в одной из своих работ написал следующее: «Школы Новейшего времени, в которых детей учили читать и писать и знакомили с основами географии, истории и биологии, знаменовали огромный шаг вперед.

В XXI в. мы, напротив, тонем в огромном потоке информации, остановить который не пытаются даже цензоры. Они заняты тем, что

распространяют дезинформацию или отвлекают нас какой-нибудь чепухой. Если вы живете в провинциальном мексиканском городе и у вас есть смартфон, то вам понадобится несколько жизней, чтобы просто читать Википедию, смотреть доклады с конференций TED и проходить бесплатные онлайн-курсы. С другой стороны, появилась новая опасность – теперь слишком легко запутать публику противоречивыми сообщениями и отвлекающими маневрами. Человеку из любого уголка мира достаточно кликнуть мышью, чтобы увидеть последние новости о бомбардировке Алеппо или о таянии льдов в Арктике, но противоречивых сообщений так много, что трудно понять, каким из них верить. Кроме того, доступность множества других вещей мешает сфокусировать внимание на чем-то одном, а когда политика и наука кажутся нам слишком сложными, возникает соблазн посмотреть смешное видео с котиками или почитать сплетни о знаменитостях.

В таком мире ученикам от учителя меньше всего нужна информация. Они и так ею перегружены. Люди нуждаются в умении понимать информацию, отличать важное от несущественного, а главное – соединять разрозненные фрагменты информации в целостную картину мира» [6].

С точки зрения образовательного подхода, критическое и системное мышление представляет собой набор определенных навыков, которые человек осваивает в процессе изучения одноименной дисциплины. Он соответствует современной общеобразовательной обязательной компетенции, которая звучит так: «Способность выполнять поиск, критический анализ и синтез информации и применять системный подход для решения задач в различных сферах деятельности». В данной лаконичной формулировке содержится очень большое количество деталей, поскольку формирование критического анализа, синтеза и системного подхода к информации подразумевает объемный теоретический и практический образовательный процесс. В результате такого образовательного процесса у обучающихся, во-первых, должно прийти устойчивое понимание того, что из себя представляют критический и системный виды мышления; во-вторых, должны сформироваться основы

данных видов мышления; в-третьих, должно сформироваться умение пользоваться данными видами мышления как в профессиональной деятельности, так и в повседневной жизни.

Что из себя представляют данные виды мышления с теоретической точки зрения и какова их природа? Рассмотрим эти вопросы более подробно.

1. Критическое – это умение мыслить самостоятельно. Человеческое мышление может быть критическим и системным только в том случае, когда этот процесс осуществляется полностью индивидуально. Человек не полагается на мнение окружающих и не повторяет его. Он способен прислушиваться к другим точкам зрения, но, в конечном счете, он генерирует идеи и принимает решения один.

2. Критическое мышление формируется только в том случае, когда человек полностью погружен в процесс обучения и самообразования. Активное изучение различной научной информации, сравнение различных точек зрения на одни и те же научные проблемы, формулирование выводов на основании данного сравнения, создает фундамент для развития критического и системного мышления.

3. Критическое мышление связано с постановкой проблемных вопросов и поиском ответа на них. Если обратиться к «матери» критического и системного мышления – философии, то один из фундаментальных проблемных вопросов о человеке, а именно вопрос о смысле его существования представляет собой именно проблемный вопрос. В вопросе о смысле существования заложена ключевая проблема человека, т. к. смысл полностью зависит от того, кто его ищет, какой человек, какой природы.

4. Критическое мышление характеризуется стремлением к убедительной аргументации собственной точки зрения. Человек с критическим и системным мышлением способен оперировать различными данными, фактами, достоверной информацией для обоснования своей позиции и убеждения других людей. Здесь важно различать убеждение и обоснование. Технологии убеждения, которые связаны с манипуляциями, не имеют прямого отношения к формированию критического и

системного мышления. Человек критически и системно мыслящий способен к обоснованию через логические аргументы и доказательства.

5. Критическое мышление всегда формируется в процессе взаимодействия с другими людьми. Речь идет о взаимодействии в контексте обмена мнениями, обоснования собственной позиции, ее доказательства, а также, в случае неправоты, изменения личной точки зрения на другую, более обоснованную. Критически мыслящий человек настроен всегда скептически к любой информации, поэтому данную информацию необходимо проверять, а для этого стоит начинать взаимодействовать с другими, авторитетными людьми.

Сущность системного мышления можно представить в виде следующих уровней:

1. Нулевой уровень системного мышления отражает отсутствие данного вида мышления. Здесь речь идет о том, что человек на нулевом уровне действует исключительно интуитивно, на основании жизненного опыта и здравого смысла. Люди нулевого уровня системного мышления способны принимать только спонтанные, эмоциональные решения.

2. Первый уровень системного мышления свойственен людям, которые умеют структурировать и систематизировать информацию. Они способны к элементарному системному анализу по отношению к проблемам житейского характера. Эти проблемы могут относиться к планированию семьи, составлению личного бюджета, организации досуговой деятельности.

3. Второй уровень системного мышления относится к людям, которые способны мыслить детализировано. Люди второго уровня системного мышления очень хорошие руководители, специалисты им доступны различные задачи, которые не относятся к их профессиональной деятельности. Системное мышление второго уровня позволяет представлять картину целиком, к какой бы сфере она не относилась, исходя из этой картины прогнозировать различные события.

4. Третий уровень системного мышления соответствует людям, которые способны мыслить стратегически. Находясь на этом уровне, человек способен очень точно прогнозировать события, предугадывать поведение людей,

видеть глобальные причинно-следственные связи, подмечать актуальные тенденции. Третий уровень системного мышления – это уровень людей, которые обладают высшими управленческими навыками.

Человека, который обладает развитым системным мышлением, можно определить по следующим качествам: гибкость – помогает быстро анализировать поступающую информацию и удачно вписывать ее в имеющуюся картину мира; реалистичное восприятие действительности без субъективных искажений; независимость – человек не поддается на психологические уловки и манипуляции, любая информация подвергается критике; способность к обратной связи (тот, кто обладает системным мышлением, может предугадывать факторы, влияющие на поведение людей, умеет принимать неизбежность разнообразных взаимодействий и закономерностей) [7].

В рамках образовательного курса «Критическое и системное мышление» студентов при помощи различных технологий погружают в соответствующее поле в целях активизации работы критического и системного мышления¹. Технологий формирования критического и системного мышления существует множество. Вот некоторые из них: мозговой штурм, кластерный подход, метод «Шесть шляп мышления», конференция идей. Что представляют из себя данные технологии?

Мозговой штурм (Brainstorm) – технология развития критического и системного мышления; используется с целью активизации имеющихся знаний. На первом этапе учащимся предлагается подумать и записать все, что они знают или думают по данной теме; на втором – они обмениваются информацией. Опыт показывает, что технология мозгового штурма очень помогает тем, кому сложно высказать свое суждение перед большим количеством слушателей. Работа в небольших группах или парах позволяет выслушать идеи всех участников, обменяться мнениями, что в дальнейшем дает уверенности для контакта с большой аудиторией.

Кластерный подход – это способ графической организации материала, позволяющий сделать наглядными те мыслительные про-

цессы, которые происходят при погружении в ту или иную тему. Последовательность действий проста и логична:

- в центре чистого листа написать ключевое слово или предложение, которое является «сердцем» темы;

- вокруг написать слова или предложения, выражающие идеи, факты, образы, подходящие для данной темы, которые могут рассматриваться как ассоциации или уточнения;

- по мере записи, появившиеся слова соединяются прямыми линиями с ключевым понятием (у каждого из «спутников» в свою очередь тоже появляются «спутники», устанавливаются новые логические связи).

В итоге получается структура, которая графически отображает размышления человека, определяет информационное поле данной теме. Кластерная технология позволяет охватить избыточный объем информации. В дальнейшей работе, анализируя получившийся кластер как «поле идей», следует конкретизировать направления развития темы.

Конференция идей – это технология формирования критического и системного мышления путем организации коллективной работы учащихся в тот момент, когда идет актуализация имеющегося у них опыта и знаний и свободное представление собственной точки зрения по какой-либо проблеме. Проблема может быть из любой отрасли науки, но важно, чтобы каждый учащийся мог свободно высказаться на аудиторию. Данная технология позволяет выяснить все, что знают или думают обучающиеся по обсуждаемой теме. Формат конференции очень удобен, т. к. позволяет приблизить обучающихся к процедуре проведения серьезных научных мероприятий.

Шесть шляп мышления. Шесть способов мышления или шесть шляп мышления – это метод, который предложил британский психолог и писатель Эдвард де Боно. Человек или группа людей должны представить и реализовать каждый режим мышления. Это дает одновременно критический и системный подходы. Белая шляпа: в данной ситуации принимается и обсуждается подробная и необходимая информация. Представленные факты уточняются, при необходимости конкретизи-

¹ Васёнкин А.В. Критическое и системное мышление. Иркутск: ИРНИТУ, 2023. 164 с.

руются, подбираются новые данные. Желтая шляпа: исследование возможных выгод и положительных сторон. Не просто позитивная оценка данного события, явления, факта, а поиск доказательств, аргументов. Черная шляпа: критическое отношение к событию, явлению. Необходимо высказать сомнение в целесообразности, найти аргументы против. Красная шляпа: чувства, догадки и интуитивные прозрения. Иными словами – это эмоциональное восприятие увиденного, услышанного, без обоснования причин сомнений. Зеленая шляпа: фокусировка на творчестве, альтернативах, новых возможностях и идеях. Синяя шляпа: управление мыслительными процессами [8].

Существует и множество других технологий развития критического и системного мышления, однако именно эти можно рассматривать как наиболее эффективные, которые максимально соответствуют образовательному процессу с молодежью.

Помимо аудиторного применения технологий развития критического и системного мышления, важно уделять внимание и самостоятельной работе обучающихся. Среди работ, которые студенты выполняют в рамках образовательного курса, следует выделить: эссе, работа над презентациями, посвященными критическому и системному подходу к профессии, создание инновационного проекта, анализ научной статьи и подготовка соответствующей рецензии. Эти виды работ не только знакомят обучающихся с особенностями критического и системного мышления в самостоятельной форме, но также активизируют соответствующую мыслительную деятельность. В результате выполнения данных самостоятельных работ, обучающийся понимает специфику работы критического и системного мышления, а также способен самостоятельно активизировать данные процессы.

Важно подчеркнуть, что получение положительной обратной связи в ходе образовательного процесса от обучающихся, является показателем эффективной преподавательской работы. В ИРНИТУ существует система студенческой оценки преподавания, но она является анонимной и отличается формализованностью к оценке работы преподавателей. По этой причине будет уместно привести

адресный и авторский отзыв студента, который успешно освоил данный курс:

«Курс “Критическое и системное мышление” является одним из важных при получении высшего образования. В процессе его изучения у студентов формируется навык рационального и критического подхода к информации, то есть умение не принимать за истинное все, что говорят и пишут, а осмысливать и проверять достоверность тех или иных фактов. Таким образом, обучающиеся учатся формировать свое мнение на основе знаний и становятся способными отстаивать свою позицию.

Помимо этого, благодаря таким заданиям как написание эссе, рецензии к статье, создание собственного стартап-проекта, вырабатывается навык подхода к решению поставленных проблем системно, рассматривая все возможные аспекты и последствия от принятия решений.

Выполняя домашние работы и присутствуя на практических занятиях, студенты учатся ставить себя в различные позиции, отвечая на вопросы: “А как бы я поступил на его месте?”, “Какое я вижу решение проблемы?”, “Почему я получил такую реакцию?”, “Как можно было бы не допустить сложившуюся ситуацию?”. Студенты изучают не просто теорию, но и тут же применяют ее на практике, моделируют ситуации в своей профессиональной деятельности, где бы они могли применить навыки критического и системного мышления, как они будут помогать им в процессе работы.

Сам курс, помимо его основного направления, обладает психологической составляющей. Например, определение своего темперамента, понимание своего “Я”, а также помощь в эмоциональной разгрузке и отвлечении от изучения сложных точных наук с заучиванием формул, теорем, графиков. Это дает возможность поработать со своим мышлением, с личной и профессиональной позицией, пересмотреть ценности и мировоззрение.

Те навыки и умения, которые были сформированы в результате изучения курса, могут применяться и дальше. Я научилась самостоятельно принимать решения, не боясь этого, потому что начала видеть проблемы системно, переходя от частного к общему, учи-

тывая все структурно-образующие элементы каких-либо вопросов. Мне стало гораздо проще анализировать научные статьи, учебный материал, структурировать получаемую мной информацию. У меня появился здоровый скептицизм, который помогает в современных условиях.

Данный курс действительно является очень практически применимым, и я рекомендую всем студентам относиться к нему серьезно, схватывая те навыки и знания, которые они могут из него получить».

Успешное освоение курса, а также успешное формирование данных видов мышления у человека, позволяет овладеть тремя базовыми умениями, которые могут качественно повлиять на личную и профессиональную сферы.

Умение первое – логически мыслить. Критическое мышление – это способность к упорядочиванию, категоризации, выбору, дифференцированию, сравнению и противопоставлению [9, 10].

Мышление человека постепенно должно развиваться, а его интеллектуальные способности совершенствоваться. К этому выводу уже давно пришли психологи в результате наблюдений и применения на практике приемов развития мышления. В практическом аспекте развитие интеллекта традиционно рассматривается в трех направлениях: филогенетическом, онтогенетическом и экспериментальном. Филогенетический аспект предполагает изучение того, как мышление человека развивалось и совершенствовалось в истории человечества. Онтогенетический включает исследование процесса и выделение этапов развития мышления на протяжении жизни одного человека с рождения до старости. Экспериментальный подход к решению этой же проблемы ориентирован на анализ процесса развития мышления в особых, искусственно созданных (экспериментальных) условиях, рассчитанных на его совершенствование.

Умение второе – волевой контроль эмоций. Критическое и системное мышление является беспристрастным процессом, но в любой момент могут возобладать эмоции. Нередко приходится делать выбор между разными позициями и точками зрения. Иногда могут выбить из колеи свидетельства, которые для нас неприемлемы или неожиданные аргу-

менты. В большинстве случаев эмоциональная нестабильность только ухудшает ситуацию и умение контролировать свое эмоциональное состояние является полезным и эффективным навыком, т. к. оно позволяет спокойно привести логические доводы и убедить собеседника.

Умением контролировать свои эмоции обладают немногие. Это большое достижение для человека, к которому непросто прийти. Но оно стоит того, чтобы к нему стремиться. Ведь человек, контролирующий свои эмоции, в значительной степени контролирует и свою жизнь. Эмоции – это стихия, которая обязательно нуждается в контроле. Поскольку именно под их воздействием люди совершают большинство ошибок в своей жизни. Человек по своей природе очень эмоционален, поэтому ему нужно приложить достаточно большие усилия, чтобы справиться со своей природной сущностью. Но главное то, что сделать это возможно. Любой человек способен научиться контролировать свои эмоции, поэтому остается только разобраться с тем, как именно это можно сделать.

Умение третье – самостоятельное проведение исследований и формирование комплексных знаний. Даже умея мыслить критически, не всегда можно отыскать хорошие и убедительные доказательства, не разбираясь в сути вопроса. Критическое и системное мышление – это еще и проведение собственных исследований. Способность самостоятельно находить информацию и данные по какому-либо вопросу может существенно улучшить качество жизни.

В заключение следует отметить, что в ходе изучения образовательного курса «Критическое и системное мышление» студент не механически запоминает информацию, а включается в процесс ее осмысления, начинает понимать принципы взвешенного подхода к информационному воздействию и всесторонне стремится оценивать все его виды, а также варианты принятия решений и последствия. Студенты становятся открытыми для получения новой информации и более спокойными при столкновении с чем-либо неизвестным. И, что не менее важно – учатся признавать свои ошибки и ошибки окружающих, с уважением относятся к мнению и пози-

ции других людей, даже если эта позиция не соответствует их собственной.

Практическая полезность критического и системного мышления проявляется не только в личной жизни, но и в профессиональной сфере деятельности. Воздействуя на обще-

ние человека с окружающими, на понимание природы вещей, на личную эффективность и на многие другие составляющие, критическое и системное мышление действительно можно оценивать, как один из главных образовательных навыков в современных условиях.

Список источников

1. Платон. Диалоги. М.: Мысль, 1998. 605 с.
2. Кант И. Критика чистого разума. Минск: Литература, 1998. 959 с.
3. Юм Д. Исследование о человеческом разумении. М.: Эксмо, 2019. 320 с.
4. Халперн Д. Психология критического мышления / пер. с англ. Н. Мальгина. СПб.: Питер, 2000. 512 с.
5. Чатфилд Т. Критическое мышление: анализируй, сомневайся, формируй свое мнение. М.: Альпина Паблишер, 2019. 328 с.
6. Харари Ю. 21 урок для XXI века. М.: Синдбад, 2018. 416 с.
7. Шнуренко И. Основы системного мышления в эпоху большой отмены. М.: Наше завтра, 2022. 304 с.
8. Боно Э. Шесть шляп мышления. СПб.: Питер, 1997. 243 с.
9. Непряхин Н. Анатомия заблуждений. М.: Альпина Паблишер, 2020. 578 с.
10. Боброва А.С. Критическое мышление или логика? // Логико-философские штудии. 2018. Т. 16. № 3. С. 200–216. Режим доступа: <https://ojs.philosophy.spbu.ru/index.php/lphs/issue/view/65> (дата обращения: 15.01.2025).

Информация об авторах / Information about the Authors

Васёнкин Алексей Вадимович,
к.ф.н., доцент,
доцент кафедры истории и философии,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
vasenkinav@yandex.ru

Alexey V. Vasenkin,
Cand. Sci. (Philosophy), Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of History and Philosophy,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
vasenkinav@yandex.ru

Куриганова Мария Андреевна,
студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
kuriganovamaria407@gmail.com

Maria A. Kuriganova,
Student,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
kuriganovamaria407@gmail.com

Сравнение модельных характеристик спортсменов высокого класса

© А.В. Малыхин, С.А. Буяев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В статье поднимается проблема раскрытия особенностей анатомических и функциональных характеристик спортсменов высокого уровня. Основная цель в данной работе заключается в определении основных модельных характеристик анатомического и функционального плана у спортсменов. Затрагиваются функциональные характеристики: выносливость и силовые показатели, которые, в свою очередь, оказывают прямое влияние на достижение высоких спортивных результатов. Предпринята попытка раскрыть сущность анатомических особенностей, непосредственно влияющих на выбор способов и методик тренировочного процесса. Рассмотрены основные виды связи между различными видами спорта по анатомическим возможностям. Представлена дифференциация между следующими видами дисциплин: в легкой атлетике, плавании, тяжелой атлетике и командных видах спорта, что позволяет произвести сравнительный анализ. Достаточно подробно раскрыты основные задачи исследования: анализ анатомических характеристик спортсменов, оценка функциональных особенностей высококлассных атлетов; учитываются такие показатели, как уровень выносливости, скорости, гибкости атлетов и в заключение – проведение сравнения между спортсменами различных дисциплин, что в целом будет являться основой для создания рекомендаций по оптимизации тренировочного процесса, с учетом индивидуальных особенностей и потребностей занимающихся. На основе проведенного исследования предлагаются соответствующие рекомендации для организации тренировки: предварительное тестирование для определения текущего состояния здоровья и уровень физической подготовки, индивидуализация тренировочных режимов, при этом необходимо учитывать антропометрические данные, что даст возможность развить выносливость и силу, далее многогранность тренировочного процесса, включая аэробные и анаэробные тренировки и затем важность восстановления, что обеспечит укрепление физических качеств занимающихся.

Ключевые слова: специфика, дифференциация, спортивные достижения, виды спорта, тренировочный процесс

Comparison of model characteristics of high-class athletes

© Anatoly V. Malykhin, Spas A. Buyaev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article touches upon the problem of revealing the features of anatomical and functional characteristics of high-level athletes. The main goal in the article is to determine the main model characteristics of the anatomical and functional plan in athletes. The article discusses functional characteristics: endurance and strength indicators, which, in turn, have a direct impact on the achievement of high sports results, as well as the essence of anatomical features that directly affect the choice of methods and methods of the training process. The article examines the main types of connections between different sports according to anatomical capabilities, presents differentiation between the following types of disciplines: in athletics, swimming, weightlifting and team sports, which allows for a comparative analysis and sufficiently discloses the main objectives of the study: analysis of the anatomical characteristics of athletes, assessment of the functional characteristics of high-class athletes, taking into account such indicators as the level of endurance, speed, flexibility of athletes and, finally, it makes a comparison between athletes of different disciplines, which in general will be the basis for creating recommendations for optimizing the training process, taking into account the individual characteristics and needs of those involved. Based on the conducted research, the article offers relevant recommendations for organizing training: preliminary testing to determine the current state of health and level of physical fitness, individualization of training regimes, while it is necessary to take into account anthropometric data, which will make it possible to develop endurance and strength, then the versatility of the training process, including aerobic and anaerobic training and then the importance of recovery, which will ensure the strengthening of the physical qualities of those involved.

Keywords: specificity, differentiation, sports achievements, types of sports, training process

Исследование анатомических и функциональных характеристик спортсменов высокого класса является важной областью спортивной науки. Анатомические характеристики включают в себя структуру мышечной массы и ее распределение, а функциональные – выносливость и силовые показатели, которые оказывают прямое влияние на достижения спортсменов в различных дисциплинах. Понимание этих характеристик позволяет не только глубже анализировать успехи отдельных спортсменов, но и обосновывать научно-методические подходы к тренировочному процессу в спортивной практике.

Спортивные достижения современности обуславливаются высоким уровнем подготовки и натренированности атлетов, который, в свою очередь, зависит от множества факторов, включая генетическую предрасположенность, специфику тренировочного процесса и его индивидуализацию. Анатомические особенности, такие как тип телосложения, ширина плеч и состав мышечных волокон, могут непосредственно влиять на выбор способов и методик тренировки, что несомненно акцентирует важность глубокого изучения каждого аспекта этих характеристик. Кроме того, функциональные характеристики, в частности работоспособность сердечно-сосудистой системы и способность к анаэробной и аэробной деятельности, являются ключевыми факторами, определяющими спортивную выносливость и силу атлетов [1].

Дифференциация между различными видами спорта также добавляет сложности в анализ анатомических и функциональных характеристик, поскольку разные виды спорта предъявляют свои требования к спортсменам. Например, в легкой атлетике, плавании, тяжелой атлетике и командных видах спорта наблюдаются различные спортивные профили, что вызывает интерес к сравнительному анализу между ними. Изучение этих различий является актуальным на фоне роста конкуренции на международной арене, когда каждый спорт требует оптимизации тренировочного процесса на основе научных данных и исследований [2].

Неудивительно, что в последние годы наблюдается возрастающий интерес научного сообщества к изучению биометрических

и физиологических характеристик аспектов спортивного показателя. Этот интерес обусловлен необходимостью дальнейшей оптимизации методик подготовки и восстановления, а также повышения качества жизни и здоровья самих спортсменов. Актуальность данного исследования подчеркивается не только спортивными достижениями, но и стремлением к их улучшению через систематическое изучение анатомических и функциональных характеристик, что становится залогом успеха в конкурентной среде.

Сравнение характеристик спортсменов, задействованных в различных видах спорта, представляет собой важную задачу в области спортивной науки и практики. Значимость данного исследования обусловлена многообразием анамнестических и функциональных характеристик, которые могут как совпадать, так и различаться в зависимости от специфики спорта. Это различие имеет ключевое значение для понимания того, какие физические и физиологические параметры влияют на успех в разных спортивных дисциплинах. Каждый вид спорта предъявляет уникальные требования к спортсменам, что приводит к специфической адаптации их тел к условиям тренировок и соревнований.

