



Югорский  
государственный  
университет

# ВЕСТНИК

**BULLETIN**  
YUGRA STATE UNIVERSITY

ТОМ 20, ВЫПУСК 3

2024

## ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

### ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НОМЕРА:

- Проблемы квалификации получения взятки на примере медицинских работников
- Экономика возобновляемой энергии в европейской части РФ
- Подготовка данных датасета CROHME 2019 для обучения нейронной сети

г. Ханты-Мансийск

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА»

**Лапшин Валерий Федорович** – главный редактор, доктор юридических наук, доцент, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», v\_lapshin@ugrasu.ru, +7 (3467) 377-000 (доб. 559);

**Шарова Полина Сергеевна** – ответственный секретарь редакционной коллегии, заведующий единой редакцией научных журналов ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», p\_sharova@ugrasu.ru, +7 (3467) 377-000 (доб. 421);

**Самарина Ольга Владимировна** – ответственный редактор по направлению 1.2 Компьютерные науки и информатика по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки), кандидат физико-математических наук, доцент, руководитель инженерной школы цифровых технологий ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Осипов Дмитрий Сергеевич** – ответственный редактор по направлению 2.4 Энергетика и электротехника по специальности 2.4.3 Электроэнергетика (технические науки), доктор технических наук, профессор, руководитель политехнической школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Королев Максим Игоревич** – ответственный редактор по направлению 2.6 Химические технологии, науки о материалах, металлургия по специальности 2.6.17 Материаловедение (технические науки), кандидат технических наук, доцент, руководитель высшей нефтяной школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Розенко Станислав Васильевич** – ответственный редактор по направлению 5.1 Право по специальности 5.1.4 Уголовно-правовые науки, кандидат юридических наук, руководитель высшей школы права ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет».

### **1.2 Компьютерные науки и информатика по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки):**

**Вохминцев Александр Владимирович** – доктор технических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Интеллектуальные информационные технологии и системы» ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет» совместно с ФИЦ «Информатика и управление Российской академии наук Института системного анализа»;

**Загребина Софья Александровна** – доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, заведующий кафедрой «Математическое и компьютерное моделирование» ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный институт»;

**Кожанов Александр Иванович** – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН «Институт математики имени С. Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук»;

**Кутышкин Андрей Валентинович** – доктор технических наук, профессор;

**Мельников Андрей Витальевич** – доктор технических наук, профессор базовой кафедры ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет» на базе АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий», директор АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий»;

**Полищук Юрий Михайлович** – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник центра дистанционного зондирования Земли АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий»;

**Попков Юрий Соломонович** – доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор Института системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук»;

**Пятков Сергей Григорьевич** – доктор физико-математических наук, профессор инженерной школы цифровых технологий ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет».

### **2.4 Энергетика и электротехника по специальности 2.4.3 Электроэнергетика (технические науки):**

**Горюнов Владимир Николаевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электрооборудование промышленных предприятий» ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»;

**Ковалев Владимир Захарович** – доктор технических наук, профессор политехнической школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Новожилов Александр Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетика» Павлодарского государственного университета им. С. Торайтыгова (Казахстан);

**Никитин Константин Иванович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теоретическая и общая электротехника» ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»;

**Осипов Дмитрий Сергеевич** – доктор технических наук, профессор политехнической школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Сидоров Олег Алексеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Электрооборудование железнодорожного транспорта» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения»;

**Сычев Юрий Анатольевич** – доктор технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика и электромеханика» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»;

**Харламов Виктор Васильевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Электрические машины и общая электротехника» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения».

### **2.6 Химические технологии, науки о материалах, металлургия по специальности 2.6.17 Материаловедение (технические науки):**

**Алымов Михаил Иванович** – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор ФГБУН «Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения (ИСМАН) РАН»;

**Баев Владимир Константинович** – доктор технических наук, главный научный сотрудник ФГБУН «Институт

теоретической и прикладной механики имени С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук»;

**Гуляев Павел Юрьевич** – доктор технических наук, профессор политехнической школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Еськов Александр Васильевич** – доктор технических наук, профессор, начальник кафедры информационной безопасности ФГКОУ ВО «Краснодарский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации»;

**Клименко Любовь Степановна** – доктор химических наук, профессор высшей нефтяной школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Нехорошев Сергей Викторович** – доктор технических наук, главный научный сотрудник проблемной научно-исследовательской лаборатории БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»;

**Пронин Сергей Петрович** – доктор технических наук, профессор кафедры информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»;

**Сахаров Юрий Владимирович** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры физической электроники ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

#### 5.1 Право по специальности

##### 5.1.4 Уголовно-правовые науки (юридические науки):

**Авдеев Вадим Авдеевич** – доктор юридических наук, профессор высшей школы права ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Анисимов Валерий Филиппович** – доктор юридических наук, профессор высшей школы права ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Козаченко Иван Яковлевич** – доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой уголовного права ФГБОУ ВО «Уральский государственный юридический университет»;

**Кибальник Алексей Григорьевич** – доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой уголовного права и процесса ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»;

**Понятовская Татьяна Григорьевна** – доктор юридических наук, профессор, профессор кафедры уголовного права ФГБОУ ВО «Московский государственный юридический университет имени О. Е. Кутафина»;

**Рарог Алексей Иванович** – доктор юридических наук, профессор, научный руководитель кафедры уголовного права ФГБОУ ВО «Московский государственный юридический университет имени О. Е. Кутафина»;

**Сергевнин Владимир Анатольевич** – доктор юридических наук, профессор, директор Центра прикладного уголовного правосудия, профессор Школы правоохранения и управления юстицией Западного Иллинойского университета;

**Шеслер Александр Викторович** – доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права ФКОУ ВО «Кузбасский институт Федеральной службы исполнения наказаний», профессор кафедры уголовного права ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

**Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий**, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

ISSN 2078-9114 (Online)  
Журнал издается с 2005 года  
Журнал включен в РИНЦ

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС  
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

Science Index 

© ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», 2024



# ВЕСТНИК BULLETIN <sup>16+</sup>

YUGRA STATE UNIVERSITY

## ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Том 20, выпуск 3 (2024)

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.  
Свидетельство о регистрации Эл № ФС77-87757 от 12 июля 2024 г.

Адрес учредителя, издателя и редакции:  
628012, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра,  
г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16

Главный редактор – Лапшин Валерий Федорович,  
тел. +7 (3467) 377-000 (доб. 559)



## СОДЕРЖАНИЕ

### УГОЛОВНОЕ ПРАВО И КРИМИНОЛОГИЯ ... 5

**Аськов Н. Н., Измалков Н. С.**  
ПРОБЛЕМЫ КВАЛИФИКАЦИИ  
ПОЛУЧЕНИЯ ВЗЯТКИ НА ПРИМЕРЕ  
МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ..... 5

**Ларина Л. Ю.**  
ЦЕЛЬ ПРЕСТУПЛЕНИЯ:  
УГОЛОВНО-ПРАВОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ  
И СООТНОШЕНИЕ С МОТИВОМ..... 10

**Мелюханова Е. Е.**  
ПЕРВИЧНЫЕ БАЗОВЫЕ  
УГОЛОВНО-ПРАВОВЫЕ КАТЕГОРИИ:  
ПРЕСТУПЛЕНИЕ, НАКАЗАНИЕ..... 18

### ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ..... 25

**Армян Е. В., Ахмедов И. А., Екимов И. С.**  
АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ  
КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ  
И РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ  
В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ. .... 25

**Бубенчиков А. А., Гаибов И. А., Горюнов В. Н.,  
Дорогов Б. Б., Киселев Г. Ю.**  
ЭКОНОМИКА ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ  
В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ ..... 29

**Клеутин В. И., Руди Д. Ю., Антонов А. И.,  
Хацевский К. В.**  
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СУДОВ  
ТЕХНИЧЕСКОГО ФЛОТА ПРИ ПИТАНИИ  
ОТ БЕРЕГОВЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ..... 37

**Парамзин А. О.**  
ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ  
СПЕКТРА ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ТОКАХ 310  
ЗАЩИЩАЕМЫХ ПРИСОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ НАЛИЧИИ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ  
НА ЗЕМЛЮ В СЕТИ ..... 44

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ..... 51

**Исмагулов М. Е.**  
ПОДГОТОВКА ДАННЫХ  
ДАТАСЕТА CROWNME 2019  
ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ..... 51

**Носков С. И., Шахуров А. Н.**  
МАКСИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА ДОПУСТИМЫХ  
ОШИБОК АППРОКСИМАЦИИ  
ПРИ ПОСТРОЕНИИ ЛИНЕЙНОЙ  
РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ..... 57

**Тихонов Р. С.**  
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТИ  
ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ  
НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРИКЦИОННОГО  
ТЕПЛООБРАЗОВАНИЯ..... 63

### ОШИБКИ..... 69

ОШИБОЧНО ОПУБЛИКОВАННАЯ СТАТЬЯ  
«МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ТЕПЛООБМЕНА ПРИ СВАРКЕ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ  
ТЕРМИТНЫМ СПОСОБОМ»..... 69





## ПРОБЛЕМЫ КВАЛИФИКАЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЗЯТКИ НА ПРИМЕРЕ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ

### Аськов Николай Николаевич

кандидат юридических наук,  
начальник правового управления,  
доцент кафедры медицинского права и биоэтики,  
Самарский государственный  
медицинский университет,  
Самара, Россия  
E-mail: askoff@mail.ru

### Измалков Николай Сергеевич

кандидат медицинских наук, главный врач клиник,  
доцент кафедры общественного здоровья  
и здравоохранения  
Института профессионального образования,  
Самарский государственный медицинский  
университет,  
Самара, Россия  
E-mail: n.s.izmalkov@samsmu.ru

Предмет исследования: нормы уголовного законодательства Российской Федерации, посвященные взяточничеству и понятию должностного лица, а также разъяснения Пленума Верховного Суда РФ по вопросам квалификации отдельных преступлений коррупционной направленности.

Цель исследования: дать научно обоснованные предложения об исключении проблемы квалификации действий медицинского работника, в том числе являющегося при этом руководителем структурного подразделения медицинской организации, как получение взятки.

Объект исследования: общественные отношения, возникающие в связи с исполнением медицинским работником своих профессиональных и должностных обязанностей, которые исследовались с применением сравнительно-правового, диалектического и аналитического методов.

Основные результаты исследования: предложено обоснование необходимости включения в УК РФ нормы об ответственности за незаконное вознаграждение должностных лиц учреждений здравоохранения.

**Ключевые слова:** взятка, вознаграждение, подарок, заведующий отделением, врач-специалист, медицинский работник.

## PROBLEMS OF QUALIFICATION IN RECEIVING A BRIBE ON THE EXAMPLE OF MEDICAL WORKERS

### Nikolay N. Askov

Candidate of Legal Sciences,  
Head of Legal Department,  
Associate Professor of the Department  
of Medical Law and Bioethics,  
Samara State Medical University,  
Samara, Russia  
E-mail: askoff@mail.ru

### Nikolay S. Izmailkov

Candidate of Medical Sciences,  
Chief Physician of the Clinic,  
Associate Professor of the Department  
of Public Health and Healthcare  
Institute of Vocational Education,  
Samara State Medical University,  
Samara, Russia  
E-mail: n.s.izmailkov@samsmu.ru

Subject of research: norms of the criminal legislation of the Russian Federation devoted to bribery and the concept of an official, as well as clarifications of the Plenum of the Supreme Court of the Russian Federation on the qualification of certain crimes of corruption.

Purpose of research: to give scientifically based proposals to eliminate the problem of qualifying the actions of a medical worker, including one who is the head of a structural unit of a medical organization, as receiving a bribe.

Object of research: social relations arising in connection with the performance by a medical worker of his professional and official duties, which were studied using comparative legal, dialectical and analytical methods.

Main results of research: a justification is proposed for the need to include in the Criminal Code of the Russian Federation a rule on liability for illegal remuneration of officials of healthcare institutions.

**Keywords:** bribe, reward, gift, head of department, medical specialist, medical worker.

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема противодействия взяточничеству как составляющей такого социально негативного явления, как коррупция, по-прежнему не утрачивает своей актуальности в российском обществе. Взяточничество, порожаемое различными объективными и субъективными причинами, само по себе принижает авторитет органов государственной власти, а также государственных учреждений, зачастую непосредственно реализующих государственные функции, особенно в социально значимых сферах, одной из которых является охрана здоровья.

По данным Судебного департамента при Верховном Суде РФ за 2021–2023 гг., количество лиц, осужденных за получение взятки и

мелкое взяточничество, демонстрирует устойчивую положительную динамику. Если в 2021 году число таких лиц составляло 3 263 человека, то в 2022 году – уже 3 846 человек, а в 2023 году – 4 110 человек. При этом обращает на себя внимание одновременное с этим увеличение числа лиц, осужденных по данным статьям к лишению свободы, – с 480 человек в 2021 году до 622 в 2022 году и 816 – в 2023 году [14].

Таким образом, рост общего количества осужденных за взяточничество за указанный период на 26 % и осужденных по данным статьям к лишению свободы на 70 % может свидетельствовать о недостаточности качества уголовно-правовых предписаний и (или) точности их толкования в процессе квалификации соответствующих видов преступлений коррупционной направленности.



## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

К сожалению, сфера здравоохранения на сегодняшний день не является исключением из области совершения преступлений коррупционной направленности. Факты получения взяток, а также незаконного вознаграждения должностными лицами медицинских организаций и медицинских работников не переходят в категорию редких. Проблема квалификации данных деяний обусловлена рядом причин различного характера, в том числе сложностью и неоднозначностью правового регулирования отношений в сфере охраны здоровья.

О. Ю. Можинной среди причин и условий дачи взятки медицинским работникам выделяются низкая правовая активность граждан, нежелание обращаться в вышестоящие инстанции и в судебные органы для защиты своих прав, отсутствие у пациентов полной и достоверной информации о бесплатном характере оказания медицинских услуг и предоставления медицинских препаратов и, что особенно обращает на себя внимание, «безразличие пациентов к способу оплаты оказанных медицинских услуг, желание «отблагодарить» медицинского работника, вручить благодарность «из первых рук» [5, с. 58–59]. Надо при этом понимать, что зачастую медицинские работники, пользуясь правовой неграмотностью пациентов, сами намекают или прямо говорят о необходимости «отблагодарить» лично их самих либо руководство отделения или учреждения в виде разного рода «подарков» и «благодарностей» в качестве условия качественного, а иногда и своевременного оказания медицинской помощи.

Нельзя обойти вниманием тот факт, что случаи официального обращения граждан в правоохранительные органы по факту вымогательства взяток со стороны медицинского персонала носят казуистический характер и обусловлены, в частности, невысоким уровнем доверия граждан к силовым структурам, неуверенностью в возможности привлечения медицинских работников к уголовной ответственности за вымогательство взятки, а также нежеланием подвергать себя неудобствам, связанным с участием в уголовном процессе и неизбежным ухудшением отношений с представителями системы здравоохранения.

В настоящее время вымогательство взятки является признаком квалифицированного состава получения взятки, предусмотренного п. «б» ч. 5, ч. 6 ст. 290 УК РФ. Обращает на себя внимание тот факт, что ст. 291.2 УК РФ, посвященная мелкому взяточничеству, вообще не содержит такого квалифицирующего признака, что фактически декриминализует

вымогательство взятки в размере до 10 000 рублей со стороны взяткополучателя. Кроме того, вымогательство взятки, не сопряженное с ее получением, также не образует самостоятельного состава оконченного преступления, в частности, в случае отказа потенциального взяткополучателя от реализации своего намерения в дальнейшем в силу каких-либо причин. Следует признать заслуживающей внимания позицию О. Н. Штаб, предлагающей выделить вымогательство взятки в самостоятельный состав, исключив его как квалифицирующий признак из ст. 290 УК РФ, мотивируя данное предложение тем, что вымогательство взятки не может быть разновидностью основного состава получения взятки вследствие наличия противоречия правовой логике [7, с. 45–46].

Подвергая исследованию вопрос квалификации получения взятки по признаку вымогательства, Т. Николенко выделяет 2 ситуации вымогательства взятки – при открытом и недвусмысленном требовании дать взятку под угрозой совершения определенных действий или, наоборот, несовершении правомерных действий в отношении потенциального взяткодателя либо при отсутствии подобных требований со стороны должностного лица, при этом всячески затягивающего рассмотрение вопросов, в которых заинтересован будущий взяткодатель, с целью побуждения последнего к даче взятки [6, с. 40]. Примером вымогательства взятки должностным лицом в сфере здравоохранения может послужить приговор Гатчинского городского суда Ленинградской области от 24.07.2023 г., которым был осужден заведующий отделением медицинской профилактики – врач-терапевт Е. одной из городских поликлиник за вымогательство взятки у матери пациента, угрожая уничтожением медицинской карты сына взяткодателя, что повлекло бы для него тяжкие последствия [8].

Одним из ключевых признаков составов преступлений, предусмотренных ст. 290 и ст. 291.2 УК РФ, является субъект – должностное лицо. Определение должностного лица содержится в примечании 1 к ст. 285 УК РФ, содержащее в том числе такие признаки должностного лица, как выполнение организационно-распорядительных и административно-хозяйственных функций в государственных учреждениях. К должностным лицам медицинских организаций относятся в первую очередь главный врач и его заместители, заведующие отделениями, а также дежурные врачи. Как правило, факты привлечения руководителя медицинской организации или его заместителей к уголовной

ответственности за получение взятки связаны с выполнением последними своих должностных обязанностей по обеспечению медицинской организации лекарственными средствами и медицинскими изделиями, а также по организации выполнения услуг сторонними организациями в интересах лечебного учреждения. Так, приговором Кисловодского городского суда Ставропольского края от 13.09.2023 осужден за получение взятки заместитель главного врача по хозяйственным вопросам городской больницы за содействие заключению государственных контрактов, предметом которых являлось оказание услуг по стирке, дезинфекции, сушке и глажению швейных изделий и постельных принадлежностей для обеспечения нужд больницы [10]. Главный врач районной больницы Центральным районным судом г. Читы 21.02.2022 признан виновным в получении взятки за оказание в силу занимаемой им должности содействия коммерческой организации в заключении с ней государственных контрактов на поставку медицинского оборудования в больницу [12]. Советский районный суд г. Брянска 10.08.2023 признал виновным в получении взятки главного врача медицинской организации за аналогичные действия в отношении коммерческой организации, поставляющей в учреждение лекарственные препараты [11].

Пленум Верховного Суда РФ в своем Постановлении № 19 от 16.10.2009 № 19 «О судебной практике по делам о злоупотреблении должностными полномочиями и о превышении должностных полномочий» определил, что к организационно-распорядительным функциям относятся полномочия лиц по принятию решений, имеющих юридическое значение и влекущих определенные юридические последствия, приведя в качестве примера выдачу медицинским работником листка временной нетрудоспособности [13]. Судебная практика содержит большое количество примеров подобных случаев привлечения медицинских работников к уголовной ответственности. Так, приговором Иловлинского районного суда Волгоградской области от 08.02.2024 осужден травматолог-ортопед за мелкое взяточничество и служебный подлог, несколько раз оформлявший за вознаграждение, не превышающее 10 000 руб., листки временной нетрудоспособности, внося при этом в них заведомо ложные сведения [9]. Квалификация таких деяний медицинских работников благодаря точной формулировке в вышеупомянутом Постановлении Пленума Верховного Суда РФ не вызывает, как правило, затруднений у органов следствия

(дознания) и суда. Не так все просто в иных случаях получения «благодарности» медицинскими работниками при исполнении ими своих профессиональных обязанностей.

На практике разграничение случаев принятия «благодарности» или «подарка» и взятки медицинским работником не всегда является простой задачей. Начать с того, что законом в ст. 575 ГК РФ в качестве критерия подарка определена лишь его стоимость – не выше 3 000 руб. Возникает вопрос – как определить стоимость подарка, имеющего стоимость в фирменном магазине, например, 7 000 руб., а в супермаркете – 2 900 руб. с учетом персональной скидки покупателя? Кроме того, данный «подарок» вообще может быть не приобретен, а тоже получен в дар. Продолжая рассуждения на данную тему, следует отметить, что в отличие от взятки дарение не предполагает встречных действий со стороны одаряемого и тем более вообще не может являться условием совершения со стороны последнего каких-то действий или бездействия, а, наоборот, осуществляется после таковых. Однако в случае «взятки-благодарности» действия взяткополучателя также будут предшествовать получению взятки, в том числе при отсутствии какой-либо договоренности на этот счет. Разделить в данном случае между собой взятку и «подарок» будет весьма непросто.

Е. А. Загрядская и В. С. Изосимов предлагают расценивать вознаграждение как взятку в следующих случаях: если имело место вымогательство этого вознаграждения; если вознаграждение имело характер подкупа, обуславливало соответствующее поведение должностного лица; если вознаграждение передавалось должностному лицу за незаконные действия (бездействие) [2, с. 15]. В целом соглашаясь с позицией данных авторов, считаем целесообразным прокомментировать ее, отметив, что вымогательство такого вознаграждения в сумме, не превышающей 10 000 руб., в силу отмеченных выше особенностей формулировок ст. 291.2 УК РФ не будет являться уголовно наказуемым (а с учетом положений ч. 2 ст. 3 УК РФ привлечь к уголовной ответственности по ч. 5 ст. 290 УК РФ в данном случае не представляется возможным). Что же касается обусловленности поведения должностного лица от полученной впоследствии благодарности, то процесс доказывания подобной причинно-следственной связи представляется сложной задачей, учитывая факт уже совершенных «взяткополучателем» действий до принятия «подарка» («взятки»).

Российский законодатель весьма специфично обозначает статус некоторых долж-

ностей в сфере здравоохранения, что создает дополнительные трудности в процессе квалификации совершенных общественно опасных деяний. Так, Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих, раздел «Квалификационные характеристики должностей работников в сфере здравоохранения», утвержденный приказом Минздравсоцразвития РФ от 23.07.2010 № 541н (далее – Справочник), содержит должность «Заведующий структурным подразделением (отделом, отделением, лабораторией, кабинетом, отрядом) – врач-специалист». Тем самым законодатель фактически объединил в одной должности руководителя и специалиста. Возникает вопрос о возможности юридического разграничения обязанностей заведующего хирургическим отделением стационара как должностного лица, в том числе, согласно вышеуказанному Справочнику, «совершенствующего расстановку кадров на рабочих местах и их использование в соответствии с квалификацией» и в соответствии с этим принявшего решение о самостоятельном осуществлении медицинского вмешательства в отношении конкретного пациента, и врача-хирурга, осуществляющего данное вмешательство? Решение о личном проведении операции такому пациенту заведующий отделением принял самостоятельно как должностное лицо, на этом основании находился в операционной и оперировал пациента уже как врач-хирург, при этом, возможно, рассчитывая на последующее вознаграждение за успешно проведенную операцию от родственников пациента. При этом родственники пациента (или сам пациент), передавая впоследствии вознаграждение медицинскому работнику, мотивируют свое действие как благодарность врачу-хирургу за проведенную операцию.

С нашей точки зрения, подобное получение вознаграждения за выполнение профессиональных обязанностей не должно находиться в рамках правомерного поведения – в противном случае это мотивирует медицинских работников на ожидание такого вознаграждения в каждом конкретном случае оказания ими медицинской помощи, а пациентам зачастую не оставляет выбора, кроме как удовлетворить ожидания врачей. Здесь следует согласиться с В. В. Аванесяном, отмечавшим, что «пользуясь зависимым положением пациента и его родственников, отдельные медицинские работники ставят качество выполнения своих профессиональных обязанностей... в зависимость от факта получения вознаграждения». Автор верно акцентирует внимание на том, что подобные

вознаграждения составляют ядро бытовой коррупции, предлагая криминализировать подобные деяния [1, с. 81, 83]. Подобной позиции придерживаются Е. С. Крылова и Л. И. Бильданова, предлагающие дополнить действующий УК РФ статьей 235.2 «Получение незаконного вознаграждения работниками государственных медицинских учреждений», делая акцент на отсутствии статуса должностного лица у таких работников [4, с. 14], а также В. С. Изосимов и М. Е. Гуцев, анализируя проблему уголовно-правовой оценки правоприменителями действий работников медицинских учреждений в части, касающейся получения ими незаконного вознаграждения, по причине отсутствия у них статуса должностного лица [3, с. 85].

Считаем целесообразным согласиться с позициями перечисленных авторов с дополнением, что необходимо установить минимальный порог такого вознаграждения во избежание чрезмерного увеличения количества случаев привлечения к уголовной ответственности медицинских работников. Представляется, что получение медицинскими работниками, не являющимися должностными лицами, вознаграждения за исполнение ими своих профессиональных обязанностей в размере, не превышающем 10 000 рублей, не несет в себе большой общественной опасности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Таким образом, по результатам исследования можно сделать следующие выводы. При квалификации правоприменителем действий медицинского работника при получении им вознаграждения от пациентов или его близких следует руководствоваться категорией его обязанностей, за исполнение (или неисполнение) которых было получено вознаграждение – являлись они профессиональными, связанными с осуществлением им медицинской деятельности, или должностными, связанными с осуществлением им организационно-распорядительных или административно-хозяйственных полномочий в силу занимаемой им должности (например, главного врача), его статуса (например, дежурного врача) или содержанием его действий (например, оформления листка временной нетрудоспособности). Данными правилами следует руководствоваться в том числе при одновременном исполнении лицом обязанностей должностного лица и медицинского работника.

В целях снижения коррупционных проявлений в системе здравоохранения главу 25 УК РФ следует дополнить ст. 235.2



«Незаконное получение вознаграждения медицинскими работниками государственных организаций здравоохранения», установив минимальное криминообразующее значение размера такого вознаграждения в 10 000 руб.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аванесян, В. В. К вопросу об установлении уголовной ответственности за незаконное вознаграждение / В. В. Аванесян. – Текст : непосредственный // Труды Академии управления МВД России. – 2015. – № 3 (35). – С. 80–84.
2. Загрядская, Е. А. К вопросу о получении «обычных подарков» должностными лицами сферы здравоохранения: критерии отграничения от «взятки-благодарности» / Е. А. Загрядская, В. С. Изосимов. – Текст : непосредственный // Медицинский альманах. – 2015. – № 2 (37). – С. 14–16.
3. Изосимов, В. С. Проблемные аспекты применения отдельных уголовно-правовых норм, регламентирующих ответственность за взяточничество / В. С. Изосимов, М. Е. Гущев. – Текст : непосредственный // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2022. – № 11-2. – С. 83–87.
4. Крылова, Е. С. Актуальные вопросы уголовной ответственности медицинских работников за получение взятки и незаконного вознаграждения / Е. С. Крылова, Л. И. Бильданова. – Текст : непосредственный // Ученые записки Казанского юридического института МВД России. – 2019. – Т. 4 (7). – С. 9–15.
5. Можина, О. Ю. Основные факторы, детерминирующие получение и дачу мелкой взятки в сферах здравоохранения и образования / О. Ю. Можина. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского юридического института МВД России. – 2019. – № 1 (35). – С. 55–61.
6. Николенко, Т. Проблемы квалификации получения взятки по признаку вымогательства / Т. Николенко. – Текст : непосредственный // Уголовное право. – 2011. – № 1. – С. 40–42.
7. Штаб, О. Н. Актуальные проблемы квалификации получения взятки / О. Н. Штаб. – Текст : непосредственный // Вестник Барнаульского юридического института МВД России. – 2010. – № 1 (18). – С. 45–46.
8. Приговор Гатчинского городского суда Ленинградской области от 24.07.2023 г. – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: <https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?BASENODE=g16&bases=32935%2C32849%2C32839%2C32850%2C32840%2C32838%2C32848%2C32841%2C32837&req=doc&cacheid=C41C416D9E1211FB7DD717CB867AB236&mode=searchcard&rnd=icFLHQ&base=AOSZ&n=5649593#em0exHUwFsyFhHsl> (дата обращения: 08.07.2024).
9. Приговор Иловлинского районного суда Волгоградской области от 08.02.2024 г. – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: <https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&base=AOUG&n=8543857&cacheid=5CD4514EA9497C590A6C4F8F5E889E6F&mode=splus&rnd=QzCs7g#lrH04IUxCKBIsPh4> (дата обращения: 08.07.2024).
10. Приговор Кисловодского городского суда Ставропольского края от 13.09.2023 г. – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: <https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&base=AOSK&n=3453025&cacheid=3387E716F06B6C011F2FDF7C43BEFE8F&mode=splus&rnd=QzCs7g#3Um04IUpcfu6u708> (дата обращения: 08.07.2024).
11. Приговор Советского районного суда г. Брянска от 10.08.2023 г. – Текст : электронный // СПС КонсультантПлюс. – URL: <https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&base=AOKI&n=11676069&cacheid=DFA72C7007A181B6563A625E785B2C9D&mode=splus&rnd=QzCs7g#17Q14IUNZtHYIoT8> (дата обращения: 08.07.2024 г.).
12. Приговор Центрального районного суда г. Читы от 21.02.2022 г. – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: <https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&base=AOSB&n=8645569&cacheid=72A7CC2B7D0D4CD89D855297266A74E7&mode=splus&rnd=QzCs7g#DCN24IUgZpt3nUgB1> (дата обращения: 08.07.2024).
13. О судебной практике по делам о злоупотреблении должностными полномочиями и о превышении должностных полномочий : Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 16.10.2009 г. № 19. – Текст : электронный // Верховный суд РФ. – URL: <https://www.vsrfl.ru/documents/own/8117/> (дата обращения: 08.07.2024).
14. Отчет о числе привлеченных к уголовной ответственности и видах уголовного наказания : сводные статистические данные о состоянии судимости в России за 2021, 2022 и 2023 годы. Форма № 10.1. – Текст : электронный // Судебный департамент. – URL: <http://www.cdep.ru/index.php?id=5/> (дата обращения: 08.07.2024).



## ЦЕЛЬ ПРЕСТУПЛЕНИЯ: УГОЛОВНО-ПРАВОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ И СООТНОШЕНИЕ С МОТИВОМ

**Ларина Любовь Юрьевна**

кандидат юридических наук, доцент,  
директор юридического института,  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Рязанский государственный университет  
имени С. А. Есенина»,  
Рязань, Россия  
E-mail: larina1708@yandex.ru

Предмет исследования: нормы российского уголовного законодательства, содержащие цели преступления, материалы судебной практики, а также научные работы ученых, затрагивающие вопросы уголовно-правового значения цели преступления и ее соотношения с мотивом.

Цель исследования: сформулировать научно обоснованные выводы относительно уголовно-правового значения цели преступления и ее соотношения с мотивом.

Методы исследования: в основу исследования положены диалектический метод познания, формально-юридический метод, а также методы анализа, синтеза, индукции и дедукции. Объектом исследования выступают общественные отношения в сфере уголовно-правовой регламентации цели преступления.

Основные результаты исследования: цель преступления представляет собой сложную категорию, которая раскрывается в трех значениях. Обосновывается вывод о том, что цель преступления является индикатором общественной опасности преступления и личности виновного, в связи с чем выступает средством дифференциации и индивидуализации уголовной ответственности. Сформулированы теоретические выводы по соотношению мотива и цели. Правильное определение цели преступления способствует наиболее точной квалификации содеянного, определению мер наказания или иных мер уголовно-правового воздействия. Кроме того, определение цели может способствовать установлению детерминант преступного поведения, помогает наиболее глубоко исследовать личность преступника и выработать меры профилактики отдельных преступлений.

**Ключевые слова:** цель преступления, мотив, деяние, преступное поведение, признак преступления.

## THE PURPOSE OF THE CRIME: THE CRIMINAL-LEGAL SIGNIFICANCE AND CORRELATION WITH THE MOTIVE

**Lyubov Y. Larina**

Candidate of Law, Associate Professor,  
Director of the Law Institute,  
Federal State Budgetary Educational Institution  
of Higher Education  
«Ryazan State University named for S. Yesenin»,  
Ryazan, Russia  
E-mail: larina1708@yandex.ru

The subject of the study is the norms of Russian criminal legislation containing the objectives of the crime, materials of judicial practice, as well as scientific works of scientists dealing with the issues of the criminal legal significance of the purpose of the crime and its correlation with the motive.

The purpose of the study is to formulate scientifically based conclusions regarding the criminal legal significance of the purpose of the crime and its correlation with the motive.

Research methods: the research is based on the dialectical method of cognition, the formal legal method, as well as methods of analysis, synthesis, induction and deduction. The object of the study is public relations in the field of criminal law regulation of the purpose of the crime.

The main results of the study: the purpose of the crime is a complex category, which is revealed in three meanings. The conclusion is substantiated that the purpose of the crime is an indicator of the social danger of the crime and the identity of the perpetrator, and therefore acts as a means of differentiation and individualization of criminal responsibility. Theoretical conclusions on the correlation of motive and purpose are formulated. The correct definition of the purpose of the crime contributes to the most accurate qualification of the deed, the definition of penalties or other measures of criminal legal impact. In addition, the definition of a goal can help to establish the determinants of criminal behavior, helps to investigate the personality of the offender in the most depth and develop measures to prevent individual crimes.

**Keywords:** the purpose of the crime, motive, act, criminal behavior, sign of crime.

## ВВЕДЕНИЕ

Любое преступление (по крайней мере умышленное) совершается с какой-либо определенной целью, которая помогает понять детерминанты преступного поведения личности. Установление цели, для достижения которой совершается преступление, показывает уровень общественной опасности личности. Именно поэтому цель используется законодателем в качестве конструктивного признака ряда составов преступлений. Поэтому исследование цели преступления, установление ее значения для дифференциации уголовной ответственности, для профилактики преступлений, а также ее соотношение с мотивом преступления является актуальным.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассматривая понятие «цели преступления», необходимо в первую очередь разобраться с определением «цель», которое носит общенаучный характер и наибольшую разработку получило в философских и психологических науках.

Под целью в философии понимают «конечный результат деятельности человека (или коллектива людей), предварительное идеальное представление о котором и желание его достигнуть определяют выбор соответствующих средств и системы специфических действий по его достижению» [30, с. 646], «идеальный или реальный предмет сознательного или бессознательного



стремления субъекта; финальный результат, на который преднамеренно направлен процесс» [27, с. 659]. Несмотря на различия в представленных определениях, видно, что философское понимание цели связывается с результатом осознанного волевого поведения человека.

