



Югорский
государственный
университет

ВЕСТНИК

BULLETIN
YUGRA STATE UNIVERSITY

ТОМ 20, ВЫПУСК 4

2024

ЮГОРСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НОМЕРА:

- Цели наказания за совершение экологических преступлений: от традиционных к новым
- Моделирование ветродизельной установки для электроснабжения децентрализованных районов Крайнего Севера
- Численное решение обратной задачи идентификации скорости потребления метана в почве



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»;

Сергеев 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 16+

YUGRA STATE UNIVERSITY

ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Том 20, выпуск 4 (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

Ахъядов Э. С.-М.

ПОНЯТИЕ «ТЕРРОРИЗМ»: ПРАВОВОЙ АСПЕКТ 5

Кузнецова Н. И.

ЦЕЛИ НАКАЗАНИЯ ЗА СОВЕРШЕНИЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕСТУПЛЕНИЙ:
ОТ ТРАДИЦИОННЫХ К НОВЫМ 10

Кунц Е. В.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ
РЕЦИДИВНОЙ ПРЕСТУПНОСТИ
СПЕЦИАЛЬНО-КРИМИНОЛОГИЧЕСКИМИ
МЕРАМИ 17

Сумачев А. В.

ОСНОВЫ УЧЕНИЯ О СТРУКТУРЕ
УГОЛОВНО-ПРАВОВОЙ НОРМЫ 24

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА 31

Владимиров Л. В.

НАКОПИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
В СИСТЕМАХ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 31

Колонцов В. Д., Солодянкин М. С.,

Шепелев А. О., Шепелева Е. Ю.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОДИЗЕЛЬНОЙ
УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ РАЙОНОВ
КРАЙНЕГО СЕВЕРА 36

Кривошеева Н. Ю., Осипов Д. С.

МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ 45

Солодянкин М. С., Колонцов В. Д., Ткаченко В. А.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ
ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ 6-10 КВ. 51

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. 55

Кутышкин А. В., Шульгин О. В., Данилова С. В.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНДЕКСА
МАЛМКВИСТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАЙОННЫХ
И МУНИЦИПАЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ
УЧРЕЖДЕНИЙ РЕГИОНА 55

Пьянков О. В., Пахомова А. А.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАВНОМЕРНОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ 68

Тукмачева Ю. А., Пятков С. Г.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ
ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ
СКОРОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ МЕТАНА В ПОЧВЕ 74

Шморган С. А., Неустроева Л. В.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ
ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ
В ОБРАТНЫХ ЗАДАЧАХ
ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА. 82



ПОНЯТИЕ «ТЕРРОРИЗМ»: ПРАВОВОЙ АСПЕКТ

Ахъядов Эльман Саид-Мохмадович

кандидат юридических наук,
доцент кафедры уголовного права,
процесса и национальной безопасности,
заместитель декана по научной работе
юридического факультета
Чеченского государственного университета
им. А. А. Кадырова,
Грозный, Россия
E-mail: Akhyadov1990@mail.ru

Предмет исследования: нормы национального и международного законодательства, закрепляющие понятие «терроризм», определение понятия «терроризм» различных авторов.

Цель исследования: выработка единого подхода к пониманию сущности современного терроризма с правовой точки зрения.

Методы и объекты исследования: в статье использованы такие общенаучные методы исследования, как обобщение, анализ и синтез, сравнение, конкретизация.

Основные результаты исследования. Терроризм – это публичная общественно опасная деятельность, посягающая на общественную или (и) национальную безопасность, заключается в запугивании населения, провокации военного конфликта, международного осложнения любыми способами, предусмотренными нормами национального или (и) международного законодательства, и имеет целью оказать влияние на принятие решений международной организацией, органами публичной власти и их должностными лицами, иными организациями, выполняющими публичные функции, или привлечение внимания общественности к определенным политическим, религиозным или другим взглядам террористических объединений.

Ключевые слова: терроризм, преступление, борьба, общественно опасное явление, понятие, феномен.

THE CONCEPT OF «TERRORISM»: THE LEGAL ASPECT

Elman S-M. Akhyadov

Candidate of Law,
Associate Professor of the Department of Criminal Law,
Procedure and National Security,
Deputy Dean for Research at the Faculty of Law
A. A. Kadyrov Chechen State University,
Grozny, Russia
E-mail: Akhyadov1990@mail.ru

Subject of research: of the study is the norms of national and international legislation, enshrining the concept of 'terrorism', definitions of the concept of 'terrorism' by various authors.

Purpose of research: to develop a unified approach to understanding the essence of modern terrorism from a legal point of view.