Например, бегуны на длинные дистанции должны обладать высокой аэробной выносливостью, в то время как спринтеры акцентируют внимание на развитии анаэробных качеств и максимальной скорости. Сравнительный анализ этих качеств помогает не только выявить общие черты, присущие успешным спортсменам, но и более детально понять, какие особенности развиваются именно у профессионалов в каждом виде спорта. Проблема еще больше усложняется тем, что традиционная практика подготовки спортсменов часто опирается на обобщенные подходы, что может пренебрегать индивидуальными потребностями и спецификой каждого вида спорта. Поэтому сравнение характеристик позволяет выявить как универсальные трендовые изменения, так и индивидуальные отличия, что в дальнейшем может служить основой для разработки более эффективных и индивидуализированных программ тренировок. Это необходимо для оптимизации результата на уровне профессиональных и лю-

бительских соревнований, поскольку игнорирование этих аспектов может снизить значение тренировочного процесса и отрицательно сказаться на спортивных успехах.

Кроме того, выделение уникальных и общих черт в характеристиках атлетов может открыть новые горизонты для междисциплинарного сотрудничества. К примеру, взаимное влияние между спортивной физиологией и спортивной психологией становится все более очевидным. Анализ общих черт между спортсменами может выявить не только физические параметры, но и психологические аспекты, такие как мотивация, реакция на стресс и адаптивные механизмы, что расширяет горизонты исследований и открывает новые перспективы для понимания человеческого организма в условиях значительных физических нагрузок [3].

В результате расследование проблематики различий и сходств в характеристиках спортсменов из разных видов спорта позволяет не только улучшить подходы к подготовке, но и углубить понимание спортивной деятельности в целом. Это подчеркивает необходимость комплексного и системного подхода к изучению анатомических и функциональных характеристик, что в свою очередь может оказать положительное влияние на современный спортивный процесс.

Определение основных модельных характеристик анатомического и функционального плана у спортсменов является одной из центральных задач данного исследования. Установление этих свойств позволит получить более полное представление о факторах, которые влияют на успешность спортсменов в различных видах спорта, а также послужит основой для разработки эффективных методик тренировки и реабилитации.

Среди основных целей исследования выделяется необходимость достоверного анализа анатомических особенностей, таких как структура мышечной массы, форма тела, а также пропорции различных мышечных групп. Эти параметры играют ключевую роль в специфике выполнения спортивных движений и могут представлять собой уникальные биомеханические аспекты, которые необходимы для максимизации производительности. Таким образом, детальное изучение анатомиче-

ских характеристик позволит установить взаимосвязь между проявлением индивидуальных физических качеств и успешностью спортсменов в профессиональной деятельности. Также важно исследовать, какие анатомические преимущества могут проявляться в зависимости от специфики спорта [4].

С другой стороны, не менее важна оценка функциональных характеристик спортсменов, таких как сила, выносливость, скорость реакции и сердечно-сосудистая система. Понимание этих параметров способствует более адекватному планированию тренировочного процесса, ведь различные виды спорта требуют специфических функциональных адаптаций. Оценка проявления различий в функциональных свойствах может открыть новые направления в оптимизации тренировочных программ и методик оценки готовности спортсменов. К примеру, выявление ключевых функциональных показателей, критически важных для достижения высоких результатов, даст возможность создать более целенаправленные тренировки, основанные на индивидуальных потребностях атлетов [5].

Также следует отметить, что исследования в этой области могут содействовать более глубокому пониманию принципов спортивной физиологии и биомеханики. Как следствие, установление взаимосвязей между анатомическими и функциональными характеристиками поможет в создании комплексных моделей подготовки спортсменов и открывает новые горизонты для анализа их спортивной карьеры.

В итоге достижение указанных целей поможет не только в выявлении основных характеристик, но и в дальнейшем развитии стратегий, которые могут переплетаться с научным подходом к обучению и подготовке высококлассных спортсменов.

В рамках настоящего исследования сформулированы три ключевые задачи, каждая из которых направлена на углубленное понимание анатомических и функциональных характеристик спортсменов различных дисциплин.

Первая задача заключается в анализе анатомических характеристик спортсменов из различных видов спорта. Для достижения этой цели необходимо собрать данные о представительстве разных категорий тело-

сложения, структуре мышечной массы и пропорциях тела. Это позволит выявить специфические модели физической предрасположенности, которые характерны для отдельных спортивных направлений. Например, следует привлечь внимание к различиям в телосложении спринтеров и марафонцев, так как первые, как правило, обладают развитыми мышечными массами, в то время как вторые имеют предрасположенность к более легкому и высокому телосложению, обеспечивающему эффективность на длинных дистанциях [2].

Вторая задача исследования ориентирована на оценку функциональных особенностей высококлассных атлетов. Для этого потребуются показатели, такие как уровень выносливости, силы, скорости и гибкости спортсменов. Ключевыми показателями будут аэробная и анаэробная выносливость, а также показатели максимального потребления кислорода. Эти аспекты имеют критическое значение, поскольку функциональные качества напрямую влияют на эффективность выполнения спортивных задач и достижение высоких результатов. Сравнительный анализ функциональных показателей позволит отразить разницу в требованиях, которые предъявляются к спортсменам различных категорий и видов спорта [6].

Третья задача включает в себя проведение сравнения между спортсменами различных дисциплин. Это сравнение будет акцентировано на сопоставлении анатомических и функциональных данных, выявлении общих и уникальных черт среди атлетов. Цель состоит в том, чтобы определить, какие характеристики наиболее тесно с успехом связаны в каждом конкретном виде спорта и каким образом они могут различаться или пересекаться между различными дисциплинами. Проведение такого сравнения станет основой для создания рекомендаций по оптимизации тренировочного процесса, в котором учитываются индивидуальные особенности и потребности атлетов.

Таким образом, решение поставленных задач обеспечит комплексный подход к изучению анатомических и функциональных характеристик спортсменов, что, в свою очередь, позволит внести вклад в развитие спортивной науки и практики.

Исследование распределения мышечной массы у спортсменов различных видов спорта представляет собой важный аспект в понимании анатомических характеристик. Мышечная масса и ее структура оказывают значительное влияние на физическую работоспособность, позволяя спортсменам адаптироваться к специфическим требованиям их дисциплин.

В различных спортивных дисциплинах наблюдаются определенные паттерны распределения мышечной массы, что связано с характером движений, выполняемых спортсменами. Например, спортсмены, занимающиеся тяжелой атлетикой, как правило, обладают хорошо развитыми большими мышечными группами, такими как квадрицепсы, ягодичные и спинные мышцы. Эти группы играют ключевую роль в выполнении силовых упражнений, требующих значительных физических усилий и стабильности [5]. В отличие от этого, спортсмены, специализирующиеся на легкой атлетике, (например, дистанционном беге), демонстрируют меньшую общую мышечную массу, однако их мышцы часто более выносливы и адаптированы к длительным физическим нагрузкам.

Также стоит отметить, что в командных видах спорта, таких как футбол и баскетбол, спортсмены имеют разнообразную структуру мышечной массы, что обусловлено многофункциональностью требований к ним. В таких дисциплинах наблюдается стремление к сбалансированному развитию как мышечных, так и скоростных качеств. Это приводит к наличию различных типов телосложения среди атлетов: от высоких и худых игроков до более приземистых и мощных. Таким образом, анатомические различия становятся важным аспектом, учитываемым в тренировочных процессах и схемах подготовки [7].

Ключевым фактором, определяющим распределение мышечной массы, является генетическая предрасположенность. Например, спортсмены с более высоким уровнем распределения быстросокращающихся мышечных волокон могут достигать лучших результатов в спринтерских дисциплинах, тогда как спортсмены с медленно сокращающимися волокнами чаще преуспевают в длинных дистанциях, где важна выносливость. Понимание этих различий позволяет тренерам разра-

батывать индивидуализированные программы тренировок, направленные на оптимизацию мышечного развития и повышение физической производительности.

Таким образом, исследование структуры мышечной массы представляет собой важный шаг в определении успешных моделей тренировки, которые соответствуют специфике конкретного вида спорта. Разнообразие в распределении мышечной массы у различных атлетов подчеркивает необходимость целенаправленного подхода к подготовке и развитию индивидуальных характеристик каждого спортсмена, что в дальнейшем может положительно влиять на результаты соревнований.

Анализ развития силовых показателей и быстроты у элитных атлетов представляет собой ключевой аспект спортивной науки, занимающий центральное место в подготовке многих профессиональных спортсменов. Эти качества, обуславливающие эффективность выполнения спортивных упражнений, варьируют в зависимости от специфики вида спорта и должны рассматриваться в контексте анатомических и физиологических особенностей организма каждого спортсмена.

Силовые показатели являются критически важными для атлетов в большинстве дисциплин, включая тяжелую атлетику, бодибилдинг и многие виды боевых искусств. Высокий уровень силовых качеств позволяет спортсменам генерировать большую силу в определенные моменты спортивного действия, что может существенным образом влиять на качество их исполнения [8]. Развитие силовых качеств требует комплексного подхода к тренировкам, который должен включать как упражнения с отягощениями, так и специфические виды тренировки для повышения мышечной выносливости.

В то же время быстрота является основным показателем в дисциплинах, требующих быстрой реакции и высокой скорости выполнения движения. Спортсмены, участвующие в спринтерских дисциплинах, игровых видах спорта или боевых искусствах, нуждаются в развитии как максимальной скорости, так и быстроты взрывного характера. В таких случаях включаются тренировки, нацеленные на развитие нервно-мышечной координации, что

позволяет существенно повышать показатели реакции и скорости выполнения движений [9].

Следует отметить, что эффективность скоростно-силовых качеств нередко зависит от соотношения между быстро- и медленно сокращающимися мышечными волокнами. Генетическая предрасположенность в данном контексте играет не последнюю роль. Атлеты, имеющие более высокую долю быстро сокращающихся волокон, как правило, преуспевают в спринтерских дисциплинах, тогда как спортсмены с преобладанием медленно сокращающихся волокон лучше показывают себя на длинных дистанциях, где ключевой является выносливость.

Анализ скоростно-силовых качеств у элитных спортсменов помогает не только лучше понять их распределение и развитие, но и оценить, как целенаправленная тренировка может влиять на успехи атлетов на международных соревнованиях. Это позволяет выработать более эффективные программы тренировок, направленные на гармоничное развитие всех необходимых качеств, что является важным аспектом для подготовки спортсменов высшего уровня.

В конечном счете, скоростно-силовые качества являются важнейшими компонентами успешной спортивной карьеры. Исследование их развития предоставляет ценные данные для тренеров и спортсменов, позволяя оптимизировать тренировочный процесс, индивидуализируя подходы к подготовке и улучшая конечные результаты на соревнованиях.

Сердечно-сосудистая система, состоящая из сердца, кровеносных сосудов и крови, играет ключевую роль в обеспечении организма кислородом и питательными веществами, а также в удалении продуктов обмена. Эффективность этой системы определяет возможность выполнения высокоинтенсивной физической активности и, как следствие, успешность спортсменов на соревнованиях, а оценка ее адаптации к высоким физическим нагрузкам является важным аспектом анализа функциональных характеристик спортсменов.

При регулярных тренировках сердце адаптируется к повышенным нагрузкам, что проявляется в увеличении его размеров и массы, особенно левых отделов. Это явление, из-

вестное как спортивная гипертрофия сердца, позволяет улучшить его насосную функцию, что способствует улучшению кровотока и увеличению доставки кислорода к рабочим мышцам [10, 11]. Исследования показывают, что у элитных атлетов наблюдаются такие адаптивные изменения, как снижение частоты сердечных сокращений в покое и повышение ударного объема сердца, что значительно увеличивает эффективность перекачки крови.

Другой важный аспект адаптации сердечно-сосудистой системы – это изменение состояния сосудов. У спортсменов наблюдается выраженная эластичность сосудистой стенки, что способствует более эффективному кровоснабжению. При высоких физических нагрузках отмечается увеличение капиллярной сети в работающих мышцах, что обеспечивает лучшую оксигенацию и удаление углекислого газа и других конечных продуктов метаболизма [6]. Данное адаптационное свойство также имеет свое значение для развития выносливости, т. к. непосредственно влияет на способность организма к длительной физической активности.

Не менее важным является оценка реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. Характерные изменения, происходящие во время тренировки, можно наблюдать через мониторинг сердечного ритма и артериального давления. Волновое давление и общее сопротивление сосудов значительно снижаются у хорошо подготовленных атлетов, что является показателем адаптации организма к высоким нагрузкам.

Способы оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы включают в себя как стандартные методики, такие как тест Купера и велоэргометрия, так и более сложные с использованием кардиографов и мониторингом электрокардиограммы. Эти методы позволяют тренерам и врачам отслеживать уровень подготовки спортсменов и избегать возможных заболеваний.

Таким образом, адаптация сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам имеет решающее значение для повышения выносливости и скорости атлетов, что в конечном счете влияет на их достижения на соревнованиях. Понимание этих адаптационных механизмов помогает в разработке более эф-

фективных программ подготовки, которые учтут индивидуальные особенности каждого спортсмена.

Сравнительный анализ выносливости и силы спортсменов различных дисциплин играет важную роль в понимании функциональных характеристик, определяющих успешность в спорте. Эти два параметра являются ключевыми для большинства видов физической активности и должны восприниматься как взаимосвязанные, но при этом иметь специфические аспекты спортивной подготовки.

Выносливость, как способность выполнять физическую активность в течение продолжительного времени с минимальным уровнем утомления, особенно актуальна для таких дисциплин, как марафонский бег, велоспорт и плавание на длинные дистанции. Спортсмены, специализирующиеся на этих видах спорта, подвергаются значительным аэробным нагрузкам, что приводит к адаптациям в сердечно-сосудистой системе, метаболических процессах и мышечной структуре. Элитные бегуны, например, могут демонстрировать уникальные физические характеристики, такие как повышенная плотность капилляров в мышцах и более высокий уровень кислородного потребления, что позволяет им выдерживать длительные нагрузки без значительной утомляемости [10].

В противоположность этому, сила как физическая характеристика подразумевает способность преодолевать сопротивление в одном или нескольких повторениях. Это свойство имеет критическое значение для различных силовых видов спорта, таких как пауэрлифтинг и тяжелая атлетика. Сила в большей степени зависит от количества и типа мышечных волокон, а также от нейротехнических адаптаций, связанных с повышением эффективности передачи сигналов от центральной нервной системы к мышцам. Спортсмены, занимающиеся силовыми видами, как правило, имеют более высокую долю быстросокращающихся мышечных волокон, что позволяет им демонстрировать высокие показатели в короткие сроки, т.к. это необходимо для выполнения большинства спортивных задач [11].

Клинические исследования показали, что при сравнении атлетов в выносливых и силовых дисциплинах, различия в уровне вынос-

ливости и силе можно оценивать не только через абсолютные показатели, но и через их коэффициенты. Например, атлеты, которые специально тренируются для развития силы, могут иметь высокие показатели в силовых упражнениях, но их аэробная выносливость останется ниже среднего уровня из-за специализации на определенном виде нагрузки. В то время как спортсмены, тренирующиеся на выносливость, могут далеко не достигать таких же показателей силы, как их коллеги по силовым видам спорта.

Понимание различий между выносливостью и силой у спортсменов различных дисциплин позволяет тренерам разрабатывать специализированные программы подготовки в зависимости от целей и задач, стоящих перед конкретной командой или атлетом. Такой подход обеспечит более эффективное развитие необходимых качеств и поможет избежать травм, связанных с несоответствием тренировки и спортивной специализации.

Таким образом, анализ выносливости и силы в контексте различных дисциплин не только способствует более глубокому пониманию функциональных характеристик, но и помогает в оптимизации тренировочного процесса, осветив важность адаптивных механизмов, ведущих к успешным спортивным результатам.

Сравнительный анализ анатомических и функциональных характеристик спортсменов различных дисциплин позволяет выделить ключевые особенности их подготовки, что, в свою очередь, оказывает существенное влияние на результаты соревнований. Проведенные исследования показали, что анатомические характеристики, такие как структура мышечной массы, распределение жировой и мышечной ткани, а также соотношение мышечных волокон, играют важную роль в определении спортивной специализации. Например, легкоатлеты на длинные дистанции демонстрируют улучшенные показатели выносливости, что связано с особенностями их телосложения и физиологическими адаптациями, которые являются результатом специфического тренировочного процесса [12].

Функциональные характеристики, такие как выносливость и сила, также значительно различаются в зависимости от вида спорта.

Спортсмены, занимающиеся спортом, требующим кратковременной максимальной нагрузки, развивают силу и быстроту, что обусловлено физиологическими изменениями, происходящими в их сердечно-сосудистой и мышечной системах. Это подразумевает, что специализированные тренировки должны быть направлены на развитие определенных качеств, соответствующих требованиям спорта, в котором они участвуют [13].

Кроме того, сравнение анатомических и функциональных характеристик позволяет выявить индивидуальные различия между спортсменами, что имеет критическое значение для их подготовки. Индивидуальный подход к тренировкам, основанный на понимании этих особенностей, способствует более эффективному развитию потенциала каждого спортсмена. Учитывая вариативность и адаптивные особенности как анатомических, так и функциональных показателей, тренеры могут разрабатывать программы, позволяющие максимально подчеркнуть сильные стороны атлетов и минимизировать риски чрезмерных нагрузок.

Также важно отметить, что рассмотрение взаимосвязей между анатомическими и функциональными характеристиками открывает новые горизонты для дальнейших исследований. Понимание этих взаимосвязей может привести к улучшению методов тренировки, а также к более глубокому осмыслению процессов, происходящих в организме спортсмена под воздействием физических нагрузок.

Таким образом, ключевые выводы, сделанные в ходе анализа, подчеркивают важность комплексного подхода к изучению анатомических и функциональных характеристик спортсменов, учитывающего специфику каждого вида спорта. Применение данных выводов на практике позволит не только оптимизировать процесс подготовки, но и повысить конверсии спортсменов на международной арене, что крайне важно в условиях растущей конкуренции на мировом уровне.

Исходя из вышесказанного, предлагаются следующие рекомендации для тренировки. Оптимизация тренировочных процессов с учетом индивидуальных характеристик спортсменов имеет ключевое значение для достижения высоких результатов. Настоящие

рекомендации направлены на создание комплексного подхода к тренировкам, что обеспечит более эффективное развитие навыков и физических качеств у атлетов.

Первая рекомендация заключается в проведении предварительного тестирования, позволяющего определить текущее состояние здоровья и уровень физической подготовки спортсмена. Объективные методы оценки, такие как тесты на максимальное потребление кислорода, анаэробный порог и силовые показатели, помогут выявить как сильные стороны, так и области, требующие улучшения. Такие данные должны стать основой для индивидуально ориентированной программы тренировок, а также для выбора видов нагрузки, соответствующих специфике спорта [14, 15].

Второй этап заключается в индивидуализации тренировочных режимов. Каждому спортсмену необходимо разрабатывать тренировочный план, учитывая его антропометрические данные, уровень развития силовых качеств и выносливости, а также специфические физические требования данного вида спорта. Спортивные тренеры должны учитывать не только физические показатели, но и психологические аспекты, такие как мотивация и умение справляться со стрессом во время соревнований. Это позволит не только оптимизировать тренировочный процесс, но и создать комфортные условия для выступлений на высоком уровне [6].

Третья рекомендация связана с акцентом на многогранность тренировочного процесса,

включая как аэробные, так и анаэробные тренировки. Смешение различных методик позволят развивать как выносливость, так и силу, что является важным аспектом для достижения комплексной подготовленности. Наличие разнообразия в тренировках не только повысит эффективность, но и поможет избежать переутомления и травм.

Четвертая рекомендация сосредоточена на важности восстановления. Умение восстанавливаться и применять методы активного отдыха, такие как массаж, физиотерапия и правильное питание, должно быть интегрировано в тренировочный процесс. Восстановление играет важную роль в тренировках, т. к. именно в этот период происходит адаптация организма к нагрузкам и укрепление физических качеств.

И наконец, регулярный пересмотр и корректировка спортивных планов являются важными для долгосрочного успеха. Спортивная подготовка – динамичный процесс, и необходимо учитывать изменения в организме спортсмена, их физические и функциональные возможности, а также новые научные данные и технологии в области тренировки. Это позволит своевременно адаптировать методы тренировок, повышая их эффективность.

Таким образом, предложенные рекомендации направлены на систематизацию процесса подготовки спортсменов, что будет способствовать не только улучшению результатов на соревнованиях, но и повышению качества жизни спортсменов через заботу о их физическом и психологическом здоровье.

Список источников

1. Назарова К.М., Горшунова Е.П. Валеологическая компетентность тренера по легкой атлетике на этапе начальной спортивной подготовки // Наука–2020. № 3 (39). С. 56–62.
2. Мандриков В.Б., Самусев Р.П., Зубарева Е.В., Рудаскова Е.С., Адельшина Г.А. К вопросу об инверсии показателей полового диморфизма у представительниц маскулинных видов спорта // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2015. № 4 (56). С. 76–78.
3. Аксенов И.А. Влияние различных способов удержания молота во время метания на дальность полета снаряда у высококвалифицированных метателей молота, имеющих нарушения слуха // Вестник Шадринского государственного педагогического университета. 2023. № 3 (59). С. 118–123.
4. Липаев В.Ф. Методика отбора в спорте // E-Scio. 2022. № 11 (74). С. 295–299.
5. Сагеева Г.Н. История возникновения атлетизма в России // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2014. Т. 6. № 2. С. 155–157.
6. Яковлев Б.П., Тарасенко И.Б., Думова Т.Б. Межпредметная взаимосвязь в процессе формирования интереса к занятиям физкультурно-спортивной деятельностью у трудных детей и подростков // Вестник Университета Российской академии образования. 2017. № 2. С. 16–21.
7. Самусев Р.П., Зубарева Е.В., Рудаскова Е.С., Адельшина Г.А. Изменения систолической функции сердца в процессе адаптации к регулярным физическим нагрузкам разной направленности // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2018. № 1 (65). С. 60–62.

8. Хыдырова Г., Атаева Г. Нормативные требования для студентов института физической культуры // Наука и мировоззрение. 2024. С. 90–95. Режим доступа: <https://naukamirovovozreniya.ru/article/normativnye-trebovaniya-dlya-studentov-instituta-fizicheskoy-kultury> (дата обращения: 16.01.2025).
9. Сидоров Л.К., Ли Ин Хван. Интегративные процессы в высшем образовании (на примере вузов республики Корея и Российской Федерации) // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2014. № 1 (27). С. 113–114.
10. Джумок А.А., Шутов Е.Р. Структурные и функциональные изменения опорно-двигательного аппарата у спортсменов различных видов спорта // Вестник спортивной науки. 2021. № 3. С. 4–7.
11. Алексеев С.В. История регулирования физической культуры и спорта в Российской империи в период XVIII – начале XX вв // Право и государство: теория и практика. 2016. № 5 (137). С. 98–107.
12. Баландин С.И. Междисциплинарное проектирование в программе дисциплины «Теория и методика избранного вида спорта» // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2011. № 7 (77). С. 13–16.
13. Арнст Н.В. Организационно-методические основы секционных занятий студентов легкой атлетикой в вузе // Омский научный вестник. 2011. № 4 (99). С. 173–175.
14. Макеева И. А., Коновалова А. В. Возможности образовательной программы среднего профессионального образования по специальности «Физическая культура» в формировании здоровье-сберегающей компетенции // Сибирский педагогический журнал, 2010. № 7. Режим доступа: <http://sp-journal.ru/journal/2010-7> (дата обращения: 16.01.2025).
15. Замараев В.А., Жмеренецкий К.В., Колесникова Т.В., Эмирбеков Н.З. Структурная организация и научно-тематическая направленность профессиональной подготовки по анатомии студентов вуза физической культуры // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2010. № 7 (65). С. 28–32.