В психологии под целью, как правило, понимают осознанный образ предвосхищаемого результата, на достижение которого направлено действие человека [24, с. 583; 26, с. 917]. М. И. Еникеев дает более развернутое понятие цели, определяя ее как психическую «модель возможного и необходимого результата действий; предвосхищаемый полезный итог деятельности, определяющий поведение человека, регулирующий его программу и текущую коррекцию» [14, с. 507]. Он делает акцент на полезности итога человеческой деятельности, что представляется ошибочным, особенно применительно к цели преступления. Ведь запрещенное уголовным законом деяние не может обладать свойством полезности хотя бы потому, что в силу ст. 14 УК РФ каждое преступление общественно опасно. Даже если рассматривать пользу от преступления только с субъективной точки зрения виновного, то все равно приходится констатировать, что виновное лицо осознает противоправность и общественную опасность своего поведения, в связи с чем понимает, что полезным его поведение быть не может. Следовательно, понятие цели преступления не может включать признак «полезности».

Интересно суждение о цели С. Л. Рубинштейна. «Специфическая особенность человеческой деятельности, – отмечал он, – заключается в том, что она сознательна и целенаправленна. В ней и через нее человек реализует свои цели, объективирует свои замыслы и идеи в преобразуемой им действительности» [25, с. 8]. Из этого, на наш взгляд, следует, что цель преступления выступает отправной точкой для перехода субъективного содержания мыслительной деятельности человека в объективное выражение такового в окружающей действительности.

Обобщая приведенные определения, можно выделить основные характеристики цели. Во-первых, она является продуктом деятельности человеческого сознания, мышления. Во-вторых, она связана с предполагаемыми событиями будущего, наступление которых желаемо для носителя цели. И, наконец, именно цель предопределяет дальнейшее поведение человека: обеспечивает постановку задач и выбор способа для ее достижения. Можно говорить, что цель регулирует

следующую после ее постановки поведенческую деятельность человека, тем самым осуществляет регулирующую функцию.

Пытаясь объяснить природу общественно опасного поведения, многие ученые обращались к определению цели преступления. Л. Д. Гаухман рассматривает цель в качестве идеального результата или представления лица о результате своей деятельности [11, с. 166]. Уточняет это понятие Ю. М. Антонян, указывая, что целью является «не сам результат, а только представление о результате» [2, с. 140]. Схожие определения цели преступления дают и другие авторы [7, с. 12; 12, с. 5–6; 17, с. 9]. Более широкую дефиницию дает Р. В. Черепенников. Он полагает, что цель преступления представляет собой «существенные, конкретизированные черты осознанного мысленного образа будущего желаемого результата, который определяет характер и системную упорядоченность различных актов и операций преступного действия (бездействия)» [31, с. 11]. По сути, он связывает цель преступления с алгоритмизацией поведения при совершении преступления, а будущий результат отождествляет с последствиями преступления. Такой подход представляется очень узким и допустим лишь при рассмотрении цели преступления как обязательного признака субъективной стороны ряда преступлений. Кроме того, он не учитывает, что многие преступления совершаются спонтанно, ситуативно и виновное лицо даже не успевает сформировать мысленную картину предполагаемых преступных действий.

Приведенные точки зрения объединяет то, что цель преступления в уголовно-правовой литературе рассматривается исключительно как признак субъективной стороны преступления. Есть и другой заслуживающий, на наш взгляд, внимания подход. Э. М. Агджаяв предлагает цель преступления «понимать в трех значениях: как цель преступного поведения, как цель конкретного преступления и как цель преступного деяния» [1, с. 118]. Такая позиция представляется вполне обоснованной, поскольку позволяет не только установить обстоятельства конкретного преступления, но и объяснить причины преступного поведения. Такая триада цели преступления способна помочь объяснить поведение человека, в том числе разложить его на отдельные этапы с момента возникновения умысла до завершения его реализации.

Цель преступления теснейшим образом связана с мотивом. Любой осознанный поступок человека, нарушающий правовые нормы вплоть до совершения преступления,

мотивирован и направлен на достижение субъективной цели. Поэтому для более полного установления механизма преступления на протяжении всего периода расследования органы правопорядка должны тщательно выявлять мотивацию и целенаправленность преступных действий виновных лиц. В науке уголовного права обращается внимание на необходимость исследования цели преступления во взаимосвязи с мотивом [32; 16].

Под мотивом преступления понимают обусловленное определенными потребностями и интересами внутреннее побуждение, вызывающее у лица решимость совершить преступление для достижения какой-либо цели [28, с. 344–345]. Без установления мотива во многих случаях затруднительно понять первопричину преступного поведения. Именно она играет существенную роль для определения степени общественной опасности виновного и правильной квалификации содеянного. Вместе с тем некоторые авторы мотивы и цели не разграничивают [3, с. 39–43].

Интересно определение мотива, данное С. А. Венедиктовой. По ее мнению, «мотив социально-негативного поведения – это порожденное системой потребностей осознанное и оцененное побуждение, принятое лицом в качестве идеального основания и оправдания своего деяния» [8, с. 118]. Содержание такого определения вызывает сомнения. В. В. Лунеев абсолютно обоснованно указывает на существование неосознаваемых виновным мотивов [19, с. 678]. Наличие такого признака мотива, как оценка побуждений, также не характерно для каждого случая совершения преступления. Кроме того, далеко не все виновные лица стремятся оправдать свое деяние.

Мотив, воздействуя на сознание человека, направляет человека на определенную деятельность [20, с. 62]. Мотивы характерны для всех умышленных преступлений, в том числе совершаемых с косвенным умыслом. В случае с неосторожными преступлениями речь скорее идет о мотивах поведения, закончившегося преступными последствиями.

Мотивы преступления и поведения имеют разное уголовно-правовое значение в рамках ответственности. Преступный мотив может выступать в качестве обязательного или квалифицирующего признака преступления (корыстные или хулиганские побуждения, ненависть к определенной социальной группе). В свою очередь, мотив поведения помогает лучше изучить причину антиобщественных действий лица, характеризует его личность и может учитываться при индивидуализации наказания (мотивы хвастовства, эгоизм).

Если мотивы поведения характеризуют групповых правонарушителей, то они учитываются специалистами-криминологами в целях предупреждения возможных преступлений (например, изучение мотивации поведения молодежных групп, увлекающихся скоростной ездой на автомобилях, в целях предупреждения транспортных преступлений).

Рассматривая мотивы преступления, следует учитывать такое понятие, как мотивация. Общеизвестно, что источником практически любой человеческой активности выступают потребности (нередко формирующиеся на основе интересов, физических и интеллектуальных данных человека при взаимодействии с внешними условиями его жизни), являющиеся стимулами поведения [13]. Иными словами, мотив формируется у человека в зависимости от того, как он оценивает и реагирует на окружающую его социальную среду, как ставит перед собой цели, каково его ближайшее окружение и отношение к нему и т. д.

Потребности всегда направлены на материальные или нематериальные объекты внешнего мира и являются своего рода жизненными задачами, решение которых обеспечивает полноценное существование человека. Определив объект потребности, субъект формирует план и общую цель своих поступков, которая в дальнейшем в процессе мотивации будет конкретизирована. Зачастую аморальные, низменные потребности (вызванные негативными условиями существования и развития личности, недостатками в окружении лица и т. д.) формируют цель преступления, а также незаконные способы ее достижения.

Цель преступления, как было отмечено, имеет важное уголовно-правовое значение. Но изучение целей преступления также важно с криминологической точки зрения. Если цель не является обязательным элементом субъективной стороны, то ее изучение нужно прежде всего для выявления степени общественной деградации виновного, что в дальнейшем будет учитываться при индивидуализации назначения наказания и при выработке стратегии профилактического воздействия на преступника [16, с. 7].

По цели преступления наряду с другими признаками можно определить степень деформации личности преступника. Например, корыстный тип преступника (в основном это лица, систематически совершающие хищения) считается одним из самых запущенных в социальном плане [15, с. 74]. У таких лиц цель не только преступления, но и самой жизни – это стремление к быстрой наживе путем завладения чужим имуществом любыми

незаконными способами. Представители насильственного типа личности преступника в основном удовлетворяют свои преступные цели путем причинения физического вреда своим жертвам. Разумеется, вся профилактическая работа (как в ходе следствия, отбывания наказания, так и после отбывания наказания) должна производиться исходя из знания типологии личности преступников и их преступных целей.

Следует также учитывать, что целью преступления является выходящий за рамки объективной стороны конечный результат, достижение которого желает виновный. Так, при убийстве цель может состоять не в лишении жизни другого человека, а, например, в скором получении наследства после смерти данного лица. Цель в данном случае выступает как стимул совершения преступления, и ее достижение или недостижение на квалификацию содеянного не влияет (в отличие от корыстной мотивации).

Цель и мотив преступления тесно связаны между собой. В первую очередь это касается их уголовно-правового значения, проявляющегося в следующем:

1) если диспозиция статьи Особенной части УК РФ указывает на мотив или цель как на обязательный признак, то их неустановление по делу исключает состав преступления. Например, для состава ст. 285 УК РФ обязательным является наличие корыстного или иного личного мотива. Для состава, предусмотренного ч. 1 ст. 294 УК РФ, обязательно установление цели воспрепятствования правосудию;

2) цель и мотив преступления могут выступать в качестве отягчающих и смягчающих обстоятельств или квалифицирующих признаков преступления. Так, например, п. «е» ч. 1 ст. 63 УК РФ указывает в качестве отягчающих обстоятельств совершение преступления по мотивам политической, идеологической, расовой, национальной или религиозной ненависти. Пункт «д» ч. 1 ст. 61 УК РФ смягчает наказание за совершение преступления по мотиву сострадания;

3) если мотив и цель прямо не указаны в УК РФ, то их установление по уголовному делу учитывается при характеристике личности виновного и индивидуализации наказания.

Мотив и цель преступления также связаны в психологическом плане. Цель и мотив преступления характеризуют субъективные процессы, протекающие в сознании лица в связи с совершением преступления. Формирование мотива предполагает обязательную осознанную постановку цели. Таким образом, мотив является движущей силой, которая направляет субъекта к достиже-

нию поставленной цели. Как верно отметил Б. С. Волков, именно через цель и происходит реализация заранее сформированных мотивов преступления [9, с. 6].

Обратим внимание на то, что как цель, так и мотив определяются судом, главным образом, на основе внешнего выражения преступления, то есть на основе тех действий (бездействий), которые совершил виновный.

Вместе с тем мотив и цель преступления нельзя полностью отождествлять. Данные понятия дифференцированы, поскольку неодинаково характеризуют психическое отношение лица к совершаемому деянию. Так, по времени мотив в сознании человека возникает раньше цели. Цель как стремление к удовлетворению потребности появляется только на основе сложившегося преступного мотива. В совокупности эти элементы субъективной стороны и формируют волевою активность лица по совершению преступления.

По мнению Н. В. Бугаевской, «цель определяет выбор поведения, а мотив окрашивает его в соответствии с целью. Они коррелируют друг с другом в процессе совершения преступления: цель всегда опосредована мотивом, так же как мотив опосредован целью. От мотива зависит, как человек формулирует цель, цель же определяет, каким способом будет осуществлено возникшее намерение» [5, с. 26]. На наш взгляд, в указанном суждении имеется одна неточность: цель далеко не всегда не определяет способ осуществления возникшего намерения. К примеру, на почве личного мотива (мотива сострадания) у лица сформировалась цель помочь избежать уголовной ответственности своему родственнику. Эта цель еще не показывает, каким способом будет реализована, поскольку возможно несколько вариантов: дача ложных показаний, подкуп свидетелей, воздействие на следователя или судью, фальсификация доказательств и др. После постановки главной цели лицо формулирует подчиненные ей вторичные цели (цель преступления или цель преступного деяния). Именно поэтому мы придерживаемся сложного характера понятия и структуры цели преступления.

Следует обратить внимание на еще одну особенность соотношения мотива и цели: они могут быть взаимоисключающими. Установив наличие определенного мотива, можно исключить наличие определенных целей, и наоборот. Например, хулиганский мотив при посягательстве на жизнь судьи исключает предусмотренную ст. 295 УК РФ цель воспрепятствования законной деятельности такого лица. Следовательно, правильное определение цели и мотива преступления позволяет

избежать ошибок в квалификации содеянного. Поэтому по каждому уголовному делу должны устанавливаться цели и мотивы. Это позволяет согласиться с авторами, которые предлагают закрепить в ст. 73 УПК РФ, устанавливающей перечень обстоятельств, подлежащих доказыванию по каждому уголовному делу, наряду с мотивом преступления его цель [6, с. 26].

Рассматривая уголовно-правовое значение цели преступления, отметим, что российский законодатель не дает определения цели преступления в УК РФ. Как отмечает В. Д. Филимонов, она «позволяет, во-первых, определить непосредственный объект преступного посягательства, во-вторых, установить, какие последующие действия намерен совершить преступник, в-третьих, показать, к каким конкретным последствиям должны привести действия лица, совершающего преступление» [29, с. 124]. Уголовно-правовое значение цели преступления можно раскрыть через случаи законодательного использования цели преступления.

Как верно отмечается в научной литературе, цель преступления может быть четко закреплена в норме уголовного закона, а также может быть прямо не указана, но логически определяться из смысла нормы [4, с. 246].

Цель преступления может играть роль конститутивного признака состава преступления, отграничивая преступное поведение от непроступного. Примером этому может служить ст. 294 УК РФ, где цель воспрепятствования осуществлению правосудия или всестороннему, полному и объективному расследованию дела является обязательной для наступления уголовной ответственности. Эта цель позволяет разграничить преступное поведение от непроступного. Сформулированная достаточно широко, данная цель, как правило, конкретизируется судом при вынесении приговора. Так, судом при осуждении по ч. 2 ст. 294 УК РФ обозначена указанная в диспозиции цель, но при описании преступного деяния она конкретизируется как цель уничтожения доказательств по уголовному делу и затягивания разумных сроков предварительного следствия [23]. Если судом такая цель не будет установлена, то в силу ст. 8 УК РФ исключается уголовная ответственность за указанное преступление. Аналогичное значение имеет цель в ст. 327 УК РФ: только при цели использования наступает уголовная ответственность за подделку официального документа, предоставляющего права или освобождающего от обязанностей. Подделка в иных целях исключает уголовную ответственность по данной статье.

Цель преступления может играть роль признака, позволяющего разграничивать составы преступлений. Так, например, цель воспрепятствования законной деятельности позволяет отграничить преступление, предусмотренное ст. 317 УК РФ, от убийства (ст. 105 УК РФ). В отдельных случаях для разграничения преступлений законодатель указывает как на наличие цели в одном составе, так и на ее отсутствие в другом составе (например, в ст. 166 и ст. 158, а также в ст. 228 и 228<sup>1</sup> УК РФ).

Цель может выступать в качестве квалифицирующего (особо квалифицирующего) признака. Так, например, среди квалифицирующих признаков убийства законодатель закрепил совершение этого преступления с целью скрыть другое преступление или облегчить его совершение, а также с целью использовать органы или ткани потерпевшего (п. «к», «м» ч. 2 ст. 105 УК РФ).

Цель преступления находит свое отражение в уголовном законе не только в рамках Особенной части УК РФ, но и в рамках Общей части. В частности, цель преступления может играть роль отягчающего наказания обстоятельства. В ч. 1 ст. 63 УК РФ говорится о совершении преступления с целью скрыть другое преступление или облегчить его совершение (п. «е<sup>1</sup>»), а также о совершении преступления в целях пропаганды, оправдания и поддержки терроризма или диверсии (п. «р», «с»).

Примечательно, что в научной литературе встречается предложение об использовании цели преступления против правосудия при конструировании иных обстоятельств, отягчающих наказание. В частности, О. П. Волошина настаивает на введении «в ч. 1 ст. 63 УК РФ нового обстоятельства, отягчающего наказание «Совершение неправомерного постпреступного воздействия на потерпевшего, свидетеля либо иного участника процесса с целью воспрепятствования осуществлению уголовного судопроизводства» [10, с. 14]. На наш взгляд, с таким предложением согласиться нельзя. Во-первых, учет постпреступного неправомерного поведения выходит за рамки совершения преступления и составляет самостоятельные действия, которые не могут учитываться при ответственности за совершенное преступление. В момент совершения преступления такие действия не совершаются и даже не охватываются умыслом виновного. Учет подобных обстоятельств, отягчающих наказание, может привести к нарушению принципов уголовного закона. Постпреступное поведение виновного должно получить самостоятельную уголовно-правовую оценку, если в подобных деяниях содержатся признаки состава преступления.

Во-вторых, в настоящее время подобные действия лица могут быть квалифицированы по соответствующим нормам главы 31 УК РФ, которые включают предлагаемые признаки в рамках составов преступлений. Следовательно, в силу ч. 2 ст. 63 УК РФ предложенное отягчающее наказание обстоятельство не сможет быть применено. Иными словами, введение подобной нормы нецелесообразно в связи с отсутствием от этого практического эффекта.

Цель преступления может носить характер обстоятельства, смягчающего наказание, несмотря на то, что в ч. 1 ст. 61 УК РФ не упоминается ни одной цели преступления. Поскольку перечень смягчающих наказание обстоятельств является открытым, то суд может признать таковым любое, в том числе связанное с целью преступления. Так, например, такое преступление, как побег из места лишения свободы (ст. 313 УК РФ), может быть совершен в целях уклонения от отбывания наказания, а может, к примеру, в целях увидеться с больным умирающим родственником. Полагаем, что в последнем случае цель преступления может быть признана смягчающим наказанием обстоятельством в силу ч. 2 ст. 61 УК РФ.

Специально цель преступления упоминается и в ст. 64 УК РФ, где речь идет о назначении более мягкого наказания при наличии исключительных обстоятельств, связанных с мотивами и целями преступления.

Еще одним специальным случаем учета цели преступления в УК РФ является ч. 1 ст. 67 УК РФ, в которой закреплено правило об учете при назначении наказания действий соучастника для достижения цели преступления.

Кроме того, цель преступления в рамках норм общей части УК РФ используется законодателем для формулировки одного из обстоятельств, исключающих преступность деяния, – обоснованного риска. Речь идет о достижении общественно полезной цели. Тем самым цель становится основанием для дифференциации преступного и не преступного поведения.

Цель преступного деяния (а точнее, ее достижение или недостижение) может иметь уголовно-правовое значение при определении стадии совершения преступления. В случае, если лицом выполнены все действия, а преступный результат, на достижение которого они были направлены, так и не наступил, то есть если цель преступного деяния не достигнута, преступление является неоконченным. Так, Б., находясь под стражей по обвинению в совершении преступления,

предусмотренного ч. 4 ст. 131 УК РФ, решил совершить побег. Для этого он поставил цель при транспортировке в здание суда напасть на конвоиров и убежать. Реализуя задуманное, когда на служебной автомашине, предназначенной для транспортировки лиц, заключенных под стражу, Б. был доставлен из следственного изолятора к зданию суда и сотрудник полиции К. открыл дверь камеры, Б. имеющимся у него ножом нанес удары сотрудникам полиции, пытаясь покинуть автомашину, но был задержан [21]. Поскольку цель преступного деяния – совершение побега – достигнута не была, действия Б. были квалифицированы как покушение на преступление. Таким образом, достижение цели преступного деяния выступает критерием разграничения оконченного и неоконченного преступления.

Цель преступления используется законодателем при конструировании норм о соучастии в преступлении. В частности, в силу ч. 4 ст. 35 УК РФ преступление признается совершенным преступным сообществом (преступной организацией), если лица объединены в целях совместного совершения одного или нескольких тяжких либо особо тяжких преступлений для получения прямо или косвенно финансовой или иной материальной выгоды. Кроме того, полагаем, что именно о цели идет речь и в ч. 3 ст. 35 УК РФ, где законодатель указывает, что преступление признается совершенным организованной группой, если оно совершено устойчивой группой лиц, заранее объединившихся для совершения одного или нескольких преступлений. Использование предлога «для» заменяет в данном случае словосочетание «с целью».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Цель преступления является индикатором общественной опасности преступления и личности виновного, в связи с чем выступает средством дифференциации и индивидуализации уголовной ответственности.

Соотношение мотива и цели преступления характеризуется следующим:

- мотив и цель преступления имеют общее уголовно-правовое и криминологическое значение, проявляющееся при квалификации преступлений, при установлении механизма преступления, изучении личности виновного, при определении ему справедливого и объективного наказания;
- цель преступления может возникнуть только тогда, когда полностью сформирован мотив общественно опасного деяния;
- мотив и цель преступления имеют различную психологическую окраску: если мотив

позволяет понять источник активности виновного, то цель говорит нам о том, на что была направлена данная активность.

В уголовном законе цель преступления используется для:

- разграничения преступного поведения и непроступного (при описании обоснованного риска, в качестве признака преступления при конструировании норм Особенной части УК РФ);

- разграничения преступлений между собой (в качестве признака субъективной стороны состава преступления);

- дифференциации и индивидуализации ответственности (при описании отдельных сложных форм соучастия, при конструировании обстоятельств, учитываемых при назначении наказания).

Правильное определение цели преступления способствует наиболее точной квалификации содеянного, определению мер наказания или иных мер уголовно-правового воздействия. Кроме того, определение цели может способствовать установлению детерминант преступного поведения, помогает наиболее глубоко исследовать личность преступника и выработать меры профилактики отдельных преступлений. При исполнении уголовных наказаний цель преступления может быть использована при проведении индивидуальной воспитательной работы с осужденным в целях его исправления.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агджаев, Э. М. Анализ понятия «цель преступления» / Э. М. Агджаев. – Текст : непосредственный // Закон и право. – 2015. – № 3. – С. 115–118.
2. Антонян, Ю. М. Криминология : учебник для бакалавров / Ю. М. Антонян. – Москва, 2014. – 523 с. – Текст : непосредственный.
3. Архипцев, И. Н. Уголовно-правовое значение цели и мотива в составе преступления / И. Н. Архипцев, М. С. Коцюмбас. – Текст : непосредственный // Вестник Белгородского юридического института МВД России имени И. Д. Путилина. – 2022. – № 2. – С. 39–43.
4. Бондаренко, В. О. Цель как признак субъективной стороны преступления, её уголовно-правовое значение / В. О. Бондаренко. – Текст : непосредственный // Modern Science. – 2020. – № 5-3. – С. 243–249.
5. Бугаевская, Н. В. Мотивы и цели коррупционных преступлений / Н. В. Бугаевская. – Текст : непосредственный // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – 2014. – № 7-1 (45). – С. 25–27.
6. Васяев, Д. В. К вопросу о значении мотива и цели преступления (уголовно-правовой и уголовно-процессуальный аспект) / Д. В. Васяев. – Текст : непосредственный // Альманах современной науки и образования. – 2011. – № 8 (51). – С. 26.
7. Васяев, Д. В. Уголовная ответственность за убийство с учетом его мотива и цели: проблемы правотворчества и правоприменения : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук : 12.00.08 / Д. В. Васяев. – Самара, 2014. – 228 с. – Текст : непосредственный.
8. Венедиктова, С. А. К вопросу о генезисе понятий «мотив» и «цель» в уголовном праве и криминологии / С. А. Венедиктова. – Текст : непосредственный // Юристы – Правоведь. 2007. № 1. С. 115–118.
9. Волков, Б. С. Мотивы преступлений. Уголовно-правовое и социально-психологическое исследование / Б. С. Волков ; научный редактор М. Д. Лысов. – Казань : Издательство Казанского университета, 1982. – 152 с. – Текст : непосредственный.
10. Волошина, О. П. Криминологическая характеристика и предупреждение насильственных преступлений против правосудия, совершаемых против свидетелей и потерпевших : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук : 12.00.08 / О. П. Волошина. – Москва, 2010. – 26 с. – Текст : непосредственный.
11. Гаухман, Л. Д. Квалификация преступлений: закон, теория, практика / Л. Д. Гаухман. – Москва : ЮрИнфоР, 2013. – 576 с. – Текст : непосредственный.
12. Гейн, А. К. Цель как криминообразующий признак : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук : 12.00.08 / А. К. Гейн. – Тюмень, 2010. – 18 с. – Текст : непосредственный.
13. Дубинин, Н. П. Генетика, поведение, ответственность. О природе антиобщественных поступков и путях их предупреждения / Н. П. Дубинин, И. И. Карпец, В. Н. Кудрявцев. – Москва, 1989. – 351 с. – Текст : непосредственный.
14. Еникеев, М. И. Психологический энциклопедический словарь / М. И. Еникеев. – Москва, 2006. – 558 с. – Текст : непосредственный.
15. Еникеев, М. И. Юридическая психология : учебник / М. И. Еникеев. – Москва, 2014. – 639 с. – Текст : непосредственный.
16. Иванов, А. Г. Мотив и цель как субъективные признаки преступления: вопросы применения при установлении вины / А. Г. Иванов. – Текст : непосредственный // Законы России: опыт, анализ, практика. – 2020. – № 1. – С. 97–102.
17. Ивченко, О. С. Проблемы мотива и цели убийства в уголовном праве России : признак : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук : 12.00.08 / О. С. Ивченко. – Москва, 2002. – 18 с. – Текст : непосредственный.
18. Кузьмин, С. С. Особенности конструкции составов преступлений с закреплением в них целей посягательств / С. С. Кузьмин. – Текст : непосредственный // Проблемы уголовной ответственности и наказания : сборник материалов Международной научно-практической



- конференции, посвященной памяти профессоров В. А. Елеонского и Н. А. Огурцова (Рязань, 19 мая 2023 г.). – Рязань : Академия ФСИН России, 2023. – С. 119–124.
19. Лунеев, В. В. Курс мировой и российской криминологии: учебник для магистров : в 2 т. Т. 1. Общая часть / В. В. Лунеев. – Москва : Юрайт, 2012. – 1003 с. – Текст : непосредственный.
20. Музюкин, А. П. К вопросу о понятии мотива преступления / А. П. Музюкин. – Текст : непосредственный // Человек: преступление и наказание. – 2009. – № 2. – С. 62–64.
21. Определение Судебной коллегии по уголовным делам Верховного Суда РФ № 73-АПУ14-8 : обзор судебной практики Верховного Суда Российской Федерации : (утв. Президиумом Верховного Суда Российской Федерации 24.12.2014). – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: <https://www.consultant.ru/search/?q=№+73-АПУ14-8+> (дата обращения: 10.10.2023).
22. Печников, Н. П. Мотив и цели, их значение в уголовном праве России : курс лекций / Н. П. Печников. – Тамбов : Издательство Тамбовского государственного технического университета, 2009. – 64 с. – Текст : непосредственный.
23. Приговор Ашинского городского суда Челябинской области от 7 сентября 2020 года по уголовному делу № 1-99/2020. – Текст : электронный // Судебные решения РФ. – URL: <https://судебныерешения.рф/53743691> (дата обращения: 10.10.2023).
24. Психологический словарь / под общей редакцией Ю. Л. Неймера. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2003. – 639 с. – Текст : непосредственный.
25. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии : в 2 т. / С. Л. Рубинштейн. – Москва : Педагогика, 1989. – Т. 1. – 488 с. – Текст : непосредственный.
26. Словарь психолога-практика / составитель С. Ю. Головин. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Харвест, 2005. – 975 с. – Текст : непосредственный.
27. Словарь философских терминов / научный редактор В. Г. Кузнецова. – Москва : ИНФРА-М, 2007. – 729 с. – Текст : непосредственный.
28. Уголовное право Российской Федерации. Общая часть : учебник для вузов / под редакцией В. С. Комиссарова, Н. Е. Крыловой, И. М. Тяжковой. – Москва, 2014. – 879 с. – Текст : непосредственный.
29. Филимонов, В. Д. Норма уголовного права / В. Д. Филимонов. – Санкт-Петербург : Юридический центр Пресс, 2004. – 281 с. – Текст : непосредственный.
30. Философский словарь / под редакцией И. Т. Фролова. – 7-е издание, переработанное и дополненное. – Москва, 2001. – 719 с. – Текст : непосредственный.
31. Черепенников, Р. В. Цели преступного деяния и их уголовно-правовое значение : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук : 12.00.08 / Р. В. Черепенников. – Москва, 2011. – 225 с. – Текст : непосредственный.
32. Шеслер, А. В. Корысть: соотношение цели и мотива совершения преступления / А. В. Шеслер, С. С. Шеслер. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2023. – № 4. – С. 33–37.



## ПЕРВИЧНЫЕ БАЗОВЫЕ УГОЛОВНО-ПРАВОВЫЕ КАТЕГОРИИ: ПРЕСТУПЛЕНИЕ, НАКАЗАНИЕ

**Мелюханова Евгения Евгеньевна**

кандидат юридических наук,  
доцент кафедры уголовного права  
имени М. И. Ковалева,  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
юридический университет  
имени В. Ф. Яковлева»,  
Екатеринбург, Россия  
E-mail: melyukhanova@list.ru  
ORCID ID 0000-0002-0905-0480

Предмет исследования: уголовно-правовые категории. Проблемным и дискуссионным остается вопрос о критериях отнесения определенного уголовно-правового термина к категории.

Цель исследования: определить первичные базовые уголовно-правовые категории, обосновать их признаки.

Методы исследования: в силу специфики исследования в качестве основных используются методы системно-структурного и функционального анализа, в качестве методологической основы исследования используется диалектический метод познания социально-правовых явлений, а также общенаучные методы познания (анализ, синтез), научно-научные (формально-логический, гносеологический).

Основные результаты исследования: первичными базовыми уголовно-правовыми категориями являются преступление и наказание. Категория «уголовная ответственность» является вторичной уголовно-правовой категорией, поскольку производна от первичной правовой категории «юридическая ответственность». Автор формулирует признаки, которыми характеризуется уголовно-правовая категория.

**Ключевые слова:** уголовное право, уголовно-правовая категория, преступление, наказание, уголовная ответственность.

## PRIMARY BASIC CRIMINAL LAW CATEGORIES: CRIME, PUNISHMENT

**Evgeniya E. Melyukhanova**

Candidate of Law Sciences, Assistant professor,  
Criminal Law Department named after M. I. Kovalev,  
Ural State Law University named after V. F. Yakovlev,  
Yekaterinburg, Russia  
E-mail: melyukhanova@list.ru  
ORCID ID 0000-0002-0905-0480

The subject of the study: criminal law categories. The issue of criteria for classifying a certain criminal law term into a category remains problematic and debatable.

The purpose of the study: to identify the primary basic criminal law categories, to substantiate their features.

Research methods: due to the specifics of the study, the methods of system-structural and functional analysis are used as the main ones. as a methodological basis for the study. The dialectical method of cognition of socio-legal phenomena is used, as well as general scientific methods of cognition (analysis, synthesis), private scientific (formal logical, epistemological).

The main results of the study: the primary basic criminal law categories are crime and punishment. The category of criminal liability is a secondary criminal law category, since it is derived from the primary legal category of legal liability. The author formulates the signs that characterize the criminal law category.

**Keywords:** criminal law, criminal law category, crime, punishment, criminal liability.

## ВВЕДЕНИЕ

Уголовно-правовые категории формируют понятийно-категориальный аппарат уголовного права, который является выражением логически упорядоченной системы понятий, категорий и терминов уголовного права. Он представляет собой методологический инструментарий для описания и изучения уголовно-правовых явлений и процессов. Понятийно-категориальный аппарат составляет основу науки уголовного права, определяя его особенности и отличия от других наук. Значение понятийно-категориального аппарата для развития науки уголовного права очень сложно переоценить.

Уголовно-правовая терминология имеет отраслевую специфику. А. И. Бойко указывает, что самостоятельную и очень значимую сферу языкового хозяйства УК представляют термины – штучные слова, составляющие основу отраслевого лексикона. Они занимают срединное положение между обывденными словами, в которых господствует семиотика, и

категориями (здесь мысль настолько оторвалась от предметной основы, что способна существовать и саморазвертываться внутри самой себя). Автор исходит из той посылки, что юриспруденция, обслуживающая все население во всех сферах его жизни, не вправе игнорировать общеупотребительный фонд национальной лексики, но не может обходиться без терминов и почти не знает категорий [3, с. 38–39].

Следует согласиться с необходимостью использования терминов в уголовном праве и в тексте уголовного закона, однако спорным представляется утверждение автора о том, что юриспруденция почти не знает категорий. Для юриспруденции в целом основная часть категорий является предметом исследования общей теории права. При этом некоторые общеправовые категории обретают статус отраслевых, например на основе общеправовой категории «юридическая ответственность» происходит формирование уголовно-правовой категории «уголовная ответственность».



Наметившаяся в науке уголовного права тенденция к категоризации большого количества терминов свидетельствует о повышенном интересе исследователей именно к категориям. Проблемным и дискуссионным остается вопрос о критериях отнесения определенного термина к категории.

Обсуждая уголовно-правовые категории, следует заключить, что критерии, на основании которых уголовно-правовой термин именуется категорией, отдельно не исследуются. Более того, отсутствует какая-либо аргументация в части обоснованности существования определенных категорий.

Поскольку уголовно-правовой термин является первичным структурным элементом понятийно-категориального аппарата уголовного права, он развивается в определенном понятии, которое при наибольшей степени абстракции может быть признано категорией. Уголовно-правовые категории, в свою очередь являясь высшим пределом обобщения, включают в себя понятия, которые обозначаются терминами.

Уголовно-правовые категории не являются обособленными элементами системы уголовного права, между ними присутствуют определенные структурные связи и зависимости. Одна категория в качестве своей характеристики может включать в себя другие категории, которыми определяются основные признаки этой категории. Некоторые категории находятся в состоянии подчинения по отношению к другим категориям. Зависимости разных уровней категорий присутствуют в системе уголовно-правовых категорий.

Категориальный аппарат уголовного права включает в себя уголовно-правовые категории нескольких уровней. Наиболее общие категории соотносятся с категориями следующего уровня, которые представляют собой меньший уровень обобщения. Например, преступление – категории преступлений – преступления небольшой тяжести, средней тяжести, тяжкие и особо тяжкие.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Категоризацию следует рассматривать в двух аспектах: как процесс формирования категории и как процесс отнесения объектов и явлений к определенной категории.

Относительно первого аспекта в науке уголовного права относят к категориям огромное количество понятий и терминов. Кроме таких базовых категорий уголовного права, как уголовная ответственность, преступление, наказание и т. д., существует огромное количество самых разнообразных вариантов. Вот лишь малая часть категорий:

общественная опасность [10], насилие [4], психическое насилие [11], посягательство [31], малозначительное деяние [32], собственность [1], неприкосновенность частной жизни [20], потерпевший [14], конклюдентные действия [25], преступное принуждение [17], общественный порядок [30], уголовно-правовое воздействие [12], иные меры уголовно-правового характера [24], дифференциация уголовной ответственности [8], невменяемость [9], ограниченная вменяемость [26], состояние аффекта [16], возраст [29], неправомерное завладение [13], беспомощное состояние [22], нападение [23], воспрепятствование [18], действия имущественного характера [27], административно-преюдиционный рецидив [28] и т. д.

Как видно из приведенных примеров категорий, которые авторы признают уголовно-правовыми, процесс категоризации в науке уголовного права не имеет каких-либо принципов и правил. Создается впечатление хаотичного формирования категорий. Думается, что отнесение определенных понятий и терминов именно к уголовно-правовым категориям должно основываться на определенных критериях.