Methods and objects of research: the article uses such general scientific methods of research as: generalisation, analysis and synthesis, comparison, concretization.

Main results of research. Terrorism is a public socially dangerous activity that infringes on public or (and) national security and consists in intimidation of the population, provocation of military conflict, international complication by any means provided for by the norms of national or (and) international legislation, and aims to influence the decision-making of an international organisation, public authorities and their officials, other organisations performing public functions, or the attraction of public officials, or the involvement of international organisations, public authorities and their officials.

Keywords: terrorism, crime, struggle, socially dangerous phenomenon, concept, phenomenon.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема терроризма уже много лет не теряет своей актуальности как для правовой теории, так и для практической деятельности правоохранительных и других государственных органов, но угрожающие масштабы она приобрела только недавно. Терроризм – одна из главных и самых опасных проблем современного мира. Он затрагивает как развитые общества, так и страны, которые только развиваются. Сегодня терроризм представляет серьёзную угрозу для безопасности большинства государств, приводя к огромным политическим, экономическим и моральным потерям. От его действий может пострадать любая страна и любой человек. За последний век терроризм претерпел значительные изменения.

Терроризм как политическое и правовое явление уходит своими корнями вглубь веков. К сожалению, преступники и дальше продолжают достигать своих целей, совершая преступные действия, которые по международному и национальному законодательству

признаны террористическими. Терроризм не имеет границ и является общечеловеческим бедствием, поэтому его изучение продолжается и в современной правовой науке. Но, несмотря на довольно большую предварительную исследованность проблем терроризма, универсального понятия терроризма до сих пор не выработано.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В отечественной юридической энциклопедии терроризм трактуется как «политика и практика террора, уголовно-правовое явление». Также указывается на то, что он обычно не имеет тотального, массового характера, совершается экстремистской группой или организацией. Большая юридическая энциклопедия предлагает рассматривать терроризм как определенный метод достижения политических целей, который совершается отдельными движениями и группировками путем преследований, пыток и убийств политических деятелей, служащих, бизнесменов и заложников [3, с. 608].



Наряду с термином «терроризм» достаточно часто как синоним используется термин «террор». Вместе с тем существует и иной подход, в соответствии с которым данные понятия используются в разных смысловых значениях. Разграничивая их, эти термины рассматривают, например, следующим образом: если террор – это определенные открытые, демонстративные действия, то терроризм реализуется путем совершения конспиративных, нелегальных действий; или террор – это насилие и запугивание, которое применяется от более сильного к более слабому, а терроризм, в свою очередь, является насилием и запугиванием, которое применяется более слабым к более сильному. Не имея другого способа отстаивать свои права или взгляды, некоторые лица видят такую возможность только в насильственных действиях и прибегают к нарушению закона.

Таким образом, определения, которые приводятся в юридических изданиях, свидетельствуют об отсутствии единого подхода к пониманию сущности современного терроризма с юридической точки зрения, а также высказываются различные предложения о совершенствовании уголовного наказания за террористическую деятельность [18, с. 226; 19, с. 113].

Учитывая тот факт, что терроризм является проблемой международной, следовательно, и общее единое понятие этого крайне опасного явления должно быть определенным на международном уровне.

На втором заседании многодисциплинарной группы Совета Европы, которое касалось международных мер по борьбе с терроризмом (18–21 февраля 2002 г., Страсбург), практически все представители высказались о целесообразности разработки единого термина «терроризм», который должен применяться на международном и национальном уровнях. Унификация определения данного явления как на национальном, так и на международном уровнях является одной из необходимых предпосылок совместной межгосударственной борьбы против терроризма, особенно когда терроризм выходит за пределы государственных границ. С присоединением к антитеррористическим соглашениям многих государств возникают обязательства по предоставлению правовой помощи по осуществлению международного сотрудничества в ходе расследования террористических преступлений, уголовного преследования и экстрадиции террористов.

Вместе с тем Генеральная Ассамблея ООН в своих резолюциях о национальном, религиозном и международном терроризме не дала

определения этого явления. Рабочая группа по разработке политики ООН в отношении терроризма в своем докладе от 6 августа 2002 в п. 13 вступительной части отметила, что «терроризм является преступным актом, однако несколько большим, чем обычное преступное деяние; в большинстве случаев терроризм представляет собой, по существу, политический акт» [9].