Информация об авторах / Information about the Authors

Малыхин Анатолий Васильевич,
к.т.н.,
доцент кафедры физической культуры,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
malyxin18@list.ru

Anatoly V. Malykhin,
Cand. Sci. (Engineering),
Associate Professor of the Physical Culture Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., 664074 Irkutsk,
Russian Federation
malyxin18@list.ru

Буяев Спас Александрович,
студент,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
buaevspas85@gmail.com

Spas A. Buaev,
Student,
Institute of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
buaevspas85@gmail.com

Анализ Олимпийских игр последних лет: успехи, проблемы и перспективы для российских спортсменов

© Н.С. Падузова, О.А. Шишлянникова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В статье проводится сравнительный анализ Олимпийских игр за последние три олимпийских цикла, что позволяет выявить наиболее значимые изменения в мировом спорте. Рассматриваются достижения и сложности, с которыми сталкиваются спортсмены, включая вопросы допинга и политического давления, оказывающие влияние на результаты. Обсуждаются основные факторы, влияющие на успехи и неудачи российских атлетов. Особое внимание уделено изменению числа российских спортсменов на Олимпийских играх, анализируются причины сокращения или увеличения делегации и динамики их побед в различных видах спорта. Представлены данные о количестве золотых медалей у различных стран, что позволяет оценить расстановку сил на мировой арене и определить лидеров олимпийского движения, и сделаны выводы о тенденциях и возможностях дальнейшего развития олимпийского движения в России. Исследование направлено на выявление ключевых факторов, влияющих на международные успехи российских спортсменов, и на обсуждение возможных мер для повышения конкурентоспособности России на мировой арене.

Ключевые слова: Олимпийские игры, спорт, российские спортсмены, олимпийский анализ, международная конкуренция

Analysis of the Olympic Games of recent years: successes, problems and prospects for Russian athletes

© Natalia S. Paduzova, Olga A. Shishlyannikova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article provides a comparative analysis of the Olympic Games over the last three Olympic cycles, which allows us to identify the most significant changes in world sports. The achievements and difficulties faced by athletes are reviewed, including issues of doping and political pressure affecting the results. The main factors influencing the successes and failures of Russian athletes are discussed. Special attention is paid to the change in the number of Russian athletes at the Olympic Games, the reasons for the reduction or increase in the delegation, and the dynamics of their victories in various sports are analyzed. Data on the number of gold medals in various countries are presented, which makes it possible to assess the balance of power on the world stage and identify the leaders of the Olympic movement, and conclusions are drawn about trends and opportunities for further development of the Olympic movement in Russia. The study aims to identify key factors influencing the international success of Russian athletes and to discuss possible measures to increase Russia's competitiveness on the world stage.

Keywords: Olympic Games, sports, Russian athletes, Olympic analysis, international competition

Олимпийские игры давно стали неотъемлемой частью культурной жизни, они объединяют миллионы людей и пробуждают спортивные амбиции. Для большинства спортсменов участие в Олимпиаде – важнейшее событие, к которому они готовятся на протяжении всей карьеры. Трансляции соревнований собирают у экранов тех, кто порой даже не увлекается спортом, но искренне переживает за свою страну и за своих соотечественников. Олимпиада – это праздник для зрителей и тяжелый труд для спортсменов.

2020 г. стал годом испытаний и перемен для всех сфер жизни, и спорт не стал исключением. Пандемия COVID-19 внесла серьезные коррективы в графики соревнований, подготовку спортсменов и формат проведения крупнейших спортивных мероприятий. Мировое сообщество столкнулось с вопросами безопасности и здравоохранения, что повлекло за собой отмену, перенос и изменение форматов множества спортивных событий. Однако, несмотря на трудности, спортсмены, организаторы и болельщики сумели сохранить спор-

тивный дух и адаптироваться к новым условиям [1].

Одним из самых значимых событий стало перенесение Летних Олимпийских игр в Токио. Эти Игры должны были стать символом единства, собрав спортсменов со всего мира, но были отложены на год. Олимпийский огонь остался неугасимым, а организаторы и спортсмены продолжили готовиться к встрече в 2021 г., когда события смогут вновь состояться в безопасных условиях. Такое решение стало символом преодоления трудностей и решимости продолжать традиции олимпийского движения, несмотря на все преграды [2].

Спортивный мир был вынужден подстраиваться под новые реалии. Многие турниры прошли в особых условиях, например, знаменитый турнир Ролан Гаррос был перенесен на осень, что само по себе стало уникальным событием. Зрители, привыкшие видеть корты Парижа в начале лета, наблюдали за матчами осенью, в атмосфере, отличной от привычной летней жары. Тем не менее, теннисисты проявили невероятную выносливость, а Рафаэль Надаль, завоевав свой 13-й титул, доказал свое непревзойденное мастерство [3].

Футбольные чемпионаты и турниры также не остались в стороне. Лига чемпионов UEFA провела финальную стадию в формате «мини-турнира», чтобы уменьшить количество передвижений команд и обеспечить безопасность участников. В результате фанаты получили зрелищный футбол в условиях «пузыря» в Лиссабоне, где Германия одержала победу [4].

Последние Летние Олимпийские игры проходили в Токио в 2021 г., хотя изначально были запланированы на 2020 г. Эта Олимпиада стала особенной, т. к. пандемия COVID-19 привела к беспрецедентному решению перенести Игры. В условиях строгих ограничений и отсутствия зрителей атмосфера праздника была несколько снижена, однако спортивные достижения не оставили зрителей равнодушными. Летняя Олимпиада в Токио стала первым крупным международным событием, прошедшим в условиях пандемии, что потребовало от организаторов тщательной проработки мер безопасности [5].

Зимние Олимпийские игры 2022 г. прошли в Пекине с 4 по 20 февраля, также под стро-

гими ограничениями. Всем участникам требовалась вакцинация, а зрителями могли стать лишь жители материкового Китая. Эти Олимпийские игры вошли в историю тем, что Пекин стал первым городом, принявшим и летние, и зимние Олимпиады. Кроме того, в программу Игр были добавлены новые дисциплины, что расширило спектр спортивных возможностей и привлекло интерес новых зрителей [6].

Всего на играх было разыграно 109 комплектов медалей по 15 дисциплинам в 7 видах спорта, что на семь комплектов больше по сравнению с предыдущими Играми. Это расширение позволило включить новые соревнования: монобоб, биг-эйр во фристайле для мужчин и женщин, смешанную эстафету в шорт-треке, а также командные соревнования в акробатике, прыжках с трамплина и сноуборд-кроссе [7].

Соревнования в Пекине охватили такие популярные виды спорта как биатлон, бобслей, горнолыжный спорт, керлинг, конькобежный спорт, лыжное двоеборье, лыжные гонки, прыжки с трамплина, санный спорт, скелетон, сноуборд, фигурное катание, фристайл, хоккей и шорт-трек [8, 9].

XXXIII Летние Олимпийские игры состоялись в Париже с 26 июля по 11 августа 2024 г. Впервые за долгое время Олимпийские игры проводились в Европе. Париж, как важный мировой центр спорта, принимал Олимпиаду уже в третий раз. Олимпийские игры стали значимым событием не только в спортивном, но и в культурном плане, т. к. организаторы планируют привлечь внимание к французскому искусству и инновациям. Также Олимпиада в Париже была направлена на популяризацию устойчивого развития и экологически чистых технологий [10].

США заняли первое место в медальном зачете, завоевав 126 медалей, из которых 40 золотых, что подтверждает сильные позиции американских спортсменов на мировой арене, особенно в таких дисциплинах, как легкая атлетика и плавание. Второе место заняла команда Китая с 91 медалью, из которых 40 золотых наград. Достижения китайских спортсменов иллюстрируют растущую мощь китайского спорта, который активно развивается и финансируется на государственном уровне. Замыкает тройку лидеров Япония, которая за-

брала 45 медалей и смогла подтвердить статус спортивной державы, несмотря на высокую конкуренцию [11].

Особого внимания заслуживают успехи небольших стран, таких как Узбекистан и Новая Зеландия. Узбекистан завоевал восемь золотых медалей и занял 13-е место, что является выдающимся результатом для страны с относительно небольшой спортивной инфраструктурой. Результаты Новой Зеландии, которая также смогла войти в топ-15, забрав 20 медалей, среди которых десять золотых показывают, что даже небольшие страны могут успешно конкурировать на мировой арене, если они вкладываются в подготовку спортсменов и развитие спорта [4].

С 2014 г. и до настоящего времени Россия сталкивается с серьезными вызовами, связанными с международной спортивной политикой и допинговыми скандалами, которые оказывают дестабилизирующее влияние на участие российских спортсменов в Олимпийских играх. Несмотря на создаваемые западными странами сложности, российские спортсмены продолжают демонстрировать выдающиеся результаты и показывают лучшие результаты [10, 12].

Одной из самых серьезных проблем с которыми столкнулась Россия, стали обвинения в систематическом использовании допинга, что привело к массовым отстранениям российских спортсменов от участия в международных соревнованиях, включая Олимпийские игры. Как итог на Олимпийских играх в Рио-де-Жанейро в 2016 г. количество российских спортсменов, допущенных к соревнованиям, было значительно сокращено [5].

Нарушение антидопинговых правил поставило под угрозу участие российских спортсменов в Играх в Токио в 2021 г. Причиной стало принятие решения в 2019 г. о полном отстра-

нении российской сборной от участия в Олимпийских играх на четыре года Всемирным антидопинговым агентством. Российские спортсмены оказались в изоляции на международной арене, многие атлеты начали испытывать сложности с получением лицензий на участие в соревнованиях [10, 13].

Большинство спортсменов проявляют настойчивость в преодолении трудностей и, столкнувшись с ограничениями, находят новые пути для подготовки и выступлений. Некоторые из них становятся участниками международных соревнований под нейтральным флагом, что позволяет сохранить высокие спортивные результаты. Российское правительство и спортивные организации продолжают оказывать финансовую поддержку спортсменам, создают тренировочные центры и программы повышения квалификации тренеров, что способствует их подготовке и участию в международных соревнованиях.

Россия по-прежнему обладает богатым потенциалом в различных видах спорта, включая легкую атлетику, гимнастику, фигурное катание и другие. Молодое поколение спортсменов, которое приходит на смену ветеранам, демонстрирует высокий уровень мастерства и готово к новым вызовам. Олимпийские игры последних лет стали важным этапом для российских спортсменов, полным трудностей и испытаний. Однако, несмотря на все проблемы, у них есть возможности для достижения успехов на международной арене. Будущее российского спорта во многом зависит от дальнейшего преодоления допинговых скандалов и восстановления доверия на международном уровне. Стремление к победам и высокие спортивные достижения остаются важными приоритетами для российских спортсменов, и с каждым годом они продолжают демонстрировать свою силу и упорство.

Список источников

1. Алексеев С.В. Международное спортивное право. М.: ЮНИТИ, 2008. 894 с.
2. Воинов Д.Е. «Мягкая сила» Игр «Сочи-2014» и зарубежные медиа: анализ политико-информационного фона российской Олимпиады // Вестник Московского университета. Серия 25: международные отношения и мировая политика. 2015. Т. 7. № 2. С. 155–181.
3. Кузнецова З.М., Чаплин Д.Л. Олимпийские экологические проблемы как наследие Зимних игр // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2012. № 2 (23). С. 72–84.
4. Горохов В.А. Национальные идентичности в глобальной спортивной культуре: вызовы Сочи-2014 для олимпийской команды России // Журнал социологии и социальной антропологии. 2013. Т. 16. № 5. С. 71–86.
5. Гостева С.Р., Гостев Г.Р. Спортивное право // Берегиня. 777. Сова. 2017. № 4 (35). С. 213–238.

6. Григорьев П.А. Развитие студенческого спорта в России и УрФУ: история достижений факультета физической культуры // История УрФУ, рассказанная аспирантами. 2020. С. 176. Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/91825/1/978-5-7996-3076-8_2020.pdf#page=178 (дата обращения: 04.11.2024).
7. Джолиев И.М.О., Сапаров Б.М., Каримов Н.М., Обносков В.А., Мишин А.С. Возможности и перспективы использования спортивных мероприятий как платформы для патриотического воспитания молодежи // Управление образованием: теория и практика. 2024. Т. 14. № 1–2. С. 89–97. Режим доступа: <https://emreview.ru/index.php/emr/article/view/1296?articlesBySameAuthorPage=3> (дата обращения: 04.11.2024).
8. Воронина В.Т. Тенденции развития лыжного спорта в России // Карельский научный журнал. 2018. Т. 7. № 1 (22). С. 203–206. Режим доступа: <https://landrailknz.ru/%d0%b0%d1%80%d1%85%d0%b8%d0%b2/> (дата обращения: 04.11.2024).
9. Дрейко Н.Ю., Пестрикова А.И. Развитие вида спорта гребля на лодках класса «дракон» и перспективы включения в программу Олимпийских игр // Актуальные проблемы, современные тенденции развития физической культуры и спорта с учетом реализации национальных проектов: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Москва, 19–20 мая 2020 г.). М., 2020. С. 386–391.
10. Исаев А.П., Романов Ю.Н., Эрлих В.В., Потапов В.Н. Малые радости и большие огорчения сборной команды России на XXI Олимпийских играх в Ванкувере. Анализ выступлений. Проблемы и перспективы // Человек. Спорт. Медицина. 2010. № 19 (195). С. 6–10.
11. Козлов К.В. Соревнования в детско-юношеском спорте, становление мастерства одаренных спортсменов в легкой атлетике // Наука в олимпийском спорте. 2018. № 2. С. 50–59.
12. Курамшин Ю.Ф. Проблемы прогнозирования высших спортивных достижений // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2005. № 18. С. 40–58.
13. Глотова Л.С. Белые Олимпиады: каков путь к успеху? (к вопросу об инфраструктурных последствиях Зимних Олимпийских игр) // Берегиня. 777. Сива. 2014. № 1 (20). С. 251–259.

Информация об авторах / Information about the Authors

Падузова Наталья Сергеевна,
студент,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
natalya.paduzova@yandex.ru

Natalia S. Poduzova,
Student,
Institute of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
natalya.paduzova@yandex.ru

Шишлянникова Ольга Александровна,
старший преподаватель
Центра спортивной подготовки,
тренер по общефизической подготовке,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
milagros-2004@list.ru

Olga A. Shishlyannikova,
Senior Lecturer at the Sports Training Center,
General Physical Training Coach,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
milagros-2004@list.ru

Распространение фейковых данных с помощью искусственного интеллекта

© А.А. Горбунов, А.И. Михайлов, П.А. Виноградов, И.А. Гусева

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В современном информационном обществе распространение фейковых данных с помощью искусственного интеллекта становится все более актуальной проблемой – это один из инструментов информационной войны. Искусственный интеллект имеет потенциал для быстрого создания и распространения фальшивых данных, представленных в различных формах, включая текст, изображения и видео. Проблема распространения фейковых данных затрагивает все сферы жизни общества, тем более эта проблема ярко выражается в проведении специальной военной операции, и решение данной проблемы находит еще большую востребованность. Авторы выделяют признаки, типичные для фейковых данных, также приводят примеры их распространения с помощью искусственного интеллекта. При этом они обращают внимание на то, что большая часть населения не обладает навыками критического анализа новостей, что делает стремительное распространение подобных ресурсов особенно опасным. Тенденция распространения фейковых новостей с помощью искусственного интеллекта будет усиливаться с каждым годом, так как фактически производство такого контента ничего не стоит. С другой стороны, именно искусственный интеллект позволяет автоматизировать процессы обнаружения и анализа фейковых новостей. Это один из механизмов защиты от фейковых новостей.

Ключевые слова: искусственный интеллект, фейковые данные, специальная военная операция

Dissemination of fake data using artificial intelligence

© Artyom A. Gorbunov, Alexey I. Mikhailov, Pavel A. Vinogradov, Irina A. Guseva

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. In the modern information society, the dissemination of fake data using artificial intelligence is becoming an increasingly urgent problem; it is one of the tools of information warfare. Artificial intelligence has the potential to quickly create and distribute fake data presented in various forms, including text, images and videos. The problem of spreading fake data affects all spheres of society, especially since this problem is clearly expressed in the conduct of a special military operation, and the solution to this problem is even more in demand. The authors identify the signs typical of fake data, and also give examples of their dissemination using artificial intelligence. At the same time, they draw attention to the fact that most of the population does not have the skills to critically analyze news, which makes the rapid spread of such resources especially dangerous. The trend of spreading fake news with the help of artificial intelligence will increase every year, since in fact the production of such content costs nothing. On the other hand, it is artificial intelligence that makes it possible to automate the processes of detecting and analyzing fake news. This is one of the mechanisms to protect against fake news.

Keywords: AI, artificial intelligence, fake data, SMO

В настоящее время развитие технологий искусственного интеллекта представляет собой одновременно новые возможности и потенциальные угрозы.

Для более широкого понимания рассмотрим два термина: национальная безопасность и безопасность личности. Национальная безопасность – это состояние защищенности национальных интересов Российской Федерации от внешних и внутренних угроз, при котором

обеспечиваются реализация конституционных прав и свобод граждан, достойные качество и уровень их жизни, гражданский мир и согласие в стране, охрана суверенитета Российской Федерации, ее независимости и государственной целостности, социально-экономическое развитие страны¹. Безопасность личности – государственная и социальная безопасность, в рамках которой существует необходимость обеспечения социального по-

¹ О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 02 июля 2021 г. № 400 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2021. № 27. Ст. 5351.

рядка и стабильности, ценностей, прав и свобод личности и общественных объединений, возможностей их нормального функционирования, то есть обеспечения охраны гражданского общества, государственная безопасность, а также содержание конституции Российской Федерации [1, с. 46]. Взяв во внимание данные определения, можно сделать вывод, что с одной стороны, на необходимость и значимость внедрения передовых технологий непосредственно указывает Конституция РФ, в которой в числе других социальных ценностей на первое место выдвигается человек, его личная безопасность, а также присущие ему права и свободы. В свою очередь, развитие информационных технологий способствует реализации прав и свобод человека, дает нам инструменты для улучшения качества жизни, обеспечения безопасности личности, оптимизации процессов и сокращения человеческого труда. Однако, с другой стороны, искусственный интеллект может быть использован для создания и распространения фейковых данных (ФД), что влечет за собой негативные последствия для общества и индивидуальных пользователей информации, а также несет угрозу для национальной безопасности. В настоящее время проблема распространения фейковых данных является особо актуальной, поскольку при проведении специальной военной операции (СВО) мы сталкиваемся со множеством лживой информации, которая затмевает разум человека в столь трудное время.

Возникновение фейковых новостей стало значительной проблемой в современную цифровую эпоху. С развитием социальных медиаплатформ и удобством распространения информации стало все сложнее различить, что является правдой, а что фальсификацией. При этом Правительство РФ в 2020 г. утвердило Концепцию развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники до 2024 г., целью которой является развитие регулирования отношений в сфере технологий

искусственного интеллекта и робототехники, а также определение основных подходов к трансформации системы нормативного регулирования в Российской Федерации для обеспечения возможности создания и применения таких технологий в различных сферах экономики с соблюдением прав граждан и обеспечением безопасности личности, общества и государства.

Для начала следует разобраться с понятием искусственного интеллекта (ИИ). Понятие ИИ является неоднозначным, сложность его определения заключается в его правовой и технической природе. Каждый исследователь рассматривает ИИ так, как считает нужным в рамках своей работы, единого мнения по поводу дефиниции на сегодняшний день нет [2, с. 692]. Искусственный интеллект – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру (в том числе информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети, иные технические средства обработки информации), программное обеспечение (в том числе в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений².

Современные алгоритмы машинного обучения могут распознавать входящие образцы данных и создавать уже новые, фальшивые данные, которые могут быть сложны для обнаружения людьми. Это может приводить к потенциальным проблемам с доверием к информационным источникам и создавать вызовы для обеспечения аутентичности и этики в использовании искусственного интеллекта [3, с. 155].

² О проведении эксперимента по установлению специального регулирования в целях создания необходимых условий для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в субъекте Российской Федерации – городе федерального значения Москве и внесении изменений в статьи 6 и 10 Федерального закона «О персональных данных»: Федер. закон от 24 апреля 2020 г. № 123-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2020. № 17. Ст. 2701.

Распространение фейковых данных с помощью искусственного интеллекта требует повышенной внимательности и разработки стратегий и технических решений для борьбы с подобными проблемами. Но, прежде чем вести речь о борьбе с фейками, следует выделить их признаки и привести примеры их распространения, описать их как явление. Для начала следует обозначить, что в данной работе речь идет о распространении фейковых данных в формате новости и поэтому в первую очередь нужно дать понятие термину «фейковые данные» (фейк-ньюз). Фейк-ньюз – это ложная, сфальсифицированная информация, целенаправленно представленная в качестве реальной новости. Сюда относятся как мелкие неточности, разбавляющие правдивые факты, так и откровенная ложь, подаваемая средствами массовой информации в изданиях, в Интернете, книгах и на телеканалах [4, с. 128].

Фейковые данные имеют несколько характерных признаков:

- данная информация распространяется публично;

- данная информация носит вид новости, общественно значимой информации, важной для неопределенного круга лиц, и это утверждение о факте, а не выражение мнения;

- она является заведомо недостоверной для того лица, которое ее создает и начинает ее распространение, хотя впоследствии данная новость может широко разойтись благодаря пересылке сообщений, перепостам сведений уже самими обманутыми гражданами или другими СМИ;

- такая новость маскируется под правдивую информацию.

К особенностям ИИ следует отнести то, что при выполнении многогранных задач, делегированных людьми, юниты ИИ обладают способностью самостоятельно включаться в общественные отношения и часто даже выступать в качестве их неотъемлемой части [5, с. 82].

Далее приведем примеры распространения фейковых данных с помощью ИИ.

Генерация фальшивых новостей. ИИ может быть использован для создания и распро-

странения фейковых новостей, которые могут содержать непроверенную информацию или искажать факты. Это может привести к дезинформации и манипуляции общественным мнением. Что касается СВО, к примеру, с начала 2024 г. в украинских СМИ распространяется фейк³, что в России закончились танки. Причина этого звучит довольно нелепо: якобы в России «выпускается 20 машин в месяц». На самом деле за 2023 г. отечественная промышленность передала в ВС РФ 1530 новых и модернизированных танков Т-90М, Т-72Б3М и Т-80БВМ. В войска в среднем поступает по 127 боевых машин в месяц. Эти танки по ряду показателей превосходят последние зарубежные разработки. Объемы производства наращиваются. В 2024 г. планомерно увеличат выпуск танков для российской армии.

Создание фальшивых изображений. С использованием ИИ можно создавать реалистичные фотографии или видео, которые могут быть поддельными или измененными. Это может привести к распространению фальшивых изображений и нанести ущерб репутации людей или организаций.

Автоматизированный бот-пропаганда. ИИ может использоваться для создания и управления сетями автоматизированных ботов, которые могут распространять фейковую информацию на социальных платформах. После недавнего обстрела в Белгороде, очень активно стали распространять телеграмм-бота для поиска укрытий. Данный бот указывает на ближайшее расположение укрытий, при этом заранее происходит оповещение о предположительных обстрелах или уже действующих [6, с. 129].

Манипуляция данными. ИИ может использоваться для манипуляции или подделки данных, например, изменения рейтингов, отзывов или статистики, чтобы создать иллюзию определенных трендов или результатов. Так, что касается СВО, в данное время существует большое количество украинских телеграмм-ботов, которые генерируют ложную информацию о состоянии ВС РФ и распространяют ее среди населения России, что сильно бьет по моральному состоянию страны [7, с. 30].

³ Война с фейками // Telegram. Режим доступа: <https://t.me/warfakes/19784> (дата обращения: 10.09.2024).