В такой ситуации нельзя не согласиться с утверждением П. С. Барина о том, что «сегодня в правовой науке наблюдается своеобразный «бум» в области внедрения все новых и новых категорий, иных понятий, призванных отразить сущность и основные закономерности государственно-правовых явлений. Однако ценность всевозможных понятийных новаций в юриспруденции и социально-правовой практике далеко не всегда очевидна. Порой, напротив, излишняя, избыточная и необоснованная категоризация правовой информации представляет собой «антиценность», ценность со знаком минус, что влечет за собой обесценивание существующих правовых категорий и (или) вновь вводимых» [2, с. 3].

При этом следует подчеркнуть тот факт, что используемые науками понятийные конструкции неравнозначны, отличаются уровнем обобщения и рядом иных качественных параметров. Следовательно, можно с уверенностью утверждать, что далеко не все понятия могут признаваться категориями, а лишь те из них, которые достигли в своем развитии определенного качественного состояния и способны выступать опорными, узловыми пунктами в процессе дальнейшего познания окружающей нас реальности [2, с. 25].

Однако нет ясности в том, каким образом следует заключить, что определенное понятие необходимо признать категорией, что оно

достигло состояния и способности выступать опорным, узловым пунктом в процессе дальнейшего познания.

Система уголовно-правовых категорий должна строиться по определенным принципам, иметь исходное начало. Формирование системы уголовно-правовых категорий происходит на основе исходных понятий, которые являются наиболее элементарными, а также наиболее общими для системы уголовного права. Такими понятиями являются «преступление» и «наказание», на основе которых развиваются другие, более сложные уголовно-правовые категории, такие как общественная опасность, вина, рецидив и другие. В рамках настоящего исследования не представляется возможным рассмотреть всю систему уголовно-правовых категорий, свою задачу мы видим в том, чтобы осветить лишь общую логику ее конструкции.

В процессе исследования уголовно-правовых категорий необходимо учитывать уровень категоризации. Например, категории, состоящие из нескольких слов, включающие в себя «уголовный», «уголовная», «уголовное», «уголовные», являются вторичными, то есть производными от других, более общих категорий. В частности, такие категории, как уголовное право, уголовный закон, уголовная ответственность и т. д. Как правило, указанные категории производны от общеправовых категорий: право, закон, ответственность и т. д. Производные, или вторичные, категории также относятся к уголовно-правовым категориям, если они обладают всеми необходимыми признаками.

Сущность, содержание и специфику уголовно-правовых категорий следует продемонстрировать на примере такой первичной базовой категории, как преступление. Указанная категория является категорией уголовного закона.

Будучи научной уголовно-правовой категорией, имеющей множество определений в научной литературе, она имеет нормативную дефиницию. Так, согласно ч. 1 ст. 14 УК РФ, преступлением признается виновно совершенное общественно опасное деяние, запрещенное УК РФ под угрозой наказания.

Категория преступления включает в себя такие уголовно-правовые понятия, как вина, общественная опасность, деяние, наказание, которые представляют собой меньший уровень обобщения. В данном контексте во избежание смешения терминологии следует уточнить, что содержащиеся в дефиниции преступления термины являются именно понятиями. Хотя при другом, изолированном от преступления подходе они являются

уголовно-правовыми категориями. Один и тот же термин может быть рассмотрен как понятие и как категория в зависимости от целей исследования. Такой подход вполне согласуется с неклассической теорией категоризации.

Уголовно-правовая категория преступления носит междисциплинарный характер для всех наук криминального цикла. Для уголовного права преступление является первичной базовой категорией, имеющей нормативное закрепление в УК РФ. Уголовно-процессуальное право, являясь формой реализации уголовного права, устанавливает правила уголовного судопроизводства в связи с преступлением. Порядок и условия отбывания наказания за совершение преступления определяются уголовно-исполнительным правом. Криминология изучает преступность, личность преступника, причины и условия преступности, пути и средства ее предупреждения. Криминалистика занимается разработкой методики раскрытия и расследования преступлений. Таким образом, все науки криминального цикла так или иначе связаны с категорией преступления. Причем использование категории преступления в указанных отраслевых науках осуществляется исходя из содержания и объема, которые вкладывает в эту категорию наука уголовного права.

Исходя из нормативного определения категории преступления устанавливается ее уголовно-правовое содержание. Запрещенность преступления именно уголовным законом наиболее ярко отражает уголовно-правовое содержание рассматриваемой категории. Также уголовно-правовые понятия, содержащиеся в нормативном определении преступления, отражают уголовно-правовое содержание рассматриваемой категории.

Для уголовно-правовых категорий применяются строгие правила категоризации. Применительно к категории преступления строгость категоризации заключается в том, что преступлением признается только такое деяние, которое установлено уголовным законом. Строгие правила категоризации преступления основаны на принципе законности, согласно которому преступность деяния определяется только УК РФ. Применение уголовного закона по аналогии не допускается.

Преступление как уголовно-правовая категория включает в себя признак «общественная опасность деяния». Иными словами, преступлением признается только такое деяние, которое представляет опасность для общества. Причем общественная опасность

также рассматривается как уголовно-правовая категория. А. И. Марцев указывает, что «общественная опасность – категория сугубо уголовно-правовая, и проявляется она в связи с поведением или деятельностью людей. Именно от человека можно ожидать опасного поведения или деятельности» [21, с. 6].

Уголовно-правовая категория преступления содержит четко определенное количество элементов, обладающих всем комплексом сущностных категориальных признаков. Исходя из формально-материального определения преступления выделяют «материальные (деяние, общественная опасность, виновность) и формальные (уголовная противоправность, наказуемость) признаки преступления, совокупность которых является необходимым и достаточным основанием для вывода о признании того или иного поведения человека преступлением» [33, с. 27]. Следовательно, все элементы категории преступления должны обладать указанными признаками.

Систематизация уголовно-правовой действительности производится в том числе на основе категории преступления. Наиболее общественно опасные деяния образуют категорию преступлений, в то время как деяния менее опасные входят в категорию правонарушений. Тем самым происходит упорядочивание общественно опасных деяний, наиболее опасные из которых являются частью уголовно-правовой действительности.

Отнесение определенного деяния к категории преступления влечет уголовно-правовые последствия, а именно является основанием для привлечения лица, совершившего преступление, к уголовной ответственности.

Понимание уголовной ответственности в судебной практике совпадает с трактовкой этой категории в теории уголовного права как «предусмотренной уголовным законом меры государственного принуждения, применяемой по приговору суда к лицу, признанному виновным в совершении преступления, заключающейся в осуждении этого лица с возможным назначением уголовного наказания, освобождением от уголовного наказания или применением иных мер уголовно-правового характера» [34, с. 37].

Другой базовой категорией уголовного права является категория «наказание». Как известно, уголовная ответственность не всегда предполагает назначение наказания, поэтому наказание как уголовно-правовая категория имеет самостоятельный характер.

Нельзя согласиться с тем, что «уголовная ответственность и наказание выступают в качестве тождественных понятий, а саму

уголовную ответственность можно определить как предусмотренное уголовным законом последствие совершения преступления в виде наказания» [15, с. 11]. Соотношение таких категорий уголовного права, как уголовная ответственность и наказание, не может быть представлено их тождеством. Об этом свидетельствует предусмотренная УПК РФ возможность вынесения обвинительного приговора без назначения наказания. О нетождественности указанных категорий также свидетельствует наличие в уголовном законе глав 11 и 12, посвященных вопросам освобождения от уголовной ответственности и наказания соответственно.

Кроме того, нельзя забывать о том, что уголовная ответственность – это вид юридической ответственности, которая является категорией теории права. «Категории теории права, будучи предельно общими в границах правоведения, выше понятий других юридических дисциплин не только по своему логическому уровню. Они обладают также особенностями, связанными с фундаментальным характером теоретических правовых знаний. Именно в правовых категориях зафиксирован общий итог научного познания объективной сущности права как общественного явления» [5, с. 90–91]. Поэтому категорию «уголовная ответственность» следует признать вторичной уголовно-правовой категорией, которая производна от первичной правовой категории «юридическая ответственность».

Наиболее предпочтительный подход к соотношению уголовной ответственности и наказания заключается в том, что наказание является формой реализации уголовной ответственности в уголовно-правовом значении [19, с. 37]. Вопрос о соотношении категорий уголовной ответственности и наказания является дискуссионным по причине отсутствия нормативной дефиниции уголовной ответственности, а также неоднозначного ее использования в тексте уголовного закона.

Однако, несмотря на многочисленные концепции и споры в определении уголовной ответственности, следует отметить, что единственное положение, всеми признаваемое и одинаково оцениваемое, – это факт существования уголовной ответственности как вида юридической ответственности [6, с. 38].

Напротив, категория наказания, как и категория преступления, имеет законодательную дефиницию. Так, согласно ч. 1 ст. 43 УК РФ, наказание есть мера государственного принуждения, назначаемая по приговору суда. Наказание применяется к лицу, признанному виновным в совершении преступления, и заключается в предусмотренных

УК РФ лишения или ограничении прав и свобод этого лица.

Категория наказания включает в себя уголовно-правовые понятия как меньший уровень обобщения. Поскольку наказание применяется только к лицу, признанному виновным в совершении преступления, уголовно-правовая категория вины имеет особое значение.

Междисциплинарный характер категории наказания для всех наук криминального цикла заключается в том, что суд на основании требований уголовно-процессуального закона выносит обвинительный приговор с назначением наказания, подлежащего отбыванию осужденным, либо с назначением наказания и освобождением от его отбывания, либо без назначения наказания (ч. 5 ст. 302 УПК РФ). При этом порядок и условия отбывания наказания предусмотрены уголовно-исполнительным законодательством.

Уголовно-правовое содержание категории наказания характеризуется тем, что лишение или ограничение прав и свобод лица, совершившего преступление, возможно только на основании обвинительного приговора суда, который постановляется от лица государства именем Российской Федерации.

Категория наказания подчиняется строгим правилам категоризации, поскольку перечень видов наказаний предусмотрен уголовным законом и является исчерпывающим (ст. 44 УК РФ).

Критерием категоризации наказания является репрессивность лишений или ограничений прав и свобод лица, совершившего преступление. Наказание связано с ограничением наиболее существенных, как правило, конституционных прав лица, совершившего преступление. Однако карательный потенциал некоторых видов наказаний вызывает обоснованные сомнения. Например, по мнению Г. В. Вериной, «ограничение свободы по своей сущности в свете последних законодательных новелл утратило функции уголовного наказания. По юридической природе оно в большей степени отвечает требованиям иной меры уголовно-правового характера» [7, с. 10].

В настоящее время категория наказания, в соответствии со ст. 44 УК РФ, включает в себя тринадцать видов наказаний, то есть содержит определенное количество элементов, обладающих всем комплексом сущностных категориальных признаков. Категория наказания систематизирует уголовно-правовую действительность, отграничивая наказания и иные меры уголовно-правового характера. Наказание влечет за собой уголовно-правовые последствия в виде судимости.

Поскольку преступление и наказание являются первичными базовыми уголовно-правовыми категориями, то словосочетания «уголовное преступление» и «уголовное наказание» представляются тавтологией. Однако в отношении наказания данное утверждение не столь очевидно в связи с существованием административного наказания за совершение правонарушения, предусмотренного КоАП РФ. Но, по нашему мнению, наказание – это первичная базовая именно уголовно-правовая категория. Поэтому использование этой категории в других отраслях права требует вторичной категоризации. Следовательно, наказание – уголовно-правовая категория, а административное наказание – административно-правовая категория, которая включает в себя специфику административного права.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Таким образом, любая уголовно-правовая категория характеризуется следующими признаками:

- 1) включает в себя уголовно-правовые понятия как меньший уровень обобщения;
- 2) носит междисциплинарный характер для всех наук криминального цикла, обеспечивая единообразие терминологии;
- 3) имеет уголовно-правовое содержание;
- 4) подчиняется строгим правилам категоризации;
- 5) основана на одном критерии категоризации, установленном для отнесения к определенной уголовно-правовой категории;
- 6) содержит определенное количество элементов, обладающих всем комплексом сущностных категориальных признаков;
- 7) систематизирует уголовно-правовую действительность;
- 8) влечет за собой уголовно-правовые последствия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артеменко, Н. Н. Категория «собственность» как объект уголовно-правовой охраны / Н. Н. Артеменко. – Текст : непосредственный // Российская юстиция. – 2011. – № 9. – С. 14–16.
2. Баринов, П. С. Обесценивание правовых категорий : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / П. С. Баринов. – Саратов, 2019. – 189 с. – Текст : непосредственный.
3. Бойко, А. И. Системная среда уголовного права : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора юридических наук / А. И. Бойко. – Москва, 2008. – 49 с. – Текст : непосредственный.
4. Бутенко, Т. П. Категория «насилие» в уголовном и уголовно-исполнительном законодательстве России / Т. П. Бутенко. – Текст : непосредственный // Вестник

- Амурского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2019. – № 86. – С. 31–33.
5. Васильев, А. М. Правовые категории: методологические аспекты разработки системы категорий теории права : монография / А. М. Васильев. – Москва : Норма : ИНФРА-М, 2021. – 264 с. – Текст : непосредственный.
  6. Векленко, С. В. Понятие и сущность уголовной ответственности. Теоретический аспект / С. В. Векленко, А. В. Оболюнская. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского юридического института МВД России. – 2011. – № 2 (4). – С. 34–41.
  7. Верина, Г. В. Ограничение свободы как вид уголовного наказания в свете законодательных новелл / Г. В. Верина. – Текст : непосредственный // Уголовное право. – 2010. – № 5. – С. 8–10.
  8. Волков, В. Р. К вопросу о системном представлении категории дифференциации уголовной ответственности / В. Р. Волков. – Текст : непосредственный // Современное уголовно-процессуальное право – уроки истории и проблемы дальнейшего реформирования. – 2019. – Т. 1, № 1(1). – С. 89–93.
  9. Голубовский, В. Ю. Некоторые вопросы истории развития категории невменяемости в отечественном уголовном праве / В. Ю. Голубовский. – Текст : непосредственный // Проблемы права. – 2023. – № 1 (89). – С. 35–39.
  10. Гонтарь, И. Категория «общественная опасность» в уголовном праве: онтологический аспект / И. Гонтарь. – Текст : непосредственный // Уголовное право. – 2007. – № 1. – С. 16–19.
  11. Дворцов, В. Е. Психическое насилие как категория уголовного права / В. Е. Дворцов. – Текст : непосредственный // Научный вестник Омской академии МВД России. – 2012. – № 2 (45). – С. 96–99.
  12. Дуюнов, В. К. Уголовно-правовое воздействие как категория уголовного права и как реакция на преступление и преступность / В. К. Дуюнов. – Текст : непосредственный // Право. Законодательство. Личность. – 2015. – № 1 (20). – С. 86–96.
  13. Забавко, Р. А. Категория «неправомерное завладение» в уголовном праве: критический анализ / Р. А. Забавко. – Текст : непосредственный // Адвокатская практика. – 2013. – № 4. – С. 31–32.
  14. Залозный, А. В. Системный анализ категории «потерпевший» в уголовном праве и уголовном процессе / А. В. Залозный. – Текст : непосредственный // Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия: Право. – 2007. – № 1. – С. 174–177.
  15. Каплин, М. Н. Уголовная ответственность и наказание: соотношение базовых категорий уголовного права / М. Н. Каплин. – Текст : непосредственный // Вестник института: преступление, наказание, исправление. – 2009. – № 8. – С. 9–12.
  16. Климов, С. Н. Состояние аффекта как категория уголовного права: анализ теории и практики / С. Н. Климов, К. А. Царев. – Текст : непосредственный // Вестник Пензенского государственного университета. – 2022. – № 3 (39). – С. 85–89.
  17. Кобозева, Т. Ю. Преступное принуждение как уголовно-правовая категория : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Т. Ю. Кобозева. – Москва, 2011. – 26 с. – Текст : непосредственный.
  18. Коренная, А. Теоретико-прикладной анализ категории «воспрепятствование» в статьях Особенной части Уголовного кодекса РФ / А. Коренная. – Текст : непосредственный // Юрислингвистика. – 2023. – № 27 (38). – С. 56–62.
  19. Макаров, А. В. Уголовная ответственность и наказание: проблемы соотношения уголовно-правовых категорий / А. В. Макаров. – Текст : непосредственный // Вестник Читинского государственного университета. – 2011. – № 12 (79). – С. 37–42.
  20. Максимова, О. В. Категория «неприкосновенность частной жизни» в российском уголовном праве и законодательстве / О. В. Максимова, С. В. Марковиченко. – Текст : непосредственный // Общество и право. – 2016. – № 2 (56). – С. 146–151.
  21. Марцев, А. И. Преступление: социально-правовой анализ : учебное пособие / А. И. Марцев. – Омск : Омская академия Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2012. – 75 с. – Текст : непосредственный.
  22. Милевский, А. К. Беспомощное состояние как категория в уголовном праве России / А. К. Милевский, К. А. Насреддинова. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы правоповедения. – 2017. – № 3 (55). – С. 24–26.
  23. Нагаева, Т. И. Нападение как категория уголовного права: монография / Т. И. Нагаева. – Москва : Спутник+, 2007. – 168 с. – Текст : непосредственный.
  24. Павлова, А. А. Категория «Иные меры уголовно-правового характера» в уголовном праве России / А. А. Павлова. – Текст : непосредственный // Гуманитарные и социальные науки. – 2014. – № 2. – С. 901–904.
  25. Пахомов, М. С. Функциональная характеристика категории «конклюдентные действия» / М. С. Пахомов. – Текст : непосредственный // Вестник Московского университета МВД России. – 2009. – № 9. – С. 158–159.
  26. Пестов, Д. А. Категория «ограниченной вменяемости» и проблемы ее применения в уголовном праве РФ / Д. А. Пестов. – Текст : непосредственный // Социально-экономические явления и процессы. – 2010. – № 4 (20). – С. 127–130.
  27. Рыбин, И. В. Тенденции развития категории «действия имущественного характера» в уголовном праве / И. В. Рыбин. – Текст : непосредственный // Закон и право. – 2014. – № 9. – С. 105–106.
  28. Сумачев, А. В. Категория «административно-преюдиционный рецидив» в уголовном праве / А. В. Сумачев. – Текст : непосредственный // Уголовно-исполнительное право. – 2021. – Т. 16, № 4. – С. 495–502.
  29. Сутурин, М. А. Категория «возраст» в уголовном праве России / М. А. Сутурин. – Текст : непосредственный // Сибирский юридический вестник. – 2020. – № 2 (89). – С. 71–76.

30. Сычев, Е. А. Общественный порядок как правовая категория при квалификации хулиганства / Е. А. Сычев, Э. Н. Любичева. – Текст : непосредственный // Общество и право. – 2007. – № 1 (15). – С. 36–37.
31. Троицкий, В. В. Посягательство как категория российского уголовного права : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / В. В. Троицкий. – Рязань, 2004. – 191 с. – Текст : непосредственный.
32. Фиськов, И. А. О содержании категории «малозначительное деяние» в уголовном праве / И. А. Фиськов. – Текст : непосредственный // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 10-4 (49). – С. 104–106.
33. Шарапов, Р. Д. Понятие преступления: правовые позиции конституционного Суда Российской Федерации / Р. Д. Шарапов. – Текст : непосредственный // Криминалистика. – 2022. – № 1 (38). – С. 27–34.
34. Шарапов, Р. Д. Понятие уголовной ответственности: закон, теория, практика / Р. Д. Шарапов. – Текст : непосредственный // Вестник Университета прокуратуры Российской Федерации. – 2022. – № 2 (88). – С. 29–37.



## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

### Армян Евгений Викторович

магистр электроэнергетики, аспирант 2 курса,  
Югорский государственный университет,  
Ханты-Мансийск, Россия  
E-mail: armyanevg@gmail.com

### Ахмедов Ислам Ахмедович

магистр электроэнергетики, аспирант 2 курса,  
Югорский государственный университет,  
Ханты-Мансийск, Россия  
E-mail: dragunov2686@mail.ru

### Екимов Иван Сергеевич

магистр электроэнергетики, аспирант 2 курса,  
Югорский государственный университет,  
Ханты-Мансийск, Россия  
E-mail: zyfd.ekimov@gmail.com

Предмет исследования: методы повышения качества электрической энергии в электрических сетях, используемых для электроснабжения преимущественно коммунально-бытовых потребителей в городской местности.

Цель исследования: определение наиболее актуальных методов для повышения качества электрической энергии коммунально-бытовых потребителей, их достоинств и недостатков, а также определение направления модернизации.

Методы и объекты исследования: в качестве объекта исследования в данном материале выступает жилищно-коммунальный комплекс в городской местности, в частности электросетевой комплекс. В основе работы использованы такие методы научного исследования, как анализ, синтез, моделирование и обобщение.

Основные результаты исследования: проведен анализ особенностей управления качеством электрической энергии и регулирования напряжения в современных условиях. Выделены важность и необходимость использования современных интеллектуальных систем для повышения надежности, энергоэффективности и качества электрической энергии. Сформулированы ключевые предпосылки для введения умных систем для контроля состояния электрической сети. Определены задачи, решение которых необходимо для модернизации комплекса. Сделано предложение об использовании в качестве основного инструмента модернизации систем на основе искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** жилищно-коммунальное хозяйство, электрическая энергия, качество электрической энергии, энергоэффективность, умные системы.

## ANALYSIS OF FEATURES OF ELECTRIC ENERGY QUALITY MANAGEMENT AND VOLTAGE REGULATION IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

### Evgeny V. Armian

master of Electrical Engineering,  
2nd year postgraduate student,  
Yugra State University,  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: armyanevg@gmail.com

### Islam A. Akhmedov

master of Electrical Engineering,  
2nd year postgraduate student,  
Yugra State University,  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: dragunov2686@mail.ru

### Ivan S. Ekimov

master of Electrical Engineering,  
2nd year postgraduate student,  
Yugra State University,  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: zyfd.ekimov@gmail.com

Subject of research: methods of improving the quality of electric energy in electric networks used for power supply mainly to municipal consumers in urban areas.

The purpose of the study is to determine the most relevant methods for improving the quality of electric energy of municipal consumers, their advantages and disadvantages, as well as determining the direction of modernization.

Methods and objects of research: the object of research in this material is the housing and communal complex in urban areas, in particular the electric grid complex. The work is based on such scientific research methods as analysis, synthesis, modeling and generalization.

The main results of the study: the analysis of the features of electric energy quality management and voltage regulation in modern conditions. The importance and necessity of using modern intelligent systems to improve reliability, energy efficiency and quality of electric energy is highlighted. The key prerequisites for the introduction of smart systems for monitoring the state of the electrical network are formulated. The tasks, the solution of which is necessary for the modernization of the complex, have been identified. A proposal has been made to use artificial intelligence-based systems as the main tool for modernization.

**Keywords:** housing and communal services, electric energy, quality of electric energy, energy efficiency, smart systems.

## ВВЕДЕНИЕ

Умное жилищно-коммунальное хозяйство (далее – ЖКХ) является одной из составных частей в развитии концепции умного города. При этом именно на основе IoT (Интернета вещей) обеспечивается оптимизация управления инфраструктурой ЖКХ. Рассматриваемое направление включает в

себя целое множество инструментов, позволяющих автоматизировать получение показаний счетчиков, контролировать работу оборудования в режиме реального времени, а также прогнозировать и предотвращать аварийные ситуации [1]. Итог реализации и повсеместной интеграции данной концепции позволит существенно повысить качество и эффективность функционирования

жилищно-коммунальной сферы, а также обеспечить защищенность населения в экономическом и техническом отношении.

Основными предпосылками, которыми были вызваны тренды интеллектуализации сферы ЖКХ и отдельных ее компонентов, являются высокий уровень аварийности и выхода из строя оборудования, многочисленные попытки (зачастую успешные) кражи электроэнергии и невозможность централизованного контроля абонентов. В частности, одной из важных задач при решении данных проблем является интеграция систем управления качеством электроэнергии и регулирования напряжения [2]. Именно на основе решения данной задачи представляется возможным обеспечить полный контроль абонентов и стабильную работу жилищно-коммунального хозяйства.

### КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЖКХ

Решение проблем, связанных с повышением эффективности и обеспечением безаварийной работы сферы ЖКХ на основе интеграции решений по управлению качеством электроэнергии, является основным трендом 2024 года. До недавнего времени предпринимаемые попытки по решению данных проблем были направлены только в сторону интеллектуализации отдельного оборудования, к примеру счетчиков. На сегодняшний день понятно, что без использования дополнительных систем по управлению качеством электроэнергии и регулирования напряжения не обойтись по следующим причинам:

- улучшение качества услуг. Качество электроэнергии влияет на работу электрооборудования, электроприборов и систем коммунальной инфраструктуры, таких как освещение, отопление, водоснабжение и канализация. Неправильное качество электроэнергии может привести к неисправности оборудования, снижению производительности, удорожанию эксплуатации и ремонта, а также неполадкам в работе коммунальных услуг [3]. Управление качеством электроэнергии помогает поддерживать надлежащую работу оборудования и гарантировать доступность коммунальных услуг;

- экономические потери. Плохое качество электроэнергии может привести к потере энергии, перегрузке электроустановок и некорректной работе оборудования, что приведет к увеличению расходов на электроэнергию, ремонт и замену оборудования. Управление качеством электроэнергии помогает снизить потери энергии и улучшить

общую энергоэффективность жилищно-коммунального сектора;

- повышение безопасности. Качество электроэнергии имеет прямое влияние на безопасность жизни и здоровья людей. Неправильное качество электроэнергии может привести к возникновению пожаров, поражению электрическим током и другим аварийным ситуациям [4]. Управление качеством электроэнергии помогает предотвратить возможные аварийные ситуации и повысить безопасность пользователей;

- развитие энергетической инфраструктуры. Управление качеством электроэнергии способствует развитию сетей электропитания, внедрению новых технологий и оборудования, увеличению энергетической эффективности и повышению устойчивости энергосистемы. Это важно для модернизации жилищно-коммунального сектора и его адаптации к изменяющимся условиям и потребностям.

Важной особенностью управления качеством электроэнергии в данной сфере является необходимость интеграции в работу с различными системами учета, в частности умными счетчиками. Для возможности такой реализации необходимо использование искусственных нейронных сетей (ИНС), представляющих возможность сбора и анализа большого количества параметров в режиме реального времени [5]. В таблице 1 представлены основные особенности и возможности реализации исходной задачи с использованием нейронных сетей.

Все указанные в таблице задачи могут быть решены с использованием нескольких видов нейронных сетей, таких как рекуррентные нейронные сети (RNN), сверточные нейронные сети (CNN) или глубокие нейронные сети (DNN). Важно правильно подобрать архитектуру сети и обучить ее на соответствующих данных для достижения желаемых результатов.

Разработка и интеграция систем управления качеством электроэнергии на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) в жилищно-коммунальном хозяйстве имеет ряд особенностей и требует специальных подходов:

- сбор и анализ данных. Для работы ИНС необходимо обеспечить сбор данных о качестве электроэнергии [6]. Для этого могут использоваться специальные датчики, счетчики и другие устройства, которые могут измерять различные параметры электроэнергии, такие как напряжение, ток и другие. Полученные данные собираются и анализируются для обучения ИНС;


**Таблица 1.** Управление качеством электроэнергии в ЖКХ на основе ИНС

№	Задача	Особенности реализации
1	Прогнозирование нагрузки	Нейронные сети могут использоваться для прогнозирования будущей нагрузки электроэнергии в определенной зоне или для конкретного объекта ЖКХ. Это позволяет эффективнее планировать производство и распределение электроэнергии
2	Детектирование аномалий	Нейронные сети могут быть обучены для обнаружения аномалий в сети, таких как перенапряжение, понижение напряжения или скачки тока. Это помогает оперативно выявлять и устранять проблемы в сети, прежде чем они приведут к аварийным ситуациям
3	Оптимизация работы системы энергоснабжения	Нейронные сети могут использоваться для оптимизации работы систем энергоснабжения ЖКХ, например для определения наиболее эффективного режима работы генераторов, пиковых нагрузок и распределения электроэнергии
4	Прогнозирование возникновения отказов оборудования	Нейронные сети могут быть обучены для прогнозирования возможного отказа оборудования, например трансформаторов или кабельных линий. Это помогает предотвратить непредвиденные простои и снизить затраты на ремонт и замену оборудования
5	Оптимизация энергопотребления	Нейронные сети могут быть использованы для оптимизации энергопотребления в различных объектах ЖКХ, например для контроля работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC) или освещения. Это помогает снизить энергозатраты и повысить энергоэффективность

- обучение ИНС. Искусственная нейронная сеть требует обучения, чтобы научиться распознавать и предсказывать показатели качества электроэнергии. Для обучения используются исторические данные о качестве электроэнергии и соответствующие параметры сети. С помощью алгоритмов машинного обучения ИНС настраивается на определенные паттерны и становится способной предсказывать и реагировать на изменения в электрической сети;

- интеграция в систему управления. Разработанная система управления качеством электроэнергии на основе ИНС должна быть интегрирована в существующую систему управления ЖКХ [7]. Она может быть интегрирована в систему диспетчерского управления, систему мониторинга или другую систему, отвечающую за управление энергопотреблением и качеством электроэнергии в зданиях;

- автоматическое принятие решений. Одной из основных особенностей разработанных систем управления качеством электроэнергии на основе ИНС является возможность автоматического принятия решений. Например, при обнаружении высоких гармоник

в электроэнергии система может автоматически переключиться на альтернативный источник питания или предложить пользователю оптимальные решения для устранения проблемы;

- постоянное обновление и адаптация. Качество электроэнергии может меняться со временем, поэтому разработанные системы управления качеством электроэнергии должны постоянно обновляться и адаптироваться. ИНС могут периодически обучаться на новых данных, чтобы сохранять актуальность предсказаний и принимать во внимание изменения в сети.

Разработка и интеграция систем управления качеством электроэнергии и управления напряжением на основе ИНС в ЖКХ требует специализированных знаний и подходов [8]. Эти системы могут значительно повысить эффективность и качество работы энергосистемы, а также снизить затраты на энергоэффективность и обеспечение работы в ЖКХ.

Итог практической реализации интеграции таких систем на основе ИНС в ЖКХ может обеспечить достижение следующих преимуществ:



- автоматизация контроля и управления качеством электроэнергии позволяет повысить эффективность работы системы ЖКХ и сократить ручной труд, связанный с мониторингом и анализом электроэнергии;

- системы управления качеством электроэнергии на основе искусственных нейронных сетей способны обнаруживать и предотвращать неполадки и неправильное использование электроэнергии, что позволяет улучшить надежность и безопасность системы ЖКХ;

- использование ИНС позволяет проводить анализ больших объемов данных электроэнергии и прогнозировать ее потребление, что помогает оптимизировать работу системы ЖКХ, снизить затраты на энергию и негативное воздействие на окружающую среду;

- ИНС могут автоматически адаптироваться к изменяющимся условиям сети электроэнергии и обеспечивать стабильное качество электроэнергии, а также эффективное управление энергосистемой в режиме реального времени;

- использование ИНС позволяет значительно ускорить процесс распределения электроэнергии, оптимизировать его и снизить потери электроэнергии, что ведет к повышению энергоэффективности и экономии ресурсов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Таким образом, основной целью представленной статьи являлось выполнение анализа по особенностям реализации задачи управления качеством электроэнергии и управления напряжением в жилищно-коммунальном хозяйстве. Определен высокий уровень актуальности и необходимости разработки решений по созданию интеллектуальных систем по контролю качества электрической энергии. Особенное внимание было уделено необходимости использования искусственных нейронных сетей при реализации данных задач. Выявлены основные возможности, преимущества и особенности практической реализации систем управления качеством электроэнергии с использованием нейронных сетей. В заключение необходимо отметить, что рассмотренная проблема и вариант ее решения должны стать основным вектором в развитии ЖКХ ввиду возможности достижения целого ряда преимуществ, положительно сказывающихся на экономической эффективности функционирования в данном секторе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларин, С. Н. Повышение качества жилищно-коммунальных услуг на основе инновационной технологии снабжения жилых домов электроэнергией / С. Н. Ларин, Е. Ю. Хрусталева // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2022. – № 5–2 (87). – С. 116–120. – DOI 10.24412/2411-0450-2022-5-2-116-120. – EDN XDTPMZ.
2. Жукова, Ю. А. Современные пути повышения качества жилищных услуг / Ю. А. Жукова // Modern Science. – 2020. – № 2–2. – С. 59–66. – EDN DCGARF.
3. Aminoff A., Sundqvist-Andberg H. Constraints leading to system-level lock-ins – the case of electronic waste management in the circular economy // Journal of Cleaner Production. – Volume 322. – 2021. – Pages 743–792.
4. Исследование способов повышения качества электроэнергии в электрических сетях / А. С. Рысалиев, А. Э. Мамытов, Н. Эсеналиев [и др.] // Наука и инновационные технологии. – 2020. – № 1 (14). – С. 200–208. – DOI 10.33942/011. – EDN EKYADV.
5. Бальзанников, М. И. Целевые показатели развития ЖКХ и качества предоставления коммунальных услуг / М. И. Бальзанников // Вестник Приволжского территориального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2019. – С. 297–303. – EDN HRNAHW.
6. Gesk T.S., Leyer M. Artificial intelligence in public services: When and why citizens accept its usage // Government Information Quarterly. – Volume 39, Issue 3. – 2022. – Pages 1238–1263.
7. Казанина, И. В. Электроснабжение объекта ЖКХ с применением новейших энергосберегающих технологий / И. В. Казанина, А. С. Елеусинов // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2019. – № 12–1 (56). – С. 125–130. – EDN MEGYXW.
8. Мазыгин, А. В. Управление качеством электроэнергии в сети электропитания / А. В. Мазыгин // Вестник научных конференций. – 2019. – № 5–3 (45). – С. 46–48. – EDN PDJUBD.