В 2003 году Антитеррористический центр государств – участников СНГ внес свой вклад в развитие исследуемого понятия на международном уровне. Центр издал «Словарь основных терминов и понятий в сфере борьбы с международным терроризмом и другими проявлениями экстремизма». Согласно ему, «терроризм – сложное социально-политическое и криминальное явление, обусловленное внутренними и внешними противоречиями общественного развития различных стран, и представляет одну из наиболее опасных разновидностей политического экстремизма в глобальном и региональных масштабах. По своей социально-политической сущности терроризм представляет собой систематическое, социально или политически мотивированное, идеологически обоснованное применение насилия либо угроз применения такового, посредством которого через устрашение физических лиц осуществляется управление их поведением в выгодном для террористов направлении и достигаются преследуемые террористами цели» [14, с. 49].

Если рассматривать понятие «терроризм» на национальном уровне, то в российском законодательстве весомую роль сыграл Федеральный закон от 6 марта 2006 г. № 35-ФЗ «О противодействии терроризму», определив терроризм как «идеологию насилия и практику воздействия на принятие решения органами государственной власти, органами местного самоуправления или международными организациями, связанные с устрашением населения и (или) иными формами противоправных насильственных действий» [8]. Несмотря на свою краткость, это определение имеет глубокий смысл. Оно описывает цель терроризма, указывает на объекты воздействия, а также на методы достижения цели и другие формы противоправных насильственных действий.

Вышеуказанный федеральный закон дал также определение понятия «террористический акт», что, в свою очередь, повлияло на изменение уголовного законодательства. В Уголовном кодексе Российской Федерации есть статья 205, которая описывает понятие «террористический акт». Это преступление определяется как совершение взрыва, поджога

или других действий, которые могут устрашать людей и привести к гибели человека, значительному материальному ущербу или другим серьёзным последствиям. Цель таких действий – дестабилизировать работу органов власти или международных организаций, а также повлиять на принятие ими решений. Также к террористическим актам относятся угрозы совершения подобных действий для воздействия на решения органов власти или международных организаций [17].

Научные разработки понятия терроризма продолжают. Каждый автор к освещению этого вопроса подходит по-разному, принимая при этом во внимание различные аспекты, уровни и формы проявления данного явления. Ученые разных отраслей приписывают терроризму те свойства, которые идеально касаются объектов исследования именно этой науки. Речь идет о философии терроризма, его доктрине, криминологии терроризма, системе антитеррористического законодательства, парадигме терроризма и т. п.

Как отмечает М. Т. Бадоев, международный терроризм – это форма политической борьбы, которую применяют различные политические движения, партии, группы и другие организации. В основе их деятельности лежат экстремизм и насилие, направленные на давление на субъекты международной деятельности с целью достижения ими политических целей. Для достижения этих целей они используют массовые убийства, захват заложников, взрывы, имеющие широкий радиус поражения, и закладку взрывных устройств в местах большого скопления людей в часы пик [2, с. 214].

Е. А. Капитонова и Г. Б. Романовский определяют терроризм как «применение насилия с целью влияния на неприкосновенные национальные и наднациональные институты, что привело к невинным жертвам или наступлению общественно опасных последствий или образует угрозу их наступления» [15, с. 47], что, на его взгляд, составляет исчерпывающую совокупность признаков, которые характеризуют это общественно опасное деяние как конкретное преступление, достаточно полно отражая два существенных его признака: общественную опасность и противоправность. Мы хотим подчеркнуть важный признак, который помогает отличить терроризм от справедливой борьбы за национальное освобождение, – это невинные жертвы. «Борцы за свободу не стремятся захватывать автобусы и убивать школьников. Террористы же совершают такие ужасные преступления» [15, с. 52].

М. С. Перминова терроризм рассматривает как «преступную деятельность, которая

заключается в использовании, угрозе использования или создании условий для использования насилия угроз террористического направления». Угрожающее (террористическое) насилие она понимает как «насилие, используемое с целью запугивания государства, общества и отдельных групп населения, или насилие, которое заключается в умышленном применении средств, способных вызвать коллективную опасность для людей, и имеет в силу этого угрожающий эффект» [10, с. 405].

Терроризм – это создание вооружённых группировок с целью добиться политических изменений путём убийств невинных людей, причинения вреда их здоровью, жестоких пыток потерпевших, а также совершения взрывов, поджогов, захвата заложников и других опасных действий, которые запрещены международными соглашениями. Также это может быть угроза совершить такие действия, если есть реальная возможность их осуществления. Такое определение терроризма даёт В. В. Волченков [11, с. 33].

Терроризм как «общеопасные действия или угроза ими, совершаемые публично, посягающие на общественную безопасность и направленные на создание в социальной сфере обстановки страха, беспокойства, подавленности с целью прямого или косвенного воздействия на принятие какого-либо решения или отказа от него в интересах виновных» описывает В. А. Бурковская [17, с. 24].