Распространение фейковых данных с использованием ИИ может представлять угрозы для общества в контексте Конституции Российской Федерации.

Рассмотрим небольшие и начальные примеры отрицательного воздействия искусственного интеллекта на положения Конституции.

Гарантия свободы мысли и слова (ст. 29). Конституция РФ признает право на свободу информации и свободу слова. Использование ИИ для распространения фейковых данных может подорвать эти права, т. к. ложная информация может искажать общественное мнение и приводить к недостоверному восприятию событий.

Гарантия свободы выборов и избирательных прав (ст. 32, ст. 60). Конституция РФ гарантирует свободу выборов и избирательные права. Распространение фейковых данных, направленных на искажение образа кандидатов или вмешательства в избирательные процессы, может подорвать эти принципы и создавать неправильные представления у избирателей.

Право на предпринимательскую деятельность и иные экономические свободы (ст. 34). Конституция РФ признает право для предпринимательской и иной не запрещенной законом экономической деятельности. Использование фейковых данных для манипуляции рыночной конкуренции с использованием ИИ может противоречить этим принципам.

Особое отрицательное воздействие распространение ФД искусственным интеллектом оказывает на воинскую обязанность граждан, установленной положениями Конституции о долге и обязанности защиты Отечества.

Искажение общественного мнения. Фейковые данные могут направляться на военнослужащих, искажая их представления о текущей ситуации, внутренних и внешних угрозах. Это может повлиять на их понимание задач, восприятие реальных рисков и создать неверные представления о политике и международных отношениях.

Распространение фейковых данных с помощью ИИ может быть нацелено на создание ненависти к военным структурам и манипуляцию общественным сознанием непосредственно в них, что влияет на дисциплину и внутреннюю стабильность.

Воздействие на стабильность и безопасность. Искусственный интеллект, используемый для распространения дезинформации, может создавать фиктивные сценарии военных угроз и конфликтов. Это может вызвать нестабильность в военной сфере, создать напряженность и затруднить эффективное выполнение воинской обязанности.

Фейковые данные, созданные с помощью ИИ, могут вводить в заблуждение военные структуры, делая их уязвимыми перед ложной информацией об угрозах и действиях противника.

В связи с этим существуют возможные механизмы борьбы с распространением ФД [8, с. 65] (манипуляция информацией):

1. Образование и информационная грамотность:

- повышение уровня информационной грамотности в обществе;
- разработка образовательных программ по критическому мышлению и анализу информации.

2. Системы раннего предупреждения:

- развитие систем раннего предупреждения для выявления и реагирования на дезинформацию, в том числе применение ответного искусственного интеллекта, например, для мониторинга социальных сетей, а также новостных источников с целью выявления потенциально опасных трендов.

3. Сотрудничество с социальными платформами:

- сотрудничество с социальными сетями и онлайн-платформами для борьбы с дезинформацией;
- внедрение мер по отслеживанию и удалению ложной информации.

4. Законодательное регулирование:

- ужесточение законов, направленных на борьбу с дезинформацией и распространением фейковых данных;
- уточнение юридических определений и критериев для выявления и пресечения дезинформации.

5. Применение положений УК РФ:

- «публичное распространение заведомо ложной информации об обстоятельствах, представляющих угрозу жизни и безопасности граждан»;

– «публичное распространение заведомо ложной общественно значимой информации, повлекшее тяжкие последствия»;

– «публичное распространение заведомо ложной информации об использовании Вооруженных Сил Российской Федерации, исполнении государственными органами Российской Федерации своих полномочий, оказании добровольческими формированиями, организациями или лицами содействия в выполнении задач, возложенных на Вооруженные Силы Российской Федерации».

6. Гражданская активность и участие:

– поощрение гражданской активности в отношении борьбы с дезинформацией.

В результате взаимодействия человека и искусственного интеллекта возникает значительный спектр этических проблем, зависящих от цели применения ИИ и самостоятельного принятия решений самообучающимися программами на базе ИИ [9, с. 30].

Одним из приоритетных направлений информационно-безопасности Российской Федерации в настоящее время является задача по патристическому воспитанию молодежи, формированию у него критического мышления, повышения уровня киберкультуры и медиаграмотности [10].

Развитие искусственного интеллекта, как ключевого фактора прогресса в современном обществе, имеет особую важность. Расширение областей применения ИИ обещает принести значительные выгоды, повышая эффективность процессов, оптимизируя ресурсы и улучшая качество жизни. Однако, несмотря на потенциальные плюсы, необходимо с особым вниманием относиться к контролю за развитием и применением искусственного интеллекта.

По мнению западных аналитиков, мы достигли того момента, когда ИИ будет использоваться для создания дезинформации, которую затем порекомендует вам другой ИИ [11].

Важно осознавать, что распространение фейковых данных с использованием ИИ представляет серьезную угрозу для общества и может нанести ущерб конституционным принципам, правам и обязанностям граждан Российской Федерации. Следует стремиться к балансу между инновационным развитием и обеспечением информационной безопасности.

В этом контексте, необходимо предпринимать меры по созданию эффективных правовых и технологических механизмов контроля за использованием ИИ.

Список источников

1. Дмитрик С.И. Понятие безопасности личности по действующему законодательству // Вопросы науки и образования. 2018. № 12 (24). С. 45–47. Режим доступа: <https://scientificpublication.ru/h/arkhiv-zhurnala-voprosy-nauki-i-obrazovaniya.html> (дата обращения: 15.06.2024).
2. Додонова В.С., Куржумов Д.В., Гусева И.А. История возникновения искусственного интеллекта в России и перспективы его развития // Молодежный вестник ИРГТУ. 2023. Т. 13. № 4. С. 692–698. Режим доступа: <http://xn--b1agijgi1ai.xn--p1ai/journals/2023/04> (дата обращения: 21.06.2024).
3. Суходолов А.П., Бычкова А.М. «Фейковые новости» как феномен современного медиапространства: понятия, виды, назначения, меры противодействия // Вопросы теории и практики журналистики. 2017. Т. 6. № 2. С. 143–169.
4. Иоселиани А.Д., Бунина М.А. Фейк и фейк-ньюз как инструменты влияния на формирование общественного мнения // Век глобализации. 2023. № 2 (46). С. 125–135.
5. Бегишев И.Р., Латыпова, Кирпичников Д.В. Искусственный интеллект, как правовая категория: доктринальный подход к разработке дефиниции // Актуальные проблемы экономики и права. 2020. Т. 14. № 1. С. 79–91.
6. Некрасов Г.А., Романова И.И. Разработка поискового робота для обнаружения веб-контента с фейковыми новостями // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2017. № 1. С. 128–130.
7. Жук Д.А., Жук Д.В., Третьяков А.О. Методы определения поддельных новостей в социальных сетях с использованием машинного обучения // Информационные ресурсы России. 2018. № 3. С. 29–32.
8. Морхат П.М. К вопросу о специфике правового регулирования искусственного интеллекта и о некоторых правовых проблемах его применения в отдельных сферах // Закон и право. 2018. № 6. С. 63–67.
9. Афанасьева Ж.С., Афанасьев А.Д. Этические аспекты применения технологий искусственного интеллекта // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. 2022. № 3 (15). С. 24–32. [https://doi.org/10.26731/2658-3704.2022.3\(15\).24-32](https://doi.org/10.26731/2658-3704.2022.3(15).24-32).
9. Коротков С. Технологии искусственного интеллекта – новые возможности для Запада по дезинформации и манипуляции информацией в ИКТ-сфере // Международная жизнь. Режим доступа: <https://interaffairs.ru/news/show/43719> (дата обращения: 02.09.2024).
10. Бенсон Т. Эта дезинформация только для вас // Wired. Режим доступа: <https://www.wired.com/story/generative-ai-custom-disinformation/> (дата обращения: 04.09.2024).

Информация об авторах / Information about the Authors

Горбунов Артем Алексеевич,
студент,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
artem.gorbunov.2003@mail.ru

Artyom A. Gorbunov,
Student,
Institute of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
artem.gorbunov.2003@mail.ru

Михайлов Алексей Иванович,
студент,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
j2ge9os@gmail.com

Alexey I. Mikhailov,
Student,
Institute of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
j2ge9os@gmail.com

Виноградов Павел Алексеевич,
студент,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
pavel.vinogradov38@yandex.ru

Pavel A. Vinogradov,
Student,
Institute of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
pavel.vinogradov38@yandex.ru

Гусева Ирина Александровна,
к.и.н.,
доцент кафедры теории права,
конституционного и административного права,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
mif-leg@mail.ru

Irina A. Guseva,
Cand. Sci. (History),
Associate Professor of the Theory of Law,
Constitutional and Administrative Law Department,
Institute of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
mif-leg@mail.ru

Влияние коррозии на железобетонные конструкции при ведении подземных горных работ

© И.В. Перелыгин, А.Ю. Болотнев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Данная статья посвящена наиболее точной оценке влияния коррозии на железобетонные конструкции в рудниках и шахтах. Зачастую в условиях ведения подземных горных работ для создания различных конструкций, а также укрепления горных выработок используется бетонная смесь с добавлением в нее стальной арматурной сетки, которая в свою очередь в условиях достаточно агрессивной среды может быть подвержена коррозионному воздействию. Коррозия в зависимости от наличия агрессивных химических элементов в составе среды, в которой находится металл, за определенный промежуток времени приводит к самопроизвольному уничтожению металла, что способствует разрушению общей несущей конструкции и может стать дальнейшей причиной остановки работ и дополнительных затрат на ликвидацию последствий разрушения. В работе представлены методы исследования влияния процесса коррозии на железобетонные конструкции путем проведения электролизных испытаний, создана имитация воздействия коррозии на металл в условиях агрессивной среды. Также в статье представлено дальнейшее сравнение железобетонных образцов, которые подверглись воздействию коррозии, и образцов, которые не подвергались ее воздействию. На основе полученных результатов сделаны выводы.

Ключевые слова: коррозия, железобетон, арматурная сетка, электролизные испытания, образцы

Effect of corrosion on reinforced concrete structures during underground mining

© Ivan V. Perelygin, Aleksandr Y. Bolotnev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the most accurate assessment of the effect of corrosion on reinforced concrete structures in mines and shafts. Often, during underground mining, a concrete mixture with the addition of a steel reinforcing mesh is used to create various structures, as well as to strengthen mine workings, which, in turn, can be subject to corrosion in a fairly aggressive environment. Corrosion, depending on the presence of aggressive chemical elements in the composition of the medium in which the metal is located, over a certain period of time, leads to spontaneous destruction of the metal, which contributes to the destruction of the overall supporting structure and may further cause work to stop and additional costs to eliminate the consequences of destruction. The article presents methods for studying the effect of the corrosion process on reinforced concrete structures. By conducting electrolysis tests, an imitation of the effect of corrosion on metal was created in an aggressive environment. The article also provides a further comparison of reinforced concrete samples that have been exposed to corrosion and samples that have not been exposed to it. The article presents conclusions based on the results obtained.

Keywords: corrosion, reinforced concrete, reinforcing mesh, electrolysis tests, samples

Введение

Железобетонная крепь – одна из наиболее часто встречающихся видов крепей в шахте, представляющая собой смесь бетона с добавлением стальной арматуры. Стальная арматура помогает в несколько раз повысить прочность бетона, а также имеет ряд других преимуществ по сравнению с обычными бетонными конструкциями. Несмотря на это, одним из самых главных недостатков является коррозия, которая образуется на поверхности стальной арматуры, тем самым постепенно

уничтожая ее. Поскольку довольно большое количество рудников и шахт находится в условиях обводненности, железобетонные конструкции в таких шахтах постоянно подвергаются воздействию влаги, которая и является одной из главных причин появления коррозии. При этом вода в закрытых горных выработках может содержать в себе агрессивные химические элементы [1–4], которые за короткий промежуток времени могут и вовсе разъесть металл, что способно привести к нарушению безопасности на производстве и дополни-

тельным расходом на восстановление конструкций.

Изучение влияния коррозии на железобетонные конструкции является одним из главных вопросов при разработке средств и методов защиты от коррозии. Данным вопросом занимался известный советский ученый профессор А.М. Полак [5, 6]. Он рассматривал коррозию как совокупность элементарных известных на то время процессов. Далее он составлял систему дифференциальных уравнений, описывающих эти процессы [7].

К основным задачам текущего исследования, в свою очередь, можно отнести следующие:

- изучение прочностных свойств железобетона;
- проведение электролизных испытаний;
- анализ полученных результатов;
- подведение итогов исследования.

Материалы и методы исследования

Прочность бетона непосредственно зависит от соотношения всех необходимых компонентов [8, 9]. Для изготовления одного образца размерами 100×100×100 мм были использованы следующие пропорции:

- цемент М400 – 492 г;
- песок – 661 г;
- вода – 207 мл.

Было изготовлено 12 эталонных образцов бетона, а также 24 бетонных образца, в составе которых есть стальная арматура. Для

железобетонных образцов использованы следующие пропорции:

- цемент М400 – 492 г;
- песок – 661 г;
- арматурная сетка – 47 г;
- вода – 207 мл.

После заливки для достижения максимальной прочности образцы настаивались в течение 28 суток. По истечении нужного времени для 12 железобетонных образцов были проведены электролизные испытания.

В емкость с раствором воды и соли (в соотношении 40 г на литр) были помещены железобетонные образцы. Далее к концам арматурной сетки, выступающей из образцов, был приспособлен медный провод, по которому шел электрический ток. Второй медный провод, идущий от того же источника тока, приспособлялся к металлической пластине, которая также находилась в растворе воды с солью. При этом металлическая пластина является катодом, а арматурная сетка в составе образца – анодом. Вследствие окислительно-восстановительной реакции арматурная сетка покрывалась налетом коррозии.

По истечении определенного времени (2–4 ч) были проведены испытания прочности образцов на сжатие и растяжение. Для проверки прочности использовался испытательный пресс марки ИП-500М.

В табл. 1–6 представлены значения размеров, нагрузки и напряжения в бетонных образцах.

Таблица 1. Характеристики эталонных образцов бетона на сжатие

Номер опыта	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масштабный коэффициент	Нагрузка, кН	Давление, МПа
1	96	97	100	0,96	184,376	19
2	100	104	100	0,96	179,065	16,53
3	100	100	104	0,96	202,831	19,47
4	100	100	100	1	184,558	18,46
5	100	100	102	0,98	165,484	16,22
6	100	100	96	0,96	190,051	18,24

Таблица 2. Характеристики эталонных образцов бетона на растяжение

Номер опыта	Длина, см	Ширина, см	Высота, см	Масштабный коэффициент	Нагрузка, кН	Давление, МПа
1	100	101	96	0,96	27,581	2,62
2	102	101	96	0,94	15,831	1,44
3	96	97	95	0,98	13,581	1,43
4	100	100	100	1	14,267	1,42
5	99	100	96	0,96	23,804	2,31
6	104	98	99	0,95	14,229	1,33

Таблица 3. Характеристики образцов железобетона на сжатие

Номер опыта	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масштабный коэффициент	Нагрузка, кН	Давление, МПа
1	100	100	96	0,96	238,041	22,85
2	100	95	100	0,95	254,406	25,44
3	100	100	95	0,95	341,573	32,45
4	100	100	96	0,96	238,308	22,88
5	97	98	100	0,97	227,741	23,24
6	97	95	100	0,92	291,142	29,07

Таблица 4. Характеристики образцов железобетона на растяжение

Номер опыта	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масштабный коэффициент	Нагрузка, кН	Давление, МПа
1	103	103	100	0,97	52,760	4,82
2	96	103	98	0,98	35,315	3,50
3	100	95	95	0,95	45,396	4,54
4	103	100	98	0,95	38,186	3,52
5	96	104	100	0,96	47,303	4,55
6	96	101	98	0,98	52,529	5,31

Таблица 5. Характеристики образцов железобетона после электролизных испытаний на сжатие

Номер опыта	Длина, см	Ширина, см	Высота, см	Масштабный коэффициент	Нагрузка, кН	Давление, МПа
2 часа						
1	96	99	95	0,99	179,294	18,67
2	99	104	100	0,99	192,683	18,71
3	102	98	100	0,98	204,509	20,46
4 часа						
4	101	100	99	0,99	183,413	17,98
5	97	105	103	0,94	188,220	17,37
6	100	100	97	0,97	183,795	17,39

Таблица 6. Характеристики образцов железобетона после электролизных испытаний на растяжение

Номер опыта	Длина, см	Ширина, см	Высота, см	Масштабный коэффициент	Нагрузка, кН	Давление, МПа
2 часа						
1	100	100	95	0,95	31,586	3,22
2	103	101	95	0,92	38,969	3,45
3	97	100	97	0,97	32,684	3,27
4 часа						
4	100	100	95	0,95	27,695	2,63
5	100	98	96	0,96	29,526	2,89
6	99	100	96	0,96	30,480	2,95

Значение напряжений рассчитано в соответствии с ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» [10].

Результаты исследования

В ходе сравнения прочности испытуемых образцов было установлено, что среднее напряжение в железобетонных образцах на сжа-

тие составляет 26 МПа, что почти в 1,5 раза больше, чем напряжение в эталонных образцах, среднее значение которых составило 18 МПа.

В ходе проведения испытаний на растяжение выявлено, что образцы, в составе которых была арматурная сетка, смогли выдержать среднее давление в 4,4 МПа, что в 2,5 раза выше, чем среднее давление на эталонные образцы в 1,76 МПа. При этом стоит отметить,

что арматурная сетка не давала образцу разделиться на части даже после его разрушения.

Электролизные испытания помогли за небольшой промежуток времени добиться образования коррозии на поверхности арматурной сетки, при этом образцы были разделены на две части – это образцы, которые находились в растворе 2 и 4 ч. В результате испытаний на сжатие было установлено, что средняя прочность образцов, находящихся в растворе 2 ч, упала почти в 1,3 раза (среднее давление – 19,28 МПа), а прочность образцов, которые находились в растворе 4 ч, упала в 1,5 раза (среднее давление – 17,58 МПа). Испытания на растяжение показали также падение прочности в 1,3 раза после 2 ч в растворе при среднем давлении в 1,3 МПа и в 1,56 раза после 4 ч в растворе при среднем давлении в 1,56 МПа.

Заключение

В результате проведенных испытаний установлено, что стальная арматура помогает повысить прочность бетонных конструкций в 1,5 раза при сжатии и в 2,5 раза при растяжении, а также помогает сохранить образцу целостность даже после его частичного разрушения, но в результате коррозии прочность железобетонных образцов стала падать в зависимости от времени, проведенного в растворе. Коррозия вызывает самопроизвольное разрушение металла, в результате которого и падает прочность общей конструкции. Для борьбы с коррозией существуют различные защитные покрытия, а также сплавы, которые имеют наиболее высокую коррозионную стойкость по сравнению с обычной стальной арматурой.

Список источников

1. Хасилов И.Н., Нуриллаева Х.А. Разработка устойчивых к агрессивным средам покрытий для защиты стальных элементов в железобетонных конструкциях // *Universum: технические науки*. 2025. № 1 (130). Режим доступа: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/19167> (дата обращения: 21.02.2025).
2. Фомиченко К.И., Волчанин Г.В., Кузнецов А.А., Кузьменко А.Ю. Экспериментальные исследования количественного состава продуктов коррозии на поверхности железобетонных конструкций // *Омский научный вестник*. 2024. № 3 (191). С. 150–156. <https://doi.org/10.25206/1813-8225-2024-191-150-156>.
3. Ольховая Л.И., Михалев Е.И. Зависимость срока службы подземных конструкций от агрессивных факторов // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2023. № 11–4 (86). С. 90–96. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2023-11-4-90-96>.
4. Сальников В.С., Копылов А.Б., Коновалов О.В., Шейнкман Л.Э. Факторы, влияющие на безопасность повторного использования горных выработок // *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2010. № 1. С. 170–174.
5. Полак А.Ф. Моделирование коррозии железобетона и прогнозирование его долговечности // *Итоги науки и техники. Коррозия и защита от коррозии*. 1986. Т. 11. С. 136–180.
6. Федоров П.А., Гильмутдинов Т.З., Астафуров А.А., Латыпов В.М. Совершенствование лабораторных методов исследований долговечности бетона в агрессивных газовых и жидких средах // *Строительные материалы*. 2016. № 10. С. 42–47.
7. Коробейников А.Г., Ткалич В.Л., Пирожникова О.И. Моделирование процесса коррозии арматуры в железобетонной конструкции на объекте транспортной инфраструктуры // *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*. 2023. Т. 66. № 6. С. 483–488. <https://doi.org/10.17586/0021-3454-2023-66-6-483-488>.
8. Перельгин И.В., Болотнев А.Ю. Исследование прочностных свойств бетонной шахтной крепи при растеплении массива горных пород // *Молодежный вестник ИрГТУ*. 2024. Т. 14. № 2. С. 334–337. Режим доступа: <http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2024/02> (дата обращения: 21.02.2025).
9. Гурбанов Ы., Сапаргулыева Г., Худайназаров А. Основные характеристики бетонных смесей и способы их формирования // *Вестник науки*. 2024. Т. 5. № 3 (72). С. 575–578.
10. Баранова А.А., Гасс Ю.А., Лоншаков И.В. Определение масштабных и поправочных коэффициентов для образцов мелкозернистого бетона // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2019. Т. 9. № 3 (30). С. 502–509. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-3-502-509>.

Информация об авторах / Information about the Authors

Перельгин Иван Викторович,
студент,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
perelygin31102008@mail.ru

Ivan V. Perelygin,
Student,
Institute of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
perelygin31102008@mail.ru

Болотнев Александр Юрьевич,

к.т.н., доцент,
доцент кафедры разработки месторождений
полезных ископаемых,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
abolotnev@mail.ru

Aleksandr Y. Bolotnev,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of Mineral Deposits Development,
Institute of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
abolotnev@mail.ru

УДК 665.765
EDN: WNCHWI

Сравнение физико-химических свойств моторных масел

© Ю.Р. Антипьева, Д.С. Петрова, Т.А. Подгорбунская

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. С течением времени моторное масло может изменять свои физико-химические свойства. Производитель не рекомендует использовать масло по истечению срока годности. Двигатель подвергается негативному воздействию масла, которое может изменить свой состав и не соответствовать стандартам качества. Задача данного исследования провести физико-химический анализ моторных масел различной природы, определить компонентный состав и посмотреть динамику изменения свойств с течением времени. В статье приведена сравнительная характеристика между двумя маслами: полусинтетическим и маслом с гидрированной минеральной основой. По полученным результатам измерений физико-химических показателей плотности, вязкости, преломления, температуры застывания и индекса вязкости, заметна динамика изменения в сторону увеличения значений. Проведен расчет в программе Microsoft Excel компонентного состава двух образцов масел по методу η - ρ - M . По полученным данным наиболее устойчивым к старению является масло Gazpromneft Super 10W-40 с гидрированной основой. Масло Shell Helix Ultra 5w-40 с течением времени изменяет свой состав, увеличивается содержание углерода в кольчатых структурах и уменьшается доля углерода в ациклических компонентах. Парафиновые и нафthenовые углеводороды с длинными боковыми цепями обладают хорошими вязкостно-температурными свойствами, наличие которых в маслах свидетельствуют высокие индексы вязкости. В процессе старения масла подвергаются химическим превращениям, что характеризует измененный компонентный состав масел. Следовательно, гидрированные масла обладают повышенной стабильностью, так как в их составе преобладание моноциклических нафthenовых структур с парафиновыми в боковых цепях.