## **ЭКОНОМИКА ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ**

### **Бубенчиков Антон Анатольевич**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Электроснабжение  
промышленных предприятий»,  
Омский государственный технический университет,  
Омск, Россия  
E-mail: [privetomsk@mail.ru](mailto:privetomsk@mail.ru)  
SPIN-код: 4357-5273  
AuthorID (РИНЦ): 512777  
ORCID: 0000-0002-2923-1123  
AuthorID (SCOPUS): 57188871772  
ResearcherID: D-7850-2014

### **Гаибов Иван Андреевич**

аспирант кафедры «Электроснабжение  
промышленных предприятий»,  
Омский государственный технический университет,  
Омск, Россия  
E-mail: [vanyayes@gmail.com](mailto:vanyayes@gmail.com)  
ORCID: 0009-0006-4311-2450

### **Горюнов Владимир Николаевич**

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Электроснабжение  
промышленных предприятий»,  
Омский государственный технический университет,  
Омск, Россия  
E-mail: [vladimirgoryunov2016@yandex.ru](mailto:vladimirgoryunov2016@yandex.ru)  
SPIN-код: 2765-2945  
AuthorID (РИНЦ): 302109  
AuthorID (SCOPUS): 7003455231

### **Дорогов Борис Борисович**

аспирант кафедры «Электроснабжение  
промышленных предприятий»,  
Омский государственный технический университет,  
Омск, Россия  
E-mail: [boris.dorogov.75@mail.ru](mailto:boris.dorogov.75@mail.ru)  
SPIN-код: 8291-5213

### **Киселев Глеб Юрьевич**

аспирант кафедры «Электроснабжение  
промышленных предприятий»,  
Омский государственный технический университет,  
Омск, Россия  
E-mail: [gleb\\_970519@mail.ru](mailto:gleb_970519@mail.ru)  
SPIN-код: 1041-3934  
AuthorID (РИНЦ): 1045461

Предмет исследования: способы оценки экономической эффективности возобновляемых источников энергии.

Цель исследования: описать состояние производства электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии в мире и в России, привести расчет показателей эффективности.

Объект исследования: электроэнергетические системы с возобновляемыми источниками энергии.

Результаты исследования: приведен обзор показателей электростанций на базе возобновляемых источников энергии по миру и анализ экономики перспективных проектов, базирующихся на использовании возобновляемых источников энергии в России. Произведен анализ статистических отклонений за последние восемь лет.

Цель: описать состояние производства электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии

## **RENEWABLE ENERGY ECONOMICS IN THE EUROPEAN PART OF RUSSIA**

### **Anton A. Bubenchikov**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of the Department  
of Power Supply of Industrial Enterprises,  
Omsk State Technical University,  
Omsk, Russia  
E-mail: [privetomsk@mail.ru](mailto:privetomsk@mail.ru)  
SPIN code: 4357-5273  
AuthorID (RSCI): 512777  
ORCID: 0000-0002-2923-1123  
AuthorID (SCOPUS): 57188871772  
ResearcherID: D-7850-2014

### **Ivan A. Gaibov**

postgraduate student of the department  
«Power supply of industrial enterprises»,  
Omsk State Technical University,  
Omsk, Russia  
E-mail: [vanyayes@gmail.com](mailto:vanyayes@gmail.com)  
ORCID: 0009-0006-4311-2450

### **Vladimir N. Goryunov**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Head of the Department  
«Power Supply of industrial enterprises»,  
Omsk State Technical University,  
Omsk, Russia  
E-mail: [vladimirgoryunov2016@yandex.ru](mailto:vladimirgoryunov2016@yandex.ru)  
SPIN code: 2765-2945  
AuthorID (RSCI): 302109  
AuthorID (SCOPUS): 7003455231

### **Boris B. Dorogov**

postgraduate student of the Department  
«Power Supply of Industrial Enterprises»,  
Omsk State Technical University,  
Omsk, Russia  
E-mail: [boris.dorogov.75@mail.ru](mailto:boris.dorogov.75@mail.ru)  
SPIN code: 8291-5213

### **Gleb Yu. Kiselev**

postgraduate student of the Department  
of «Power supply of industrial enterprises»,  
Omsk State Technical University,  
Omsk, Russia  
E-mail: [gleb\\_970519@mail.ru](mailto:gleb_970519@mail.ru)  
SPIN code: 1041-3934  
AuthorID (RSCI): 1045461

Subject of research: methods for assessing the economic efficiency of renewable energy sources

Purpose of research: describe the state of electricity production based on renewable energy sources in the world and in Russia, and provide calculations of efficiency indicators.

Object of research: electrical power systems with renewable energy sources.

Main results of research: an overview of the performance of power plants based on renewable energy sources around the world and an analysis of the economics of promising projects based on the use of renewable energy sources in Russia are provided. An analysis of statistical deviations over the past eight years was carried out.

Object: to describe the state of electricity production based on renewable energy sources in the world and in Russia, to calculate the efficiency indicators of renewable energy sources.

в мире и в России, привести расчет показателей эффективности ВИЭ.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии (ВИЭ), фотоэлектрические системы, электроэнергия, статистические показатели, Европейский союз.

**Keywords:** renewable energy sources (RES), photovoltaic systems, electric power, statistical indicators, European Union.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы международное сообщество проявляет твердую приверженность содействию переходу к энергетике в связи с различными вызовами, возникающими на мировом энергетическом рынке. В этом контексте возобновляемые источники энергии играют все более важную роль, представляя собой жизнеспособное решение для ускорения процесса декарбонизации и диверсификации энергетического баланса.

В работе рассматривается энергетический профиль европейской части РФ, ее состояние и перспективы на будущее. Потенциал и мотивы использования ВИЭ в национальном масштабе были проанализированы (до 2030 года) с целью представления прогнозов относительно и последствий для экономики. Научная новизна работы в том, что инновации и инвестиции в исследования и разработки являются ключевыми факторами перехода к возобновляемой энергетике. Проведенный анализ позволяет сделать полезные выводы для граждан и государственных функционеров, которым следует обеспечить четкое регулирование на национальном и региональном уровнях, не препятствующих развертыванию инфраструктуры возобновляемых источников энергии.

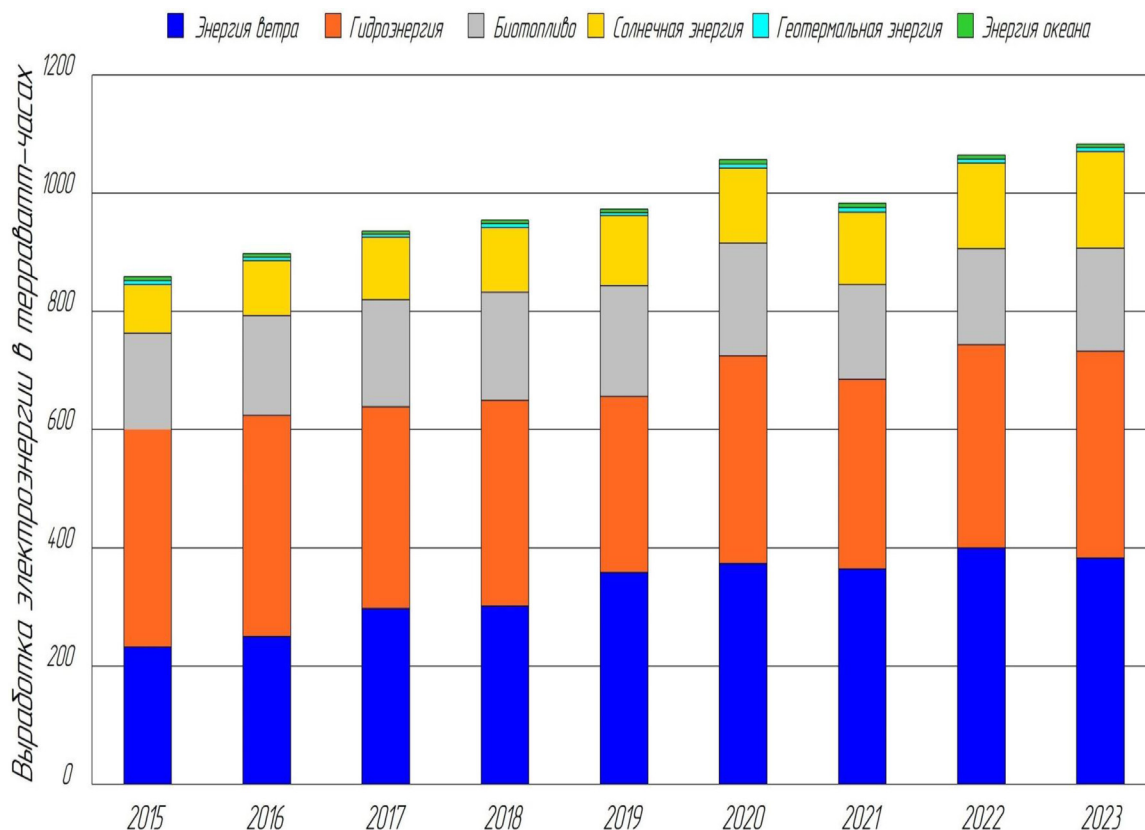
## 1. РОЛЬ ВИЭ В НАЦИОНАЛЬНОМ МАСШТАБЕ

Распределение целевых показателей было основано на критерии ВВП на душу населения. В европейской части России доля энергии из возобновляемых источников, которая должна была быть достигнута, составляла не менее 17 %, распределяясь между сектором электроэнергетики (26 % от целевого показателя), сектором отопления (17 %) и транспортом (7 %). В период с 2012 по 2020 год зафиксировано увеличение производства энергии из возобновляемых источников на 22 % (14 % в 2012 году и 37 % в 2020 году). В 2020 году на долю ветра (36 %) и гидроэнергетики (33 %) в совокупности приходилось более двух третей всей электроэнергии, произведенной из возобновляемых источников. За ними последовали фотоэлектрические установки с долей 14 %, твердое биотопливо (8 %) и другие экологически чистые источники (8 %).

В настоящее время в стране большая часть энергии по-прежнему вырабатывается за счет ископаемого топлива. Для сравнения, в 2023 году в производстве первичной энергии в ЕС преобладали возобновляемые источники энергии, на долю которых приходился 41 % от общего объема производства. Например, Мальта полагалась исключительно на производство энергии из возобновляемых источников, в то время как Латвия, Португалия и Кипр использовали возобновляемые источники энергии в качестве основного источника, доля каждого из которых составляла более 95 %. С другой стороны, Франция, Бельгия и Словакия в значительной степени полагаются на ядерную энергетику, на долю которой приходится 76 %, 70 % и 60 % национального производства соответственно. В России тоже присутствует определенная зависимость от ядерной энергии.

На рисунке 1 показано распределение энергии из возобновляемых источников в разбивке по ресурсам, при этом наблюдается тенденция к увеличению использования большинства возобновляемых источников энергии. Наличие новейших запатентованных технологий позволяет быстро распространить энергию ветра, гидро-, фотоэлектрической энергии и энергии биомассы по всей европейской части РФ. В то время как геотермальная и водная энергия распространяется медленно из-за очень высоких первоначальных инвестиционных затрат и отсутствия адекватного регулирования. Однако потенциал океанской энергии мог бы значительно улучшить производство, но первоначальные инвестиции в нее сдерживают инвесторов, а чрезмерное техническое обслуживание требует очень высоких затрат.

Хотя возобновляемые источники энергии играют ключевую роль в мировом производстве, многие государства по-прежнему сильно зависят от импорта ископаемого топлива. Вторым по величине первичным источником энергии является ядерная энергетика с долей 31 %, в то время как на твердое топливо, природный газ и сырую нефть приходится 18 %, 6 % и 3 % соответственно. Несмотря на эту общую тенденцию, производство энергии в разных государствах значительно



**Рисунок 1.** Структура производства электроэнергии из возобновляемых источников в Европейском союзе с 2015 по 2023 год в разбивке по источникам энергии (в тераватт-часах)

различается. Например, твердое топливо является основным источником энергии в Польше (72 %), Эстонии (56 %) и Чехии (45 %). Наибольшая доля природного газа приходится на Нидерланды (58 %), Италию и Ирландию (42 %), в то время как сырая нефть имеет наибольшую долю в Дании (35 %) и Италии (32 %).

Эти данные показывают, что некоторые государства по-прежнему сильно зависят от импорта ископаемого топлива. Однако наметившаяся в последнее время геополитическая динамика и растущая обеспокоенность по поводу безопасности энергоснабжения заставили государства кардинально пересмотреть свой энергетический баланс и ускорить переходный процесс не только по пути декарбонизации, но и в направлении снижения энергетической зависимости от третьих стран.

В этом контексте геополитическая обстановка последних лет оказала и будет продолжать оказывать сильное воздействие на энергетический переход и энергетический баланс стран Европейского союза. Это также подтверждается недавними исследованиями, проведенными Фондом Eni Энрико Маттеи за 2023 год. Согласно полученным данным, данная ситуация окажет несколько долгосрочных последствий на мировую энергетическую

систему в ближайшие несколько лет, включая сокращение спроса на нефть и природный газ, переход к низкоуглеродному энергетическому балансу и сокращение потребления электроэнергии. Снизится роль импорта нефти и природного газа, что приведет к более обезуглероживаемому энергетическому балансу, в котором ископаемое топливо будет все больше заменяться ядерными и возобновляемыми источниками энергии.

Экономика возобновляемой энергии в европейской части России в последние годы активно развивается. В регионах с высоким потенциалом ветро- и солнечной энергии, таких как Калининградская область, Ленинградская область, Республика Карелия и других, активно строятся ветро- и солнечные фермы. Инвестиции в такие проекты стимулируются как государственными программами поддержки, так и частными инвесторами, видящими в возобновляемой энергии перспективное направление для инвестиций. Таким образом, экономика возобновляемой энергии демонстрирует устойчивый рост, способствуя развитию региональных экономик, сокращению выбросов парниковых газов и обеспечению энергетической безопасности страны.

## 2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИЭ

Довольно часто поднимается вопрос экономической эффективности использования ВИЭ, поскольку стоимость единицы энергии (пр., 1 кВт·ч), произведенной путем добычи полезных ископаемых, сравнивается со стоимостью той же единицы при использовании ВИЭ. При выявлении показателя эффективности используются две базовые составляющие:

1. Расходы на инвестиции во время строительства объекта составляют основную часть капиталовложений. Эти средства обычно направляются на строительство зданий, сооружений, закупку оборудования, создание инфраструктуры и приобретение земельных участков.

2. Операционные затраты, связанные с производством продукции (например, электроэнергии), включают расходы на сырье, материалы, комплектующие, оплату труда и другие ассоциированные платежи. Они делятся на постоянные затраты, происходящие даже при простое производства (такие как оплата труда и обслуживание оборудования), и переменные затраты, зависящие от объема производства (например, расходы на сырье и материалы).

На станциях, работающих на ископаемых ресурсах, основную долю операционных затрат составляет исходное топливо, такое как газ, нефть или уголь. Эти затраты могут достигать 80 % и выше от общих операционных расходов и сильно изменяться в зависимости от рыночной конъюнктуры энергоносителей.

В отличие от этого, возобновляемые источники энергии, за исключением биоресурсов, используют бесплатное или почти бесплатное исходное сырье. Это дает им преимущество в долгосрочной перспективе. Однако у них есть недостатки, такие как низкая энергетическая плотность и нестабильность их источников, таких как солнечное освещение, скорость ветра и поток реки, что может вызвать проблемы с непрерывной генерацией энергии.

На практике это означает, что для возобновляемых источников энергии требуется большая площадь для установки солнечных и ветроэлектростанций, а также значительные затраты на материалы и комплектующие на каждую единицу произведенной энергии. Необходимо также дополнительно инвестировать в аккумуляцию энергии и балансирование системы, особенно для автономных станций (рис. 2).

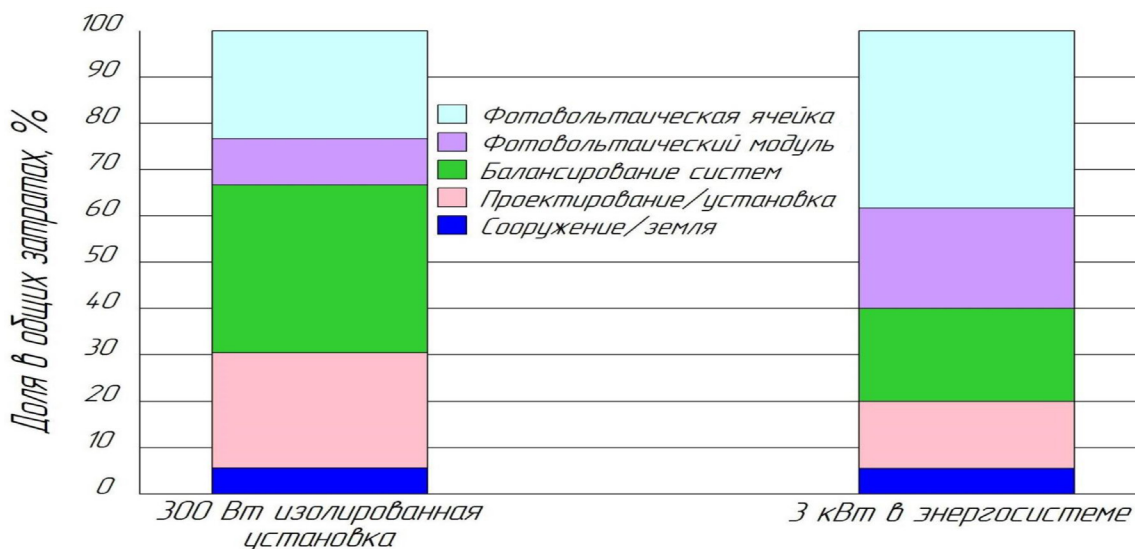


Рисунок 2. Структура инвестиционных затрат для солнечных фотовольтаических систем

Снижение инвестиционных затрат для возобновляемых источников энергии происходит благодаря научно-техническому прогрессу и развитию технологий, позволяющих более эффективное использование природных энергетических потоков. В последние десятилетия в этой сфере достигнуты значительные успехи, особенно в области солнечной

энергетики. Тем не менее на данный момент инвестиции в возобновляемые источники энергии все еще остаются выше по сравнению с традиционными электростанциями на ископаемом топливе.

Для сравнения экономической эффективности различных типов электростанций используются показатели затрат на



установленную мощность и производство единицы электроэнергии. Данные по традиционным тепловым электростанциям на газе, ветряным электростанциям на суше

и солнечным фотовольтаическим электростанциям позволяют проводить сравнительный анализ и оценку экономической эффективности (табл. 1).

**Таблица 1.** Структура расчетных затрат

Тип станции	Ном. мощность МВт	КУМ, %	Инвестиционные затраты, руб./кВт	Постоянные операционные годовые затраты, руб./кВт	Переменные операционные затраты без учета топлива, руб./кВт·ч	Переменные операционные затраты с учетом топлива, руб./кВт·ч
ТЭС на газе, обычная с комбинированным циклом	600	85	85 000	1 200	0,4	4
Ветряная (на суше)	100	35	200 000	3 500	0	0
Солнечная фотовольтаическая	150	25	350 000	2 000	0	0

Очевидно, что инвестиционные затраты на установленную мощность для ветряных и тепловых электростанций значительно выше. Это отражается и в общих инвестиционных затратах. При установленном требовании производства одинакового количества электроэнергии для возобновляемых и традиционных электростанций необходимо учитывать коэффициент использования установленной мощности для каждого типа станции. Например, для газовой ТЭС этот коэффициент составляет 85 %, для ветряной электростанции – 35 %, а для солнечной фотовольтаической – 25 %. Исходя из этих данных, можно рассчитать производство электроэнергии за год для каждого типа электростанции:

$$Э_{пр} = 600 \text{ МВт} \cdot 8760 \text{ ч} \cdot 85\% = 4467 \text{ ГВт}\cdot\text{ч}.$$

Для годовой выработки того же количества электроэнергии на станциях, использующих ВИЭ, с учетом КУМ потребуется:

– для ВЭС:

$$600 \text{ МВт} \cdot \frac{85\%}{35\%} = 1457 \text{ МВт};$$

– для СЭС:

$$600 \text{ МВт} \cdot \frac{85\%}{25\%} = 2040 \text{ МВт}.$$

Таким образом, общие инвестиционные затраты составят:

– для газовой ТЭС:

$$600 \text{ МВт} \cdot 85000 \text{ руб.} / 1 \text{ МВт} = 51 \text{ млн руб.};$$

– для ВЭС:

$$1457 \text{ МВт} \cdot 200000 \text{ руб.} / 1 \text{ МВт} = 291,4 \text{ млн руб.};$$

– для СЭС:

$$2040 \text{ МВт} \cdot 350000 \text{ руб.} / 1 \text{ МВт} = 714 \text{ млн руб.}$$

Общие инвестиционные затраты (по сравнению с затратами на ТЭС) для ВЭС составят на 240,4 млн руб. больше, для СЭС – на 663 млн руб. больше. Далее ВЭС или СЭС будут давать положительный экономический эффект за счет менее высоких переменных операционных затрат.

Параллельно есть возможность приблизительно рассчитать цены на газ, заложенные в показатели переменных затрат по газовой ТЭС. Собственно, затраты на топливо составляют:

$$З_{т} = 4 - 0,4 = 3,6 \text{ руб. за } 1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Исходя из того, что на выработку 1 кВт·ч уходит примерно 0,3 м<sup>3</sup> газа, стоимость 1 м<sup>3</sup> газа в 2024 году составит:

$$С_{ТЭС} = 6,78 / 0,3 = 22,6 \text{ руб. за } 1 \text{ м}^3 = 2600 \text{ руб. за } 1000 \text{ м}^3.$$

В случае с газовой ТЭС постоянные операционные затраты составят 1200 руб. на 1 кВт установленной мощности в год или всего:

$$ПОЗ_{ТЭС} = 1200 \text{ руб.} \cdot 600000 \text{ МВт} = 720 \text{ млн руб. в год.}$$

Суммарные переменные затраты при годовой выработке 4467 ГВт·ч составят:

$$СПЗ_{ТЭС} = 4 \text{ руб.} \cdot 4467 \text{ ГВт}\cdot\text{ч} = 17,8 \text{ млн руб. в год.}$$

Суммарные операционные затраты для газовой ТЭС составят:

$$\text{СОЗ}_{\text{ТЭС}} = 720 + 17,8 = 737,8 \text{ млн руб. в год.}$$

Сравним их с суммарными операционными затратами (включающими только постоянные) ВЭС, вырабатывающей то же количество энергии:

$$\text{СОЗ}_{\text{ВЭС}} = 3500/1 \text{ кВт} \cdot 1457 \text{ МВт} = 5 \text{ млрд руб.}$$

Таким образом, превышение инвестиционных затрат на строительство ВЭС над газовой ТЭС составляют:

$$\text{ПЗ} = 5 \text{ млрд.} - 737,8 \text{ млн} = 4,26 \text{ млрд руб.}$$

В свою очередь, ежегодная экономия на операционных затратах ВЭС по сравнению с газовой ТЭС составит:

$$\text{Э}_{\text{озВЭС}} = 291,4 - 51 = 240,4 \text{ млн руб.}$$

Отсюда можно вычислить простой срок окупаемости ВЭС относительно ТЭС:

$$\text{Ср}_0 = 4,26 \text{ млрд} / 240,4 \text{ млн} = 17,7 \text{ года.}$$

Этот пример показывает, что станции на возобновляемых источниках энергии все еще нуждаются в значительной поддержке (табл. 2). Для частного инвестора окупаемость на протяжении нескольких десятилетий обычно не является привлекательной из-за высоких инвестиционных затрат. Поэтому более эффективной будет поддержка на этапе инвестирования, включающая компенсацию затрат, а также льготы на эксплуатационном этапе.

**Таблица 2.** Сопоставление основных экономических параметров ТЭС и ВЭС

Показатель	Газовая ТЭС	ВЭС
КУМ, %	85	35
Номинальная мощность, МВт	600	1 457
Выработка ЭЭ в год, МВт ч	4 467000	4 467000
Инвестиционные затраты, руб./1 кВт	85 000	200 000
Инвестиционные затраты (млн руб.), всего	51	294,4
Постоянные операционные затраты, руб./МВт	1 200	3 500
Постоянные операционные затраты, млн руб.	720	5 000
Переменные операционные затраты, руб./МВт·ч	50	0
Переменные операционные затраты, млн руб.	17,8	0
Операционные затраты (млн руб.), всего	737,8	5 000
Превышение инвестиц. затрат относ. газовой ТЭС, млн руб.	–	4 260
Экономия на операц. затратах относ. газовой ТЭС, млн руб. в год	–	240,4
Простой срок окупаемости относ. газовой ТЭС, лет	–	17,7

Показатель затрат на длительном интервале времени дает представление об общей экономической эффективности проекта, но не учитывает динамику затрат во времени. Например, в данном случае затраты на ВЭС за 30 лет оказываются ниже, чем на ТЭС, но это не дает однозначного преимущества инвестиций в ВЭС.

Таким образом, эффективность использования возобновляемых источников

энергии зависит от конкретных условий местоположения станций, что делает выбор оптимальных ниш для их размещения ключевым моментом. Географический фактор играет более важную роль по сравнению с ископаемыми источниками энергии. Поэтому говорить об эффективности их использования без учета условий данного места не имеет смысла. Основной задачей становится выбор фундаментальных сегментов (прежде



всего, физико-географических и экономико-географических) для размещения станций и развития энергетики на возобновляемых источниках энергии.

Таким образом, именно затраты, необходимые для строительства и эксплуатации объекта для производства энергии на основе ВИЭ, выглядят внушительно и, как следствие, снижают ценовую конкурентоспособность ВИЭ. Введение в эксплуатацию электростанции, работающей на ВИЭ, всегда намного дороже, чем запуск станции для получения такого же количества энергии, но из ископаемого топлива. Однако со временем обслуживание станции на ВИЭ всегда оказывается дешевле, поскольку отсутствуют затраты на энергоносители. В итоге чем выше цены на ископаемое сырье, тем более привлекательно выглядят ВИЭ, т. к. теоретически станция на ВИЭ рано или поздно окупится, однако срок окупаемости в некоторых случаях может превышать срок службы оборудования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последнее десятилетие страна пережила стремительное распространение возобновляемых источников энергии благодаря государственным и частным инвестициям. Однако распространение ВИЭ по-прежнему происходит очень медленно и неравномерно. Эта проблема связана с некоторыми важными элементами, которые можно разделить на два направления: политическое и экономическое. С политической точки зрения принятие недальновидных, зачастую фрагментарных и сложных мер может создать проблемы в процессе принятия решений, отпугнув инвесторов и новых акционеров. Что касается экономики, в политической повестке дня и в меньшем масштабе на уровне компаний все осознают важность возобновляемых источников энергии и необходимость упрощения существующего законодательства, а также содействия внедрению и распространению новых, более современных технологий, которые являются эффективными и экономичными.

Анализ подтверждает, что страна благодаря своему географическому положению постепенно достигает полную энергетическую самодостаточность, развивая и совершенствуя свою инфраструктуру и внедряя процессы конверсии электростанций. Анализ показывает, что инвестиции в возобновляемые источники энергии также приносят выгоды в социальном плане и в плане занятости, открывая важные возможности для развития сельских районов, которые часто

страдают от сокращения численности населения и нехватки рабочих мест. Однако одна из основных проблем связана с источниками финансирования и их труднодоступностью. На самом деле, строительство новой энергетической инфраструктуры требует чрезвычайно высоких первоначальных затрат, которые окупаются в долгосрочной перспективе. В этом направлении разработчики должны также способствовать распространению ВИЭ. Кроме того, еще один интересный аспект связан с инвестициями в НИОКР и необходимостью внедрения и обеспечения распространения более дешевых, эффективных и производительных современных технологий, которые проще в использовании, снижают затраты на техническое обслуживание и значительно повышают энергетическую мощность. Эти стратегии являются основным направлением, в которое нужно инвестировать, чтобы способствовать переходу энергетики к низкоуглеродному будущему и достижению амбициозных европейских целей.

В заключение анализ дает некоторые полезные выводы. Во-первых, он свидетельствует об экономических и социальных выгодах инвестиций в ВИЭ, которые могут быть использованы для обоснования дальнейших инвестиций в эту область. Во-вторых, в нем освещаются проблемы, связанные с финансированием, и необходимость политических вмешательств для содействия распространению ВИЭ посредством эффективных целенаправленных мер. В-третьих, подчеркивается важность инвестиций в исследования и разработки для содействия разработке и распространению более дешевых, эффективных и рационализаторских технологий.

На самом деле внедрение возобновляемых источников энергии часто происходит медленно еще и из-за технологической сложности новых патентов, которым требуются годы, прежде чем они смогут эффективно выполнять свою работу. Более того, их непрерывное развитие требует постоянного обновления, что может замедлить процесс и создать препятствия и ограничения при регистрации патентов. Данное исследование призвано дополнить предыдущие, документируя энергетическую ситуацию в РФ и то, как она может быть направлена на улучшение энергетического баланса и содействие созданию устойчивой энергетической системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Al-Qteishat, A. S. A. Renewable Energy Sources and the Government Strategy for Developing Energy Sector in Jordan / A. S. A. Al-Qteishat // RUDN Journal of Public Administration. – 2022. – Vol. 9, No. 4. – P. 456–465.
2. Borowski, P. F. Development of energy companies based on renewable energy sources / P. F. Borowski, F. Czerpko // Scientific Papers of Silesian University of Technology Organization and Management Series. – 2023. – Vol. 2023, No. 189. – P. 57–68.
3. Chandra, A. Protection of AC microgrid integrated with renewable energy sources – A research review and future trends / A. Chandra, G. K. Singh, V. Pant // Electric Power Systems Research. – 2021. – Vol. 193. – P. 107036.
4. Abdali, L. M. Combined energy systems based on renewable energy sources / L. M. Abdali, M. N. Al Maliki, R. H. Hejeejo [et al.] // MM Science Journal. – 2023. – Vol. 2023, No. 5.
5. Gielen, D. The role of renewable energy in the global energy transformation Energy Strategy Rev / D. Gielen, F. Boshell, D. Saygin, M. D. Bazilian, N. Wagner, R. Gorini. – 24 (2019). – P. 38–50.
6. Elistratov, V. Development of isolated energy systems based on renewable energy sources and hydrogen storage / V. Elistratov, R. Denisov // International Journal of Hydrogen Energy. – 2023. – Vol. 48, No. 70. – P. 27059–27067.
7. Gheorghiu, C. Integration of solar renewable energy sources in centralized thermal energy supply systems / C. Gheorghiu, G. Sava, E. Minciuc // EMERG – Energy. Environment. Efficiency. Resources. Globalization. – 2023. – Vol. 9, No. 1. – P. 63–71.
8. Azad, H. B. Long-term wind speed forecasting and general pattern recognition using neural networks / H. B. Azad, S. Mekhilef and V. G. Ganapathy // IEEE Trans. Sustain. Energy. Vol. 5, No. 2. – P. 546–553. – Apr. 2023.
9. Viktorovna, F. I. Impact of renewable energy sources consumption on economic growth in europe and asia–pacific region / F. I. Viktorovna, N. V. Yurievich, P. I. Viktorovna, O. L. Mikhailovna // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2021. – Vol. 11, No. 6. – P. 270–278.
10. Overview of policy and market dynamics for the deployment of renewable energy sources in Italy: Current status and future prospects / Luca Esposito // Smart Energy. – Volume 9, Issue 7, July 2023 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sciencedirect.com/> (дата обращения 10.04.2024).
11. Albogamy, F. R. Real-Time Scheduling for Optimal Energy Optimization in Smart Grid Integrated With Renewable Energy Sources / F. R. Albogamy, M. Y. I. Paracha, G. Hafeez [et al.] // IEEE Access. – 2022. – Vol. 10. – P. 35498–35520.
12. Upadhyay, S. Renewable energy technologies for cooking: Transforming rural lives / S. Upadhyay, D. P. Kothari and U. Shanker // IEEE Technol. Soc. Mag., vol. 32, no. 3, pp. 65–72, 2013.
13. Streimikiene, D. Public views of the economy of the renewable energy sources: Evidence from russia / D. Streimikiene, V. Akberdina // Contemporary Economics. – 2021. – Vol. 15, No. 3. – P. 256–266.
14. Возобновляемая энергетика России: технологии энергоперехода // Журнал Бюджет. – 2024. – № 1 (253). – С. 52–53.
15. Гордашникова, Д. М. Развитие альтернативных источников энергии в регионах России / Д. М. Гордашникова // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. – 2023. – № 3 (39). – С. 53–60.
16. Кузнецова, С. Ю. Анализ перехода на возобновляемую энергетику в России и Европейских странах / С. Ю. Кузнецова, Т. Я. Дружинина // Евразийское пространство: экономика, право, общество. – 2023. – № 7. – С. 39–43.
17. Шевцов, А. С. Перспективы возобновляемой энергетики в России / А. С. Шевцов, И. В. Проворная // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2022. – Т. 2, № 4. – С. 106–112.
18. U.S. EIA Today in energy [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.eia.gov> (дата обращения 10.04.2024).

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СУДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ФЛОТА ПРИ ПИТАНИИ ОТ БЕРЕГОВЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

### **Клеутин Владислав Иванович**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электротехники  
и электрооборудования,  
Омский институт водного транспорта  
(филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»,  
Омск, Россия

### **Руди Дмитрий Юрьевич**

старший преподаватель  
кафедры электротехники и электрооборудования,  
Омский институт водного транспорта  
(филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»,  
Омск, Россия

### **Антонов Александр Игоревич**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры электротехники  
и электрооборудования,  
Омский институт водного транспорта  
(филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»,  
Омск, Россия  
E-mail: aleksandr\_antonov\_85@mail.ru

### **Хацевский Константин Владимирович**

доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры электротехники  
и электрооборудования,  
Омский институт водного транспорта  
(филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»,  
Омск, Россия

Значительный рост нагрузки на объекты технического флота, такие как плавкраны, земснаряды, землососы и т. д., обуславливает проблему электромагнитной совместимости. Электроснабжение судов технического флота происходит от береговых сетей 0,4 кВ по экономическим причинам, но качество электроэнергии электропередачи «берег – судно» не соответствует требованиям ГОСТ 32144-2013 и Правилам классификации и постройки судов внутреннего плавания Российского речного регистра (ПСВП РРР). Физический износ судов технического флота обостряет данную проблему.

Предмет исследования: процессы, влияющие на устойчивость электрической нагрузки по напряжению судовой сети 0,4 кВ при электроснабжении судна от береговой сети 10 кВ и нарушающие ЭМС технических средств.

Цель исследования: разработка научных положений и рекомендаций, позволяющих повысить устойчивость судовых узлов нагрузки по напряжению при электроснабжении от береговых сетей.

Объект исследования: системы электроснабжения судов технического флота при питании от береговых электроэнергетических систем.

Результаты исследования: на основе проведённых исследований показано, что предложенная методика повышает устойчивость электрической нагрузки по напряжению судов технического флота при электроснабжении от береговых сетей, имеющая существенное значение для водного транспорта.

**Ключевые слова:** качество электрической энергии, электрическая сеть, гармоническое воздействие, несинусоидальность напряжений, высшие гармоники.