Терроризм – это преступное деяние, целью которого является запугивание и внушение страха обществу. Он включает в себя умышленное совершение актов насилия, направленных на уничтожение или повреждение имущества, захват объектов или создание угрозы жизни и здоровью людей и их собственности. Такие действия обычно сопровождаются выдвижением определённых требований. Как отмечает А. Е. Михайлов, терроризм носит антисоциальный характер, поскольку он направлен на нарушение общественного порядка и безопасности [6, с. 13].

Н. Н. Федощева указывает, что терроризм является средством противоправного противостояния или принуждения [18, с. 106]. Иными словами, это своеобразный способ воздействия на государство, политические силы, органы публичной власти и их должностных лиц.

Одним из самых распространенных определений терроризма в мировой литературе является то, которое дается В. В. Луневым: применение крайнего насилия или угроза его применения с целью устрашения для достижения публичных или политических целей [5, с. 620]. С другой стороны, каким

образом правильно определять понятие крайнего насилия и каким образом определять его пределы?

В целом все мнения ученых можно сгруппировать в три категории, где терроризм рассматривается в трех значениях:

- 1) в самом широком смысле;
- 2) в широком смысле;
- 3) в узком (собственном) смысле.

В самом широком смысле терроризм включает в себя все преступления, которые тем или иным образом способствуют терроризму, в широком – преступления террористической направленности, в узком – только совершение террористического акта [1, с. 92].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Анализ литературы позволяет выделить множество признаков, которые в целом присущи терроризму. Однако некоторые из них дублируются, некоторые являются слишком детализированными (например, публичность и демонстративность), некоторые являются несущественными (например, эффект внезапности).

Мы считаем, что наиболее точное определение терроризма звучит так: это организованное, идеологически обоснованное и систематическое насилие. У террористических атак есть как прямые, так и косвенные объекты нападения, открытая или скрытая политическая мотивация и направленность. Непосредственных участников террористических атак обычно немного. Они стремятся дестабилизировать и запугать общество, вызвать шок в СМИ и добиться сильного общественного резонанса, хотя содержание самой боевой операции не так важно [12, с. 94].

Эта позиция, по нашему мнению, более приемлема, однако не может быть использована как безоговорочная. С учетом вышеприведенных позиций при определении понятия «терроризм» нужно учитывать следующее.

Терроризм – это форма насилия, совершаемого одним человеком или группой людей по отношению к другому человеку или группе лиц. Он всегда связан с применением физического или психологического насилия. О. Л. Крайнева предлагает разграничить уголовно-правовое и криминологическое понятия насилия. Согласно её позиции, под насилием в уголовно-правовом смысле следует понимать умышленное, общественно опасное и противоправное воздействие на тело или психику другого человека.

Криминологическое понятие насилия, помимо уголовно-правового аспекта, включает в себя также внутренние проявления насильственного поведения человека. Это

понятие трактуется более широко, чем уголовно-правовое, поскольку криминология изучает не только уголовные и предкриминальные проявления насилия, но и административно наказуемые, аморальные действия, а также расширяет круг возможных объектов насильственного воздействия [4, с. 36].

Терроризм – это деятельность, которая угрожает общественной и национальной безопасности. Она заключается в запугивании людей, провоцировании военных конфликтов и международных осложнений. При этом террористы стремятся повлиять на решения, принимаемые международными организациями, органами власти и их должностными лицами, а также привлечь внимание общества к своим политическим, религиозным или иным взглядам. Террористическая деятельность нарушает нормы национального и международного законодательства для достижения определённых целей, которые могут быть связаны с политикой, религией или другими сферами жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аكوпова, С. Н. Правовая политика в сфере противодействия терроризму : монография : в 2 т. / С. Н. Аكوпова, А. П. Мазуренко, Т. В. Цатурян. – Пятигорск : Издательство ПИ (Фил.) СКФУ, 2021. – Т. 1. – 283 с. – Текст : непосредственный.
2. Бадоев, М. Т. Понятие и методы борьбы с международным терроризмом / М. Т. Бадоев. – Текст : непосредственный // Наука и общество: проблемы и перспективы развития : сборник статей по итогам V Межрегиональной научно-практической конференции научно-педагогических и практических работников / ответственный редактор Н. С. Семенова. – Ярославль : МФЮА, 2019. – С. 213–219.
3. Большая юридическая энциклопедия : БЮЭ : более 30 000 терминов и определений / автор и составитель А. Б. Барихин. – Москва : Книжный мир, 2010. – 959 с. – Текст : непосредственный.
4. Крайнева, О. Л. Криминологическая характеристика форм криминального насилия : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / О. Л. Крайнева. – Саратов, 2009. – 30 с. – Текст : непосредственный.
5. Лунеев, В. В. Преступность XX века: мировые, региональные и российские тенденции : монография / В. В. Лунеев. – Москва : Норма, 2021. – 912 с. – Текст : непосредственный.
6. Михайлов, А. Е. Понятие международного терроризма / А. А. Михайлов. – Рига : LAP LAMBERT, 2019. – 117 с. – Текст : непосредственный.
7. О борьбе с международным терроризмом : постановление ГД ФС РФ от 20 сентября 2001 г. № 1865-III ГД. – Текст : электронный // Государственная Дума. –