Ключевые слова: моторное масло, физико-химические свойства, вязкостно-температурные характеристики, синтетическое полусинтетическое и минеральное масла, компонентный состав

Comparison of physical and chemical properties of engine oils

© Yulia R. Antipyeva, Darya S. Petrova, Tatyana A. Podgorbunskaya

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Over time, engine oil can change its physical and chemical properties. The manufacturer does not recommend using the oil after the expiration date. The engine is negatively affected by oil, which can change its composition and does not meet quality standards. The task of the study is to conduct a physical and chemical analysis of motor oils of various natures, to determine the component composition and to see the dynamics of changes in properties over time. The article presents a comparative characteristic between two oils: semi-synthetic and hydrogenated mineral base oil. The results of measurements of physical and chemical indicators of density, viscosity, refraction, pour point and viscosity index show the dynamics of changes towards increasing values. The calculation of the component composition of two oil samples using the η - ρ - M method was carried out in the Microsoft Excel program. According to the data obtained, Gazprom Neft Super 10W-40 oil with a hydrogenated base is the most resistant to aging. Shell Helix Ultra 5w-40 oil changes its composition over time, the carbon content in annular structures increases and the proportion of carbon in acyclic components decreases. Paraffin and naphthenic hydrocarbons with long side chains have good viscosity-temperature properties, the presence of which in oils is evidenced by high viscosity indices. During the aging process, the oils undergo chemical transformations, which characterize the changed component composition of the oils. Consequently, hydrogenated oils have increased stability, since their composition is dominated by monocyclic naphthenic and paraffin structures in the side chains.

Keywords: engine oil, physical and chemical properties, viscosity-temperature characteristics, synthetic semi-synthetic and mineral oils, component composition

Для поддержания работоспособности двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и обеспечения исправного состояния, необходимо регулярно и своевременно заменять моторные

масла. Масла защищают рабочие поверхности деталей двигателя от коррозии, способствуют охлаждению сопрягаемых поверхностей деталей, снижают силы трения, обеспе-

чивают очистку деталей от загрязняющих частиц, а также продуктов износа и нагара. Для выполнения необходимых функций двигателя требуется применять качественные масла.

С течением времени состав моторных масел подвергается старению, что приводит к ухудшению их эксплуатационных свойств. Актуальной задачей, увеличивающей срок функционирования масла, является правильное его хранение и получение. При использовании масла, срок годности которого истек, двигатель подвергается негативному воздействию измененного состава, который не отвечает заданным свойствам. Как правило, срок годности масла – 5 лет. Исчисление срока годности начинается с момента открытия упаковки [1–3].

Моторные масла должны обладать высокой степенью защиты двигателя от износа, обеспечивать оптимальную работу двигателя при различных температурах, обладать высокой степенью чистоты, чтобы не накапливаться в деталях двигателя, обладать высокой степенью экономичности, иметь стабильный состав [4–6].

Многие важные эксплуатационные свойства смазочных масел, в частности, степень снижения коэффициента трения, защита от износа, интервал рабочих температур и прочие показатели, связаны с их вязкостными и вязкостно-температурными характеристиками. Вязкость повышается с увеличением числа циклических ароматических соединений, а также с удлинением их боковых цепей [7].

Для минеральных масел вязкостные и вязкостно-температурные параметры определяются фракционным и групповым углеводородным составом масляных компонентов. Фракционный состав практически полностью определяется температурным режимом работы вакуумных ректификационных колонн атмосферно-вакуумных трубчатых установок (АВТ). На химический состав компонента масла влияют факторы, начиная от природы нефти и заканчивая технологическим режимом работы установок: АВТ, селективной очистки, депарафинизации и деасфальтизации.

Синтетические масла, полученные в результате синтеза мономерных соединений, занимают ведущую роль наряду с нефтяными (минеральными) маслами. По ряду технических характеристик они имеют значительные

преимущества перед минеральными и полусинтетическими, которые получены компаундированием нефтяных и синтетических масел. Синтетические масла способны размягчать нагар, образованный на стенках камеры сгорания, поэтому происходит забивка отложениями каналов или смазочной системы, в связи с этим при значительном износе двигателя синтетику лучше заменить на полусинтетику или минеральную основу [8].

В данном исследовании главной задачей было определить свойства и состав моторных масел, а также изучить изменения физико-химических параметров в течение срока хранения. В качестве определяемых показателей были выбраны: плотность, вязкость, индекс вязкости, коэффициент рефракции и температура застывания. И на основании полученных свойств выявить как их изменение влияет на компонентный состав. Все анализы выполнены с периодичностью раз в год.

В качестве объектов исследования выбраны два моторных масла 2019 г. изготовления: Shell Helix Ultra 5w-40 (масло 1) и Gazpromneft Super 10W-40 (масло 2). Масло 1 представляет полусинтетическую основу с присадками; масло 2 – полусинтетическое масло, имеющее в составе гидроочищенные тяжелые парафинистые дистилляты. Образцы масел хранились вдали от солнечных лучей, тепловых излучений в сухом помещении.

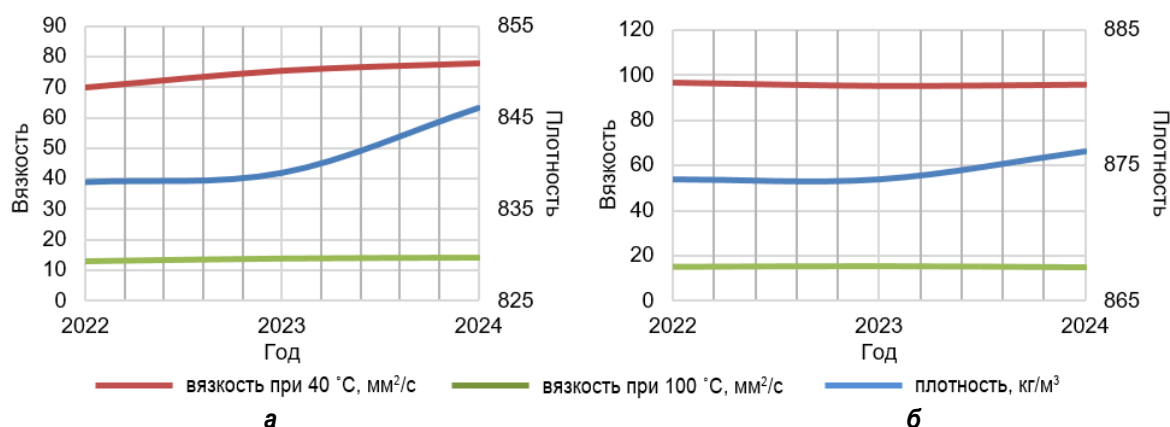
Согласно стандартным методикам были определены: плотность при 20 °С, вязкость при 40 °С и 100 °С, коэффициент рефракции при 20 °С, температура застывания и индекс вязкости по номограмме. Полученные результаты представлены в табл. 1 в сравнении с показателями паспортов качества на исследуемые масла.

На основании показателей табл. 1 построены зависимости изменения свойств от года измерения (рисунок).

Основываясь на полученных данных, можно сделать вывод, что свойства масел изменились незначительно. С течением времени увеличивается плотность масла 1, а плотность масла 2 меняется незначительно. Значения вязкости для масла 1 с течением времени увеличиваются, а для масла 2 величины находятся в пределах погрешности измерений.

Таблица 1. Измеренные физико-химические характеристики масел

Показатель	Паспорт качества	Shell Helix ultra 5w-40			Паспорт качества	Gazpromneft Super 10W-40		
		2022 г.	2023 г.	2024 г.		2022 г.	2023 г.	2024 г.
Плотность ρ_4^{20} , кг/м ³	836	838	839	846	874	874	874	876
Вязкость ν при 40 °С, мм ² /с	79,1	70,02	75,53	77,98	98,3	96,50	95,12	95,65
Вязкость ν при 100 °С, мм ² /с	13,1	12,87	13,90	14,25	14,2	15,22	15,55	15
Индекс вязкости	168	187	191	191	148	167	174	165
Температура застывания t_z , °С	-45	-56,7	-56,7	-55,9	-37	-45,5	-45,5	-47,4
Показатель преломления n	–	1,4648	1,4644	1,4683	–	1,4782	1,4784	1,4791



Изменение свойств масел в течение трех лет:

а – образец масла Shell Helix Ultra 5w-40; б – образец масла Gazpromneft Super 10W-40

Согласно полученным данным, масло 1 с добавкой минеральной основы подвержено «подвижности» компонентного состава, что в свою очередь влияет на изменения его физико-химических свойств.

В ходе дальнейшего исследования в программе Microsoft Excel расчетным способом был определен компонентный состав масел на основе данных физико-химических показателей (табл. 2).

Определение структурно-группового состава было произведено по методу η - ρ - M , основанном на определении показателя преломления η , плотности ρ и молекулярной массы M . Метод позволил определить долю атомов углерода (C , %), содержащихся в ароматических структурах (Ca), кольчатых структурах ($Скол$), а также среднее число ароматических колец в молекуле (Ka); общее усредненное число ароматических и ациклических

Таблица 2. Компонентный состав масел

Показатель	Shell Helix Ultra 5w-40			Gazpromneft Super 10W-40		
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Молярная масса	197,87	199,17	208,52	254,58	254,58	258,55
Содержание углерода в ароматических структурах (Ca), %	13,08	12,095	9,63	4,35	4,68	4,3
Содержание углерода в кольчатых структурах ($Скол$), %	49,16	50,02	54,34	69,64	69,32	70,44
Общее число ароматических колец в молекуле (Ka)	0,30	0,28	0,24	0,14	0,15	0,14
Общее число ароматических и ациклических колец в молекуле (Ko)	1,28	1,32	1,42	2,05	2,21	2,28
Доля углерода в ациклических структурах, %	37,76	37,89	36,02	26,01	25,99	25,26

колец в молекуле (K_o)¹. Преобладание в составе масел различных классов соединений значительно изменяет их свойства.

Одним из основных параметров, характеризующих качество масла, является индекс вязкости, который зависит от углеводородного состава. Он плавно понижается с переходом от парафинонафтеновой части масляного компонента к моноциклической и далее бициклической ароматике [9]. Содержание циклических углеводородов увеличивает вязкость масла, от чего зависит подвижность масел при низких температурах².

Согласно данным исследования, масло 1 имеет более высокий индекс вязкости, чем масло 2, что характеризует высокое содержание парафинов, относительно ароматических соединений. Масло 2 относительно вязкое, что объясняется высоким содержанием циклических углеводородов. Следовательно, масло 1 имеет более низкую температуру застывания, что подтверждается проведенными анализами.

Низкие значения температуры застывания в сочетании с высоким содержанием парафинонафтеновых углеводородов свидетельствуют о практическом отсутствии твердых парафинов, вместе с тем высокие индексы вязкости указывают на большое число атомов углерода в боковых цепях нафтенных углеводородов [10, 11]. Основными компонентами масла 1 становятся парафинонафтенные углеводороды.

Наиболее устойчивым к старению является масло 2 с гидрированной составляющей. Масло 1 с течением времени изменяет свой состав, увеличивается содержание углерода в кольчатых структурах и уменьшается доля углерода в ациклических компонентах.

Следовательно, в маслах с минеральной гидрированной основой компонентный углеводородный состав является более стабильным и медленнее подвергается старению, так как состоит из насыщенных моноциклических углеводородов в большем своем количестве.

Список источников

1. Смирнов К.Л., Семькина А.С., Загородний Н.А. Обоснование выбора моторного масла для двигателя внутреннего сгорания автомобиля // Современные материалы, техника и технологии. 2019. №1 (22). С. 115–122.
2. Семькина А.С., Загородний Н.А., Федоров А.С. Разработка алгоритма поиска неисправностей системы смазки дизельного двигателя автомобиля // Альтернативные транспортные технологии. 2018. № 1 (8). С. 227–230.
3. Семькина А.С., Загородний Н.А., Федоров А.С. Анализ технической системы надежности на примере масляного насоса // Студенческий научный форум. 2017. Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017038316?ysclid=m5unaftvxv115617823> (дата обращения: 15.12.2024).
4. Таранко Т.А., Рабцевич Н.С. Исследование эксплуатационных свойств моторных масел // Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения: VII Междунар. науч. конф. молодых ученых (г. Гродно, 12 мая 2023 г.). Гродно, 2023. С. 211–216.
5. Нетупская А.С., Мостовская М.Е., Подгорбунская Т.А. Технологии получения моторных масел с низкотемпературными свойствами // Молодежный вестник ИРГТУ. 2021. Т. 11 № 4. С. 47–53. Режим доступа: <http://xn--b1agjig1ai.xn--p1ai/journals/2021/04/articles/07> (дата обращения: 12.12.2024).
6. Чимитдоржиева А.Б., Подгорбунская Т.А. Соответствие физико-химических свойств товарных масел значениям производителей // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы XIII Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 19–20 апреля, 2023 г.). Иркутск, 2023. С. 131–134.
7. Алимова З.Х., Исмадиёров А.А., Тожибаев Ф.О. Влияние химического состава моторных масел на вязкостные показатели // Экономика и социум. 2021. №4–1 (83). С. 595–598. Режим доступа: <https://www.iupr.ru/4-83-2021> (дата обращения: 15.12.2024).
8. Ахметбай Е.Б., Жаркенов Н.Б., Икишева А.О., Таттимбекова Б.А. Исследования характеристик моторных масел 5w40 и 10w40 // Эпоха науки. 2018. № 16. С. 159–163. Режим доступа: http://eraofscience.com/index/16_december_2018/0-103 (дата обращения: 15.12.2024).
9. Ширкунов А.С., Рябов В.Г., Бондарев А.В., Бакулев П.В. Оценка влияния группового химического состава на индексы вязкости базовых масел // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2012. № 13. С. 97–104.

¹ Подгорбунская Т.А., Дьячкова С.Г. Теоретические основы химической технологии топлив и углеродных материалов: практикум. Иркутск: ИРНИТУ, 2019. 58 с.

² Подгорбунская Т.А., Козиненко А.И. Технология производства нефтяных масел: учебное пособие. Иркутск: ИРГТУ, 2012. 76 с.

10. Клыбик В.К., Новиков М.И., Новиков А.В. Сравнительная классификация и выбор моторных масел // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Минск, 19–20 октября 2011 г.). Минск, 2011. Т. 3. С. 133–138.
11. Петров С.М., Закиева Р.Р., Каюкова Г.П., Башкирцева Н.Ю. Получение базовых масел III группы качества по классификации API из тяжелого углеводородного сырья с применением гидрокаталитических процессов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 18. С. 209–212.

Информация об авторах / Information about the Authors

Антипьева Юлия Романовна,

студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
ulia_romanovna24@mail.ru

Yulia R. Antipyeva,

Student,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
ulia_romanovna24@mail.ru

Петрова Дарья Сергеевна,

студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
dashapetrova14133@mail.ru

Darya S. Petrova,

Student,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
dashapetrova14133@mail.ru

Подгорбунская Татьяна Анатольевна,

к.х.н., доцент,
доцент кафедры химической технологии
им. Н.И. Ярополова,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
pta2004@mail.ru

Tatyana A. Podgorbunskaya,

Cand. Sci. (Chemistry), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Chemical
Technology named after N.I. Yaropolov,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
pta2004@mail.ru

УДК 669.711
EDN: XYUMMI

Анализ причин и особенностей трещинообразования горячекатаной алюминиевой ленты

© А.С. Медюшко, М.П. Кузьмин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена проблеме трещинообразования при производстве алюминиевой ленты марки А7 методом бесслитковой прокатки. Основным продуктом переработки этой ленты являются рондели, используемые для изготовления труб. В процессе производства наиболее распространенным дефектом ленты являются трещины, которые проявляются также на ронделях как непосредственно после вырубки, так и после их отжига. Анализ микроструктуры трещин показал, что дефекты возникают в результате наличия грубых скоплений железо-содержащих фаз, формирующихся во время кристаллизации металла, что приводит к концентрации напряжений. Эти скопления были выявлены как в образцах ронделей и горячекатаной ленты, так и в литой заготовке, анализируемой с использованием оптического и электронного микроскопов. Также в качестве концентратора напряжений были обнаружены скопления оксида алюминия. В статье подробно проанализированы литературные источники и рассмотрены возможные причины трещинообразования на горячекатаной алюминиевой ленте. Среди выявленных возможных причин трещинообразования обнаружены: несоответствия в регламенте литья, неоптимальный химический состав, неравномерное охлаждение, высокая температура охлаждающей воды, перегрев расплава, колебания уровня в кристаллизаторе, заворот оксидной пленки, а также недостаточная или неравномерная подача смазки.

Ключевые слова: трещины, трещинообразование, алюминиевая горячекатаная лента, алюминиевая лента, рондели

Analysis of causes and features of cracking of hot-rolled aluminum strip

© Alexey S. Medyushko, Mikhail P. Kuzmin

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the problem of cracking in the production of aluminum strip of A7 grade by ingot-free rolling. The main product of processing this strip is rondels used to make tubes. In the production process, the most common strip defect is cracks, which also appear on rondels both immediately after cutting and after their annealing. Analysis of the microstructure of cracks showed that defects occur as a result of the presence of coarse clusters of iron-containing phases formed during the crystallization of the metal, which leads to stress concentration. These clusters were detected both in rondel and hot-rolled strip samples and in the cast billet analyzed using optical and electron microscopes. Also, aluminum oxide clusters were found as a stress concentrator. The article analyzes in detail the literary sources and considers possible causes of crack formation on hot-rolled aluminum strip. Among the possible causes of crack formation, the article identifies non-conformities in casting regulations, non-optimal chemical composition, uneven cooling, high cooling water temperature, melt overheating, crystallizer level fluctuations, oxide film wrap-around, and insufficient or uneven lubrication supply.

Keywords: cracks, crack formation, hot-rolled aluminum strip, aluminum strip, rondels

Введение

Актуальность данной статьи подчеркивается отсутствием универсальных решений в литературных источниках по проблеме трещинообразования, поскольку многие предложенные технологические решения требуют адаптации в соответствии с характеристиками конкретных производственных процессов, обо-

рудования и используемых металлов. Оборудование, применяемое для производства горячекатаной ленты, является уникальным и не имеет аналогов на других предприятиях.

Отсутствие трещин критически важно для потребителей, т. к. их наличие делает невозможным использование ленты для вырубki ронделей. Трещины выявляются как видимые

дефекты на катаной полосе, так и могут оставаться скрытыми до момента вырубки ронделей, что усугубляет проблему. В связи с высокой значимостью этого дефекта для потребителей, а также неэффективностью ранее принятых мер, было принято решение провести и организовать исследование природы трещин и факторов, способствующих их образованию.

В издании 1976 г. «Бесслитковая прокатка алюминиевой ленты» [1] отмечено, что «бесслитковая прокатка металлов и сплавов в литературе освещена недостаточно». С тех пор, конечно, ситуация изменилась, но, к сожалению, не для бесслитковой прокатки алюминия. Если прокат фольги еще освещен в литературе, то вопросов производства непосредственно горячекатаной алюминиевой ленты касаются всего два источника [1, 2].

Как следует из источника [1], процесс бесслитковой прокатки существенно отличается от других совмещенных процессов получения полуфабрикатов из жидкого металла. При бесслитковой прокатке в валках последовательно происходят процессы кристаллизации и деформации металла, тогда как при других совмещенных методах получения полуфабрикатов из жидкого металла эти два процесса осуществляются на разных агрегатах. Эта принципиальная разница определяет сущность процесса.

Преимущества совмещения процессов литья и прокатки при производстве лент и листов в единый технологический процесс заключается в том, что отпадает необходимость в заготовительных станах для горячей прокатки, т. к. возможно получать заготовку необходимого сечения, наиболее целесообразную для дальнейшей прокатки ее на готовые изделия. Совмещение процессов позволяет исключить нагрев металла перед прокаткой, следовательно, отпадает и необходимость в нагревательных печах, которые расходуют много энергии. Также при бесслитковой прокатке повышается выход годного, по сравнению с технологией производства лент и слитков, т. к. исключаются операции фрезеровки и резки слитков, обрезки кромок и концов при горячей прокатке. Кроме того, становится возможным непрерывное стабильное введение процессов со строго определенными и неизменными

температурными и силовыми параметрами, что благоприятно сказывается на стабильности качества продукции, работе механического электрического оборудования. Снижение числа операций обуславливает сокращение затрат на оборудование и производственные площади его установки.

Методом бесслитковой прокатки возможно получать полуфабрикаты в виде прутков, полос, лент и заготовок для производства фольги. Установки бесслитковой прокатки можно разделить на три типа по конструкции устройств для кристаллизации металла и совмещения процессов литья и прокатки:

1. Установки ротационного типа, в которых процесс кристаллизации металла происходит в зазоры между литейным колесом и металлической бесконечной лентой, охватывающей его как шкив.

2. Валкового типа – установки, в которых металл затвердевает между двумя вращающимися водоохлаждаемыми валками;

3. Ленточного типа – установки, в которых кристаллизатором служит две бесконечные движущиеся ленты с водяным охлаждением.

При производстве горячекатаной ленты на Иркутском алюминиевом заводе (филиал ПАО «РУСАЛ Братск в г. Шелехов») используется ротационная установка, в состав которой входит кристаллизатор в виде литейного колеса с массивным ободом, в котором имеется канавка, сечение которой определяет профиль отливаемой заготовки. Канавка снаружи перекрыта бесконечной стальной лентой, охватывающей литейное колесо как шкив. Литейное колесо и стальная лента охлаждаются водой.

Жидкий алюминий из миксера, прошедший через пенокерамический фильтр, подается в разливочное приспособление, в котором поддерживается температура 680–710 °С. Из разливочного приспособления металл поступает по дозатору в канавку литейного колеса и, проходя по дуге его окружности, полностью затвердевает. В канавку литейного колеса металл поступает по носку кристаллизатора, футерованному файберфраксом (волоконистый материал, оксид алюминия и диоксид кремния, температура плавления 1760 °С).

Измельчение зерна производится за счет введения пруткового модификатора AlTi₅B в количестве 2 кг/т металла.

Рафинирование и дегазацию производят флюсованием – путем нанесения слоя флюса на зеркало металла. После данной операции выполняются следующие действия: перемешивание расплава (не менее 5 мин), отстой расплава (10 мин), снятие шлака, отстой расплава (30 мин). Обработка металла флюсом способствует извлечению окислов алюминия, препятствует окислению, насыщению металла газами.

Согласно данным литературы [1], качество технологической смазки при бесслитковой прокатке алюминиевой ленты является одним из важнейших факторов, определяющих качество ленты, стабильность процесса. Технологическая смазка при бесслитковой прокатке находится в более тяжелых условиях, чем при обычной горячей прокатке, т. к. постоянно контактирует не только с твердым, но и с жидким металлом, отсюда основные технологические условия использования смазки:

- химическая стабильность при высокой температуре, свойственной процессу;
- отсутствие в составе жирных кислот;
- хорошая адгезия к материалу колеса кристаллизатора и плохая к алюминию (для исключения налипания);
- равномерное распределение по длине и ширине (для обеспечения равномерности кристаллизации);
- низкий коэффициент трения;
- нетоксичность.

В качестве технологической смазки на Иркутском алюминиевом заводе применяется политрен М-3 марки В (масляная технологическая смазка на основе масел, загустителей и присадок). Нанесение осуществляется вручную (интервал и объем нанесения не регламентирован).

В рассматриваемом выше источнике [1] не описывается возможное влияние состава применяемой технологической смазки, стабильности ее нанесения, на трещинообразование, более того, не рассматривается такой вид возможных дефектов как трещины, поэтому с вопросом о причинах трещинообразования обратимся к другим источникам. Хотя они не рассматривают причины трещинообразования на горячекатаной ленте, но сделанные

выводы можно интерполировать на рассматриваемый продукт.

Согласно пособию А.И. Черепанова¹, слитки с мелкозернистой структурой, по сравнению со слитками с крупнокристаллической структурой, менее склонны к трещинообразованию, соответственно, одной из причин трещинообразования может быть крупнозернистое строение.