## IMPROVING THE QUALITY OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF TECHNICAL FLEET VESSELS WHEN SUPPLIED FROM SHORE REGIONAL ELECTRIC POWER SYSTEMS

### **Vladislav I. Kleutin**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Electrical  
Engineering and Electrical Equipment,  
Omsk Institute of Water Transport  
(branch) of FGBOU VO SSUVT,  
Omsk, Russia

### **Dmitry Yu. Rudi**

Senior Lecturer,  
Department of Electrical Engineering  
and Electrical Equipment  
Omsk Institute of Water Transport  
(branch) of FGBOU VO SSUVT,  
Omsk, Russia

### **Alexander I. Antonov**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of the Department  
of Electrical Engineering and Electrical Equipment  
Omsk Institute water transport  
(branch) of the Federal State Budgetary Educational  
Institution of Higher Education Saratov State University  
of Water Transport,  
Omsk, Russia  
E-mail: aleksandr\_antonov\_85@mail.ru

### **Konstantin V. Khatsevsky**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
Professor of the Department of Electrical Engineering  
and Electrical Equipment  
Omsk Institute of Water Transport  
(branch) of the Federal State Budgetary Educational  
Institution of Higher Education Saratov State University  
of Water Transport,  
Omsk, Russia

A significant increase in the load on technical fleet objects, such as floating cranes, dredgers, dredgers, etc., causes the problem of electromagnetic compatibility. Electricity supply of technical fleet vessels is carried out from 0.4 kV shore networks for economic reasons, but the quality of electricity of the shore-to-ship power transmission does not meet the requirements of GOST 32144-2013 and the Rules for the Classification and Construction of Inland Navigation Vessels of the Russian River Register (RSRR). Physical wear and tear of technical fleet vessels exacerbates this problem.

Subject of the study: processes affecting the stability of the electrical load on the voltage of the ship's 0.4 kV network when supplying the vessel with electricity from a 10 kV shore network and violating the EMC of technical equipment.

Objective of the study: development of scientific provisions and recommendations to improve the stability of ship voltage load nodes when powered from shore networks. Research subject: power supply systems of technical fleet vessels when powered from shore power systems.

Research results: based on the conducted research, it is shown that the proposed method increases the stability of the electrical load on the voltage of technical fleet vessels when powered from shore networks, which is essential for water transport.

**Keywords:** quality of electrical energy, electrical network, harmonic effect, non-sinusoidal voltage, higher harmonics.

## ВВЕДЕНИЕ

Освоение регионов Сибири и Дальнего Востока обуславливает интенсивное развитие единой транспортной инфраструктуры (автомобильного, водного и железнодорожного транспорта). Водному (речному) транспорту отводится значительная доля грузоперевозок. Это увеличивает нагрузку на технический флот (плавкраны, земснаряды, землесосы и т. д.), который обеспечивает водный путь [1].

Электроснабжение береговых объектов (портов, нефтебаз, судоремонтных заводов, транспортных терминалов по переработке грузов совместно с железнодорожным транспортом) осуществляется в основном от региональных электроэнергетических систем (ЭЭС). В береговых сетях (6–10) кВ объектов водного транспорта, характеризующихся небольшими мощностями трёхфазного короткого замыкания (КЗ), обостряется проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) из-за качественных изменений нагрузок в электрических сетях общего назначения, появляются кондуктивные электромагнитные помехи (ЭМП). Так, в сетях Западной Сибири произошло увеличение доли нелинейных нагрузок тяговых подстанций железнодорожного транспорта и нефтегазодобывающих месторождений [2–5].

По экономическим причинам суда технического флота, где это возможно, получают электроэнергию от береговых сетей [6]. При этом снижается качество функционирования электропередачи «берег – судно» 0,4 кВ. Проблема ЭМС многогранна, и одна из научно-технических задач – повышение устойчивости судовых узлов нагрузки по напряжению при электроснабжении от береговых сетей не решена. Отсутствует соответствующий стандарт или методика.

Применение СЭС для судов технического флота обуславливается экономической эффективностью. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений для осуществления технических и организационных мероприятий в береговой и судовой сетях составляет от 0,5 до 1,5 года.

Среди источников кондуктивных ЭМП в электропередаче «берег – судно» 0,4 кВ выделяются электроприёмники плавкранов с резкопеременным режимом работы. Эти приёмники при некачественной электроэнергии в береговой сети нарушают уровни ЭМС для кондуктивных ЭМП, распространяющихся по проводам. В основном наблюдаются кондуктивные ЭМП по отклонению напряжения, которые снижают устойчивость судовых узлов нагрузки, состоящих из

асинхронных двигателей, по напряжению [11, 12].

Известно, что уменьшение напряжения на зажимах асинхронного двигателя приводит к уменьшению максимума активной мощности  $P$  и росту скольжения  $S$ . Это приводит к нарушениям критерия статической устойчивости асинхронного двигателя  $(dP/dS) > 0$  [13, 14]. В результате этого двигатель резко тормозится и «прокидывается», разрушая при этом приводные механизмы, вызывая тяжёлые технологические аварии.

Сложность возникновения и определения путей проникновения кондуктивных ЭМП в электропередаче «берег – судно» обусловило применение системного анализа к определению направления исследований и методов подавления этих помех.

Теоретической базой выполненных исследований являются научные работы учёных и специалистов в области ЭМС технических средств [2, 7–10]. Ретроспективный анализ этих исследований показал, что они не позволяют обеспечить достоверное научно-техническое обоснование для принятия технических решений по подавлению кондуктивных ЭМП, снижающих устойчивость узлов нагрузки по напряжению в судовых электрических сетях при электроснабжении судов с берега.

В связи с этим теоретически исследовались зависимость параметров ЭМС как показателей качества функционирования технических средств от нарушений качества напряжений в питающих электрических сетях и процесс возникновения кондуктивных ЭМП, распространяющихся по проводам, а также возможности применения производящей функции для определения параметров поля событий, характеризующего сложную ЭМО [15].

В действующей электропередаче «берег – судно» 0,4 кВ может наблюдаться  $n$ -е количество кондуктивных ЭМП, обусловленных нестандартными значениями показателей качества электроэнергии (КЭ). Эти помехи взаимосвязаны и многогранны. В связи с этим теоретически исследовались условия, при которых обеспечивается устойчивость судовых узлов нагрузки по напряжению с помощью помехоподавляющих технических средств (ППТС).

Кондуктивные ЭМП обладают стохастическими свойствами и порождаются превышением нормально и предельно допустимых значений показателей КЭ [16]. Параметры этих ЭМП составляют множество  $G_k$ :

$$G_k = \{g_k^{(1)}, g_k^{(2)}, \dots, g_k^{(i)}, \dots, g_k^{(m)}\}, \quad (1)$$

где  $g_k^{(1)}, g_k^{(2)}, \dots, g_k^{(i)}, \dots, g_k^{(m)}$  – параметры кондуктивных ЭМП по  $i$ -му показателю КЭ;

$i = 1, m$  – замкнутое множество;  $g_k^{(i)} \in G_k$ .

Множество  $G_k$  содержится во множестве

$$G_k \subset \Sigma M, \quad (2)$$

которое отображает общую ЭМО.

Параметры ППТС также составляют множество

$$G_z = \{g_z^{(1)}, g_z^{(2)}, \dots, g_z^{(i)}, \dots, g_z^{(m)}\}, \quad (3)$$

где  $g_z^{(1)}, g_z^{(2)}, \dots, g_z^{(i)}, \dots, g_z^{(m)}$  – параметры ППТС;

$i = 1, m$  – замкнутое множество;  $g_z^{(i)} \in G_z$ .

Множество  $G_z$  определяется характером ЭМО, поэтому определено на множестве

$$G_z \subset \Sigma M. \quad (4)$$

Поскольку процесс реакции ППТС на ЭМП происходит в единой ЭМО, можно использовать биекцию (взаимно однозначное отображение). С помощью такого подхода доказываются, что

$$g_z^{(i)} \leftrightarrow g_k^{(i)}, \quad (5)$$

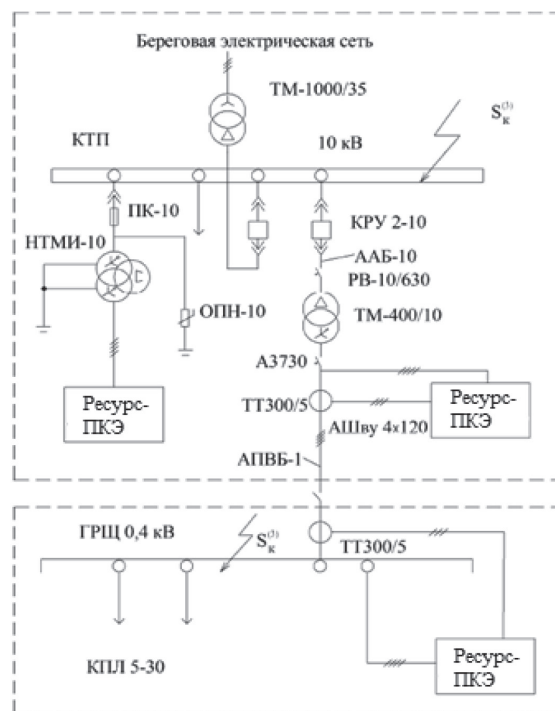
где  $i = 1, n$  – замкнутое множество.

Таким образом, основным условием повышения устойчивости судовых узлов нагрузки по напряжению в электропередаче «берег – судно» путём подавления кондуктивных ЭМП является обеспечение единого параметрического пространства параметров этих помех и ППТС [17].

Планирование эксперимента является одним из основных этапов исследований сложных систем и многофакторных объектов. Чётко провести эксперимент, объективно оценить сведения об изучаемом переходном процессе и распространить материал, полученный в одном исследовании, на другие подобные процессы можно только в том случае, если эти экспериментальные исследования научно обоснованно поставлены, а их обработка выполнена при обобщённом подходе [16].

При исследовании сложной ЭМО характерна взаимная связь экспериментальных и аналитических методов. ЭМО в электропередаче «берег – судно» можно отнести к сложной как по количеству электромагнитных явлений (процессов) в заданной области пространства, частотном и временном диапазонах, так и по их характеру. Их нельзя расчленить на независимые составляющие и при определении параметров ЭМО применить в той или иной форме метод наложения, изменяя влияющие факторы «по одному». Поэтому при изучении явлений используются данные натурального эксперимента [18].

При разработке электрической схемы экспериментальных исследований и выборе измерительной аппаратуры учитывались требования к метрологическим характеристикам средств измерений, предъявляемые ГОСТ 32144-2013. Использовалось только сертифицированное оборудование (рис. 1). Параметры ЭМО определялись с помощью прибора-анализатора качества электроэнергии «Ресурс-ПКЭ».



**Рисунок 1.** Электрическая схема электроснабжения плавкрана типа КПЛ 5–30 с аппаратурой средств измерений при экспериментальных исследованиях

Произведены технические мероприятия в береговой сети 10 кВ с целью обеспечения нормируемых уровней ЭМС для кондуктивных ЭМП. В частности, медленные изменения напряжений характеризовались параметрами: математическим ожиданием  $M[\delta U_{II}] = 2,48 \%$ , средним квадратическим отклонением  $\sigma[\delta U_{II}] = 3,2 \%$ .

Разработана методика определения параметров распределения кондуктивной ЭМП по медленным изменениям напряжения в судовой сети 0,4 кВ при электроснабжении плавкрана типа КПЛ 5–30 от береговой сети 10 кВ [19, 20]. Учитывали, что требования к показателям КЭ для судов внутреннего плавания определяются ПСВП РРР.

Отклонение напряжений  $\delta U$  в судовых сетях 0,4 кВ технического флота определяется режимом работы основных приемников электроэнергии. Поэтому было принято, что расчётное время измерений  $T_p$  соответствует периоду цикла работы плавкрана ( $T_{II}$ ).

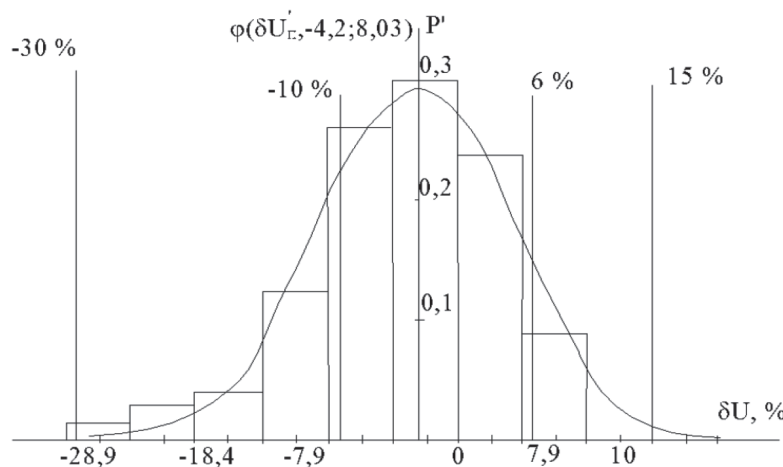
Процесс возникновения кондуктивной ЭМП по медленным изменениям напряжений представляется математической моделью [21, 22]:

$$\delta U \{ [P(\delta U_{K+} < \delta U < \infty) + P(-\infty < \delta U < \delta U_{K-})] > (1,5/T_{II}) \}; \quad (6)$$

$$[P(\delta U_{D+} < \delta U < \delta U_{K+}) + P(-\infty < \delta U < \delta U_{K-})] \neq 0 \} \subseteq \delta U_{II}^1$$

Таким образом, кондуктивная ЭМП  $\delta U_{II}$  появляется в судовой сети при электроснабжении судна от береговой сети тогда, когда вероятность нахождения  $\delta U$  в течение цикла ( $T_{II}$ , с) в пределах  $(\delta U_{K+}; \infty)$  и  $(-\infty; \delta U_{K-})$  превышает допустимое значение  $(1,5/T_{II})$ , а в пределах  $(\delta U_{D+}; \delta U_{K+})$  и  $(\delta U_{K-}; \delta U_{D-})$  не равна нулю. Она появляется также при выполнении только одного условия.

Результаты математической обработки медленных изменений напряжений на шинах 0,4 кВ ГРЩ показали, что требования ПСВП РРР не выполняются. Случайная величина  $\delta U$  следует нормальному закону распределения теории вероятности и математической статистики с параметрами:  $M[\delta U] = 4,2 \%$ ;  $\sigma[\delta U] = 8,03 \%$ ; относительное значение времени превышения длительных допустимых значений медленных изменений напряжений составляет около 20 %, а относительное значение времени превышения кратковременных допустимых значений медленных изменений напряжений около 1 % (рис. 2).



**Рисунок 2.** Гистограмма распределения отклонений напряжения, совмещенная с графиком нормальной плотности вероятности распределения  $\varphi(\delta U_{II}; -4,2; 8,03)$  и нормируемыми Правилами классификации и постройки судов внутреннего плавания Российского речного регистра значениями отклонений напряжения

Нормальная плотность вероятности распределения кондуктивной ЭМП по медленным изменениям напряжения  $\delta U_{II}$  определяется по формуле:

$$\varphi(\delta U_{II}, -4,2, 8,03) = 0,274 \exp \left[ \frac{-(\delta U_{II} + 4,2)^2}{129} \right]. \quad (10)$$

Вероятность появления величины  $\delta U_{II}$  за цикл работы плавкрана, рассчитанная по формуле (8), составляет 0,2.

Таким образом, с вероятностью 0,95 можно утверждать, что кондуктивная ЭМП

по отклонению напряжения в судовой электрической сети 0,4 кВ при электроснабжении от береговой сети 10 кВ характеризуется параметрами  $M[\delta U_{II}] = -4,2 \%$ ,  $\sigma[\delta U_{II}] = 8,03 \%$ . Вероятность появления этой помехи превышает допустимое значение (0,05) в 4 раза. Если учесть, что разгрузка, например, баржи песка грузоподъемностью 1000 т продолжается в среднем 22 часа непрерывной работы, то время действия этой помехи достигает 5 часов.

Исследовались статические характеристики нагрузки плавкрана типа КПЛ 5–30 по



напряжению, которая представлена асинхронными двигателями серии 4МТН 280 S10. Установлено, что для исследуемого узла нагрузки критическое напряжение составляет 70 % от номинального напряжения, т. е.  $U_{кр} \approx 0,7U_{н}$ .

В таблице приведены расчетные значения коэффициента запаса устойчивости узла нагрузки по напряжению ( $K_{(U)}$ ) в зависимости от вероятности снижения напряжения ( $P$ ) по интервалам.

Среднее значение отклонения напряжения по интервалам, %	-23,625	-18,375	-13,125	-7,875
Среднее значение напряжения в интервале, В	290	310	330	350
Коэффициент запаса устойчивости нагрузки по напряжению	0,0789	0,138	0,186	0,207
Вероятность попадания напряжения в интервал P, о.е.	0,02	0,058	0,147	0,207
Функция $K(U)=f(P)$ в середине интервала	0,0311	0,1	0,182	0,247

Методом выравнивания был определен вид математической зависимости  $K_{(U)} = f(P)$  в виде параболы, а методом средних определен её постоянный коэффициент. В результате получили следующую эмпирическую математическую модель для прогнозирования коэффициента  $K_{(U)}$  в течение рабочего цикла погрузо-разгрузочных работ плавкрана от вероятности появления определенного уровня напряжения в электропередаче «берег – судно» 0,4 кВ.

$$K_{(U)} = P^{0,8866}. \quad (11)$$

Эта функция не имеет точек и линий разрыва и является дифференцируемой. Аналитичность этой функции соответствует условиям Коши – Риммана.

Областью применения этой модели являются электрические сети 0,4 кВ судов технического флота при электроснабжении от береговых сетей. Относительная ошибка расчетов с вероятностью 0,95 не превышает  $\pm 14\%$ .

Расчетным путем исследовалось влияние потребляемой реактивной мощности в судовой электрической сети на напряжение в электропередаче «берег – судно» 0,4 кВ. Установлено, что регулирующий эффект нагрузки плавкрана при  $U > U_{кр}$  имеет положительное значение, но недостаточное для обеспечения устойчивой работы электроприёмников.

Для повышения устойчивости узлов нагрузки по напряжению рекомендуется использовать также систему автоматического регулирования напряжения (АРН). Предложено стабилизировать напряжение в центре питания (ЦП) электропередачи «берег – судно» 0,4 кВ. При этом основным достоверным параметром, характеризующим уровень напряжения, представляется математическое ожидание кондуктивной ЭМП по отклонению напряжения  $M[\delta U_{П}]$ , которая имеет знак минус. На рисунке 3 показана блок-схема АРН [26–28].

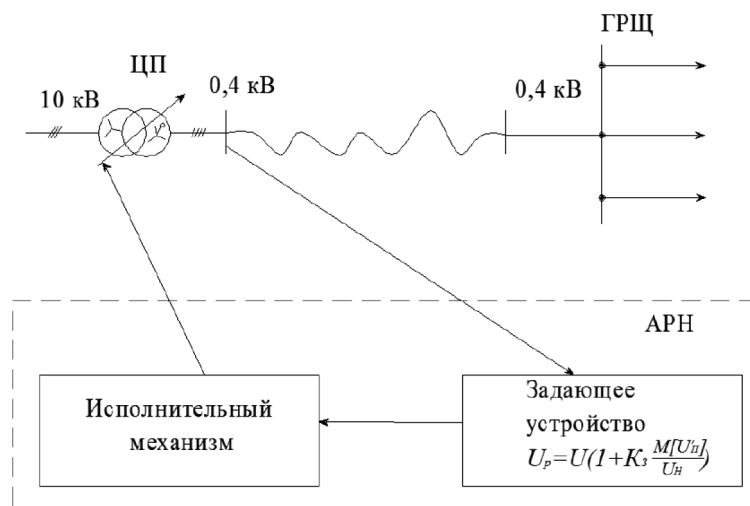


Рисунок 3. Блок-схема автоматического регулирования напряжения

Закон регулирования напряжения в ЦП представляется математической моделью

$$U_p = U \left\{ 1 + K_3 \cdot \frac{M[\delta U_H]}{U} \right\}, \quad (12)$$

где  $K_3 = 1,15$  – коэффициент запаса настройки регулятора напряжения;  $U$  – фактическое напряжение в сети, В.

Эффективность предложенной методики повышения устойчивости судовых узлов нагрузки по напряжению экспериментально проверялась во время опытов [29].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руди, Д. Ю. Проблема качества электроэнергии судовых электроэнергетических систем / Д. Ю. Руди // Омский научный вестник. – 2018. № 3 (159). – С. 40–43.
2. Асосков, С. М. К проблеме электроснабжения при некачественной электроэнергии / С. М. Асосков, М. Г. Вишнягов, Е. В. Иванова [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2010. – № 1. – С. 333–336.
3. Руди, Д. Ю. Проблемы качества электроэнергии и электромагнитной совместимости в электроэнергетических системах / Д. Ю. Руди, В. И. Клеутин, А. И. Антонов // Трансформация научной мысли в XXI веке : сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 692–707.
4. Хацевский, К. В. Проблемы качества электроэнергии в системах электроснабжения / К. В. Хацевский, Ю. М. Денчик, В. И. Клеутин [и др.] // Омский научный вестник. – 2012. – № 2 (110). – С. 212–214.
5. Денчик, Ю. М. Электромагнитная обстановка в электрических сетях Прииртышья / Ю. М. Денчик, Е. В. Иванова, М. Н. Иванов [и др.] // Проблемы электроэнергетики и телекоммуникаций Севера России – 2020 : сборник статей I Всероссийской с международным участием научно-практической онлайн-конференции. – 2020. – С. 121–126.
6. Антонов, А. И. Техно-экономический аспект электроснабжения судна от береговой сети / А. И. Антонов, Д. А. Зубанов, В. И. Клеутин, А. А. Руппель // Современные научные исследования: актуальные проблемы и тенденции : сборник трудов Международной научно-практической конференции. – 2014. – С. 14–18.
7. Горелов, В. П. Проблемы электроснабжения в Сибири и на Дальнем Востоке / В. П. Горелов, Морев К. Н. // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2016. – № 3–4. – С. 144–147.
8. Агафонов А. М. Обеспечение электромагнитной совместимости систем интеллектуального управления при появлении помех в судовых кабельных трассах / А. М. Агафонов, А. А. Воршевский, П. А. Воршевский [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 1–3 (47). – С. 115–120.
9. Агафонов, А. М. Обеспечение электромагнитной совместимости судового электрооборудования / А. М. Агафонов, А. А. Воршевский, П. А. Воршевский, Е. С. Гришаков // Морской вестник. – 2019. – № 2 (70). – С. 55–57.
10. Агафонов, А. М. Электромагнитная совместимость как условие одобрения судового оборудования / А. М. Агафонов, А. А. Воршевский, П. А. Воршевский // Морской вестник. – 2013. – № S1 (10). – С. 50–52.
11. Савельев, И. А. Источники электромагнитных помех в сетях 0,4 кВ общего назначения / И. А. Савельев, С. А. Большанин, Е. В. Иванова // Актуальные проблемы автоматизации и энергосбережения в ТЭК России : материалы Всероссийского с международным участием научно-практического семинара. – 2018. – С. 172–174.
12. Антонов, А. И. Анализ влияния основных показателей качества электроэнергии на судовую сеть / А. И. Антонов, Д. А. Зубанов, В. И. Клеутин, А. Е. Швецова // Сборник научных трудов. – Омск, 2013. – С. 102–109.
13. Антонов, А. И. Анализ факторов, влияющих на статическую устойчивость электроэнергетической системы / А. И. Антонов, Д. А. Зубанов, В. И. Клеутин, А. С. Никишкин // Сборник научных трудов. – Новосибирская государственная академия водного транспорта. Иртышский филиал (Омск). – Омск, 2012. – С. 66–70.
14. Антонов, А. И. Анализ общей характеристики устойчивости узлов нагрузки электроэнергетических систем / А. И. Антонов, А. А. Сидоренко, К. В. Хацевский, В. И. Клеутин // Сборник научных трудов. – Омск, 2013. – С. 4–6.
15. Денчик, Ю. М. Определение параметров поля событий в электрических сетях при сложной электромагнитной обстановке / Ю. М. Денчик // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2010. – № 2. – С. 418–424.
16. Иванова, Е. В. Кондуктивные электромагнитные помехи в электроэнергетических системах / Е. В. Иванова ; под ред. В. П. Горелова, Н. Н. Лизалека. – Новосибирск : НГАВТ, 2006. – 432 с.
17. Клеутин, В. И. Устойчивость узла нагрузки по напряжению плавкрана при электроснабжении от береговых сетей / М. Н. Иванов, В. И. Клеутин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2012. – № 2. – С. 320–322.
18. Венников, В. А. Теория подавления и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики) : учебное пособие для вузов / В. А. Венников. – М. : Высшая школа, 1976. – 479 с. с ил.
19. Денчик, Ю. М. Методика определения кондуктивных электромагнитных помех по установившемуся отклонению напряжения в судовой электрической сети / Ю. М. Денчик, Д. А. Зубанов, В. И. Клеутин [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2012. – № 1. – С. 327–330.
20. Клеутин, В. И. Определение отклонение напряжения в линии электропередачи «берег-судно» / В. И. Клеутин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2012. – № 1. – С. 336–339.

21. Антонов, А. И. Вероятность и процесс возникновения кондуктивной электромагнитной помехи в электроэнергетических системах / А. И. Антонов, М. Г. Вишнягов, В. И. Клеутин, А. А. Руппель // Сборник научных трудов. – Омский институт водного транспорта (филиал) ФГБОУ ВО "СГУВТ". – Омск, 2015. – С. 4–8.
22. Ковалев, А. Ю. Математическое описание процесса формирования в электрической сети кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех / А. Ю. Ковалев, Н. А. Ковалева, Е. В. Иванова [и др.] // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы : материалы VI Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 143–145.
23. Денчик, Ю. М. Статистическая оценка влияния резкопеременного режима работы плавкрана КПЛ 667 на качество напряжения в береговой сети 0,4 кВ / Ю. М. Денчик, П. А. Дзюба, Д. А. Зубанов [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 1. – С. 291–296.
24. Денчик, Ю. М. Обеспечение качества напряжения в электрических сетях Омского судостроительно-судоремонтного завода / Ю. М. Денчик, Д. А. Зубанов, В. И. Клеутин [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2012. – № 1. – С. 334–336.
25. Ананьина, Т. В. Электромагнитная совместимость береговой и судовой электрических сетей при электроснабжении судна с берега / Т. В. Ананьина, Ю. М. Денчик, Е. В. Иванова [и др.] // Проблемы электроэнергетики и телекоммуникаций Севера России : сборник трудов IV Международной научно-практической конференции. – Москва, 2023. – С. 489–495.
26. Денчик, Ю. М. Обеспечение согласованного электроснабжения береговых и плавучих объектов в акваториях портов (причалов) / Ю. М. Денчик, Д. А. Зубанов, Е. В. Иванова, В. Г. Сальников // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2021. – № 3. – С. 39–44.
27. Смыков, Ю. Н. Роль повышения качества функционирования электропередачи «берег-судно» при разработке планов управления энергоэффективностью судна / Ю. Н. Смыков // Проблемы электроэнергетики и телекоммуникаций Севера России : сборник трудов IV Международной научно-практической конференции. – Москва, 2023. – С. 138–145.
28. Смыков, Ю. Н. Проблемы электроснабжения судов технического флота от береговой электрической сети / Ю. Н. Смыков // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2015. – № 3. – С. 192–194.
29. Смыков, Ю. Н. Значимые регулирующие эффекты по напряжению фидера судовой электрической нагрузки / Ю. Н. Смыков, Д. А. Зубанов, Ю. М. Денчик [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2018. – № 1. – С. 206–211.

## ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ СПЕКТРА ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ТОКАХ 310 ЗАЩИЩАЕМЫХ ПРИСОЕДИНЕНИЙ ПРИ НАЛИЧИИ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТИ

**Парамзин Александр Олегович**  
преподаватель,  
Югорский государственный университет,  
Ханты-Мансийск, Россия  
E-mail: a\_paramzin@ugrasu.ru

*Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (код темы: FENG-2023-0005)*

Предмет исследования: методы относительного замера высших гармоник для определения линии с однофазным замыканием на землю.

Цель исследования: оценка чувствительности методики поиска поврежденного присоединения на основе вейвлет-преобразования по энергии спектра высших гармоник.

Объект исследования: распределительные сети 6(10) кВ.

Результаты исследования: показано, что уровень гармонических искажений не влияет на работоспособность методики, вне зависимости от точки ОЗЗ и гармонического состава нагрузки поврежденному присоединению соответствует наибольшее значение энергии спектра.

**Ключевые слова:** высшие гармоники, однофазное замыкание на землю, энергия спектра, вейвлет-преобразование.

## ASSESSMENT OF THE SPECTRAL ENERGY OF ZERO-SEQUENCE CURRENTS IN PROTECTED FEEDERS WITH THE PRESENCE OF SINGLE-PHASE TO GROUND FAULT IN THE ISOLATED NETWORK

**Alexander O. Paramzin**  
lecturer,  
Yugra State University,  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: a\_paramzin@ugrasu.ru

*The research was done within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (FENG-2023-0005)*

Subject of research: methods of relative measurement of higher harmonics for detecting a faulty feeder with a single-phase ground fault.

Purpose of research: evaluation of sensitivity of the methodology of faulty feeder search using wavelet transform.

Object of research: distribution networks of 6(10) kV.

Main results of research: the level of higher harmonics does not affect the performance of the technique, regardless of the point of the fault and the harmonic composition of the load, the damaged connection is the highest value of the spectrum energy.

**Keywords:** higher harmonics, single phase ground fault, spectral energy, wavelet transform.

## ВВЕДЕНИЕ

На протяжении более 100 лет российская энергетическая структура характеризуется преобладанием распределительных сетей напряжением 6 (10) кВ. Как правило, большая часть из них выполнена воздушными линиями электропередачи (ВЛЭП) и функционирует в режиме изолированной нейтрали. Несмотря на высокий уровень надежности электроснабжения, важно отметить довольно частое возникновение однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) в таких сетях [2]. Такой вид замыкания не шунтирует нагрузку, как следствие, не относится к коротким замыканиям, а значит, при малых токах замыкания позволяет осуществлять эксплуатацию сети в процессе поиска повреждения.

При наличии ОЗЗ в месте замыкания возникает емкостный ток, обусловленный распределенной емкостью фазных проводников относительно земли. По своей природе ток ОЗЗ является распределенным между тремя фазами однофазным током

(ток нулевой последовательности) обратным проводником, для которого выступает земля или (при их наличии) грозозащитные тросы, экраны и другие металлические конструкции.

Возникновение ОЗЗ приводит к растеканию этого тока в зоне повреждения, который является причиной смещения нейтрали и, как следствие, повышения напряжения неповрежденных фаз относительно земли до линейных значений. ОЗЗ может повлечь за собой возникновение возгораний, способствует возникновению более тяжелых повреждений, а также несет опасность поражения электрическим током живых организмов в зоне повреждения. А значит, важно, несмотря на возможность существования замыкания в сети, пока осуществляется его поиск, выполнить эту задачу как можно быстрее.

Защита от ОЗЗ может быть организована с использованием селективного [6] и неселективного подхода, где последний подразумевает общий контроль изоляции за счет измерения напряжения нулевой



последовательности с сигнализацией его наличия. Однако определить конкретное присоединение при организации защит подобного рода невозможно без их поочередного отключения. Селективные устройства, в свою очередь, выполняют, опираясь на контроль тока нулевой последовательности, где наибольшее распространение получили защиты, функционирующие на основе высших гармоник [1].

Начиная с 60-х годов и до недавнего времени должный уровень селективности обеспечивался устройствами абсолютного замера высших гармоник в отходящих присоединениях, однако в связи с ростом нелинейных нагрузок увеличивался уровень искажений токов и напряжений в питающих центрах, а вместе с тем возросли уровни высших гармоник в емкостных токах. Одна из причин низкого технического совершенства указанных устройств продемонстрирована в работе [5] и заключается в наличии погрешности при оценке максимально и минимально возможных уровней высших гармоник в токе замыкания на землю.

Более совершенные устройства относительного замера функционируют на основе сравнения уровней высших гармоник в фазах защищаемых присоединений между собой. Для устойчивой работы в условиях изменяющегося гармонического состава нагрузки устройства относительного замера принято выполнять реагирующими на суммарный уровень определенных гармоник в токах ЗіО. Исходя из анализа работ [11, 13], можно сделать вывод о том, что оптимальными в данном случае будут являться гармоники с 3 по 13.

Подход к идентификации однофазных замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью на основе вейвлет-преобразования по энергии спектра высших гармоник продемонстрирован в работе [7]. Авторы [10] отмечают необходимость оценки чувствительности защит к различным уровням ВГ при их разработке и проектировании. Выбору параметров и рекомендациям по расчету уставок посвящена работа [3]. Для оценки уровня нестабильности высших гармоник в работе [8] применена математическая модель компенсированной распределительной сети, по результатам работы которой установлено, что низкий уровень ВГ на фоне малых значений тока ОЗЗ может приводить к несрабатыванию существующих защит. А значит, проведение оценки работоспособности разрабатываемых

методик в граничных условиях является актуальной задачей.

Граничные уровни ВГ зависят от множества факторов, прежде всего, от состава источников ВГ и режимов их работы, и оценить его с достаточной точностью для конкретной сети представляется невозможным. В данной работе продемонстрирована серия вычислительных экспериментов на имитационной модели распределительной сети с изолированной нейтралью, по результатам которых определены минимальные условия работоспособности методики поиска поврежденного присоединения по энергии спектра высших гармоник, где в качестве основного инструмента выступает вейвлет-преобразование.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Имитационная модель разработана в среде Matlab Simulink в соответствии с теоретическими положениями и результатами статистического анализа, продемонстрированными в работах [12, 9]. Модель содержит источник бесконечной мощности напряжением 110 кВ, последовательно к которому подключен понижающий трансформатор марки ТМН-6300/110/10. Насыщение трансформатора не учитывалось, поскольку, по разным оценкам, недостоверная кривая намагничивания может давать погрешность от 10 % при оценке 5-й гармоники и до 40 % при оценке 7-й гармоники. Несинусоидальная нагрузка смоделирована схемой замещения с источником тока для каждой гармоники [4]. Действующие значения отдельных гармонических составляющих при моделировании не превышали требований ГОСТ 32144-2013.

Определяющим фактором при исследовании ОЗЗ является учет параметров линий электропередачи, где ключевым является емкостная проводимость, в значительной степени определяющая величину емкостных токов сети. В данной работе параметры ЛЭП рассчитаны методом зеркальных отображений при помощи надстройки `powergui` применительно к ЛЭП 10 кВ, выполненной проводом марки АС-35/6,2 на железобетонных опорах по типовому проекту серии 3.407.1-143.

Модель сети, представленная на рисунке 1, включает 3 отходящих с секции шин трансформатора 10 кВ линий, нагрузка которых и ее гармонический состав варьируются в заданном диапазоне.

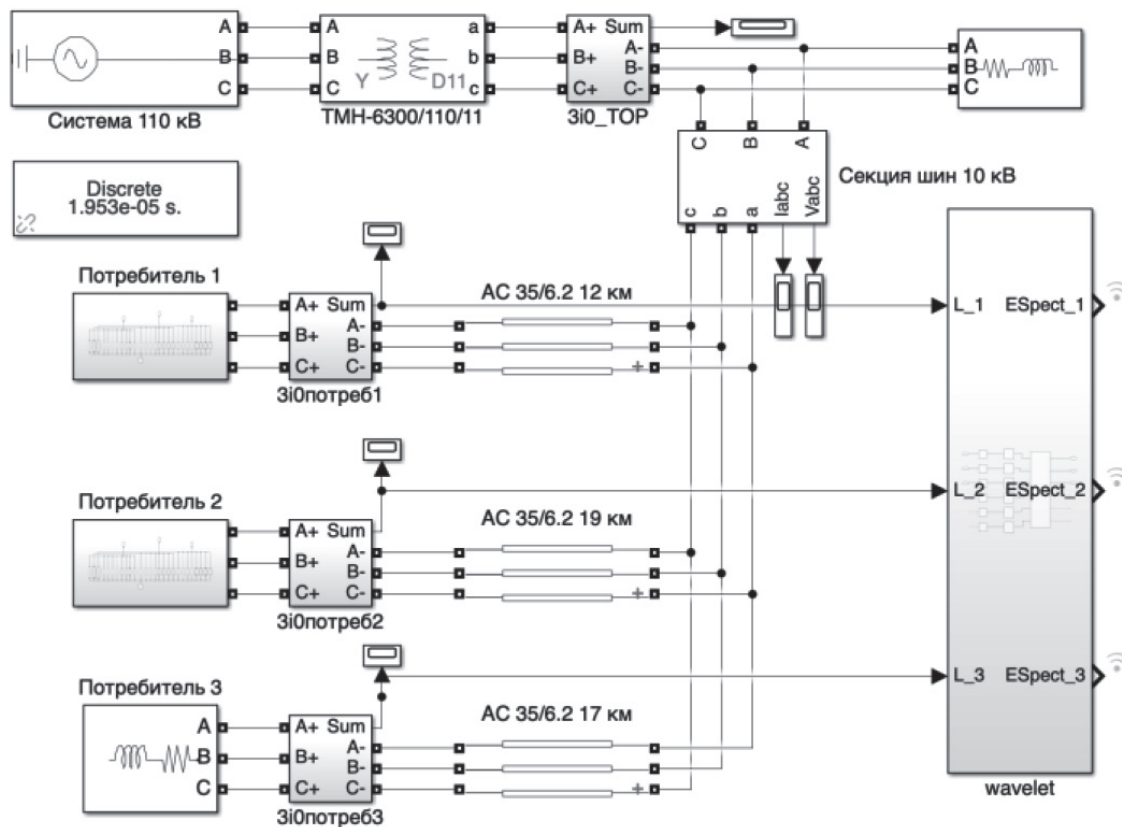


Рисунок 1. Фрагмент имитационной модели в Matlab Simulink

Длина линий и ее параметры неизменны на протяжении всех экспериментов. Блок “Wavelet” позволяет осуществлять захват осциллограмм  $3i_0$  отходящих с частотой 12,8 кГц в количестве 6 периодов, которые подвергаются дискретному вейвлет-преобразованию вейвлетом Добеши 20-го порядка и представляются суммой аппроксимирующих и детализирующих коэффициентов согласно (1):

$$3i_0(t) = \sum_k C_{j,k} \varphi_{j,k}(t) + \sum_k D_{j,k} \psi_{j,k}(t), \quad (1)$$

где  $\varphi_{j,k}(t)$  – масштабирующая функция;  $\psi_{j,k}(t)$  – вейвлет;  $C_{j,k}$  – аппроксимирующие коэффициенты;  $D_{j,k}$  – детализирующие коэффициенты.

По найденным амплитудам вейвлет-коэффициентов вычисляется суммарная энергия спектра высших гармоник с 3 по 13 для каждого присоединения:

$$E_{3i_0} = \int 3i_0^2(t) dt = C_{\psi}^{-1} \iint 3i_0(j,k) \frac{djdk}{j^2}. \quad (2)$$

Затем значения энергии спектра подвергаются двунаправленной сортировке перемешиванием (шейкерная сортировка), по итогам которой выбирается наибольшее из них, соответствующее поврежденному

присоединению с наличием однофазного замыкания на землю.

Эксперимент № 1 (рис. 2) подразумевает конфигурацию сети, состоящую из трех присоединений с ОЗЗ в конце линии 1, где начальным условиям соответствует следующий набор данных: нагрузка присоединений на частоте 50 Гц соответствует  $I_{1,50\text{Гц}}=10$  А,  $I_{2,50\text{Гц}}=13$  А,  $I_{3,50\text{Гц}}=7$  А; эксперимент включает 72 итерации с изменением  $I_{1,50\text{Гц}}$  в диапазоне от 10 до 50 А с шагом в 5 А, а также  $I_{1,150\text{Гц}}$  в диапазоне от 1 до 30 % опорной частоты с шагом в 4 %; нагрузка потребителей 2 и 3 неизменна.

По результатам эксперимента № 1 видно, что для любой вариации параметров линии с наличием однофазного замыкания на землю соответствует наибольшее значение энергии спектра ВГ. Для итерации с минимальным уровнем искажений распределение энергии спектра между присоединениями составляет 40:1:0 о.е. Для итерации с наибольшим уровнем искажений распределение составляет 40:1:0 о.е. Важно отметить, что в данном эксперименте поврежденная линия является основным источником искажений в сети, что не позволяет гарантировать достоверность результатов и требует рассмотрения более сложного случая.

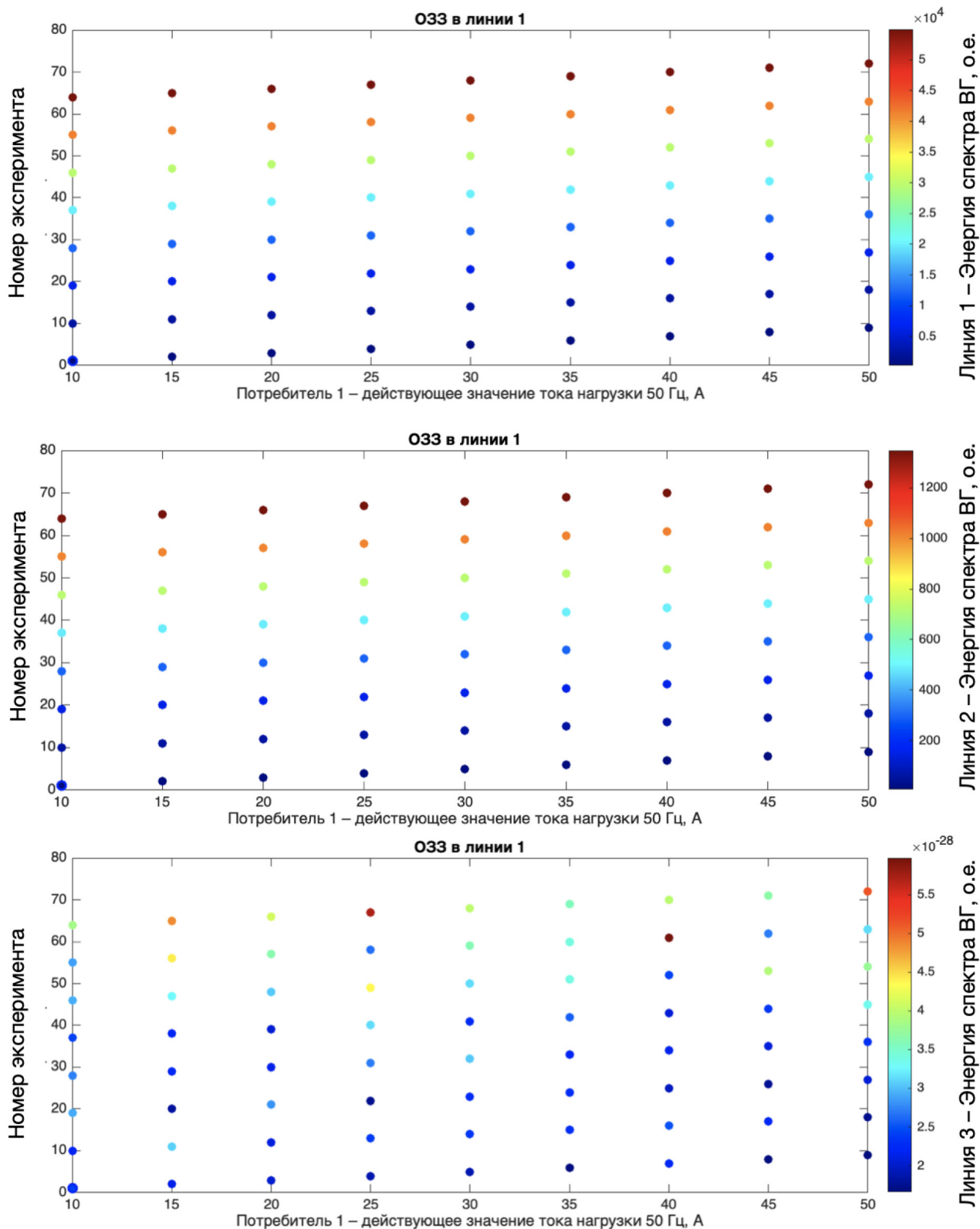


Рисунок 2. Результаты эксперимента № 1

Эксперимент № 2 (рис. 3) подразумевает условия, идентичные эксперименту № 1, за исключением переноса точки ОЗЗ в конец линии 2, где ток нагрузки представлен чистой синусоидой без гармонических искажений.

Результаты эксперимента № 2 показывают соответствие поврежденному присоединению наибольших значений энергии спектра, несмотря на активный характер нагрузки данного присоединения в нормальном режиме работы сети, уровень искажений

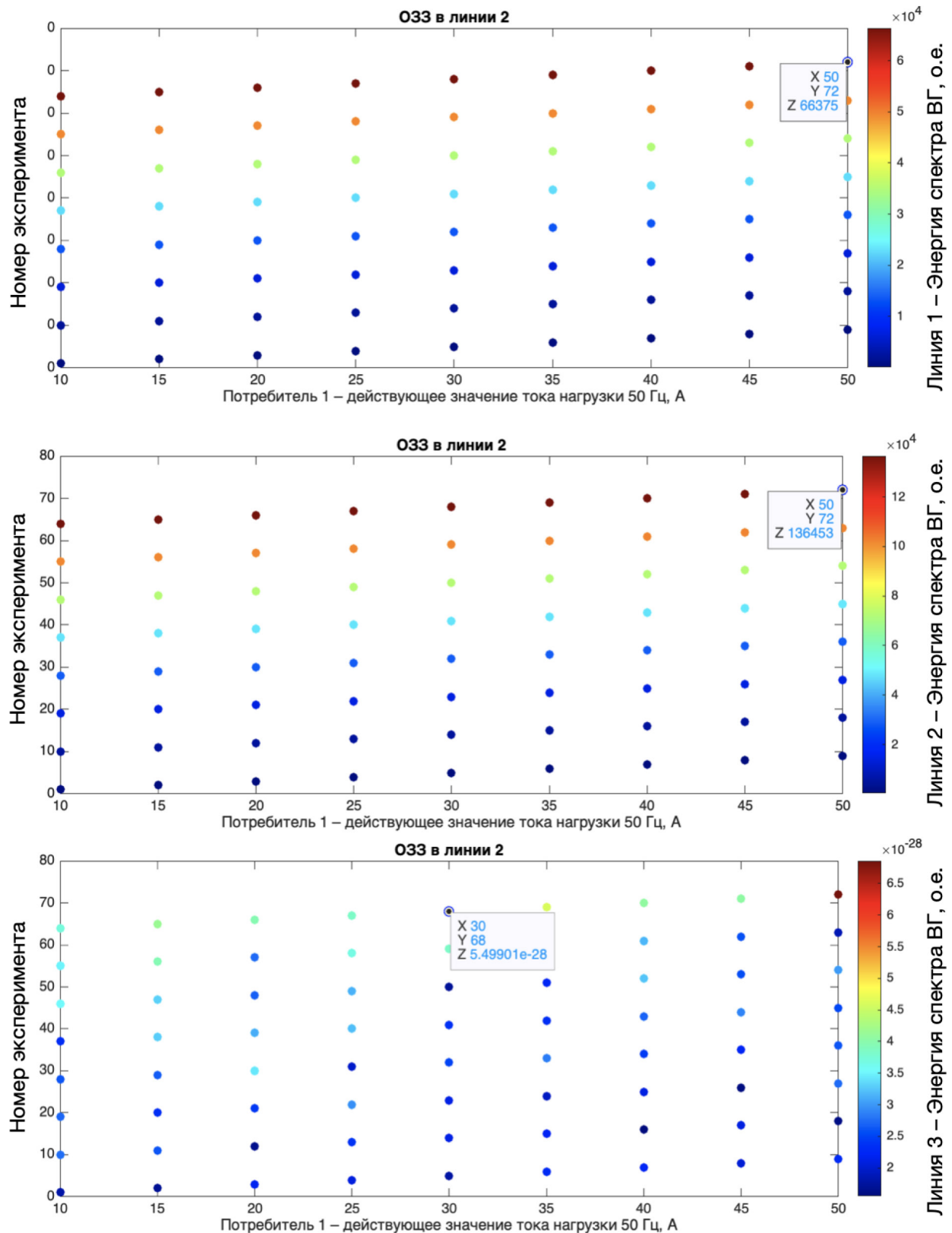


Рисунок 3. Результаты эксперимента № 2

и действующее значение тока нагрузки «здоровых» линий.

Распределение энергии спектра при наименьшем уровне искажений и нагрузках в эксперименте № 2 аналогично распре-

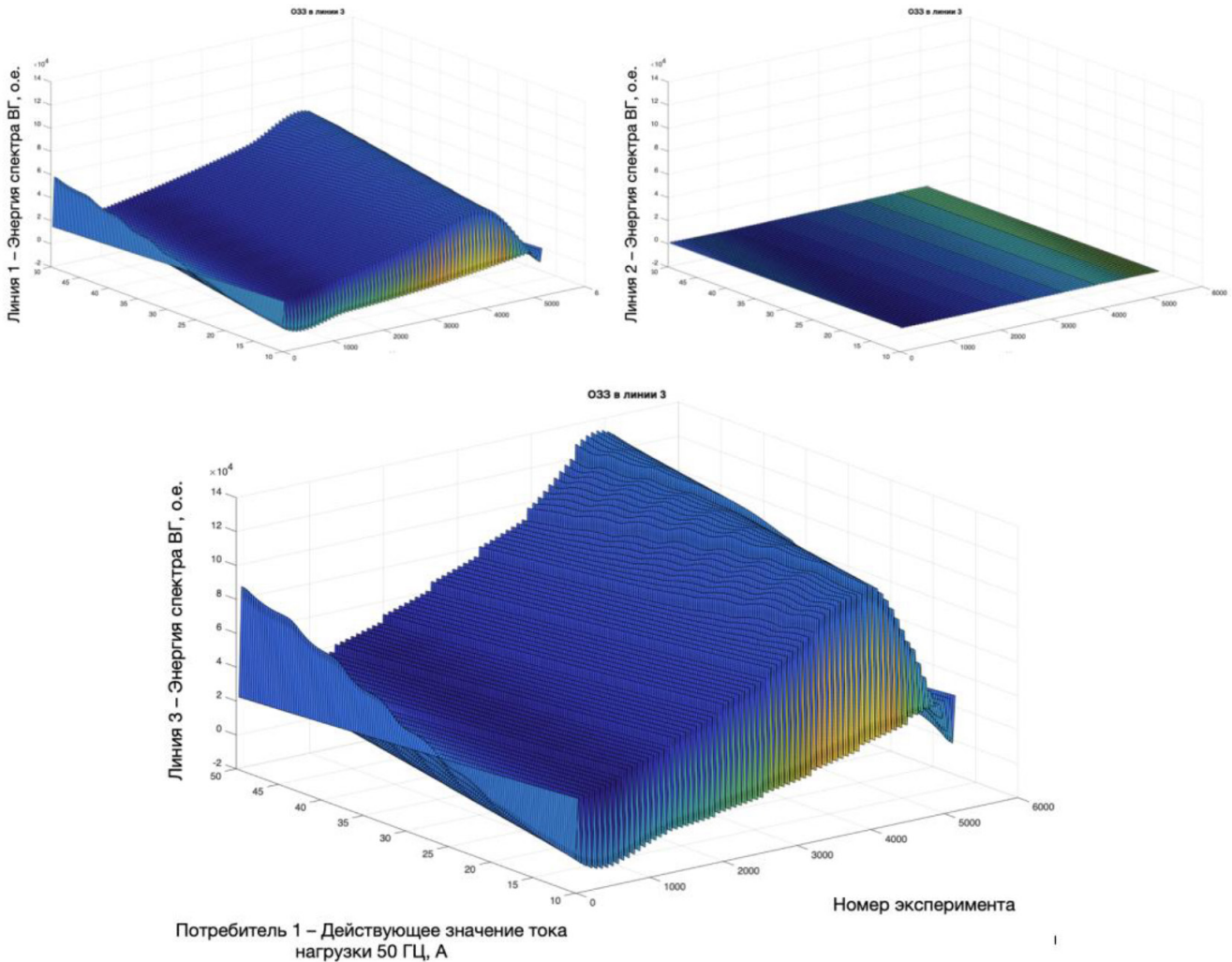
лению при наибольших уровнях и составляет 1:2:0 о.е.

Эксперимент № 3 подразумевает замыкание в конце линии 3, а в качестве начальных условий принимаются  $I_{1_{50\text{Гц}}}=10$  А,  $I_{2_{50\text{Гц}}}=30$  А,



$I_{3,50\text{Гц}}=7$  А. Эксперимент включает 5 184 итерации с изменением параметров первого потребителя  $I_{1,50\text{Гц}}$  в диапазоне от 10 до 50 А с шагом в 5 А, а также  $I_{1,150\text{Гц}}$  в диапазоне от 1 до 30 % с шагом в 4 %. Для второго потребителя изменяются  $I_{2,50\text{Гц}}$  в диапазоне от 30 до 70 А с шагом в 5 А, а также  $I_{1,150\text{Гц}}$  в диапазоне

от 1 до 30 % с шагом в 4 %. Нагрузка потребителя 3 не имеет искажений. По причине большого количества итераций отобразим результаты эксперимента в виде трехмерных поверхностей, представленных на рисунке 4, где ось Z нормирована по наибольшему значению.



**Рисунок 4.** Результаты эксперимента № 3

При наложении поверхностей друг на друга несложно заметить, что поверхность, соответствующая поврежденному присоединению (линия 3) в любой из рассматриваемых итераций, будет располагаться выше соседних линий без ОЗЗ.

Распределение энергии спектра ВГ в токе  $Zi0$  между присоединениями для наибольших и наименьших значений энергии спектра составило 1:0:2 о.е.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

1. Результаты исследования позволяют судить о работоспособности методики поиска поврежденного присоединения по

энергии спектра высших гармоник на основе вейвлет-преобразования при любом уровне гармонических искажений токов нагрузки.

2. Увеличение действующего значения токов нагрузки отдельных присоединений и уровня их гармонических искажений не оказывает существенного влияния на распределение энергии спектра высших гармоник в токе  $Zi_0$  отходящих присоединений для установившегося режима ОЗЗ.

3. Для проверки чувствительности разработанной ранее методики необходимо осуществить ряд дополнительных исследований по изучению влияния количества

присоединений на распределение энергии спектра ВГ в токах  $3i_0$  для установившегося режима ОЗЗ.

Результаты исследования могут служить основой при разработке и модификации цифровых устройств сигнализации однофазных замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью на основе высших гармоник в токах нулевой последовательности.

Использование методики относительного замера высших гармоник по энергии спектра высших гармоник на основе коэффициентов вейвлет-преобразования позволяет отказаться от использования аппаратных фильтров при проектировании и совершенствовании устройств защиты от однофазных замыканий на землю в сетях 6 (10) кВ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авербух, М. А. Оценка влияния высших гармоник на токи однофазных замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью напряжением 6–10 кВ / М. А. Авербух, Д. А. Прасол. – Текст : электронный // Интеллектуальная электротехника. – 2021. – № 2 (14). – С. 26–40. – DOI 10.46960/2658-6754\_2021\_2\_26.
2. Медведева М. Л. Анализ и прогноз аварийности распределительных сетей и электроприемников 6–10 кВ в горной отрасли / М. Л. Медведева, С. В. Кузьмин, И. С. Кузьмин, В. Д. Шманев. – Текст : электронный // Надежность и безопасность энергетики. – 2017. – Т. 10, № 2. – С. 120–125. – DOI 10.24223/1999-5555-2017-10-2-120-125.
3. Булычев, А. В. Выбор параметров срабатывания защит от однофазных замыканий на землю в распределительных сетях при разных режимах нейтрали / А. В. Булычев – Текст : непосредственный // Релейная защита и автоматизация. – 2022. – № 1 (46). – С. 36–45.
4. Долгих, Н. Н. Исследование несинусоидальных режимов работы электрооборудования в системах электроснабжения с полупроводниковыми преобразователями / Н. Н. Долгих, Д. С. Осипов, А. О. Шепелев, Е. Ю. Шепелева. – Текст : электронный // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2024. – № 3. – С. 7–17. – DOI 10.37493/2307-907X.2024.3.1.
5. Шуин В. А. Максимальные токовые защиты от замыканий на землю на основе высших гармоник для компенсированных кабельных сетей 6–10 кВ / В. А. Шуин, В. Л. Мартынов, Е. С. Шагурина, Т. Ю. Шадрикова. – Текст : непосредственный // Электротехника. – 2018. – № 1. – С. 62–72.
6. Патент № 2675623 С1 Российская Федерация, МПК Н02Н 3/16. Устройство защиты от однофазных замыканий на землю в компенсированных электрических сетях среднего напряжения : № 2017141907 : заявл. 30.11.2017 : опубл. 21.12.2018 / В. А. Шуин, Т. Ю. Шадрикова, О. А. Добрягина [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина» (ИГЭУ).
7. Парамзин, А. О. Разработка способа селективного определения линии с однофазным замыканием на землю для промышленных сетей 6–35 кВ с изолированной нейтралью при преобладании несинусоидальной нагрузки / А. О. Парамзин. – Текст : электронный // Омский научный вестник. – 2023. – № 4 (188). – С. 100–108. – DOI 10.25206/1813-8225-2023-188-100-108.
8. Шуин, В. А. Применение имитационного моделирования для оценки уровня нестабильности высших гармоник в токе однофазного замыкания на землю в компенсированных кабельных сетях 6–10 кВ / В. А. Шуин, Т. Ю. Винокурова, О. А. Добрягина, Е. С. Шагурина. – Текст : непосредственный // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2014. – № 6. – С. 31–38.
9. Шуин, В. А. Способ повышения эффективности функционирования адмитансной защиты от замыканий на землю в кабельных сетях 6–10 кВ с изолированной нейтралью / В. А. Шуин, Е. А. Воробьева, О. А. Добрягина, Т. Ю. Шадрикова // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2018. – № 4. – С. 20–30. – DOI 10.17588/2072-2672.2018.4.020-030.
10. Украинцев, А. В. Анализ чувствительности защит от замыканий на землю на основе относительного замера токов / А. В. Украинцев, В. И. Нагай, Г. Н. Чмыхалов // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2009. – № S1. – С. 145–146. – EDN XWJBM D.
11. Ширковец, А. И. Гармонические искажения сигналов тока и напряжения при замыканиях на землю в электрической сети 6–10 кВ / А. И. Ширковец. – Текст : электронный // Промышленная энергетика. – 2023. – № 10. – С. 34–44. – DOI 10.34831/EP.2023.50.44.005.
12. Шуин, В. А. Математическая модель для оценки минимального уровня высших гармоник в токе однофазного замыкания на землю в компенсированных сетях 6–10 кВ / В. А. Шуин, Т. Ю. Винокурова, Е. С. Шагурина // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2013. – № 6. – С. 35–41.
13. Шуин, В. А. Методика выбора параметров срабатывания максимальных токовых защит от замыканий на землю на основе высших гармоник в компенсированных кабельных сетях 6–10 кВ / В. А. Шуин, Т. Ю. Винокурова, Е. С. Шагурина. – Текст : электронный // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2015. – № 3. – С. 20–28. – DOI 10.17588/2072-2672.2015.3.020-028.



## ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДАТАСЕТА CROHME 2019 ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

**Исмагулов Милан Ерикович**

аспирант 2 года обучения,  
Югорский государственный университет,  
Ханты-Мансийск, Россия  
E-mail: m\_ismagulov@ugrasu.ru

Предмет исследования: в данной статье рассматривается процесс подготовки данных для обучения нейросетевых моделей, решающих задачу распознавания сложных рукописных математических выражений и их преобразования в системы компьютерной верстки, такие как LaTeX или MathML. В качестве исследуемого объекта используется датасет CROHME 2019, содержащий изображения рукописных математических выражений и их текстовые аннотации в формате LaTeX.

Цель исследования: разработка и описание процесса подготовки данных, который обеспечит корректное обучение модели и минимизирует ошибки в числовых метках и преобразованиях. В рамках исследования подробно рассматриваются следующие этапы: загрузка и предобработка изображений, парсинг LaTeX-аннотаций, связывание изображений с соответствующими аннотациями, нормализация значений пикселей, создание и проверка словаря токенайзера, а также подготовка самого токенайзера.

Методы включают анализ и обработку данных с использованием специализированных инструментов для работы с изображениями и текстовыми аннотациями.

Основным результатом работы является формирование датасета, готового к использованию в процессе обучения нейросетевой модели. Подготовленный датасет обеспечивает точное соответствие между изображениями и аннотациями, а также корректное преобразование математических выражений в LaTeX-код.

**Ключевые слова:** подготовка данных, датасет CROHME 2019, рукописные математические выражения, распознавание символов, компьютерная верстка, LaTeX, токенайзер, машинное обучение, препроцессинг изображений, парсинг аннотаций, масштабирование данных, нейронные сети, обработка изображений, словарь токенайзера.

## DATASET PREPARATION FOR CROHME 2019 FOR TRAINING A NEURAL NETWORK

**Milan E. Ismagulov**

second-year PhD student,  
Yugra State University,  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: m\_ismagulov@ugrasu.ru

Subject of research. This article examines the process of data preparation for training neural network models that address the task of recognizing complex handwritten mathematical expressions and converting them into typesetting systems like LaTeX or MathML. The dataset under study is CROHME 2019, which contains images of handwritten mathematical expressions and their corresponding LaTeX annotations.

The objective of this research is to develop and describe a data preparation process that ensures correct model training and minimizes errors in numerical labels and transformations. The study focuses on the following key stages: loading and preprocessing images, parsing LaTeX annotations, linking images with their corresponding annotations, normalizing pixel values, creating and verifying the tokenizer vocabulary, and preparing the tokenizer itself.

The methods include data analysis and processing using specialized tools for working with images and text annotations.

The main outcome of this work is the creation of a dataset ready for use in training the neural network model. The prepared dataset ensures accurate alignment between images and annotations, as well as correct conversion of mathematical expressions into LaTeX code.

**Keywords:** data preparation, CROHME 2019 dataset, handwritten mathematical expressions, symbol recognition, typesetting, LaTeX, tokenizer, machine learning, image preprocessing, annotation parsing, data scaling, neural networks, image processing, tokenizer dictionary.

## ВВЕДЕНИЕ

Датасет CROHME – результат многолетних работ для одноименного конкурса. Название представляет собой аббревиатуру Competition on Recognition of Handwritten Mathematical Expressions – «соревнование по распознаванию рукописных математических выражений». Датасет содержит 22 024 тренировочных изображения и 5 255 тестовых, столько же в датасете представлено аннотаций в формате InkML. InkML – это формат файла, основанный на XML, содержит информацию о LaTeX-аннотациях, трассеры движения пера для онлайн-распознавания математических выражений. Также в датасете присутствуют файлы формата SymLG в таком же количестве, представляющие собой файлы, описывающие каждый знак в формуле, его положение и отношение между знаками.

В качестве основы были взяты данные датасета CROHME за 2019 год, поскольку эти данные стандартизированы по размеру, а именно 1010 на 1010 пикселей. Данные по остальным годам необходимо дополнительно обрабатывать, обрезать по содержимому или приводить все к одному размеру. Данные за 2019 год представлены в количестве 10 979 тренировочных и 1 199 тестовых. Условно подготовку датасета CROHME можно разделить на следующие этапы:

1. Загрузка и препроцессинг изображений.
2. Парсинг аннотаций из файлов InkML и объединение загруженных данных в пары (изображение, аннотация).
3. Объединение данных в массивы NumPy и масштабирование диапазона пикселей из [0; 255] до [0; 1].



4. Создание словаря токенайзера, а также настройка самого токенайзера и проверка корректности работы токенайзера методом обратной токенизации.

5. Сравнение оригинальных аннотированных формул и обратно токенизированных для проверки полноты словаря и оценка полноты датасета по словарю.

Подробно каждый из пунктов рассмотрен в тексте статьи.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Целью данной работы является разработка и реализация процесса подготовки данных для обучения нейросетевой модели, способной распознавать сложные рукописные математические выражения и преобразовывать их в формат LaTeX. Основные задачи включают предобработку изображений, корректное связывание изображений с аннотациями, нормализацию данных, создание и верификацию словаря токенайзера, а также подготовку токенайзера для дальнейшего использования в процессе обучения модели.

### Загрузка и препроцессинг изображений

Препроцессинг (предобработка) изображений – это этап обработки данных, направленный на подготовку изображений к дальнейшему анализу и использованию в алгоритмах машинного обучения. Целью препроцессинга является улучшение качества изображений и приведение их к форме, которая наиболее подходит для последующего анализа и распознавания [1]. Может включать в себя следующие этапы:

1. Нормализация яркости и контрастности и бинаризация.
2. Удаление шумов и артефактов на изображениях.
3. Утолщение контуров изображения.
4. Изменение размера изображения.
5. Ротация и выравнивание.
6. Аугментация данных.

В случае обработки изображений датасета CROHME 2019 была задействована OpenCV [9] – библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом. В качестве средств предобработки были задействованы следующие функции:

1. Размытие по Гауссу – является распространенным методом обработки изображений, который используется для уменьшения шума и деталей в изображении. Оно осуществляется путем применения

гауссовского фильтра, который является сверткой изображения, основанной на функции Гаусса [5, 6]:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}},$$

где  $x, y$  – координаты пикселей изображения;  $\sigma$  – стандартное отклонение.

Процесс гауссового размытия заключается в том, что каждому пикселю изображения присваивается взвешенное среднее значение его собственных значений и значений соседних пикселей. Веса задаются гауссовой функцией, которая придает больший вес пикселям, расположенным ближе к рассматриваемому пикселю, и меньший вес тем, что дальше. Это приводит к сглаживанию изображения и уменьшению шума, сохраняя при этом основные структуры и формы [2]. В библиотеке OpenCV гауссово размытие вызывается с помощью следующей команды: `cv2.GaussianBlur`.

2. Также для обработки изображения была задействована функция адаптивной бинаризации [3] – `cv2.adaptiveThreshold`. Эта функция позволяет преобразовать изображение в черно-белое, используя локальные области для вычисления пороговых значений, что делает ее полезной для изображений с неравномерным освещением или тенями. В качестве адаптивного метода было использовано `cv2.ADAPTIVE_THRESH_GAUSSIAN_C`: Взвешенное среднее значение соседних пикселей с использованием гауссова окна. Тип бинаризации `cv2.THRESH_BINARY`: если значение пикселя больше порогового, присваивается `maxValue`, иначе 0.

3. Последним этапом будет изменение размера изображения с 1010 x 1010 пикселей до 256 x 256 пикселей, если изображения не уменьшить, то на этапе создания массива NumPy возникает ошибка «MemoryError», поскольку массив, состоящий из 10 тысяч изображений 1010 на 1010 пикселей, будет иметь высокие требования к объему оперативной памяти вычислительного устройства из-за чрезмерного объема данных.

### Парсинг аннотаций LaTeX из файлов InkML

InkML – называемое пространство имен стандарта XML-файлов имеет расширение файла InkML, содержит в себе информацию об аннотациях двух форматов компьютерной верстки, а именно LaTeX и MathML, а также координаты трассировки пера по планшету или другому захватывающему устройству.

## Пример содержимого InkML-файла

```
<ink xmlns="http://www.w3.org/2003/InkML">
<traceFormat>
<channel name="X" type="decimal"/>
<channel name="Y" type="decimal"/>
</traceFormat>
<annotation type="truth"> $y = Ax + A^2$</annotation>
<annotation type="UI">2012_IVC_CROHME_F01_E000</annotation>
<annotation type="copyright">LUNAM/IRCCyN</annotation>
<annotation type="writer">CROHME01</annotation>
<annotationXML type="truth" encoding="Content-MathML">
<math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML">
<mrow>
<mi xml:id="y_1">y</mi>
<mrow>
<mo xml:id="_1">=</mo>
<mrow>
<mi xml:id="A_1">A</mi>
</mrow>
</mrow>
</mrow>
</math>
</annotationXML>
<trace id="0">
1.0066 5.46535, 1.0066 5.4645,...
</trace>
<traceGroup xml:id="11">
<annotation type="truth"> Segmentation</annotation>
<traceGroup xml:id="12">
<annotation type="truth">y</annotation>
<traceView traceDataRef="0"/>
<annotationXML href="y_1"/>
</traceGroup>
</traceGroup>
</ink>
```

Файл содержит в себе следующие составляющие:

1. Открывающий тег с ссылкой на xmlns (XML namespaces) `<ink></ink>`.
2. Тег `<traceFormat></traceFormat>` содержит в себе описание 2 каналов X и Y, `type="decimal"` говорит нам о том, что координаты записаны в десятичных числах.
3. Первый тег аннотации с типом, равным `truth` (истина), содержит в себе LaTeX-аннотацию.
4. Тег `<annotation type="UI">2012_IVC_CROHME_F01_E000</annotation>` содержит в себе информацию об уникальном

идентификаторе отдельного InkML с указанием года создания, типа информации, конкурса и порядковых номеров в каталоге.

5. Аннотация с типом `copyright` описывает правообладателя, в данном случае это университет Нанта во Франции.

6. Следующая аннотация описывает автора данного файла.

7. Тег `<annotationXML> </annotationXML>` описывает истинное значение InkML-файла в формате компьютерной верстки MathML.