В книге В.И. Напалкова «Непрерывное литье алюминиевых сплавов» [4], в качестве возможных причин возникновения трещин слитков указываются:

1. Несоответствующий регламент литья (завышенная или заниженная температура расплава, низкая или высокая скорость литья, слишком большое или малое количество охлаждающей воды).
2. Неоптимальный химический состав.
3. Несоответствующий регламент начала и окончания литья.
4. Нарушение процесса модифицирования расплава (горячеломкость снижается с уменьшением литого зерна и при отсутствии столбчатой или веерной структуры).
5. Неравномерное охлаждение слитка водой.
6. Надрывы из-за несоответствия геометрии кристаллизатора чертежу.
7. Надрывы из-за перекоса кристаллизатора.
8. Высокая температура охлаждающей воды.
9. Перегрев расплава в печи.
10. Неравномерный ход литейной машины.
11. Колебание уровня расплава в кристаллизаторе.
12. Заворот оксидной пленки (представляет собой чешуйку алюминия и оксида).
13. Несимметричная подача струи металла.
14. Неправильная установка технологической оснастки с отклонениями от требований технологической документации.
15. Избыток или недостаток смазки.
16. Некачественная поверхность кристаллизатора.
17. Образование накипи на поддонах и пробках.
18. Неравномерная подача смазки.
19. Наличия различных скоростей охлаждения центральных и периферийных слоев на уровне дна лунки (для круглых слитков).

¹ Черепанов А.И. Физико-химические основы плавки и обработки алюминиевых сплавов: учеб. пособие. Красноярск: Изд-во СФУ, 2013. 153 с.

В качестве возможных факторов, оказывающих влияние на трещинообразование горячекатаной ленты, ввиду технологических особенностей процесса, могут быть рассмотрены причины № 1, 2, 5, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 18.

Представляется интересной приведенная в работе [4] зависимость толщины слитка от скорости литья и склонности к образованию трещин (рис. 1).

Из расположения кривых видно, что слиток толщиной b_1 при скорости $v_{л1}$ отливается с образованием холодных трещин, при скорости $v_{л2}$ – без трещин, при скорости $v_{л3}$ – с образованием горячих трещин. Таким образом, скорость литья должна быть подобрана прежде всего из необходимости отсутствия трещин.

Также объясняется механизм трещинообразования в случае неравномерной или недостаточной подачи воды [4] (по всему периметру кристаллизатора): общий или местный недостаток воды вызывает углубление лунки, утонение корочки или неравномерность ее толщины, вследствие чего резко возрастает возможность образования горячих трещин. Крупные трещины возникают в местах слабой

подачи воды на слиток или в местах преимущественного поступления струи расплава. Как правило, крупные трещины располагаются в местах изгиба поверхности слитка, т. е. в местах максимальной усадки по толщине слитка. В таких условиях возникновение продольных трещин определяется преимущественно пониженной сопротивляемостью сплава усадочным напряжениям.

В ходе рассмотрения вопроса оптимальности химического состава указывается, что кремний оказывает наибольшее влияние на горячеломкость алюминия. Практически не снижая очень высокой пластичности при комнатной температуре, он резко снижает ее, если металл находится в твердожидком состоянии [4]. В этом случае химический состав определяет величину интервала кристаллизации и тем самым горячеломкость. Влияние содержания железа и кремния в техническом алюминии на склонность к образованию трещин можно обосновать диаграммой состояния тройной системы Al–Fe–Si. На рис. 2 показана проекция поверхности солидуса этой системы по Филлипсу.

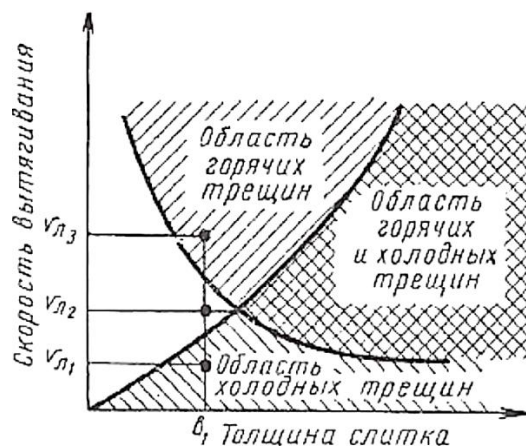


Рис. 1. Зависимость толщины слитка при заданной кратности от скорости литья и склонности к образованию трещин

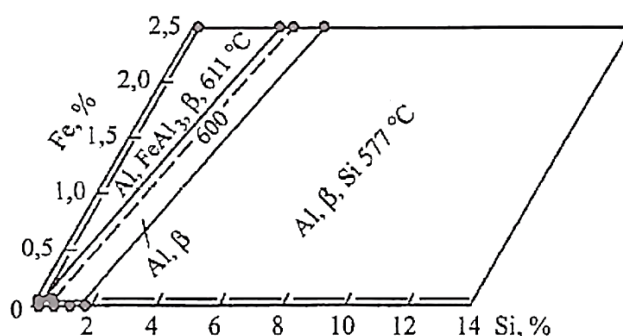


Рис. 2. Поверхности солидуса в системе Al–Fe–Si

При соотношении содержания железа и кремния 1:1 кристаллизация заканчивается на перитектической горизонтали; с дальнейшим повышением содержания кремния резко возрастает интервал кристаллизации, затем в структуре появляется свободный кремний. В условиях быстрого охлаждения это будет достигнуто непосредственно вблизи перитектической горизонтали. Процесс кристаллизации на этой стадии аналогичен процессу кристаллизации алюминия высокой чистоты с небольшим количеством кремния. Диаграмма состояния не дает прямого ответа на вопрос, при каком содержании второго компонента горячеломкость достигает максимума. При реальной кристаллизации торможение диффузии в твердой фазе приводит к появлению эвтектики в структуре литого металла при добавках незначительного количества второго компонента (значительно меньшего, чем концентрация, соответствующая предельному насыщению). В тройной системе Al–Fe–Si при определенном соотношении железа и кремния, т. е. при отсутствии свободного кремния, горячеломкость снижается. Это соотношение должно быть в пределах 1,3–1,5 %. При более высоком превышении содержания железа по сравнению с содержанием кремния наблюдается склонность к образованию на слитках ликвационных наплывов и связанных с ними надломов периферийной корки. Такие трещины иногда возникают в слитках сплавов, кристаллизующихся в очень узком интервале температур.

В статье «Получение заэвтектических силуминов с использованием аморфного диоксида кремния» [3] также рассматривается

влияние соотношения Fe/Si причины трещинообразования в техническом алюминии: основные примеси в первичном алюминии – железо (практически не растворяется в алюминии) и кремний (мало растворяется в твердом алюминии) (рис. 3).

При совместном содержании железа и кремния эти элементы образуют с алюминием тройные промежуточные фазы переменного состава, обозначаемые буквами α и β . Фазе α приписывают формулу Fe_2SiAl_8 , а фазе β – FeSiAl_5 . Кроме того, в техническом алюминии образуется соединение Al_3Fe , наблюдающееся в структуре в виде игл и существенно снижающее его пластичность. В зависимости от соотношения Fe/Si может развиваться либо эвтектическая, либо перитектическая реакция. Так, при низком соотношении Fe/Si кристаллизуется двойная эвтектика $\text{Al} + \beta$ или $\text{Al} + \text{Si}$, а затем образуется тройная эвтектика. В этом случае первичная кристаллизация Al идет вблизи 660 °C, а тройная эвтектика кристаллизуется при 576 °C. Технический алюминий с таким широким интервалом кристаллизации склонен к образованию горячих трещин при полунепрерывном литье слитков. Чтобы предотвратить брак по горячим трещинам, необходимо повысить температуру конца кристаллизации. Для этого следует поддерживать отношение $\text{Fe/Si} > 1$.

В работе [4] в качестве причины трещинообразования в технических сортах алюминия приводится низкая температура кристаллизации (577 °C) двойной (а не тройной) эвтектики $\alpha\text{Al}+\text{Si}$. Указывается, что в неравновесных условиях кристаллизации эта эвтектика может появиться уже при содержании $\text{Si} = 0,05 \%$.

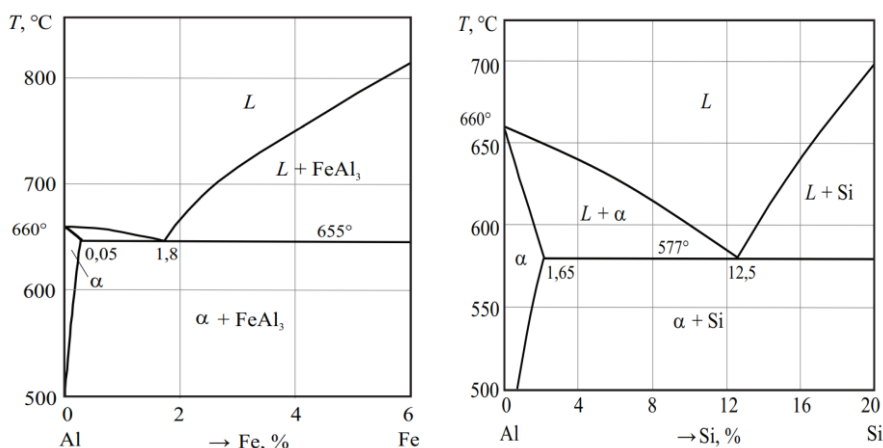


Рис. 3. Диаграмма состояния систем Al–Fe и Al–Si

Для исключения появления двойной ($\alpha\text{Al}+\text{Si}$) эвтектики необходимо, чтобы содержание железа превышало содержание кремния (интерметаллические соединения как двойные, так и тройные кристаллизуются при более высоких температурах, устраняя опасность образования трещин), что предусматривается ГОСТ 11069-2019². При невыполнении по какой-либо причине этого соотношения необходимо введение железа. Уменьшить вредное влияние железосодержащих фаз предлагается за счет дополнительного легирования металла элементами-компенсаторами: марганцем, хромом, ванадием и др.

В статье [5] в качестве возможных причин горячих поверхностных трещин на плоских слитках рассматриваются:

- увеличение скорости литья, приводящее к уменьшению толщины корки на выходе слитка из кристаллизатора;
- неравномерность охлаждения широкой грани слитка, вызываемая профилированием нижнего среза кристаллизатора, а также случайными причинами (засор системы охлаждения и т. д.), что приводит к локальным уменьшениям радиуса кривизны корки.

В справочнике «Типичные структуры слитков и фазовый состав сплавов» [6] в качестве причины склонности слитков к горячему трещинообразованию указаны:

- превалирование содержания кремния над содержанием железа;
- удлинение в твердо-жидком состоянии $< 0,3 \%$.

Что же касается зарубежных источников, то, например, в статье «Усадочные дефекты при литье чушек алюминия и его сплавов» [7] говорится о следующих причинах трещинообразования горячекатаных сплавов Al–Mg:

- включения на границах зерен;
- недостаточная гомогенизация ввиду присутствия натрия и водорода;
- изогнутый профиль кромки.

Производство горячекатаной алюминиевой ленты

Лента изготавливается из алюминия марок А8, А7, А7Е, А6, А5, А5Е в соответствии с ГОСТ 11069-2019, по согласованию с потребителем допускается содержание Ti до 0,017 %.

Содержание водорода в ленте алюминиевой должно быть не более $0,35 \text{ см}^3/100 \text{ г}$.

Размеры ленты для вырубки ронделей и предельные отклонения по ним должны соответствовать следующим требованиям: толщина 3,5–5,2 мм (предельное отклонение $\pm 0,15 \text{ мм}$), ширина 170–192 мм (предельное отклонение $\pm 4,0 \text{ мм}$).

Исходным материалом для производства горячекатаной ленты является жидкий алюминий-сырец, соответствующий требованиям ГОСТ 11069-2019. Для рафинирования расплава и осушения шлака применяются рафинирующие флюсы «Экораф-Ф5 марка В». В качестве флюса для осушения шлака применяется ФПР-23 по ТУ 0752-003-29405798. Возможно использование других флюсовых препаратов, не уступающих по эффективности перечисленным. Для модифицирования расплава используется прутковый модификатор Al–Ti₅–B₁. Для фильтрации расплава применяются пенокерамические фильтры размером 305×305 мм и пористостью не менее 30 ppi. Для смазки банджа кристаллизатора используется пластичная смазка «Полиэтилен М-3 2» ООО «НПП ПОЛИХИМ». Для футеровки литейных носочков применяют керамическую бумагу «Fiberfrax FT 3», защитное покрытие на основе нитрида бора «LUBRICOAT-BLUE» или нитрид бора других производителей, не уступающий ему по свойствам.

Для охлаждения и смазки прокатываемой заготовки и валков, при прокатке алюминия, используется эмульсия следующего состава: смазка технологическая СП-3 и вода. Состав смазки технологической СП-3:

- триэтаноламин – 4,5–6 %;
- олеиновая кислота – 10–12 %;
- трансформаторное масло – остальное.

Технологическая схема производства горячекатаной ленты приведена на рис. 4, аппаратурно-технологическая – на рис. 5.

Основное оборудование, применяемое в производстве горячекатаной ленты

1. Вакуумно-разливочный ковш со съемной крышкой предназначен для транспортировки жидкого металла из корпусов электролиза. Емкость ковша – 4,5 т. Футеровка ковша выполнена из огнеупорного кирпича.

² ГОСТ 11069-2019. Алюминий первичный. Марки. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.

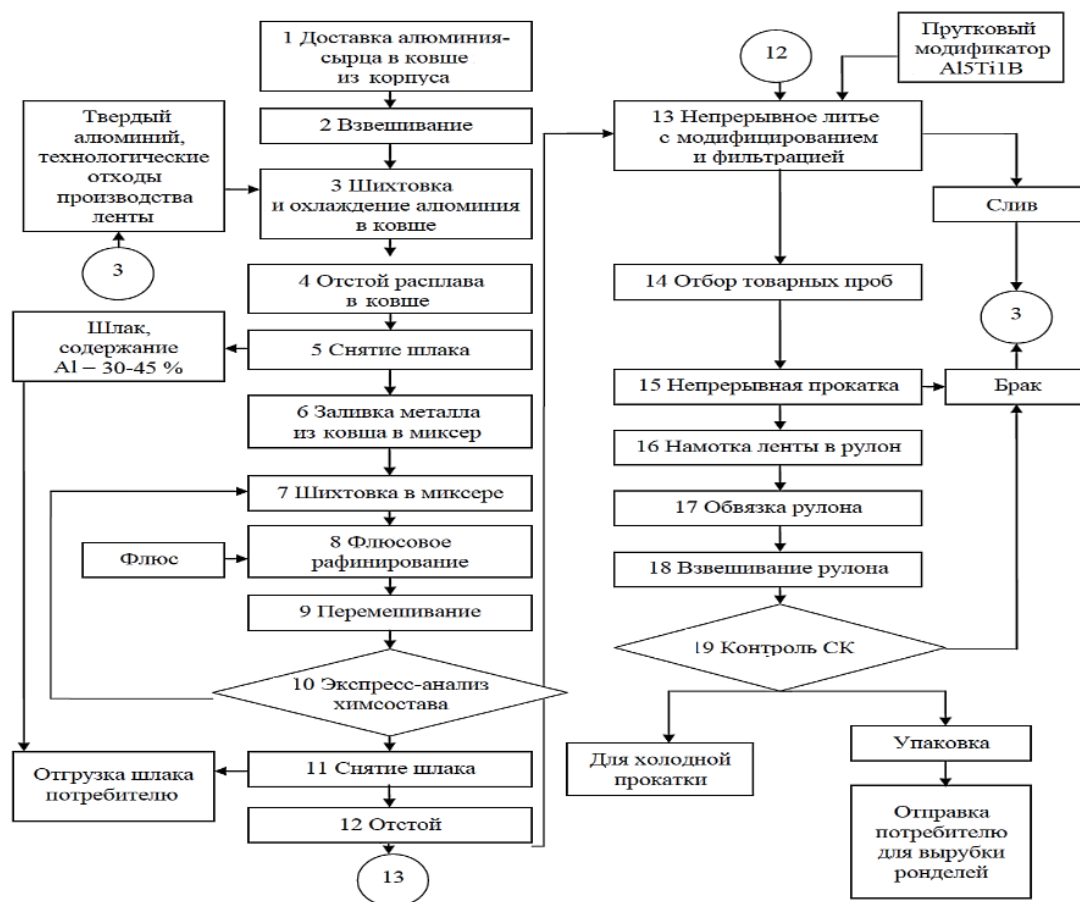


Рис. 4. Технологическая схема производства горячекатаной ленты

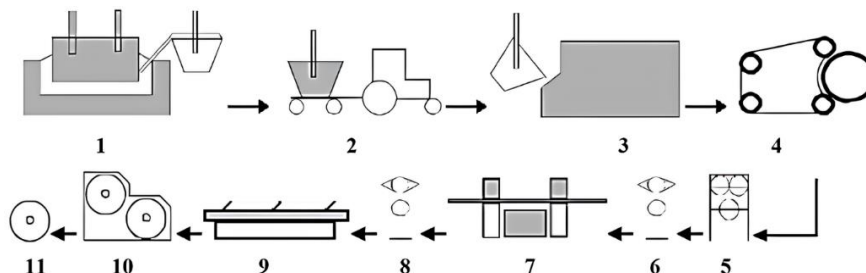


Рис. 5. Аппаратурно-технологическая схема производства горячекатаной ленты:

1 – электролизер; 2 – вакуум-разливочный ковш; 3 – миксер; 4 – литейная машина; 5 – машина правильно-тянущая; 6 – ножницы барабанные; 7 – стан прокатный; 8 – ножницы барабанные (делительные); 9 – рольганг; 10 – сматывающее устройство; 11 – рулон горячекатаной ленты

2. Стационарная отражательная электрическая печь сопротивления (миксер) полезной емкостью 20 т, разделенная на две зоны, предназначенная для приема, подготовки, выдержки и разливки расплава. Зоны работают поочередно: в одной зоне производится подготовка расплава, в другой – его разливка. Обогрев печи осуществляется нихромовыми W-образными спиралями.

3. Литейно-прокатный агрегат алюминиевой полосы ЛПА-АП-220, предназначенный для получения алюминиевой заготовки и прокатки ее в ленту. Агрегат состоит из следующих основных узлов и систем:

– литейная машина (основные данные приведены в табл. 1), предназначенная для получения литой непрерывной заготовки;

– машина правильно-тянущая, предназначенная для захвата и вытягивания заготовки из литейной машины, для ее правки и подачи к барабанным ножницам и далее в прокатный стан;

– ножницы барабанные, установленные перед прокатным станом, предназначенные для резки заготовки после пуска агрегата;

– стан прокатный с промежуточными рольгангами;

Таблица 1. Основные данные литейной машины

Параметр	Значение
Площадь сечения получаемой заготовки, мм ²	2000–4400
Линейная скорость выхода заготовки, м/мин	4–8
Толщина заготовки, мм	10–20
Ширина заготовки, мм	170–225
Число оборотов кристаллизатора, об/мин	До 1,5

– эмульсионное помещение паспорт (в помещении размещается вспомогательное оборудование для приема, подготовки и подачи на агрегат технической и технологической смазки);

– ножницы барабанные, установленные после прокатного стана; предназначены для резки алюминиевой полосы при переходе со шпули на шпулю;

– моталка (участок смотки полосы), предназначена для смотки полосы в рулоны.

Наиболее ответственными сменными элементами литейной машины (технологической оснасткой) являются лента и бандаж кристаллизатора, которые при непосредственном контакте с металлом формирует литую заготовку.

Лента кристаллизатора сечением 2,5×300 мм изготавливается из стальной ленты марки «Лента холоднокатаная 10-М-Т-1-К-Б по ГОСТ 503-81, сталь 10 СП 2,5×300 П» (П – повышенного качества, К – структура, Б – серповидность). Рекомендуется, по возможности, использование стали 08Ю, т. е. дополнительно легированной алюминием, а также марки А по серповидности. На ленте не допускается наличие трещин, серповидность, перекося. Сварной шов должен быть тщательно зачищен с обеих сторон.

Бандаж кристаллизатора изготавливается из стали марки Ст10 или Ст20. Литейная полость (выточка) кристаллизатора должна иметь чистую шлифованную поверхность, без глубоких трещин, царапин, забоин, пригара алюминия. Основные характеристики прокатного стана приведены в табл. 2.

Прокатный стан оснащен двумя двухвалковыми клетями (обжатие в первой клетке 45–55 %, во второй – 35–40 %), предназначенными для прокатки, охлаждения и продвижения ленты. Перед станом находится правильно-тянущая машина, представляющая собой систему прижимных роликов. Поднятие и опускание верхних роликов производится пневмоцилиндром. Нижние ролики правильной машины имеют индивидуальный привод от мотор-редукторов с электродвигателями переменного тока. Между клетями расположен рольганг-резервуар, перед станом и за ним размещены промежуточные рольганги. Рольганги служат для передачи прокатываемой ленты из клетки в клетку и сбора эмульсии перед ее возвращением в систему технологического охлаждения.

Основные характеристики сматывающего устройства приведены в табл. 3.

Таблица 2. Основные характеристики прокатного стана

Параметр	Значение
Тип клетей	Двухвалковые
Число клетей, шт.	2
Диаметр бочки вала, мм	306–318
Длина бочки вала, мм	300
Производительность стана, т/ч	До 3
Линейная скорость выхода ленты, м/мин	10–32

Таблица 3. Основные характеристики сматывающего устройства

Параметр	Значение
Скорость намотки, м/мин	До 32
Мощность электродвигателя привода, кВт	32
Диаметр шпули, мм	450

Для доставки расплава от миксера к литейной машине служит У-образный литейный желоб, фильтр-бокс с электрическим обогревом, откидная коробка, оснащенная съемной сливной втулкой и дозатором; приемная ванночка и сливной лоток горизонтальной подачи металла (носок кристаллизатора).

Литейный инструмент и приспособления должны изготавливаться в соответствии с требованиями чертежей. При производстве ленты применяют следующие инструменты: шумовка, лопатка для снятия шлака, пика, монтировка, черпак, скребок, изложница для проб, ложка для отбора проб, масленка, нож литейщика, кувалда, щетка металлическая (ГОСТ 28638), клещи для заготовки, ножницы ручные.

Инструмент, контактирующий с расплавленным металлом, должен быть сухим и покрытым антипригарным покрытием.

Процесс литья и горячей прокатки включает в себя следующие основные операции:

- подготовка оборудования к работе;
- подготовка металла в ковшах и миксере к литью;
- течение, непрерывное модифицирование и фильтрационное рафинирование металла в элементах литниковой системы;
- непрерывное литье заготовки на литейной машине;
- прокатка заготовки на прокатном стане с получением ленты заданного размера;
- смотка ленты в рулоны;
- взвешивание, обвязка, охлаждение, отбор проб;

– приемка, маркировка, упаковка, складирование и отгрузка готовой продукции.

Регламент и параметры процессов литья заданы в плане управления. Основные параметры процесса литья в соответствии с планом управления приведены в табл. 4.

Результаты исследования природы дефекта

С целью изучения природы дефекта были проведены исследования микроструктуры в области трещин как на образцах горячекатаной ленты, так и на образцах литой заготовки, из которой изготавливается катаная полоса (лента горячекатаная), так и на образцах ронделей (продукта переработки катаной полосы), которые представляют собой продукт переработки катаной полосы. Для исследования применялось следующее оборудование:

- оптический инвертированный микроскоп ZEISS Axio Observer;
- электронный микроскоп FEI Quanta FEG 650;
- энергодисперсионный спектрометр X-MaxN SDD.

Литая заготовка

Микроструктура образцов литой заготовки вблизи трещин была исследована с помощью инвертированного оптического микроскопа, в результате было выявлено наличие игольчатых фаз, предположительно железосодержащих, по границам зерен. Результаты приведены на рис. 6.