8. Тег `<trace></trace>` описывает координаты трассера электронного пера, например графического планшета, через пробел запи-

сывается координата X и Y, а через запятую – отдельные точки, с помощью id-номера создается ссылка внутри файла на знак, описываемый трассировкой в теге `traceGroup`, внутри которого находится другой тег `traceView` с атрибутом `traceDataRef="0"`. С помощью этой конструкции мы объединяем описание конкретного знака компьютерной верстки с трассировкой, в нашей задаче трассировка напрямую не используется, поскольку на вход нейронной сети подается изображение, а не координаты точек, однако с помощью утилиты CROHMElib трассеры могут быть преобразованы в растровые изображения.

9. Тег `<traceGroup></traceGroup>` содержит в себе информацию об отдельных знаках, которые составляют целую формулу, внутри тега есть информация в формате LaTeX и MathML с атрибутом `truth`, а также ссылку на трассер.

В нашей задаче для создания пар [изображение; аннотация] из InkML-файла достаточно парсить LaTeX-аннотации с атрибутом `truth`; затем, чтобы объединить их, создадим функцию на скриптовом языке программирования Python, в скрипте в качестве ключа будет использовано имя файла изображения и InkML, поскольку имена совпадают, далее выведем первые 5 пар, пример пары показан на рисунке 1.

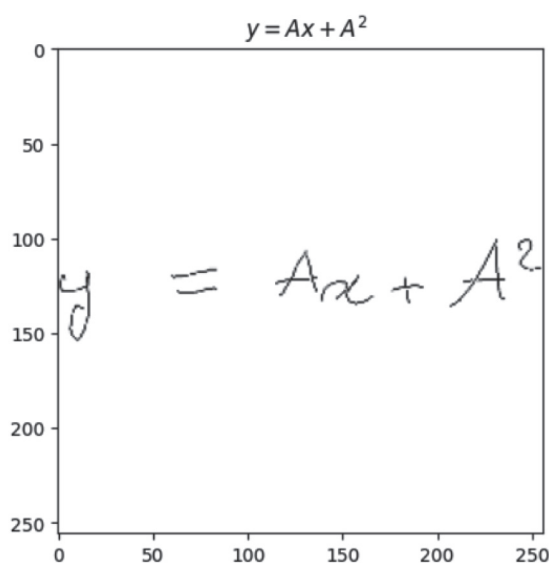


Рисунок 1. Пример готовой пары [изображение; аннотация]

На данном рисунке мы можем наблюдать сверху формулу, полученную с помощью LaTeX, и изображение, оси координат демонстрируют размер изображения в пикселях, в данном случае 256 на 256 пикселей, видна также работа функции гауссова размытия.

### Объединение данных в массив NumPy и масштабирование диапазона пикселей

NumPy – это библиотека Python для работы с большими и многомерными массивами, большинство методов и функций библиотеки написано на Fortran и Си, что позволяет с большой ресурсной эффективностью и скоростью обрабатывать большие данные.

Объединение данных таким образом является классическим для машинного обучения. Напоминаем, что в датасете присутствует около 11 тысяч тренировочных и почти 1200 тестовых изображений, столько же InkML-аннотаций, что по умолчанию подразумевает

использование NumPy-массивов. Иначе создать такой массив методами языка Python будет очень ресурсозатратно и медленно.

В свою очередь масштабирование диапазона пикселей – это процесс обработки данных изображения со стандартного диапазона  $[0; 255]$ , где 0 – это черный цвет, а 255 – белый, до  $[0; 1]$  соответственно. Данный шаг способствует стабилизации работы алгоритмов машинного обучения и относится к методам оптимизации, подобный шаг положительно сказывается на скорости и стабильности процесса обучения, нормализация данных подобным образом положительно сказывается на проблеме «исчезающих» и «взрывающихся» градиентов, уменьшает разброс данных и гармонизирует их, что хорошо для алгоритма градиентного спуска.

Можно выделить 3 метода масштабирования диапазона `float16`, `float32` и `float64`, где `float` говорит нам о том, что это числа с плавающей точкой, 16, 32, 64 – это разрядность в битах.

В нашей работе задействован метод float32. Этот выбор был сделан руководствуясь принципом «золотой середины».

Поскольку float16 хоть и очень быстро работает, в современных вычислениях он применяется редко из-за потерь большого количества информации, а float64 в разы увеличивает требования по ресурсам памяти компьютера.

### Создание словаря токенайзера и настройка токенайзера

Процесс создания словаря токенайзера и его токенизация – это важнейшая часть настройки датасета для обучения модели, поскольку задача связана с преобразованием двумерного изображения с математической формулой в одномерную LaTeX-последовательность, именно для последней и необходимо создание токенайзера. Создание токенайзера условно можно поделить на 2 этапа: первый этап представляет собой создание массива со всеми элементами синтаксиса LaTeX-кода. В него входят:

1. Цифры от 0 до 9.
2. Латинский алфавит в нижнем регистре.
3. Латинский алфавит в верхнем регистре.
4. Греческий алфавит в нижнем регистре.
5. Уникальные буквы греческого алфавита в верхнем регистре (поскольку часть из букв присутствует в латинском алфавите, то, например, альфа и бета в верхнем регистре эквивалентны A и B в латинском).
6. Уникальные знаки синтаксиса LaTeX, например: знаки доллара, прямой слеш, обратный слеш, квадратные и фигурные скобки, операторы сравнения и логические операторы.
7. Операторы, представляющие собой целое слово синтаксиса LaTeX.

Второй этап представляет собой создание словаря, состоящего из двух компонент [ключ (в качестве ключа выступают элементы массива, созданного в предыдущем шаге); числовое значение]. Итоговый вид словаря будет таким:

#### Python-код (JSON-формат)

```
latex_tokens = {  
    "\\frac": 1,  
    "\\parallel": 2,  
    "\\alpha": 3,  
    "\\pi": 4,  
    "\\beta": 5,  
    "=",  
    ...  
    "\\leq": 283,  
}
```

В качестве алгоритма токенизации был выбран алгоритм из библиотеки Tensorflow Keras и настроен таким образом, чтобы работать с готовым словарем, поскольку по умолчанию этот токенайзер работает только с текстом. Для настройки токенайзера на словарь LaTeX-выражения используется функция "re.findall" из библиотеки Regex (сокращение от Regular Expressions), которая работает с регулярными выражениями, описываемыми в словаре LaTeX-синтаксиса. Функция проверяет аннотации из файла InKML со значениями в словаре и разбивает формулу на отдельные составляющие и каждому из них присваивает номер. Например, формула:

$$y = Ax + A^2x$$

токенизируется в:

['\$', 'y', '=', 'A', 'x', '+', 'A', '^', '2', '\$'].

Затем кодируется в числовые метки:

[40, 101, 5, 103, 100, 29, 103, 21, 69, 40].

Последние два этапа настройки токенайзера – это One-Hot Encoding и приведение последовательностей к одинаковой длине. Первое используется для выравнивания категорий, чтобы избежать случаев создания так называемых «ложных приоритетов», когда модель часто встречает объекты определенного класса. One-Hot Encoding выравнивает процесс обучения. Приведение последовательностей к одинаковой длине необходимо для повышения эффективности обучения, поскольку, например, RNN-нейросети лучше работают с последовательностями одинаковой (предсказуемой) длины [4]. В нашей работе это достигается путем выбора максимальной длины исходя из самой длинной формулы плюс два знака. Далее, если длина остальных формул не достигает максимальной длины, остальная часть вектора заполняется нулями.

К примеру, у нас есть три вектор-строки разной длины:

[1, 2, 4]  
[2, 11, 15, 8, 72, 67]  
[10, 24, 31, 17].

В данном случае максимальная размерность вектор-строки будет 6 + 2, если обратить внимание на вторую вектор-строку, приведя к одинаковой длине, получим:

[1, 2, 4, 0, 0, 0, 0, 0]  
[2, 11, 15, 8, 72, 67, 0, 0]  
[10, 24, 31, 17, 0, 0, 0, 0].

Теперь размерность каждой вектор-строки равна 8.

Для проверки корректности работы токенайзера необходимо произвести обратную токенизацию – это метод, при котором закодированные последовательности чисел в каждой вектор-строке с помощью словаря преобразуются обратно в формулы, полученные

от обратной токенизации. Данные можно использовать для оценки полноты словаря и датасета.

### **Проверка полноты словаря и датасета**

Для проверки полноты словаря был создан скрипт, который построчно проверяет оригинальные аннотированные формулы и формулы, которые были получены методом обратной токенизации. Они должны совпадать. Если словарь неполный, то в обратно токенизированной формуле будет отсутствовать необходимый оператор, в таком случае оригинал формулы и обратно токенизированная формула записываются в текстовый файл для сравнения. Затем, проанализировав, можно дополнить словарь отсутствующим оператором.

Также необходимо произвести проверку тех меток, что будут поданы на вход нейронной сети. Если какая-либо метка есть в словаре, но отсутствует в аннотациях датасета, она игнорируется. Так, проверив полноту датасета CROHME 2019, было выяснено, что из 283 меток, которые есть в словаре, 154 из них отсутствуют в датасете, и только 129 присутствуют. Большая часть LaTeX-операторов в датасете не представлена.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ**

По результатам проверки полноты датасета было выявлено, что из 283 значений словаря LaTeX в датасете представлено 129, 154 было утеряно. Это позволяет сделать вывод о том, что обучение нейронной сети по распознаванию рукописных математических выражений только на данных за 2019 год нецелесообразно, поскольку обучение на неполных данных может привести к ситуации, когда сеть будет некорректно распознавать отдельные математические выражения.

Рекомендуется дополнить данные за 2019 год датасетами CROHME за другие годы, доработать скрипт препроцессинга изображений, поскольку данные предыдущих годов имеют существенные различия в размерах изображений, например в данных за 2013 год все изображения имеют разный размер и разрешение.

Также следует отойти от концепции заранее разделенных данных на тестовые и тренировочные, смешать их и с помощью скрипта случайным образом разделить в соотношении 80 % тренировочные данные и 20 % тестовые и рассмотреть возможность аугментации данных.

В таком случае объем данных датасета составит 27 279 экземпляров изображений и столько же аннотаций в формате InkML.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гонсалес, Р. Ц. Цифровая обработка изображений / Р. Ц. Гонсалес, Р. Е. Вудс. – 3-е издание. – Москва : Техносфера, 2012. – 1072 с. – Текст : непосредственный.
2. Рашка, С. Python и машинное обучение / С. Рашка, В. Миржалили. – 3-е издание. – Бирмингем : Packt Publishing, 2019. – 770 с. – Текст : непосредственный.
3. Сзелиски, Р. Компьютерное зрение: алгоритмы и приложения / Р. Сзелиски. – Москва : Вильямс, 2011. – 1104 с. – Текст : непосредственный.
4. Гудфеллоу, И. Глубокое обучение : перевод с английского / И. Гудфеллоу, Й. Бенжио, А. Курвилль. – Москва : ДМК Пресс, 2018. – 732 с.
5. Бишоп, К. М. Распознавание образов и машинное обучение : перевод с английского / К. М. Бишоп. – Москва : Вильямс, 2007. – 736 с. – Текст : непосредственный.
6. Сонка, М. Обработка изображений, анализ и машинное зрение : перевод с английского / М. Сонка, В. Главач, Р. Бойл. – Москва : Вильямс, 2004. – 770 с. – Текст : непосредственный.
7. Черемисин, Д. Г. Использование нейронных сетей в задачах распознавания математических выражений / Д. Г. Черемисин, В. Р. Мкртчян. – Текст : непосредственный // Международный научный журнал «Символ науки». – 2022. – № 12 (2). – С. 34–36.
8. Карахтанов, А. А. Использование нейронных сетей для распознавания математических выражений / А. А. Карахтанов. – Текст : непосредственный // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. – № 5. – 2020. – С. 86–89.
9. Шолле, Ф. Глубокое обучение с использованием Python / Ф. Шолле. – 2-е издание. – Шелтер-Айленд : Manning Publications, 2021. – 544 с. – Текст : непосредственный.
10. Комплексная платформа для машинного обучения. – Текст : элктронный // TensorFlow. – URL: <https://www.tensorflow.org/> (дата обращения: 11.06.2024).
11. OpenCV modules // OpenCV. – URL: <https://docs.opencv.org/4.10.0/> (date of application: 11.06.2024).







## МАКСИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА ДОПУСТИМЫХ ОШИБОК АППРОКСИМАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ

### Носков Сергей Иванович

доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Информационные системы  
и защита информации»,  
Иркутский государственный университет  
путей сообщения,  
Иркутск, Россия  
E-mail: sergey.noskov.57@mail.ru

### Шахуров Антон Николаевич

студент кафедры «Информационные системы  
и защита информации»,  
Иркутский государственный университет  
путей сообщения,  
Иркутск, Россия  
E-mail: Fantom3920@yandex.ru

Предмет исследования: ошибки аппроксимации  
линейной регрессионной модели в рамках логико-алге-  
браического подхода к анализу данных.

Цель исследования: разработать алгоритмический  
способ решения задачи максимизации числа допусти-  
мых ошибок аппроксимации с применением вычисли-  
тельного аппарата линейно-булева программирования.

Методы и объекты исследования: объектом иссле-  
дования является линейная регрессионная модель, ме-  
тодами – линейный регрессионный анализ и аппарат ма-  
тематического программирования.

Основные результаты исследования: предложен  
алгоритмический способ максимизации числа допусти-  
мых абсолютных и относительных ошибок аппроксима-  
ции линейного регрессионного уравнения, сводящийся  
к решению задач линейно-булева программирования  
приемлемой для практических ситуаций размерности.  
Решение сформированных задач этого типа не должно  
вызывать вычислительных проблем в силу значительного  
числа эффективных программных средств, например  
размещенной в Интернете в свободном доступе про-  
граммы LPsolve.

**Ключевые слова:** регрессионная модель, абсолют-  
ные и относительные ошибки аппроксимации, задача  
линейно-булева программирования, модель пассажиро-  
оборота воздушного транспорта.

## MAXIMIZING THE NUMBER OF ALLOWABLE APPROXIMATION ERRORS WHEN BUILDING A LINEAR REGRESSION MODEL

### Sergey I. Noskov

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Information Systems  
and Information Security,  
Irkutsk State Transport University,  
Irkutsk, Russia  
E-mail: sergey.noskov.57@mail.ru

### Anton N. Shakhurov

student of the Department of Information Systems  
and Information Security,  
Irkutsk State Transport University,  
Irkutsk, Russia  
E-mail: Fantom3920@yandex.ru

Subject of research: errors in approximation of a linear  
regression model within the framework of a logical-algebraic  
approach to data analysis.

Purpose of the study: to develop an algorithmic  
method for solving the problem of maximizing the number  
of permissible approximation errors using a linear-Boolean  
programming computer.

Methods and objects of research: the object of  
research is a linear regression model, the methods are  
linear regression analysis and mathematical programming  
apparatus.

Main results of the study: an algorithmic method  
is proposed for maximizing the number of permissible  
absolute and relative errors in approximation of a linear  
regression equation, which reduces to solving linear-  
Boolean programming problems of a dimension acceptable  
for practical situations. Solving generated problems of this  
type should not cause computational problems due to a  
significant number of effective software tools, for example,  
the LPsolve program, which is freely available on the  
Internet.

**Keywords:** regression model, absolute and relative  
approximation errors, linear-Boolean programming problem,  
air transport passenger turnover model.

## ВВЕДЕНИЕ

Методы математического моделирования  
являются эффективным средством исследо-  
вания сложных, с множеством межфакторных  
структурных взаимодействий, систем раз-  
личного характера и масштаба. Эти методы  
позволяют формализовывать свойственные  
таким системам закономерности функциони-  
рования и развития путем создания их каче-  
ственных абстрактных аналогов, что открыв-  
вает широкие перспективы в существенном  
повышении действенности вырабатываемых  
управляющих сигналов.

Регрессионные модели – весьма широ-  
кий класс математических моделей, разра-

батываемых для исследования сложных объ-  
ектов любой природы. Рассмотрим необходи-  
мый составной элемент практически любой  
модели этого типа – регрессионное уравне-  
ние (зависимость) вида:

$$y_k = \sum_{i=1}^m \alpha_i x_{ki} + \varepsilon_k, k = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где  $y$  – зависимая, а  $x_i$  –  $i$ -я независимая  
переменная,  $\alpha_i$  –  $i$ -й подлежащий оцениванию  
параметр,  $\varepsilon_k$  – ошибки аппроксимации,  $k$  – но-  
мер наблюдения,  $n$  – их число (длина выбор-  
ки данных). Будем считать все переменные и  
ошибки уравнения (1) детерминированными.

Представим уравнение (1) в векторной  
форме:



$$y = X\alpha + \varepsilon,$$

где  $y = (y_1, \dots, y_n)^T$ ,  $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_m)^T$ ,  $\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)^T$ ,  $X - (n \times m)$  – матрица с компонентами  $x_{ki}$ . При наличии в уравнении (1) свободного члена первый столбец матрицы  $X$  состоит из единиц.

Построение и использование регрессионных моделей в прикладных целях часто сопровождается анализом свойств ошибок аппроксимации. Так, в работе [1] представлена гладкая функция для аппроксимации функции контрольных потерь с тем, чтобы можно было использовать методы оптимизации на основе градиента для подбора модели квантильной регрессии. Обсуждаются свойства гладкого приближения, предложены два алгоритма минимизации сглаженной целевой функции. В [2] рассматривается задача выбора и оценки модели квантильной регрессии с известной структурой групп в предикторах. Для медианного случая модель оценивается путем минимизации штрафной целевой функции потерь (ошибок аппроксимации) Хубера. Статья [3] посвящена анализу существования двух непротиворечивых оценок параметров линейных предикторов в регрессии Пуассона, где ковариата измеряется с ошибками. В [4] рассматривается проблема выбора переменных в квантильной регрессии с авторегрессионными ошибками аппроксимации.

Все наиболее часто используемые в регрессионном анализе критерии адекватности моделей, в частности множественной детерминации, Фишера, Стьюдента, Дарбина – Уотсона, включают в свои расчетные формулы ошибки аппроксимации и отражают те или иные частные характеристики в качестве модельного описания сложных объектов. Так, в работе [5] критерий множественной детерминации использовался при разработке регрессионной модели индекса нормализации разницы растительности лугов и пахотных земель вдоль нарушенной полосы отвода трубопроводов Баку – Тбилиси – Джейхан и Южно-Кавказского трубопровода для целей планирования восстановления растительности. В качестве климатических факторов были выделены годовое количество осадков, годовое суммарное испарение, температура поверхности Земли, годовая минимальная и максимальная температура воздуха и солнечная радиация. Учитывались также грунтовые факторы: высота, ракурс, грунтовые воды и глубина верхнего слоя почвы. В [6] отмечается, что регрессия Стьюдента является полезным расширением нормальной модели, которую можно использовать для статистического моделирования наборов данных, включающих ошибки с тяжелыми хвостами и/или

выбросами. Обсуждается также регрессия Стьюдента с переменной дисперсией, в которой как среднее значение, так и дисперсия зависят от объясняющих переменных. Проблема, представляющая интерес, заключается в одновременном выборе значимых переменных как в модели среднего значения, так и в модели дисперсии. Описана унифицированная процедура, позволяющая выделять значимую переменную. В работе [7] предложен алгоритм применения критерия Дарбина – Уотсона для анализа автокорреляции ошибок аппроксимации. В исследовании [8] этот критерий использован при моделировании качества воздуха. В качестве независимых переменных при этом использованы концентрация твердых частиц и метеорологические параметры (температура, влажность, скорость и направление ветра) за 5 лет с трех промышленных станций мониторинга качества воздуха в Малайзии. В работе [9] предлагаются простые, основанные на критерии Дарбина – Уотсона тесты для проверки корреляции рядов, которые применимы в моделях линейной регрессии. Процедуры тестирования устойчивы при различных распределениях случайных ошибок. Асимптотические распределения предложенной статистики получены с помощью совместной центральной предельной теоремы для нескольких общих квадратичных форм и дельта-метода. В [10] с помощью критерия Фишера проведен регрессионный анализ загрязнения тяжелыми металлами почв и донных отложений прудов, находящихся в зоне с повышенной автотранспортной нагрузкой.

В работе [11] предложен метод оценивания параметров модели (1) путем минимизации средней и максимальной относительных ошибок аппроксимации.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее популярными методами построения регрессионного уравнения (1) принято считать методы наименьших квадратов (МНК) и модулей (МНМ) (см., например, [12, 13]). Первый из них позволяет аналитически представить формулу для расчета вектора параметров:

$$\alpha = (X^T X)^{-1} X^T y.$$

Для применения МНМ следует либо воспользоваться методом вариационно-взвешенных квадратичных приближений [14], основанным на использовании специальным образом организованной итерационной процедуры, либо путем [13] сведения задачи

$$E = \sum_{k=1}^n |\varepsilon_k| \rightarrow \min \quad (2)$$

к задаче линейного программирования (ЛП) следующим образом.

Введем в рассмотрение переменные  $u_k \geq 0$  (положительные части ошибок  $\varepsilon_k$ ) и  $v_k \geq 0$  (отрицательные части ошибок  $\varepsilon_k$ ),  $k = \overline{1, n}$  следующим образом:

$$u_k = \begin{cases} \varepsilon_k, & \varepsilon_k > 0 \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$v_k = \begin{cases} -\varepsilon_k, & \varepsilon_k < 0 \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Очевидно, что при этом справедливы следующие равенства:

$$\varepsilon_k = u_k - v_k, |\varepsilon_k| = u_k + v_k, u_k v_k = 0.$$

Представим уравнение (1) в виде системы тождеств:

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i x_{ki} + u_k - v_k = y_k, k = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$u_k \geq 0, v_k \geq 0, k = \overline{1, n}, \quad (4)$$

Тогда задача (2) эквивалентна задаче ЛП с ограничениями (3), (4) и целевой функцией

$$\sum_{k=1}^n (u_k + v_k) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Предложенный в [1] метод минимизации средней относительной ошибки аппроксимации  $\tilde{E} = \sum_{k=1}^n \frac{|\varepsilon_k|}{y_k} / n$  сводится к задаче ЛП с ограничениями (3), (4) и целевой функцией

$$\sum_{k=1}^n \left| \frac{1}{y_k} \right| (u_k + v_k) \rightarrow \min. \quad (6)$$

Там же предложен способ минимизации максимальной относительной ошибки аппроксимации

$$r = \max_{k=1, n} \left| \frac{\varepsilon_k}{y_k} \right| \rightarrow \min.$$

Для этого система ограничений (3), (4) дополняется неравенствами:

$$u_k + v_k - |y_k| r \leq 0, k = \overline{1, n}, \quad (7)$$

а целевая функция (6) заменяется на следующую:

$$r \rightarrow \min. \quad (8)$$

Решение трех сформированных задач ЛП (3) – (5), (3), (4), (6) и (3), (4), (7), (8) не вызывает вычислительных проблем в силу значительного числа эффективных программных средств, например размещенной в Интернете в свободном доступе программы LPsolve.

Поставим задачу максимизации числа наблюдений выборки, для которых модуль ошибки аппроксимации не превышает некоторой наперед заданной величины

$d$  (тракуемой как допустимая абсолютная ошибка), или, формально:

$$|S| \rightarrow \max, \quad (9)$$

где

$$S = \{ k \in \{1, 2, \dots, n\} \mid |\varepsilon_k| \leq d \},$$

а через  $|S|$  обозначено число элементов (мощность) множества  $S$ . Таким образом,  $S$  – множество номеров наблюдений выборки, абсолютные ошибки аппроксимации для которых допустимы.

Допустимым ошибкам можно придать и относительный характер путем постановки задачи

$$|\tilde{S}| \rightarrow \max, \quad (10)$$

где

$$\tilde{S} = \{ k \in \{1, 2, \dots, n\} \mid |\varepsilon_k| \leq \tilde{d} y_k \},$$

а  $\tilde{d}$  представляет собой долю фактических значений зависимой переменной, выраженную в процентах (например,  $\tilde{d} = 0.03$  соответствует 3 %).

Введем в рассмотрение булевы переменные  $\sigma_k, k = \overline{1, n}$  по правилу:

$$\sigma_k = \begin{cases} 1, & |\varepsilon_k| \leq d \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

а также ограничения

$$u_k + v_k + M \sigma_k \leq M + d, \quad (11)$$

где  $M$  – наперед заданная большая положительная константа.

Тогда задача (9) эквивалентна задаче линейно-булева программирования (ЛБП) с ограничениями (3), (4), (11),

$$\sigma_k \in \{0, 1\}, k = \overline{1, n} \quad (12)$$

и целевой функцией

$$\sum_{k=1}^n \sigma_k - \delta \sum_{k=1}^n (u_k + v_k) \rightarrow \max, \quad (13)$$

где  $\delta$  – наперед заданное малое положительное число, сравнимое с нулем. Присутствие в (13) второго слагаемого гарантирует выполнение условия  $u_k v_k = 0$  для всех  $k$ , следующего из приведенного выше определения переменных  $u_k$  и  $v_k$ .

При решении задачи (10) необходимо ограничение (11) в задаче ЛБП (3) (4), (11) – (13) заменить на следующее:

$$u_k + v_k + M \sigma_k \leq M + \tilde{d} y_k. \quad (14)$$

Применим описанный способ идентификации параметров линейной регрессии для моделирования пассажирооборота воздушного транспорта Российской Федерации. Введем следующие обозначения:

$y$  – пассажирооборот воздушного транспорта, млрд пасс. км;

$x_1$  – среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций, руб.;

$x_2$  – численность трудоспособного населения в России, млн чел.

В качестве информационной базы для моделирования используем статистическую ежегодную информацию за 2002–2019 гг. [15]. С помощью МНК, МММ и изложенного выше подхода будем строить линейную двухфакторную модель без свободного члена:

$$y_k = \alpha_1 x_{k1} + \alpha_2 x_{k2} + \varepsilon_k, k = \overline{1, 18}.$$

В результате получим:

- МНК

$$y = 0.00586x_1 + 0.36409x_2, \quad (15)$$

$$E = 173.1, \tilde{E} = 0.29 \%,$$

- МММ

$$y = 0.00577x_1 + 0.40365x_2, \quad (16)$$

$$E = 172.3, \tilde{E} = 0.41 \%.$$

Значения критериев адекватности  $E$  и  $\tilde{E}$  указывают на высокую адекватность моделей (15) и (16).

В таблицах 1 и 2 отражены мощности множеств  $S$  и  $\tilde{S}$  для моделей (15) и (16).

**Таблица 1.** Мощность множеств  $S$  для моделей (15) и (16)

$d$	$ S $	
	Модель (15)	Модель (16)
1	2	2
2	4	3
3	6	3
4	7	9
5	7	9
6	7	9
7	9	9
8	10	11
9	11	11
10	11	12

**Таблица 2.** Мощность множеств  $\tilde{S}$  для моделей (15) и (16)

$\tilde{d}$	$ \tilde{S} $	
	Модель (15)	Модель (16)
0.01	2	3
0.02	6	5
0.03	6	5
0.04	8	7
0.05	9	10
0.06	10	11
0.07	10	12
0.08	10	13
0.09	13	14
0.1	14	15

Из анализа таблицы 1 следует, что при  $d \leq 3$  число  $|S|$  для модели (15) не меньше, чем для модели (16), при  $d > 3$  – не больше.

Из таблицы же 2 следует, что такой границей является число  $\tilde{d} = 0.04$ .

В таблице 3 представлены результаты решения задачи ЛБП (3), (4), (11) – (13) по максимизации числа абсолютных ошибок аппроксимации для различных значений  $d$ .

Отметим, что значение  $d=4$  соответствует модели (16).

В таблице 4 помещены результаты решения задачи ЛБП (3), (4), (14), (12), (13) по максимизации числа относительных ошибок аппроксимации для различных значений  $\tilde{d}$ .

**Таблица 3.** Результаты решения задачи (3), (4), (11) – (13) по максимизации числа абсолютных ошибок аппроксимации для различных значений  $d$

$d$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$ S $	$E$	$S$
1	0.00449	0.51449	5	379.7	1,2,4,5,7
2	0.00480	0.49584	6	299.8	1,2,4,5,6,15
3	0.00481	0.47436	7	315.1	1,2,4,5,6,7,15
4	0.00577	0.40365	9	172.3	1,2,4,5,6,10,14,16,17
5	0.00474	0.51125	9	308.7	1,2,3,4,5,6,7,9,15
6	0.00576	0.42403	11	175.6	1,2,3,4,5,6,10,11,14,16,17
7	0.00576	0.41295	11	173.5	1,2,3,4,5,6,10,11,14,16,17
8	0.00590	0.39136	12	179.7	1,2,3,4,5,6,10,11,14,16,17,18
9	0.00579	0.39540	12	172.5	1,2,3,4,5,6,9,10,11,14,16,17
10	0.00597	0.32857	13	178.1	1,2,4,5,6,7,9,10,11,14,16,17,18

**Таблица 4.** Результаты решения задачи (3), (4), (14), (12), (13) по максимизации числа относительных ошибок аппроксимации для различных значений  $\tilde{d}$

$\tilde{d}$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$ \tilde{S} $	$E$	$S$
0.01	0.00587	0.35011	6	174.8	5,6,10,14,16,17
0.02	0.00489	0.48631	7	285.8	1,2,4,5,6,9,15
0.03	0.00592	0.37499	9	178.4	4,5,6,10,11,14,16,17,18
0.04	0.00551	0.42849	10	195.6	1,2,4,5,6,9,10,14,16,17
0.05	0.00577	0.40847	11	173.0	1,2,4,5,6,10,11,14,16,17,18
0.06	0.00599	0.39015	13	189.0	1,2,4,5,6,10,11,12,13,14,16,17,18
0.07	0.00583	0.42082	14	181.0	1,2,3,4,5,6,10,11,12,13,14,16,17,18
0.08	0.00576	0.41629	15	174.4	1,2,3,4,5,6,9,10,11,12,13,14,16,17,18
0.09	0.00541	0.43853	15	208.5	1,2,3,4,5,6,7,9,10,11,14,15,16,17,18
0.1	0.00573	0.40035	16	175.9	1,2,3,4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,16,17,18

Анализ таблиц 3, 4 позволяет сделать следующие выводы.

Поведение оценок параметров  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , а также суммы модулей ошибок  $E$  не является монотонным при росте значений  $d$  и  $\tilde{d}$ . При этом мощность множеств  $S$  и  $\tilde{S}$  естественным образом возрастает.

Попадание какого-либо номера наблюдения выборки в состав множеств  $S$  или  $\tilde{S}$  для меньших значений  $d$  или  $\tilde{d}$  отнюдь не гарантирует этого для больших значений.

Разумеется, окончательный выбор конкретного значения  $d$  или  $\tilde{d}$  и, соответственно, оценок параметров приведенной выше двухфакторной модели пассажирооборота воздушного транспорта Российской Федерации остается за исследователем в зависимости от целей моделирования и его индивидуальных предпочтений относительно значений  $d$ ,  $\tilde{d}$ ,  $|S|$ ,  $|\tilde{S}|$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

В работе предложен алгоритмический способ максимизации числа допустимых абсолютных и относительных ошибок аппроксимации линейного регрессионного уравнения, сводящийся к решению задач линейно-булева программирования приемлемой для практических ситуаций размерности. Решение сформированных задач ЛП и ЛБП не должно вызывать вычислительных проблем в силу значительного числа эффективных программных средств, например размещенной в Интернете в свободном доступе программы LPsolve.

Применение МНК и МНМ позволяет построить весьма адекватные модели пассажирооборота воздушного транспорта Российской Федерации. Поведение оценок параметров модели, а также суммы модулей ошибок не является монотонным при росте уровней допустимых значений абсолютных и относительных ошибок аппроксимации. При этом мощность множеств числа допустимых ошибок естественным образом возрастает. Кроме того, попадание какого-либо номера наблюдения выборки в состав множеств номеров допустимых ошибок для их меньших значений отнюдь не гарантирует этого для больших значений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Zheng, S. Gradient descent algorithms for quantile regression with smooth approximation / S. Zheng. – DOI 10.1007/s13042-011-0031-2 // International Journal of Machine Learning and Cybernetics. – 2011. – № 2. – P. 191–207
- Sherwood, B. Quantile regression feature selection and estimation with grouped variables using Huber approximation / B. Sherwood, S. Li. – DOI 10.1007/s11222-022-10135-w // Statistics and Computing. – 2022. – № 32 (75). – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11222-022-10135-w> (date of application: 24.09.2024).
- Kukush, A. Three estimators for the poisson regression model with measurement errors / A. Kukush, H. Schneeweis, R. Wolf. – DOI 10.1007/bf02777577 // Statistical Papers. – 2004. – № 45. – P. 351–368.
- Variable selection in quantile regression when the models have autoregressive errors / W. Zhao, R. Zhang, Y. Lv, J. Liu. – DOI 10.1016/j.jkss.2012.11.003 // Oh Journal of the Korean Statistical Society. – 2014. – № 43 (3). – P. 513–530.
- Bayramov, E. Determination of main climate and ground factors controlling vegetation cover regrowth along oil and gas pipelines using multiple, spatial and geographically weighted regression procedures / E. Bayramov, M. F. Buchroithner, E. McGurty. – DOI 10.1007/s12665-011-1429-6 // Environmental Earth Sciences. – 2012. – № 66. – P. 2047–2062.
- Zhao, W. Variable selection of varying dispersion student-t regression models / W. Zhao, R. Zhang. – DOI 10.1007/s11424-014-2223-9 // Journal of Systems Science and Complexity. – 2015. – Vol. 28. – P. 961–977.
- Георгиев, Н. С. Проверка автокорреляции в остатках критерием Дарбина – Уотсона / Н. С. Георгиев, А. Д. Юрченко. – Текст : непосредственный // Аллея науки. – 2020. – № 2 (6). – С. 182–185.
- Application of Step Wise Regression Analysis in Predicting Future Particulate Matter Concentration Episode / A. Nazif, N. I. Mohammed, A. Malakahmad, M. S. Abualqumboz. – DOI 10.1007/s11270-016-2823-1 // Water, Air, & Soil Pollution. – 2016. – № 227 (117). – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-016-2823-1> (date of application: 24.09.2024).
- Yin, Y. Model-free tests for series correlation in multivariate linear regression / Y. Yin. – DOI 10.48550/arXiv.1901.05595 // Journal of Statistical Planning and Inference. – 2020. – № 206. – P. 179–195.
- Сорокин, А. В. Взаимосвязь накопления тяжелых металлов в донных отложениях и почве при проведении оценки загрязненности рекреационных зон автотранспортом / А. В. Сорокин, Е. В. Сотникова. – Текст : непосредственный // Технические науки – от теории к практике. – 2014. – № 36. – С. 145–151.
- Носков, С. И. Минимизация средней и максимальной относительных ошибок аппроксимации регрессионной модели / С. И. Носков. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 1. – С. 340–343.
- Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – 3-е издание. – Москва : Вильямс, 2016. – 912 с. – Текст : непосредственный.
- Демиденко, Е. З. Линейная и нелинейная регрессии / Е. З. Демиденко. – Москва : Финансы и статистика, 1981. – 302 с. – Текст : непосредственный.
- Мудров, В. И. Методы обработки измерений. Квази-правдоподобные оценки / В. И. Мудров, В. А. Кушко. – 2-е издание. – Москва : Радио и связь, 1983. – 304 с. – Текст : непосредственный.
- Носков, С. И. Разработка регрессионной модели пассажирооборота воздушного транспорта Российской Федерации двумя альтернативными методами / С. И. Носков, Ю. А. Бычков, К. С. Перфильева. – Текст : электронный // Вестник кибернетики. – 2023. – № 22 (1). С. 36–42. – URL: <https://www.vestcyber.ru/jour/article/view/502> (дата обращения: 03.12.2023).



## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРИКЦИОННОГО ТЕПЛООБРАЗОВАНИЯ

**Тихонов Роман Семенович**

кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник  
лаборатории климатических испытаний,  
ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»,  
обособленное подразделение  
«Институт проблем нефти и газа СО РАН»,  
Якутск, Россия  
E-mail: roman\_tikhon@mail.ru

**Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 122011100162-9**

Предмет исследования: определение момента трения и функций удельной интенсивности теплообразования в системе подшипников скольжения.

Цель исследования: разработать метод определения момента трения в подшипниках скольжения по температурным данным; на основе вычислительных экспериментов исследовать влияние погрешностей в температурных данных на решение обратной задачи.

Методы и объекты исследования: рассматривается система подшипников скольжения из полимерного композиционного материала, на которые опирается вращающийся вал; приводится математическая модель теплового процесса в рассматриваемой системе узлов трения, учитывающая пространственное распределение температуры и его изменение во времени; в нескольких точках каждого подшипника измеряется температура. Фрикционное теплообразование определяется решением обратной задачи теплообмена из условия близости измеренных и расчетных температур. Для обеспечения непрерывной обработки данных и определения момента трения при длительных испытаниях обратная задача определения момента трения по температурным данным решается на последовательных коротких интервалах времени. Затем полученные решения «склеиваются».

Основные результаты исследования: при таком восстановлении расхождение заданных и восстановленных функций удельной интенсивности теплообразования составляет 10–15 % при уровне погрешности в температурных данных 10 %. Разработанный алгоритм решения обратной задачи теплопроводности может быть использован для определения моментов трения в реальных системах самосмазывающихся подшипников скольжения.

**Ключевые слова:** узел трения, фрикционное теплообразование, тепловой процесс, нелинейная обратная задача, сопряженная задача, алгоритм, вычислительный эксперимент.

## NUMERICAL STUDY OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE DATA ERROR ON THE DETERMINATION OF FRICTIONAL HEAT GENERATION

**Roman S. Tikhonov**

Candidate of Science (Eng),  
Senior Researcher, Climatic Testing Laboratory  
Shared Core Facilities of the  
Federal Research Center  
«Yakutsk Science Center SB RAS»,  
Yakutsk, Russia  
E-mail: roman\_tikhon@mail.ru

**The work was carried out within the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 122011100162-9).**

Subject of research: determination of the friction torque and functions of the specific intensity of heat generation in system of sliding bearings.

The purpose of the study: To develop a method for determining the friction torque in sliding bearings using temperature data. Based on computational experiments, study the influence of errors in temperature data on the solution of the inverse problem.

Methods and object of research: A system of sliding bearings made of a polymer composite material on which a rotating shaft rests is considered. A mathematical model of the thermal process in the considered system of friction units is presented, taking into account the spatial distribution of temperature and its change over time. The temperature is measured at several points in each bearing. Frictional heat generation is determined by solving the inverse heat conduction problem from the condition that the measured and calculated temperatures are close. To ensure continuous data processing and determine the friction torque during long-term tests, the inverse problem of determining the friction torque from temperature data is solved at successive short time intervals. Then the resulting solutions are «glued together».

The main results of the study: With such a restoration, the discrepancy between the specified and restored functions of the specific intensity of heat generation is 10–15 % with an error level in temperature data of 10 %. The developed algorithm for solving the inverse problem of thermal conductivity can be used to determine the friction torques in real systems of self-lubricating sliding bearings.

**Keywords:** friction unit, frictional heat generation, thermal process, nonlinear inverse problem, conjugate problem, algorithm, computational experiment.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных трибологических параметров цилиндрических сопряжений является момент силы трения. Измерение его осуществляется индуктивными датчиками момента трения. Однако не удается получить количественную оценку момента трения в подвижных сопряжениях эксплуатируемой техники и в условиях стендовых испытаний в

связи с невозможностью размещения датчиков в компактных реальных узлах. Представляется перспективным определение момента трения по процессам, сопровождающим трение и имеющим прямую корреляцию. Таким процессом является фрикционное теплообразование. Известно, что практически вся энергия, затрачиваемая на трение, трансформируется в теплоту [1-2]. Основываясь на этом факте, определение момента



трения сводится к задаче восстановления фрикционного теплообразования по температурным данным. Измерение температур в неподвижных элементах трибосистемы можно осуществить термодарами. Таким образом, момент трения можно определить по параметру, измерение которого существенно проще по сравнению с существующими устройствами непосредственного измерения. Метод, позволяющий определять момент трения по фрикционному теплообразованию, назван методом тепловой диагностики трения [3].

Такие задачи определения причинной характеристики (фрикционного теплообразования) по следственному показателю (температуре) относятся к обратным задачам. Особенностью обратных задач является неустойчивость решения к малым погрешностям исходных данных. Некорректные задачи успешно решаются методами регуляризации [4-12]. Одним из перспективных из них является метод итерационной регуляризации, систематическое изложение которого для решения нелинейных некорректных задач приводится в работах [6-7]. Показано, что «итерационные алгоритмы решения нелинейных некорректных задач, построенные формально по той же схеме, что и для линейных, оказываются вполне работоспособными» [13]. Несмотря на эффективность метода

итерационной регуляризации для решения многих нелинейных обратных задач, для его успешного использования актуальным остается проведение вычислительных экспериментов по исследованию влияния погрешности на решение обратных задач в различных постановках.

Метод тепловой диагностики трения разработан для подшипников скольжения, в которых вал вращается с достаточно высокой скоростью, позволяющей принять допущение об однородном распределении температуры по поверхности вала [14]. Расчеты показывают, что при скорости вращения менее 5 рад/с однородность распределения температуры по угловой координате нарушается. В этом случае при математическом моделировании теплового процесса необходимо учитывать скорость движения вала и движущийся контакт вала с полимерной втулкой по зоне трения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Постановка задачи

Рассмотрим систему подшипников, изображенную на рисунке 1. Здесь стальной вал (1) совершает вращающее движение, упираясь на  $N$  подшипников скольжения, состоящих из полимерных втулок (2) и стальных корпусов (3).

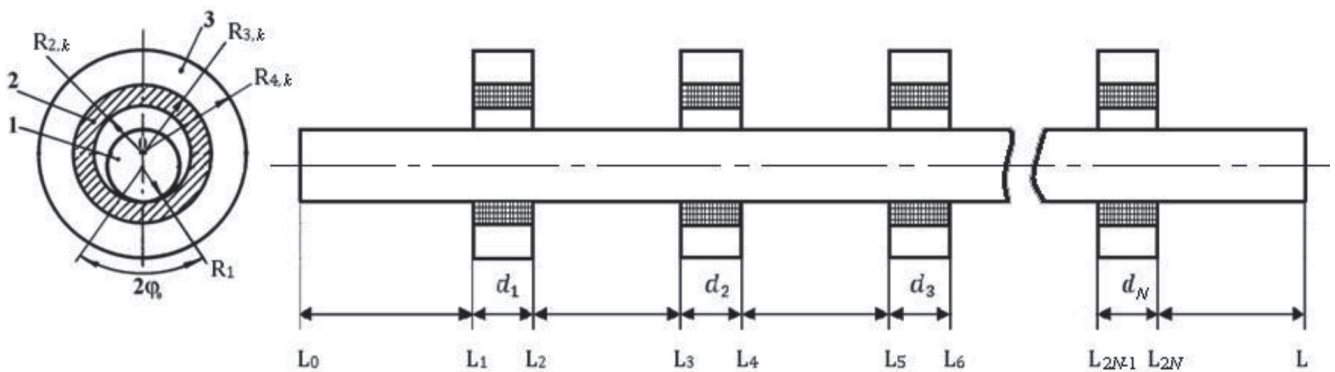


Рисунок 1. Модель системы подшипников скольжения: 1 – вал; 2 – втулка; 3 – корпус

Считая теплоотдачу с торцевых частей подшипников ничтожно малой, изменяющиеся во времени их температурные поля описывались двумерными нестационарными уравнениями теплопроводности в полярных координатах:

$$C_{ik}(T_k) \frac{\partial T_k}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \lambda_{ik}(T_k) \frac{\partial T_k}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \lambda_{ik}(T_k) \frac{\partial T_k}{\partial \varphi} \right), \quad (1)$$

$$R_{2,k} < r < R_{4,k}, \quad -\pi < \varphi < \pi, \quad 0 < t \leq t_m, \quad k = \overline{1, N}, \quad i = 2, 3,$$

где  $i = 2$  – для втулки,  $i = 3$  – для обоймы.

Для вала динамика температурного поля описывается трехмерным уравнением теплопроводности с конвективным членом, учитывающим скорость его вращения:

$$C_1(U) \frac{\partial U}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \lambda_1(U) \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \lambda_1(U) \frac{\partial U}{\partial \varphi} \right) + \Omega C_1(U) \frac{\partial U}{\partial \varphi} + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda_1(U) \frac{\partial U}{\partial z} \right), \quad (2)$$

$$0 < r < R_1, \quad -\pi < \varphi < \pi, \quad 0 < t \leq t_m.$$



В зонах контакта вала с подшипниками задается условие фрикционного теплообразования:

$$\frac{\lambda_k(U)}{d_k} \int_{L_{2k-1}}^{L_{2k}} \frac{\partial U(r, \varphi, z, t)}{\partial r} dz \Big|_{r=R_1} - \lambda_k(T_k) \frac{\partial T_k(r, \varphi, t)}{\partial r} \Big|_{r=R_{2,k}} = Q_k(\varphi, t), \quad |\varphi| \leq \varphi_0, \quad (3)$$

$$\frac{1}{d_k} \int_{L_{2k-1}}^{L_{2k}} U(R_1, \varphi, z, t) dz = T_k(R_{2,k}, \varphi, t). \quad (4)$$

На свободных поверхностях вала, втулок и обойм задаются граничные условия третьего рода. На концах вала задаются граничные условия Дирихле и III-го рода с коэффициентом теплоотдачи  $\alpha_i$ :

$$U(r, \varphi, 0, t) = T_0, \quad \lambda_1(U) \frac{\partial U(r, \varphi, z, t)}{\partial z} \Big|_{z=L} = -\alpha_1(U(r, \varphi, L, t) - T_0). \quad (5)$$

В центре вала задается условие ограниченности решения:

$$\lim_{r \rightarrow 0} \left( r \lambda_1(U) \frac{\partial U}{\partial r} \right) = 0. \quad (6)$$

По угловой координате выполняются условия периодичности:

$$\frac{\partial T_k(r, \varphi, t)}{\partial \varphi} \Big|_{\varphi=-\pi} = \frac{\partial T_k(r, \varphi, t)}{\partial \varphi} \Big|_{\varphi=\pi}, \quad T_k(r, -\pi, t) = T_k(r, \pi, t), \quad (7)$$

$$\frac{\partial U(r, \varphi, z, t)}{\partial \varphi} \Big|_{\varphi=-\pi} = \frac{\partial U(r, \varphi, z, t)}{\partial \varphi} \Big|_{\varphi=\pi}, \quad U(r, -\pi, z, t) = U(r, \pi, z, t). \quad (8)$$

Начальное распределение температуры в системе подшипников будем считать однородным и постоянным:

$$T_k(r, \varphi, 0) = U(r, \varphi, z, 0) = T_0. \quad (9)$$

При известных функциях удельной интенсивности теплообразования  $Q_k(\varphi, t)$ ,  $k=1, 2, \dots, N$  определение температурного поля в системе подшипников по формулам (1) – (9) представляет прямую задачу.

### Обратная задача

Обратная задача тепловой диагностики трения заключается в следующем. Требуется определить функции  $Q_k(\varphi, t)$ ,  $k=1, 2, \dots, N$  из системы уравнений (1) – (9) при известной дополнительной температурной информации  $T_k(R_f, \varphi, t) = f_k(\varphi, t)$  в окрестности зоны трения. Поставленная задача относится к обратным задачам теплопроводности, одним из эффективных методов решения которых является метод итерационной регуляризации [13], основанный на градиентных методах минимизации функционала:

$$J[Q_1(\varphi, t), \dots, Q_N(\varphi, t)] = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N \int_0^{t_m} \int_{-\varphi_0}^{\varphi_0} [T_k(R_f, \varphi, t) - f_k(\varphi, t)]^2 d\varphi dt. \quad (10)$$

Для решения поставленной обратной задачи итерационным методом сопряженных градиентов необходимо определить градиент функционала невязки (10). Градиент функционала определялся решением сопряженной краевой задачи [13].

Согласно методу сопряженных градиентов последовательные приближения  $Q_k^s(\varphi, t)$  для функции  $Q_k(\varphi, t)$  вычисляются по следующей итерационной схеме:

$$Q_k^{s+1}(\varphi, t) = Q_k^s(\varphi, t) - \beta_s S_k^s(\varphi, t), \quad s = 0, 1, 2, \dots,$$

$$S_k^s(\varphi, t) = J'_{Q_k(\varphi, t)} + \gamma_k^s S_k^{s-1}(\varphi, t), \quad \gamma_k^0 = 0, \quad \gamma_k^s = \frac{\int_0^{t_m} \int_{-\varphi_0}^{\varphi_0} (J'_{Q_k^s(\varphi, t)})^2 d\varphi dt}{\int_0^{t_m} \int_{-\varphi_0}^{\varphi_0} (J'_{Q_k^{s-1}(\varphi, t)})^2 d\varphi dt}.$$

### Вычислительные эксперименты

Задача решалась методом конечных разностей с расщеплением по пространственным переменным. Рассматривалась система из 4-х полимерных подшипников скольжения, в которой соседние подшипники равноудалены друг от друга на расстояние 5 см. Расчеты проводились для следующих размеров элементов подшипников:  $R_1=12$ ,  $R_{2,k}=12,5$ ,  $R_{3,k}=16$ ,  $R_{4,k}=30$ ,  $d_k=20$  мм,  $k=1, \dots, 4$ . Зависимости теплофизических характеристик материалов подшипников и вала от температуры определялись по формулам [15]:

$$\lambda_2 = 0,07(T - 100) / 150 + 0,35 \text{ (Вт/(м} \cdot \text{°C))},$$

$$C_2 = (6 \cdot 10^{-3}(T - 30) + 3) \cdot 10^6 \text{ (Дж/(м}^3 \cdot \text{°C))},$$

$$\lambda_1 = \lambda_3 = 30,5(T - 100) / 150 + 55,5 \text{ (Вт/(м} \cdot \text{°C))},$$

$$C_1 = C_3 = (1,2 \cdot 10^{-3}(T - 30) + 3,7) \cdot 10^6 \text{ (Дж/(м}^3 \cdot \text{°C))}.$$

Для того, чтобы разностная схема для уравнения (2) с конвективным членом была устойчива, по критерию Куранта – Фридрихса – Леви определялся шаг по времени, который составил 1/18 секунды при частоте вращения вала 30 об/мин и шаге по угловой координате 5°. Угол контакта вала с подшипниками составлял 60°.

Для исследования влияния погрешностей в температурных данных на решение обратной задачи были решены модельные задачи. Функции удельной интенсивности теплообразования задавались следующими формулами:

$$Q_1 = 6,02 \cdot |\cos \varphi| \cdot \left( 1,3 + \cos \frac{t}{2} \right) / P_1; \quad Q_2 = 6,02 \cdot |\cos \varphi| \cdot \left( 1 + \sin \frac{t}{2} \right) / P_2;$$

$$Q_3 = 6,02 \cdot |\cos \varphi| \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{t}{t+1}} \right) / P_3; \quad Q_4 = 6,02 \cdot |\cos \varphi| \cdot \cos \frac{t}{10} / P_4;$$

где  $P_k = 8 \cdot 10^{-5} \pi \text{ м}^2$ ,  $k=1, \dots, 4$  площади зоны контактов подшипников с валом.

Точные температурные данные  $f_k(\varphi, t)$ ,  $k = 1, \dots, 4$  при  $R_f = 0,013$  м были получены решением прямой задачи. Поскольку все измерительные приборы имеют некую малую погрешность измерения, ошибки измерения имитировались путем добавления к решению прямой задачи случайных помех с уровнем погрешности 10 %:

$$\overline{f}_k(\varphi, t) = f_k(\varphi, t) + 2\Delta(\sigma(t) - 0,5), \quad 0 < t \leq t_m, \quad k = 1, \dots, 4, \quad (11)$$

где  $\sigma(t)$  – равномерно распределенная на отрезке  $[0,1]$  случайная функция,  $\Delta$  – уровень погрешности, равный 10 % от максимальных температур в  $k$ -м подшипнике.

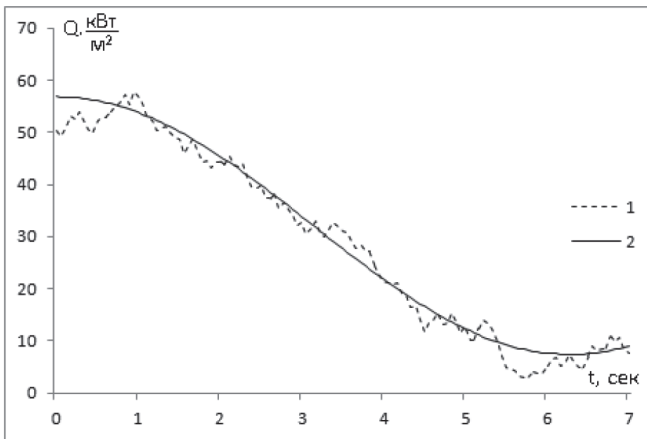
При малом временном шаге, полученном из условия устойчивости разностной схемы, решение нелинейной обратной задачи требует большого объема оперативной памяти. На

каждой итерации необходимо хранить массивы температур по пространственным переменным и времени. В связи с этим решение обратной задачи исследовалось на временном интервале от 0 до 7 секунд. На рисунке 2 показаны результаты определения функций интенсивности теплообразования по возмущенным температурным данным. Приближение соответствовало восьмой итерации.

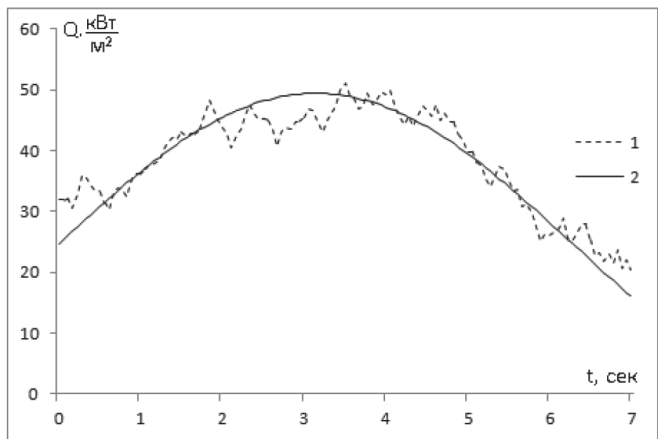
Итерационный процесс прекращался по критерию невязки при выполнении условия:

$$J[Q_1(\varphi, t), Q_2(\varphi, t), Q_3(\varphi, t), Q_4(\varphi, t)] < \delta^2, \quad \delta^2 = \sum_{k=1}^4 \int_0^{l_k} \int_{-\varphi_0}^{\varphi_0} D_k^2(\varphi, t) d\varphi dt,$$

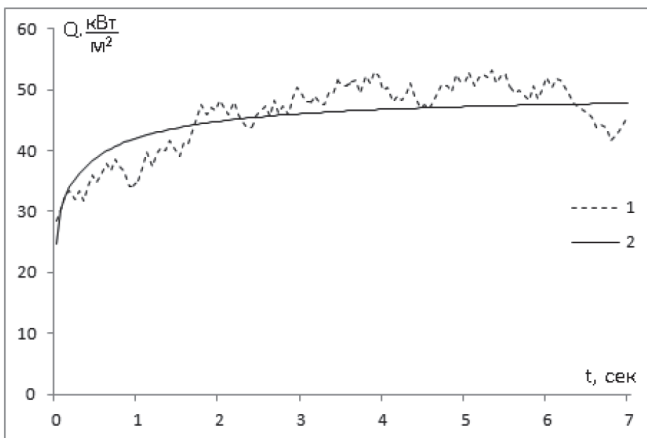
где  $D_k^2(\varphi, t)$  – дисперсии функций температурных данных  $\overline{f}_k(\varphi, t)$ ,  $k = 1, \dots, 4$  с погрешностями.



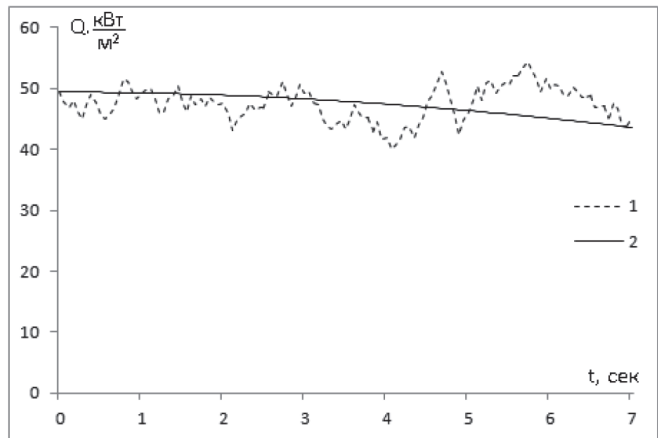
а)



б)



в)



г)

**Рисунок 2.** Сравнение заданных (2) и восстановленных (1) функций удельных интенсивностей теплообразования решением обратной задачи по температурным данным с погрешностями на полном временном интервале: а) в первом подшипнике; б) во втором; в) в третьем; г) в четвертом

Вычислительные эксперименты показали, что разработанный алгоритм решения нелинейной обратной задачи позволяет восстанавливать функции фрикционных

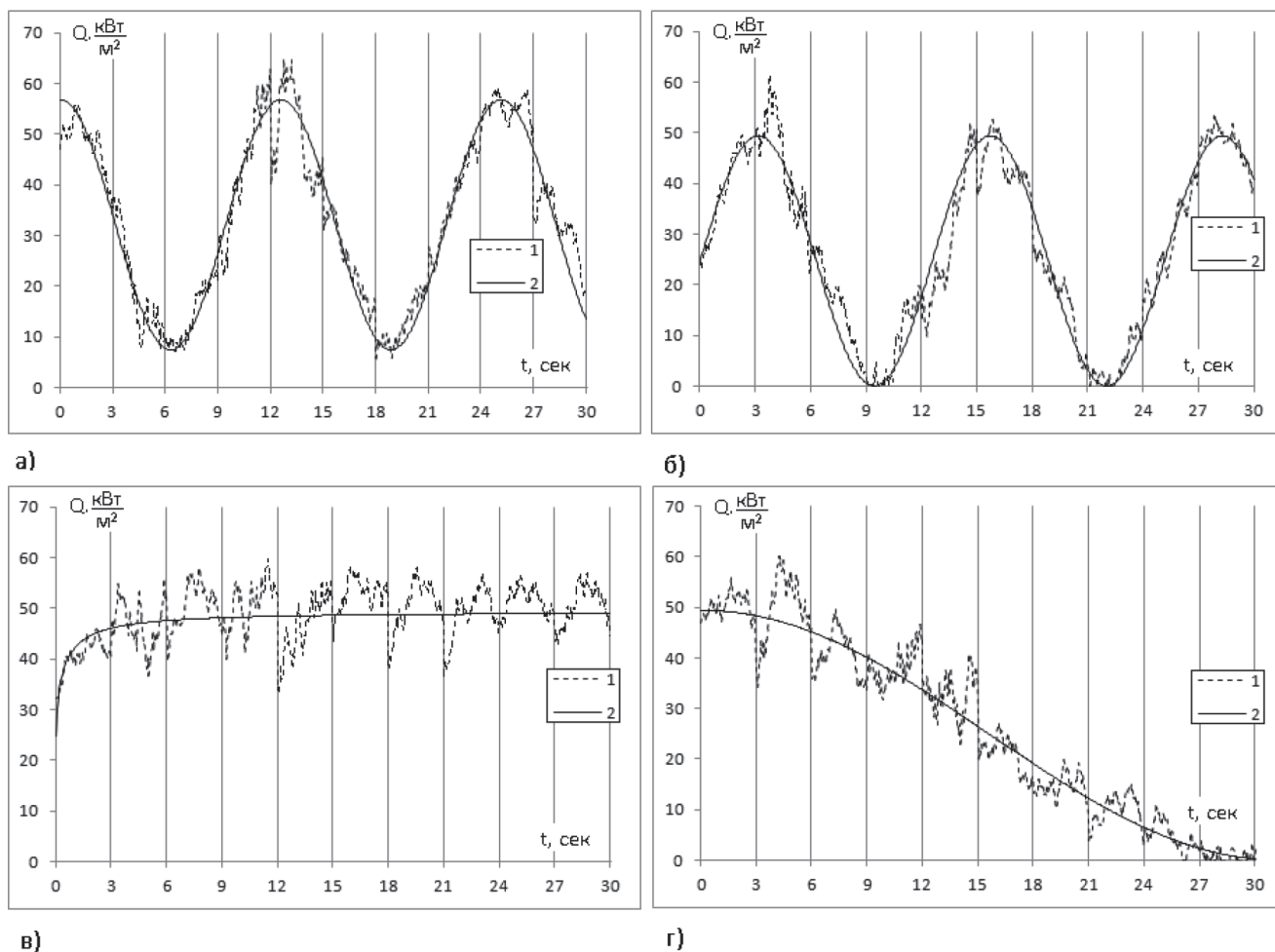
теплообразований с погрешностью, соизмеримой с ошибками измерения температур.

Исследуем возможность использования предлагаемого алгоритма при длительных

испытаниях узла трения эксплуатируемой техники. В модельной задаче функции теплообразования восстанавливались на отрезке времени испытаний путем последовательного определения решений обратных задач на коротких полуинтервалах разбиения времени. Затем найденные функции фрикционного теплообразования склеивались. При этом полученное поле температур в конечный момент времени предыдущего полуинтервала

бралось за начальное распределение температуры на последующем полуинтервале времени.

На рисунке 3 представлено сравнение восстановленных и заданных функций удельных интенсивностей теплообразования на полном временном интервале. В качестве дополнительной информации при решении обратной задачи использовались возмущенные температурные данные вида (11).



**Рисунок 3.** Сравнение заданных (2) и восстановленных (1) функций удельных интенсивностей теплообразования решением обратной задачи по температурным данным с погрешностями на полном временном промежутке с разбиением на полуинтервалы по 3 с: а) – в первом подшипнике; б) – во втором; в) – в третьем; г) – в четвертом

Расчеты показали, что при таком подходе уровень погрешности решения обратной задачи не повышается вследствие накопления ошибок.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Погрешность восстановления функций удельной интенсивности теплообразования составила около 10–15 % при уровне погрешности 10 % в температурных данных. Разработанный алгоритм определения удельной интенсивности теплообразования может быть

использован для тепловой диагностики трения при стендовых и эксплуатационных испытаниях узлов трения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костецкий, Б. И. Энергетический баланс при внешнем трении металлов / Б. И. Костецкий, Ю. И. Линник. – Текст : непосредственный // ДАН СССР. – 1968. – Т. 183, № 5. – С. 42–46.
2. Кузнецов, В. Д. Физика резания и трения металлов и кристаллов: Избранные труды / В. Д. Кузнецов. – Москва : Наука, 1977. – 310 с. – Текст : непосредственный.

3. Старостин, Н. П. Основы тепловой диагностики эксплуатационных параметров в опорах скольжения без смазки : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Н. П. Старостин. – Москва, 1999. – 34 с. – Текст: непосредственный.
4. Тихонов, А. Н. О регуляризации некорректно поставленных задач / А. Н. Тихонов. – Текст : непосредственный // ДАН СССР. – 1963. – Т. 153, № 1. – С. 49–52.
5. Алифанов, О. М. Обратные задачи в тепловом проектировании и испытаниях космических аппаратов / О. М. Алифанов, А. В. Ненарокомов, М. О. Салосина. – Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2021. – 160 с. – ISBN 978-5-4316-0868-1. – Текст : непосредственный.
6. A new method to identify non-steady thermal load based on element differential method / Z.-Y. Zhou, B. Ruan, G.-H. Jiang [et al.]. – DOI 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2023.124352 // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2023. – Vol. 213. – P. 124352.
7. Experimental and computational inverse thermal analysis of transient, non-linear heat flux in circular pin fin with temperature-dependent thermal properties / M. Singhal, S. Singh, R. K. Singla [et al.]. – DOI 10.1016/j.applthermaleng.2019.114721 // Applied Thermal Engineering. – 2020. – Vol. 168. – P. 114721.
8. Estimation of the boundary condition of a 3D heat transfer equation using a modified hybrid conjugate gradient algorithm / Y. Yu, X. Luo, Z. Wu [et al.]. – DOI 10.1016/j.apm.2021.10.016 // Applied Mathematical Modeling. – 2022. – Vol. 102. – P. 768–785.
9. Tourn, B. A. A modified sequential gradient-based method for the inverse estimation of transient heat transfer coefficients in non-linear one-dimensional heat conduction problems / B. A. Tourn, J. C. Álvarez Hostos, V. D. Fachinotti. – DOI 10.1016/j.icheatmasstransfer.2021.105488 // International Communications in Heat and Mass Transfer. – 2021. – Vol. 127. – P. 105488.
10. Reconstruction of the heat flux input of coated gun barrel with the interfacial thermal resistance / S. Chen, L. Chen, J. Fu, Y. Li. – DOI 10.1016/j.csite.2023.103242 // Case Studies in Thermal Engineering. – 2023. – Vol. 49. – P. 103242.
11. Trilok, G. Inverse estimation of heat flux under forced convection conjugate heat transfer in a vertical channel fully filled with metal foam / G. Trilok, P. S. Vishweshwara, N. Gnanasekaran. – DOI 10.1016/j.tsep.2022.101343 // Thermal Science and Engineering Progress. – 2022. – Vol. 33. – P. 101343.
12. Das, R. Simultaneous estimation of heat generation and magnetic field in a radial porous fin from surface temperature information / R. Das, B. Kundu. – DOI 10.1016/j.icheatmasstransfer.2021.105497 // International Communications in Heat and Mass Transfer. – 2021. – Vol. 127. – P. 105497.
13. Алифанов, О. М. Экстремальные методы решения некорректных задач / О. М. Алифанов, Е. А. Артюхин, С. В. Румянцев. – Москва : Наука, 1988. – 288 с. – Текст : непосредственный.
14. Kondakov, A. S. Simulation of the thermal process and friction diagnostics in a system of nonlubricated sliding bearings on a common shaft / A. S. Kondakov, N. P. Starostin. – DOI 10.3103/S1068366616010086 // Journal of Friction and Wear. – 2016. – Vol. 37, № 1. – P. 39–46.
15. Заричняк, Ю. П. Зависимость теплофизических свойств наполненных фторопластов от температуры и концентрации наполнителей / Ю. П. Заричняк, В. А. Иванов – Текст: непосредственный // Пластические массы. – 2013. – № 7. – С. 35–37.

**ОШИБОЧНО  
ОПУБЛИКОВАННАЯ СТАТЬЯ  
«МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ТЕПЛООБМЕНА ПРИ СВАРКЕ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ  
ТЕРМИТНЫМ СПОСОБОМ»  
(DOI 10.18822/BYUSU20240254-59)**

Редакцией ошибочно принята в работу опубликованная в Томе 20, № 1 (2024) статья Галай М. С., Сидорова Э. С. «Моделирование процесса теплообмена при сварке железнодорожных рельсов термитным способом» (DOI 10.18822/byusu20240105-10). В результате допущенной ошибки указанная статья опубликована повторно. По этой причине опубликованная статья Галай М. С., Сидорова Э. С. в настоящее время удалена из Тома 20, № 2 (2024). Соответствующая информация на сайте обновлена. Редакция журнала приносит свои искренние извинения читателям и авторам.

**Ключевые слова:** ошибка, corrigendum, моделирование, сварной шов, теплообмен, распределение температуры, сварка.

**Как цитировать:** Галай М. С., Сидоров Э. С. Моделирование процесса теплообмена при сварке железнодорожных рельсов термитным способом // Вестник Югорского государственного университета. 2024. Т. 20, № 1. С. 5–10 (DOI 10.18822/byusu20240105-10).

**MISTAKENLY  
PUBLISHED PAPER:  
«MODELING OF THE HEAT  
TRANSFER PROCESS DURING  
THERMITE WELDING  
OF RAILWAY RAILS»  
(DOI 10.18822/BYUSU20240254-59)**

The Editorial Board mistakenly accepted the paper of Galai M.S., Sidorova E.S. "Modeling of the heat transfer process during thermite welding of railway rails" (DOI 10.18822/byusu20240105-10), previously published in Volume 20, № 1 (2024), and accidentally published it for the second time.

For this reason, the mistakenly published paper by Galai M.S., Sidorova E.S. has now been removed from Volume 20, № 2 (2024).

The information on the website has also been updated.

The Journal's Editorial Board offers sincere apologies to the readers and authors for this oversight.

**Keywords:** mistakenly, corrigendum, modeling, weld, heat transfer, temperature distribution, welding.

**How to cite the paper:** Galai M.S., Sidorov E.S. Modeling of the heat transfer process during thermite welding of railway rails // Yugra State University Bulletin. 2024. Vol. 20, № 1. P. 5–10 (DOI 10.18822/byusu20240105-10).



Научное издание

# ВЕСТНИК

ЮГОРСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

# BULLETIN

YUGRA STATE UNIVERSITY

том 20, выпуск 3 (2024)

Сетевое издание

16+

Учредитель и издатель:  
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций.  
Свидетельство о регистрации Эл № ФС77-87757 от 12 июля 2024 г.

Дата выхода в свет: 21.10.2024

Адрес учредителя, издателя и редакции:  
628012, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра,  
г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16

Главный редактор – Лапшин Валерий Федорович,  
тел. +7 (3467) 377-000 (доб. 559)