Таблица 4. Технологические параметры литья

Параметр	Значение
Температура атмосферы миксера, °C	750–800
Расход флюса, кг/т	0,8–1,2
Температура расплава в миксере к началу литья, °C	730–760
Температура охлаждающей воды, °C	16–24
Температура эмульсии, °C	20–45
Концентрация (жирность) эмульсии, %	0,2–1,5
Температура расплава, °C	730–760
Скорость литья заготовки, об/мин; м/мин; м/мин	1,4–1,8; 6–7; цель 6,5
Температура металла при литье (на желобе после пенокерамического фильтра), °C	690–720
Температура заготовки, °C	280–400
Расход охлаждающей воды, м³/ч	9–12
Расход охлаждающей воды, м³/ч	8–11
Расход прутковой лигатуры AlTi5B1F при производстве ленты для ронделей, кг/т	1,5–2,0

Катаная полоса

Микроструктура образцов горячекатаной ленты вблизи трещин в поперечном и продольном направлениях была исследована с помощью инвертированного оптического микроскопа, в результате были обнаружены скопления фаз (темные включения на снимках микроструктуры, рис. 7), вытягивающиеся в направлении прокатки.

Рондели

Микроструктура ронделей (продукта вырубки из горячекатаной ленты) вблизи трещин была изучена с помощью инвертированного оптического микроскопа, растрового электронного микроскопа (рис. 8).

В результате были обнаружены скопления фаз, являющиеся концентраторами напряжений. С помощью энергодисперсионного спект-

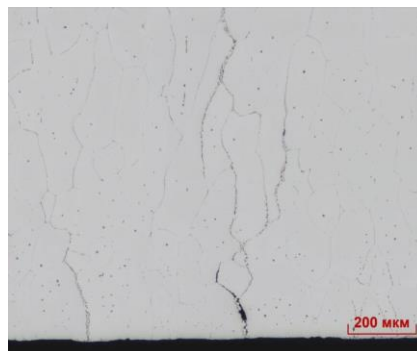
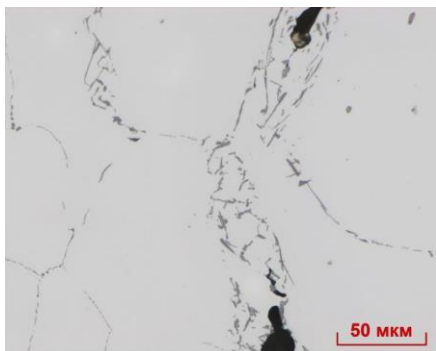


Рис. 6. Результаты анализа микроструктуры литой заготовки в области трещин

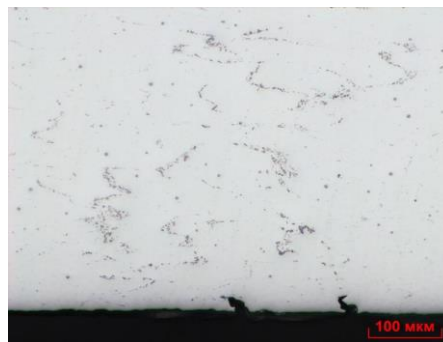


Рис. 7. Микроструктура горячекатаной ленты в долевом и поперечном сечении

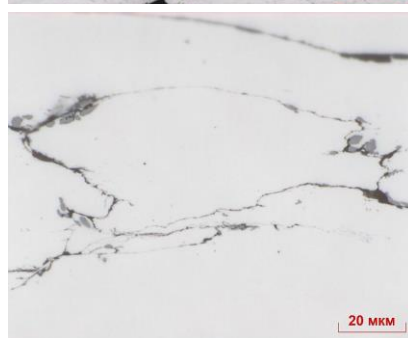
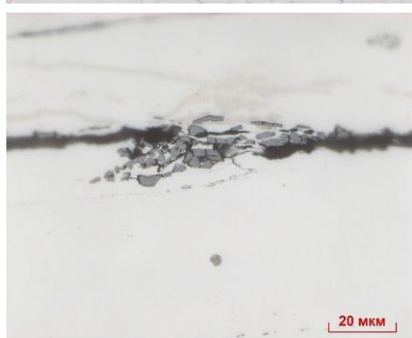
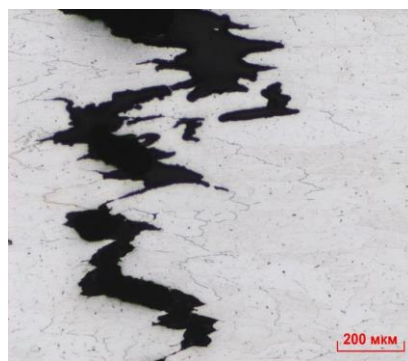


Рис. 8. Микроструктура ронделей в области трещин

Таблица 5. Химический состав избыточных фаз, являющихся концентраторами напряжений в ронделях

	Содержание, % масс. в точках замера				Среднее содержание, % масс.
	72,9	84,3	87,2	81,7	
Al	72,9	84,3	87,2	81,7	81,5
Fe	16,8	10,8	7,6	11,4	11,7
O ₂	9,6	4,5	4,7	6,0	6,2
Si	0,5	0,4	0,5	0,9	0,6

рометра был определен химический состав фаз, результаты приведены в табл. 5. Сравнив полученные данные с аналогичными для области, свободной от включений (Al 94,4 %; O 5,6 %), можем заключить, что обнаруженные фазы являются железосодержащими. Как известно из литературных источников [7–10], такие фазы образуются при локальном снижении скорости охлаждения и являются причинами трещинообразования. Соответственно, необходимо исключить создание условий для образования таких фаз для снижения трещинообразования.

Заключение

На основе анализа литературных источников и анализа микроструктуры дефекта установлено, что основными факторами, способствующими образованию трещин, являются грубые скопления железосодержащих фаз, выявленные как в образцах горячекатаной ленты, так и в литой заготовке. Эти фазы выступают концентраторами напряжений и становятся причиной возникновения трещин.

Анализ показал, что множество факторов, таких как несоответствующий регламент литья, неоптимальный химический состав и неравномерное охлаждение, могут влиять на образование указанных фаз.

Также в дополнение были рассмотрены следующие возможные причины трещинообразования (скопления железосодержащих фаз)

на горячекатаной алюминиевой ленте:

- малая теплопроводность материала бандаж;
- форма сечения бандаж;
- укрупненное зерно;
- использование борированных ковшей;
- невыполнение заданного соотношения Fe–Si;
- деформация прижимного ролика;
- растяжение, коробление ленты кристаллизатора;
- царапины на поверхности бандаж;
- нестабильные параметры литья, в том числе по причинам падения давления на фильтре системы охлаждения, запуска литейного комплекса, отсутствия плавной регулировки расхода воды на ленту, колеса кристаллизатора;
- неравномерное смазывание полости бандаж;
- неэффективное рафинирование расплава;
- некорректные установки расхода охлаждающей воды.

Таким образом, метод бесслитковой прокатки алюминиевой ленты представляет собой эффективное и экономичное решение для производства высококачественной продукции. Будущие исследования должны быть направлены на оптимизацию технологии и улучшение существующих установок, учитывая необходимость в повышении производительности и качества продукции.

Список источников

1. Черняк С.Н., Коваленко П.А., Симонов В.Н. Бесслитковая прокатка алюминиевой ленты: из опыта Ленинградского завода по обработке цветных металлов им. К.Е. Ворошилова. М.: Металлургия, 1976. 134 с.
2. Напалков В.И., Афанасьев А.Е., Овсянников Б.В., Попов Д.А., Баранов В.Н., Фролов В.Ф. [и др.]. Структуры и дефекты слитков из алюминия и его сплавов. Красноярск: Изд-во СФУ, 2018. 172 с.
3. Кузьмин М.П., Ларионов Л.М., Кузьмина М.Ю., Кузьмина А.С. Получение заэвтектических силуминов с использованием аморфного диоксида кремния // Цветные металлы. 2019. № 12. С. 29–36. <https://doi.org/10.17580/tsm.2019.12.04>.
4. Напалков В.И., Черепок Г.В., Махов С.В., Черновол Ю.М. Непрерывное литье алюминиевых сплавов. М.: Интернет Инжиниринг, 2005. 511 с.
5. Kuz'min M.P., Kuz'mina M.Yu., Kuz'min P.B. Production of primary silumins ingots modified with strontium // Solid State Phenomena. 2021. Vol. 316. P. 490–495. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.316.490>.
6. Карасев А.И. Типичные структуры слитков и фазовый состав сплавов. М.: Металлургия, 1971. 144 с.

7. Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю., Кузьмин П.Б. Усадочные дефекты при литье чушек алюминия и его сплавов // Технология металлов. 2013. № 8. С. 21–27.
8. Kuz'min M.P., Kuz'mina M.Yu., Fedorov S.N. Determination of the thermodynamic stability of intermetallic compounds in technical aluminum // Materials Science Forum. 2022. Vol. 1052. P. 86–91. <https://doi.org/10.4028/p-ob76h7>.
9. Мальцева Т.В., Озерец Н.Н., Левина А.В., Ишина Е.А. Цветные металлы и сплавы. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2019. 176 с.
10. Кузьмин М.П. Предотвращение усадочных дефектов при литье малогабаритных чушек алюминия и его сплавов // Metallургические процессы и оборудование. 2013. № 3. С. 12–19.

Информация об авторах / Information about the Authors

Медюшко Алексей Сергеевич,

студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
medyha19@gmail.com

Alexey S. Medyushko,

Student,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
medyha19@gmail.com

Кузьмин Михаил Петрович,

к.т.н., доцент,
доцент кафедры металлургии цветных металлов,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
mike12008@yandex.ru

Mikhail P. Kuzmin,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor of the Metallurgy
of Nonferrous Metals Department,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
mike12008@yandex.ru

Моделирование колонны вакуумной перегонки мазута

© Ч.Б. Нумбиев, Н.Д. Губанов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Одним из приоритетных направлений развития нефтеперерабатывающей промышленности является увеличение глубины переработки нефти. С этой целью мазут, являющийся продуктом первичной перегонки нефти, подвергается вакуумной разгонке. Вакуумная разгонка мазута может осуществляться по топливному или масляному вариантам и позволяет получать газойлевые фракции, являющиеся сырьем нефтехимических процессов или масляные фракции, используемые в производстве минеральных масел. При проектировании вакуумных колонн перегонки мазута для заданной производительности необходимо решать проблему повышения четкости разделения фракций, которая зависит от давления и температуры в аппарате, числа и типа контактных устройств. Применение математического моделирования с использованием специализированных компьютерных программ, которые учитывают механизм процессов, протекающих в аппарате, позволяет выполнять анализ параметров на технологический процесс и выбрать наиболее оптимальный. В данной работе для моделирования ректификационной колонны вакуумной разгонки мазута применялась программа AeroSym с использованием уравнения состояния Пенга-Робинсона. Исследовалось влияние числа контактных тарелок вакуумной колонны перегонки мазута на отбор и состав газойлевых фракций и гудрона. Приведена вакуумная разгонка мазута по ASTM D 1160, расчетная компьютерная схема моделируемой колонны. Показано, что увеличение числа тарелок в вакуумной колонне позволяет повысить четкость разделения мазута и получить более качественные газойлевые фракции.

Ключевые слова: мазут, перегонка, вакуумная колонна, газойлевые фракции, гудрон

Modelling of a vacuum distillation column for fuel oil

© Chingis B. Numbiev, Nikolay D. Gubanov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. One of the priority areas of development of the oil refining industry is to increase the depth of oil refining. For this purpose, fuel oil, which is a product of primary distillation of oil, is subjected to vacuum distillation. Vacuum distillation of fuel oil can be carried out according to fuel or oil options and allows obtaining gas oil fractions, which are raw materials for petrochemical processes, or oil fractions used in the production of mineral oils. When designing vacuum columns for distillation of fuel oil for a given productivity, it is necessary to solve the problem of increasing the clarity of fraction separation, which depends on the pressure and temperature in the apparatus and the number and type of contact devices. The use of mathematical modeling using specialized computer programs that take into account the mechanism of processes occurring in the apparatus allows analyzing the parameters of the technological process and choosing the most optimal ones. In this work, the AeroSym program was used to model the rectification column of vacuum distillation of fuel oil using the Peng-Robinson equation of state. The article studies the influence of the number of contact plates in a vacuum column for distillation of fuel oil on the selection and composition of gas oil fractions and tar. The article presents vacuum distillation of fuel oil according to ASTM D 1160, and a computer calculation scheme for the modeled column. The article shows that increasing the number of plates in a vacuum column allows for greater clarity of fuel oil separation and higher quality gas oil fractions.

Keywords: fuel oil, distillation, vacuum column, gas oil fractions, tar

Введение

Одним из продуктов первичной перегонки нефти является мазут (фракция, выкипающая выше 350 °С). Для увеличения глубины переработки нефти мазут подвергается вакуумной перегонке, что позволяет получать газойле-

вые фракции, используемые в качестве сырья нефтехимии или масляные фракции, являющиеся сырьем для производства минеральных масел^{1,2}. Мазут, поступающий на вакуумную разгонку из атмосферной колонны установок первичной перегонки нефти, должен

¹ Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: учеб. пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. 672 с.

² Гречухина А.А., Елпидинский А.А., Мингазов Р.Р. Расчет ректификационных колонн установок перегонки нефти: учеб. пособие. Казань: КНИТУ, 2017. 92 с.

содержать минимум фракций, выкипающих до 350 °С, т. к. от их количества зависит диаметр вакуумной колонны, условия конденсации паров и нагрузка на вакуумсоздающую систему [1, 2].

Состав получаемых фракций при вакуумной перегонке мазута зависит от числа контактных тарелок или высоты насадки, температуры нагрева сырья, давления и температурного режима работы ректификационной колонны. Для вакуумной перегонки мазута применяют сложную тарельчатую или насадочную ректификационную колонну. Для регулирования температурного режима по высоте колонны используют циркуляционные орошения [3, 4].

В настоящее время для исследования режимов работы аппаратов установок нефтепереработки широко применяется метод математического моделирования с использованием специализированных компьютерных программ, учитывающих физико-химические основы процессов. Использование этого метода позволяет выполнять расчеты как параметров процесса, так и анализ их влияния на технологию и тем самым выбрать оптимальные. Кроме того, применение компьютерного моделирования повышает скорость решения задач и сокращает время расчетов аппаратов технологических схем [5, 6].

На нефтеперерабатывающих и нефтехимических производствах ректификация является одним из основных процессов разделения смесей и получения конечных продуктов. Исследования влияния параметров работы ректификационной колонны на количество и качество получаемых продуктов является важной задачей.

Целью данной работы является исследование с использованием специализированной компьютерной программы влияние числа тарелок ректификационной колонны вакуумной перегонки мазута на отбор газойлевых фракций.

Экспериментальная часть

При применении моделирующих программ для исследования режимов работы ректификационных колонн состав нефти и нефтепродуктов представляют в виде псевдокомпонентов, выкипающих при определенной температуре. Для определения состава нефтепродукта в псевдокомпонентах необходима его разгонка на специальном аппарате АРН-2.

Вакуумная разгонка мазута по ASTM D 1160, используемого при моделировании колонны, приведена в табл. 1.

Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что мазут содержит примерно 10 % фракции, выкипающей до 350 °С.

В работе моделировались установки, включающие ректификационные колонны с девятью (вариант 1) и с четырнадцатью (вариант 2) тарелками, коэффициент полезного действия которых равнялся 0,5.

На рис. 1 приведена компьютерная схема моделирования вакуумной колонны с четырнадцатью тарелками.

Мазут, нагретый до необходимой температуры, подается на нижнюю тарелку колонны. Пар, выходящий из верха колонны, поступает в конденсатор, из которого отводятся сконденсировавшиеся углеводороды, а несконденсировавшиеся газы подаются в вакуумсоздающую систему (на схеме не показаны). Снизу колонны отводится гудрон. Легкий вакуумный газойль (ЛВГ) отбирается с третьей тарелки, а тяжелый (ТВГ) – с седьмой. Температурный режим по высоте колонны регулируется расходами и конечной температурой циркуляционных орошений ЦО-1 и ЦО-2. Кроме того, циркуляционное орошение ЦО-1 является острым орошением верхней тарелки колонны.

При эксплуатации вакуумных колонн перегонки мазута необходимо снизить унос в газойлевые фракции высококипящих компонентов из гудрона. Для этого в зоне питания

Таблица 1. Вакуумная разгонка мазута

Отбор, % об.	0	3	5	7	10	13	16	20	25	30	35	40
Температура, °С при 1,5 мм.рт.ст.	55	105	124	139	156	181	190	198	247	255	263	309
Температура, °С при 760 мм.рт.ст.	214	278	304	323	345	376	387	397	456	466	475	529

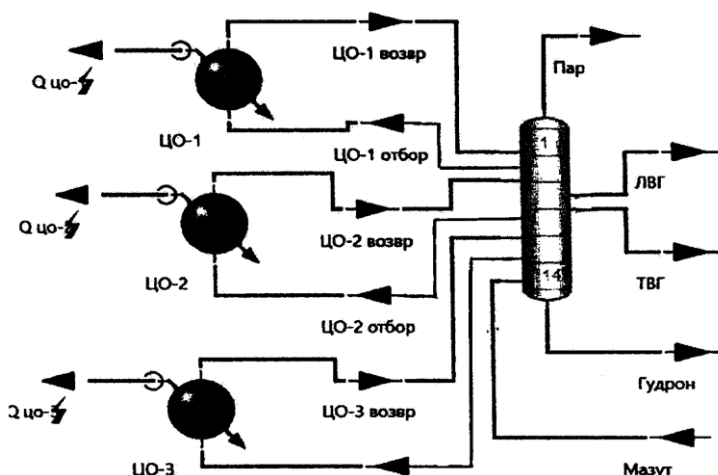


Рис. 1. Компьютерная схема моделируемой вакуумной колонны

колонны устанавливают отбойники различной конструкции и другие устройства [7–10]. В нашей работе для снижения уноса высококипящих компонентов из гудрона предлагается использовать нижнее циркуляционное орошение ЦО-3 (см. рис. 1).

Для достижения сходимости расчетов при моделировании режимов работы вакуумной колонны изменялись расходы и температуры

циркуляционных орошений, отборы получаемых фракций при давлении в колонне 8 кПа.

Согласно работам С.А. Ахметова и А.А. Гречухиной с соавторами^{1,2}, при перегонки мазута по топливному варианту ЛВГ в основном должен содержать компоненты, выкипающие в интервале 200–350 °С, а ТВГ – компоненты, выкипающие в интервале 350–500 (520) °С.

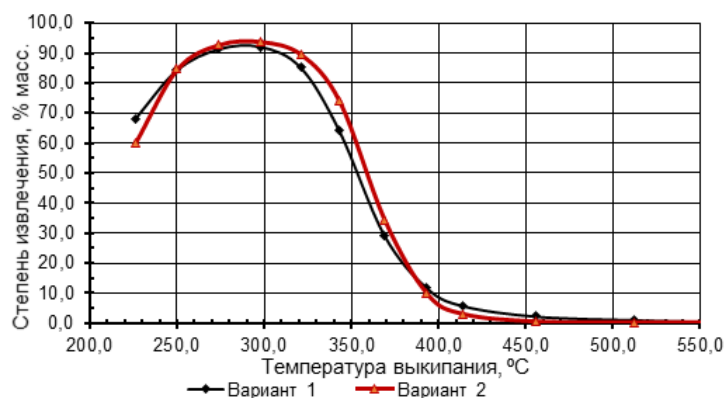


Рис. 2. Зависимость содержания псевдокомпонентов в легком вакуумном газойле от температуры выкипания

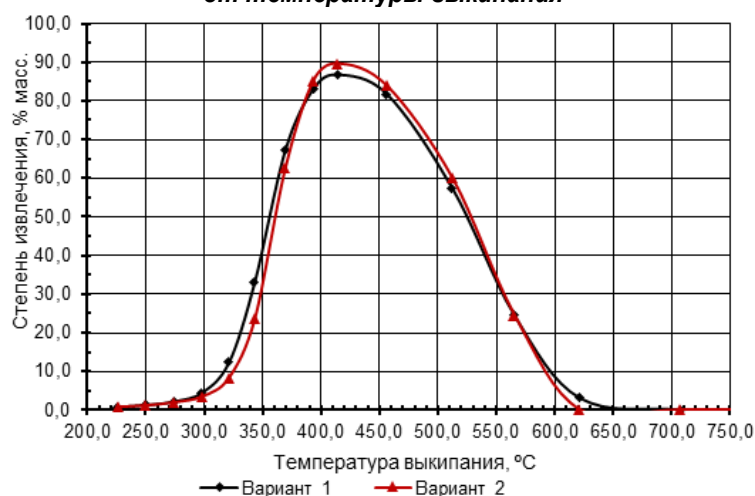


Рис. 3. Зависимость содержания псевдокомпонентов в тяжелом вакуумном газойле от температуры выкипания

Таблица 2. Расходы и температуры потоков вакуумной колонны

Параметр	Поток							
	мазут	пар	ЛВГ	ТВГ	гудрон	ЦО-1	ЦО-2	ЦО-3
Расход, кг/ч	31000,0	150,0	3100,0	7750,0	20000,0	30000,0	2000,0	2360,0
Температура, °C	395,0	167,0	190,0	290,0	394,0	115,0*	210,0*	280,0*

Примечание. * – указана температура возврата.

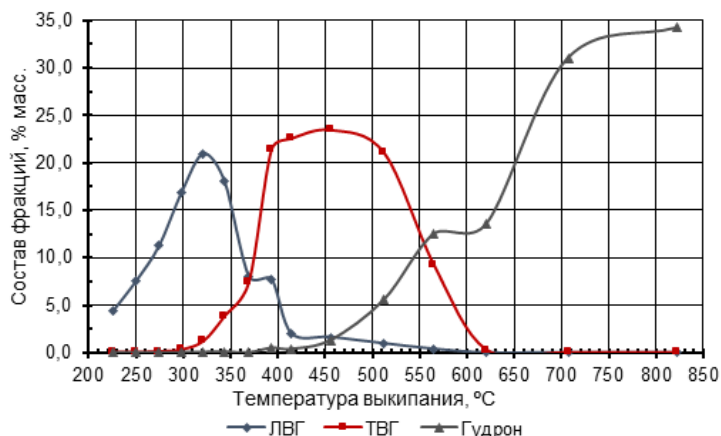


Рис. 4. Зависимость составов фракций от температуры выкипания компонентов

На рис. 2 и 3 представлены зависимости степени извлечения псевдокомпонентов в газойлевые фракции от температуры их выкипания. Данные получены при условиях, приведенных в табл. 2.

Из рис. 2 следует, что содержание компонентов в ЛВГ, выкипающих до 250 °C, в варианте 2 меньше, чем в варианте 1, а выкипающих в интервале 250–380 °C – больше. Содержание высококипящих (более 390 °C) меньше в варианте 2.

Данные, представленные на рис. 3, показывают, что в ТВГ содержание компонентов, выкипающих до 370 °C, меньше в варианте 2, чем в варианте 1, а содержание компонентов, выкипающих в интервале температур 370–520 °C – больше.

Отсюда следует, что увеличение числа тарелок в ректификационной колонне позволяет получать более качественные газойлевые фракции.

Практическая эксплуатация технологических установок перегонки мазута показывает, что в реальных условиях невозможно достичь идеального разделения компонентов, содержащихся в мазуте. Таким образом, компоненты, которые должны содержаться только в одной фракции, присутствуют в другой. Это

явление в нефтепереработке называется наложение фракций [11].

На рис. 4 представлены рассчитанные зависимости состава фракций от температуры выкипания для варианта 2.

Из рис. 4 следует, что ЛВГ содержит компоненты, выкипающие выше 350 °C, в ТВГ присутствуют компоненты, выкипающие до 350 °C и выше 520 °C. В свою очередь, гудрон содержит компоненты, выкипающие до 520 °C.

Заключение

Компьютерное моделирование режимов работы вакуумной колонны показало, что невозможно достичь идеального разделения компонентов мазута. Очевидно, что для уменьшения температурных областей наложения фракций необходимо применять более эффективные контактные тарелки. Предложено эффективность перегонки мазута на фракции оценивать по степени извлечения компонентов в соответствующие фракции. Показано, что увеличение числа контактных тарелок позволяет получать более качественные газойлевые фракции. Для снижения уноса высококипящих компонентов из гудрона предложено использовать нижнее циркуляционное орошение.

Список источников

1. Везилов И.Р., Теляшев Э.Г. Низкоуглеродистая технология создания вакуума // Башкирский химический журнал. 2023. Т. 30. № 2. С. 45-49.
2. Везилов И.Р., Везилов У.Р., Теляшев Э.Г., Везилов Р.Р., Салахов Р.Н. Анализ работы двухступенчатой гидроэжекторной вакуумсоздающей системы, определение ее оптимальных технологических параметров // Химия и технология топлив и масел. 2024. № 1 (641). С. 3–6.
3. Луканов Д.А., Кузора И.Е., Дубровский Д.А., Семёнов И.А., Раскулов Р.М. Вакуумная перегонка мазута. Влияние давления и расхода водяного пара на эффективность работы вакуумной колонны // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2016. № 11. С. 18–22.
4. Везилов Р.Р., Везилов И.Р. Комбинированная установка вакуумной перегонки мазута и коксования гудрона // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2016. № 5. С. 9–12.
5. Бабынина А.А., Зуйков А.В. Анализ методов моделирования вакуумной перегонки нефтяных остатков // Нефтепереработка и нефтехимия. 2023. № 10. С. 18–26.
6. Бабынина А.А., Зуйков А.В. Практические рекомендации по расчету вакуумной колонны и оценки степени уноса остатка на качество вакуумного газойля // Мир нефтепродуктов. 2024. № 2. С. 48–55.
7. Маннанов Т.И., Лесной Д.В., Чуракова С.К. Исследование влияния эффективности сепарации в узле ввода сырья ректификационных колонн на энергетические затраты // Булатовские чтения. 2019. Т. 4. С. 85–88.
8. Маннанов Т.И., Чураков В.А., Чуракова С.К. Расчетное исследование влияния полноты сепарации парожидкостного сырья на энергосбережение процесса ректификации различных смесей // Булатовские чтения. 2022. Т. 2. С. 100–102.
9. Маннанов Т.И., Чуракова С.К. Исследование насадочных каплеотбойных устройств методом CDF-анализа // Химия и технология топлив и масел. 2022. № 3 (631). С. 53–56.
10. Маннанов Т.И., Лесной Д.В., Чуракова С.К. CDF-анализ оптимальных технологических условий и конструктивных параметров двухканального V-образного лопастного устройства ввода сырья с тангенциальными элементами // Булатовские чтения. 2024. Т. 1. С. 92–94.
11. Капитонова О.В., Осипов Э.В. Наложение нефтяных фракций при разделении мазута под вакуумом // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 20. С. 88–90.

Информация об авторах / Information about the Authors

Нумбиев Чингис Булатович,
магистрант,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
chingis2018@mail.ru

Chingis B. Numbiev,
Undergraduate,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
chingis2018@mail.ru

Губанов Николай Дмитриевич,
доцент кафедры химической технологии
им. Н.И. Ярополова,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
gubanov_nd@ex.istu.edu

Nikolay D. Gubanov,
Associate Professor of the Chemical Technology
Department named after N.I. Yaropolov,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
gubanov_nd@ex.istu.edu

УДК 543.554.4
EDN: ZSVCFR

Исследование кислотности молочных продуктов методом потенциометрического титрования

© В.А. Шишкова, Ю.В. Логинова, О.В. Немыкина

Филиал Иркутского национального исследовательского технического университета в г. Усолье-Сибирском,
Усолье-Сибирское, Российская Федерация

Аннотация. В статье речь идет об экспериментальном определении кислотности молочных продуктов, таких как мороженое «Пломбир на йогурте» фирмы «Ангария» без добавок и с различными ягодными вкусами. Исследование проводилось методом потенциометрического титрования в лаборатории аналитической химии филиала Иркутского национального исследовательского технического университета в г. Усолье-Сибирском. В основе метода лежит механизм нейтрализации кислот, содержащихся в анализируемом продукте, раствором гидроксида натрия до заранее заданного значения pH и индикации точки эквивалентности при помощи pH-метра с пересчетом на градусы Тернера. Для измерений использовался pH-метр Эксперт-pH, принцип работы которого основан на зависимости электродвижущей силы электродной системы, образованной погруженными в исследуемый водный раствор измерительным электродом и электродом сравнения, от активности ионов водорода. Определение кислотности мороженого необходимо для контроля качества продукта, особенно в летнее время года, когда строго выдержать все нормы транспортировки и хранения товара. Кислотность является одним из показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий, в частности, молока и молочных продуктов, и характеризует степень их свежести. В ходе проведения эксперимента были установлены значения pH для каждой пробы анализируемого продукта. После проверки приемлемости результатов была проведена математическая обработка полученных данных и сделан вывод о соответствии нормативным показателям.

Ключевые слова: метод потенциометрического титрования, показатель кислотности, анализируемая проба, метрологическая обработка результатов измерений

Study of the acidity of dairy products by potentiometric titration

© Valeria A. Shishkova, Julia V. Loginova, Olga V. Nemykina

Branch of Irkutsk National Research Technical University in Ussolye-Sibirskoye,
Ussolye-Sibirskoye, Russian Federation

Abstract. The article deals with the experimental determination of the acidity of dairy products, such as ice cream "Sundae on yogurt" by Angaria without additives and with various berry flavors. The study was carried out by the method of potentiometric titration in the laboratory of analytical chemistry of IRNTU branch in Ussolye-Sibirskoye. The method is based on neutralizing the acids contained in the analyzed product with a solution of sodium hydroxide to a predetermined pH value and indicating the equivalence point using a pH meter calculated in Turner degrees. The Expert-pH pH meter was used for measurements, the principle of operation of which is based on the dependence of the electromotive force of the electrode system formed by the measuring electrode and the reference electrode immersed in the studied aqueous solution on the activity of hydrogen ions. Determining the acidity of ice cream is necessary to control the quality of the product, especially in the summer, when it is difficult to strictly comply with all the standards of transportation and storage of goods. Acidity is one of the indicators of the quality of raw materials, semi-finished products and finished products, in particular, milk and dairy products, and characterizes the degree of their freshness. During the experiment, the pH values for each sample of the analyzed product were determined. After checking the acceptability of the results, mathematical processing of the data was carried out and a conclusion was made about compliance with the regulatory indicators.

Keywords: potentiometric titration method, acidity index, analyzed sample, metrological processing of measurement results

Метод потенциометрического титрования основан на изучении изменения равновесного потенциала от объема титранта в процессе титрования, возникающего при погружении электродов в анализируемый раствор. Данный метод рекомендуется для проведения

анализов окрашенных растворов или малых концентраций веществ, для количественного анализа некоторых фармакопейных препаратов. Используя потенциометрическое титрование, можно более объективно устанавливать точку эквивалентности, поэтому метод

находит широкое практическое применение, особенно в заводских лабораториях и экспресс-анализе. Помимо аналитических целей метод может быть использован для изучения кинетики химических процессов [1].

В химическом анализе с использованием любой разновидности титриметрических методов, ключевое значение имеет фиксирование конечной точки титрования, а следовательно, и точки эквивалентности. Большая точность фиксирования точки эквивалентности зависит не только от качества и количества индикатора, но и от порядка титрования. Потенциометрическое титрование имеет ряд преимуществ по сравнению с титриметрическими методами, в которых применяют химические индикаторы:

- объективность и точность в установлении конечной точки титрования;
- низкая граница определяемых концентрация;
- возможность титрования мутных и окрашенных растворов.

Потенциометрическое титрование можно проводить автоматически до заданного значения потенциала, кривые титрования записывают как в интегральной, так и в дифференциальной форме. По этим кривым можно определять «кажущиеся» константы равновесия различных процессов [2].

В процессе потенциометрического титрования проводится фиксация изменения потенциала индикаторного электрода при изменении концентрации титруемого вещества в процессе прибавления титранта. В ходе потенциометрического титрования протекают две взаимосвязанные реакции: основная химическая реакция титрования и электрохимическая реакция на электроде.

Потенциал индикаторного электрода устанавливается достаточно быстро и также быстро реагирует на изменение концентрации титруемых ионов, а также достаточно резко изменяет свою величину вблизи точки эквивалентности при незначительном изменении концентрации потенциалоопределяющих ионов. Это так называемый скачок потенциала. Резкое изменение потенциала индикаторного электрода связано с заменой одной индикаторной реакции (до точки эквивалентности) на другую (после точки эквивалентности) и является признаком конца титрования.

Измерение электродного потенциала осуществляется с помощью систем, состоящих из двух электродов. Один из них – индикаторный (в нашем случае стеклянный) электрод, который чувствителен к ионам, присутствующим в растворе. Потенциал, возникающий на нем, зависит от концентрации ионов в анализируемом растворе. Другой электрод – электрод сравнения (в нашем случае хлорсеребряный) – нечувствителен к ионам раствора и потенциал его постоянен.

При погружении в раствор стеклянного электрода, представляющего собой тонкослойный шарик из литиевого стекла, происходит обмен ионами между раствором и поверхностью шарика. Ионы лития проникают из стекла в раствор, а ионы водорода – из раствора в стекло. На поверхности стеклянного электрода устанавливается потенциал, величина которого определяется концентрацией водородных ионов.

При кислотно-основном титровании используют стеклянный электрод и хлорсеребряный электрод сравнения. Поскольку стеклянный электрод чувствителен к изменениям pH среды, при их титровании на потенциометре регистрируются изменения pH среды. Кислотно-основное потенциометрическое титрование с успехом применяют при титровании слабых кислот и оснований. Потенциометрическое титрование – один из наиболее употребляемых методов инструментального анализа вследствие простоты, доступности, селективности и широких возможностей. Данный метод позволяет определить pH в окрашенных и мутных системах [3].

В представленной работе методом потенциометрического титрования были установлены показатели кислотности трех видов мороженого местного производителя и проведена проверка их соответствия нормативным значениям.

Мороженое – продукт, полученный взбиванием и замораживанием пастеризованной смеси коровьего молока, сливок, сахара, стабилизатора и наполнителей.

Молоко, входящее в состав мороженого, можно рассматривать как физико-химическую дисперсную систему. Молоко представляет собой эмульсию жира в воде. Это коллоидный раствор (гидроколлоид). Дисперсионной средой молока является, в основном, лактоза при

ее концентрации в растворе. Дисперсной средой является водная фаза молока. Дисперсная фаза молока представлена в ионно-молекулярном виде (минеральные соли, лактоза), в виде взвеси (жир), и коллоидном состоянии (белки, фосфат кальция) [4].

В мороженом, особенно с фруктовыми добавками, содержатся натуральные органические кислоты. Эти кислоты содержатся в овощах, фруктах и ягодах, определяют их общую кислотность и влияют не только на вкусовые качества, но и на их пищевую ценность. Органические кислоты (яблочная, винная, молочная, уксусная и лимонная кислоты) способствуют сохранению свежести овощей, фруктов и ягод, придают им кислый вкус, а также повышают усвоение витаминов и минералов. Многие органические кислоты обладают антиоксидантными свойствами, защищая клетки от повреждений, благотворно влияют на процесс пищеварения, повышают аппетит и помогают в усвоении питательных веществ, содержащихся в других продуктах [5].

Благодаря содержанию молочного жира и белков, углеводов, минеральных веществ и витаминов мороженое обладает высокой пищевой ценностью и легко усваивается организмом. Мороженое делят на основные и любительские виды. К основным видам можно отнести молочное, сливочное, плодово-ягодное, ароматическое мороженое и пломбир.

Пломбир на йогурте «Ангария» изготавливается из натурального йогурта и обогащен бифидобактериями, полезными для пищеварительной системы человека и иммунитета. По вкусу мороженое отличается приятной кислоткой.

Исследование маркировки, органолептических характеристик, микробиологических показателей на соответствие требованиям технических регламентов Таможенного союза не выявило нарушений [6].

Методика проведения эксперимента

Средства измерений, вспомогательное оборудование, посуда, реактивы, материалы: рН-метр, титровальная установка, водяная баня, термометр, весы технические, бюретка, цилиндр, шпатели металлические, фиксанал NaOH 0,1Н, мерная колба, химические ста-

каны, стеклянные палочки, стеклянные воронки, молочная продукция, дистиллированная вода, фильтровальная бумага. Сборка установки для потенциометрического титрования: штатив, бюретка на 25 см³, рН-метр с электродами, магнитная мешалка, стакан для слива.

Анализ был проведен потенциометрическим методом, основанным на нейтрализации кислот, содержащихся в продукте, раствором гидроксида натрия до заранее заданного значения рН = 8,8 с помощью блока автоматического титрования и индикации точки эквивалентности при помощи потенциометрического анализатора [7].

Подготовка анализируемой пробы

Мороженое полностью освобождали от упаковки и вафельного стаканчика, помещали в стакан на 500 см³, тщательно растирали и нагревали на водяной бане до температуры 25±2 °С, тщательно перемешивали стеклянной палочкой до получения однородной массы. Готовили по две параллельных пробы для каждого вида мороженого.

Измерение кислотности анализируемой пробы

Для измерения показателя кислотности в химический стакан вносили 5,00±0,01 г продукта и добавляли 30 см³ дистиллированной воды, постоянно перемешивая. Electroды рН-метра погружали в стакан со смесью. Содержимое стакана при постоянном перемешивании титровали раствором гидроксида натрия до точки эквивалентности (8,80±0,02) ед. рН. Измеряли объем раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование смеси, с точностью до 0,05 см³. Результаты измерения представлены в таблице.

Кислотность молочных продуктов измеряется в градусах Тернера. Градус Тернера показывает число миллилитров 0,1 н раствора гидроксида натрия (или гидроксида калия), необходимое для нейтрализации 100 мл или 100 грамм продукта. Чем ниже показатель кислотности, тем более свежим является молоко. В соответствии с требованиями ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»¹, кислотность принимаемого на переработку молока должна быть в пределах от 16

¹ Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) (с изменениями на 15 июля 2022 года). 103 с.

Показатели кислотности анализируемой пробы

Пломбир на йогурте «Классический»				Пломбир на йогурте «С клубничным джемом»				Пломбир на йогурте «С черничным джемом»			
Проба 1		Проба 2		Проба 1		Проба 2		Проба 1		Проба 2	
$V_{NaOH},$ см ³	рН	$V_{NaOH},$ см ³	рН	$V_{NaOH},$ см ³	рН	$V_{NaOH},$ см ³	рН	$V_{NaOH},$ см ³	рН	$V_{NaOH},$ см ³	рН
0,00	5,434	0,00	5,430	0,00	5,271	0,00	5,269	0,00	5,360	0,00	5,358
0,30	6,050	0,30	6,046	0,30	6,332	0,30	6,333	0,30	6,106	0,30	6,110
0,50	7,123	0,50	7,126	0,50	7,277	0,50	7,280	0,50	7,205	0,50	7,204
0,70	8,650	0,70	8,652	0,70	8,673	0,70	8,675	0,70	8,680	0,70	8,673
0,75	8,819	0,73	8,820	0,74	8,820	0,73	8,820	0,75	8,818	0,75	8,819

до 21 °Т (включительно). Не разрешается реализовывать молоко с кислотностью 22 °Т и выше, так как оно скисло, а молоко с кислотностью ниже 15 °Т считается разбавленным водой [8].

Метрологическая обработка полученных результатов

1. Проверка приемлемости результатов.

Рассчитывали абсолютное расхождение по формуле (1):

$$(V_1 - V_1) \leq r, \quad (1)$$

где $r = 1,0^2$:

– пломбир на йогурте «Классический»:

$$(0,75 - 0,73) \leq 1,0,$$

$$0,02 \leq 1,0;$$

– пломбир на йогурте «С клубничным джемом»:

$$(0,74 - 0,73) \leq 1,0,$$

$$0,01 \leq 1,0;$$

– пломбир на йогурте «С черничным джемом»:

$$(0,75 - 0,75) \leq 1,0,$$

$$0,00 \leq 1,0;$$

В каждой пробе абсолютное расхождение не превышает 1,0, следовательно, расхождение допустимо.

2. Кислотность анализируемого продукта, °Т, вычисляем по формуле (2)²:

$$X = K \cdot V_{Tr.6}, \quad (2)$$

где K – коэффициент для мороженого ($K = 20$).

За окончательный результат определения принимаем среднеарифметическое значение результатов двух параллельных определений:

– пломбир на йогурте «Классический»:

$$X_1 = 20 \cdot 0,75 = 15,0 \text{ °Т},$$

$$X_2 = 20 \cdot 0,73 = 14,6 \text{ °Т},$$

$$X_{cp} = \frac{15+14,6}{2} = 14,8 \text{ °Т};$$

– пломбир на йогурте «С клубничным джемом»:

$$X_1 = 20 \cdot 0,74 = 14,8 \text{ °Т},$$

$$X_2 = 20 \cdot 0,73 = 14,6 \text{ °Т},$$

$$X_{cp} = \frac{14,8+14,6}{2} = 14,7 \text{ °Т};$$

– пломбир на йогурте «С черничным джемом»:

$$X_1 = 20 \cdot 0,75 = 15,0 \text{ °Т},$$

$$X_2 = 20 \cdot 0,75 = 15,0 \text{ °Т},$$

$$X_{cp} = \frac{15+15}{2} = 15,0 \text{ °Т}.$$

3. Результат: $X_{cp} \pm \Delta \text{ °Т}$ при доверительной вероятности $P = 0,95$ (Δ – погрешность измерений, $\Delta = 0,8 \text{ °Т}$ (см. таблицу²)):

– пломбир на йогурте «Классический»:

$$14,8 \pm 0,8 \text{ °Т},$$

при доверительной вероятности $P = 0,95$ количество параллельных определений $n = 2$;

– пломбир на йогурте «С клубничным джемом»:

$$14,7 \pm 0,8 \text{ °Т},$$

при доверительной вероятности $P = 0,95$ количество параллельных определений $n = 2$;

– пломбир на йогурте «С черничным джемом»:

$$15,0 \pm 0,8 \text{ °Т},$$

при доверительной вероятности $P = 0,95$ количество параллельных определений $n = 2$.

4. Результаты, прошедшие метрологическую обработку, показали, что кислотность:

– в пломбire на йогурте «Классический» составляет $14,8 \pm 0,8 \text{ °Т}$;

– в пломбire на йогурте «С клубничным джемом» – $14,7 \pm 0,8 \text{ °Т}$;

– в пломбire на йогурте «С черничным джемом» – $15,0 \pm 0,8 \text{ °Т}$.

² ГОСТ Р 54669-2011. Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности. М.: Стандартинформ, 2013. 14 с.

Показатель кислотности в градусах Тернера для молока должен находиться в интервале 15,99–20,99 [9].

На основании всего вышесказанного делаем вывод, что рассматриваемый продукт

соответствует требованиям кислотности в соответствии с ГОСТ Р 54669-2011 «Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности».

Список источников

1. Ефремова В.Д. Кислотно-основное потенциометрическое титрование // Студенческий научный форум – 2016: материалы VIII Междунар. студенческой науч. конф. (г. Москва, 15 февраля – 31 марта 2016 г.). М., 2016. Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016019777?ysclid=m7487j9n15416121749> (дата обращения: 16.01.2025).
2. Газетдинов Р.Р., Хуснутдинова М.Р., Маликова А.Т., Бляхина И.М. Определение кислотности и белков молока потенциометрическим титрованием // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12-2. С. 245–246.
3. Неёлова О.В., Чеджемова Н.С. Потенциометрический анализ пищевых продуктов // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-3. С. 466–467. Режим доступа: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=15115> (дата обращения: 16.01.2025).
4. Головина Н.В., Доброхотов Д.А., Шорина Д.А., Нестерова О.В. Оценка качества молока через определение его кислотности // Наука молодых – будущее России: сб. статей IV Всерос. науч.-практ. конф. (г. Пенза, 12 декабря 2022 г.). Пенза, 2022. С. 12–16.
5. Колесникова В.И., Иванова К.А. Определение общей кислотности пищевых продуктов // Проблемы и перспективы развития современной медицины: сб. науч. статей XVI Республиканской науч.-практ. конф. с междунар. участием студентов и молодых ученых. (г. Гомель, 22–23 мая 2024 г.). Гомель, 2024. Т. 3. С. 136–138.
6. Святкина Л.И., Антонова Е.В., Андрухова В.Я. Жирно-кислотный состав молока и мороженого // Молочная промышленность. 2020. № 3. С. 54–56.
7. Даров А. М. Сравнительный анализ показателей качества кисломолочных продуктов в регионах РФ // Лучшая студенческая статья 2022: сб. статей XLIII Междунар. науч.-иссл. конкурса. (г. Пенза, 10 мая 2022 г.). Пенза, 2022. С. 9–13.
8. Кузин А.В., Соцкая И.М., Адакин Р.Д. Автоматизация мониторинга уровня кислотности молока с применением платформы arduino // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. Т. 67. № 3. С. 100–106.
9. Змановская Е.Е., Лунева Т.А., Слащинин Д.Г., Фрицлер Р.А. Определение физико-химических показателей молока // Решетневские чтения: материалы XXV Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева. В 2 ч. (г. Красноярск, 10–12 ноября 2021 г.). Красноярск, 2021. Т. 1. С. 640–641.
10. Игнатьева П.А. Определение кислотности молока и кисломолочных продуктов // Фундаментальные научно-практические исследования: актуальные тенденции и инновации: сб. науч. трудов по материалам XXX Междунар. науч.-практ. конф. (г. Анапа, 31 мая 2022 г.). Анапа, 2022. С. 22–25.

Информация об авторах / Information about the Authors

Шишкова Валерия Алексеевна,
студент,
филиал Иркутского национального
исследовательского технического университета
в г. Усолье-Сибирском,
665462, г. Усолье-Сибирское, ул. Менделеева, 65,
Российская Федерация
lera.spam.ru@gmail.com

Valeria A. Shishkova,
Student,
Branch of Irkutsk National Research
Technical University in Usolye-Sibirskoye,
65 Mendeleev St., Usolye-Sibirskoye 665462,
Russian Federation
lera.spam.ru@gmail.com

Логинова Юлия Викторовна,
студент,
филиал Иркутского национального
исследовательского технического университета
в г. Усолье-Сибирском,
665462, г. Усолье-Сибирское, ул. Менделеева, 65,
Российская Федерация
yulya.loginova.0505@mail.ru

Julia V. Loginova,
Student,
Branch of Irkutsk National Research
Technical University in Usolye-Sibirskoye,
65 Mendeleev St., Usolye-Sibirskoye 665462,
Russian Federation
yulya.loginova.0505@mail.ru

Немыкина Ольга Владимировна,

к.х.н., доцент,
преподаватель высшей категории,
филиал Иркутского национального
исследовательского технического университета
в г. Усолье-Сибирском,
665462, г. Усолье-Сибирское, ул. Менделеева, 65,
Российская Федерация
nemikinao@mail.ru

Olga V. Nemykina,

Cand. Sci. (Chemistry), Associate Professor,
Teacher of the Highest Category,
Branch of Irkutsk National Research
Technical University in Usolye-Sibirskoye,
65 Mendelev St., Usolye-Sibirskoye 665462,
Russian Federation
nemikinao@mail.ru

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание

Том 15 № 1 2025

Редактор Т.К. Кувайшина
Верстка Ф.А. Посысоевой

Выход в свет 28.03.2025 г.
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83