- URL: <https://duma.consultant.ru/documents/694259> (дата обращения: 23.04.2024).
8. О противодействии терроризму : федеральный закон от 6 марта 2006 года № 35-ФЗ. – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_58840/ (дата обращения: 23.04.2024).
 9. Одиннадцатый Конгресс ООН по предупреждению преступности и уголовному правосудию : (Бангкок, 18-25 апреля 2005 года). – Текст : электронный // Объединенные нации : цифровая библиотека. – URL: https://digitallibrary.un.org/record/568734/files/A_CONF.203_5-RU.pdf (дата обращения: 23.04.2024).
 10. Перминова, М. С. Понятие «терроризма» и методологические проблемы изучения / М. С. Перминова. – Текст : непосредственный // Социально-гуманитарные инновации: стратегии фундаментальных и прикладных научных исследований : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2019. – С. 404–407.
 11. Противодействие преступлениям террористической и экстремистской направленности: вопросы теории и практики оперативно-розыскной деятельности / под редакцией В. В. Волченкова, Б. П. Михайлова. – Москва : Юнити-Дана, 2013. – 432 с. – Текст : непосредственный.
 12. Раца, Д. Д. Понятие и признаки терроризма / Д. Д. Раца. – Текст : непосредственный // Сборник научных статей по итогам работы второго международного круглого стола (Шахты, 30 марта 2019 г.). – Шахты : Конверт, 2019. – С. 93–95.
 13. Розенко, С. В. Тенденции развития системы наказания в российском уголовном законодательстве / С. В. Розенко. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2015. – № S3-2 (38). – С. 225–227.
 14. Словарь основных терминов и понятий в сфере борьбы с международным терроризмом и иными проявлениями экстремизма. – Москва : Эдиториал УРСС, 2003. – 66 с. – Текст : непосредственный.
 15. Капитонова, Е. А. Современный терроризм : монография / Е. А. Капитонова, Г. Б. Романовский. – Москва : Юрлитинформ, 2015. – 214 с. – Текст : непосредственный.
 16. Теохаров, А. К. Эффективность исполнения уголовного наказания / А. К. Теохаров, А. Я. Бондарь, Г. Батболд. – DOI 10.17816/byusu202104111-119. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2021. – № 4 (63). – С. 111–119.
 17. Уголовное преследование терроризма / В. А. Бурковская, Е. А. Маркина, В. В. Мельник, Н. Ю. Решетова. – Москва : Юрайт, 2008. – 160 с. – Текст : непосредственный.
 18. Федощева, Н. Н. Понятие и сущность терроризма / Н. Н. Федощева. – Текст : непосредственный // Современные проблемы права, экономики и управления. – 2018. – № 2 (7). – С. 103–112.



ЦЕЛИ НАКАЗАНИЯ ЗА СОВЕРШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕСТУПЛЕНИЙ: ОТ ТРАДИЦИОННЫХ К НОВЫМ

Кузнецова Наталья Ивановна

кандидат юридических наук,
доцент кафедры уголовного права и криминологии
Московской академии Следственного комитета
Российской Федерации имени А. Я. Сухарева,
Москва, Россия
E-mail: natasha40480@mail.ru
ORCID: 0000-0001-5801-9255

Предмет исследования: нормы уголовного закона, посвященные целям наказания.

Цель исследования: установить и классифицировать функции уголовного наказания за совершение экологических преступлений.

Методы исследования: в работе использованы общенаучные методы: диалектический, логический, системно-структурный, анализ и синтез, а также некоторые частнонаучные методы познания.

Объектом исследования выступают некоторые уголовно-правовые взгляды относительно норм уголовного закона, посвященных целям наказания за совершение экологических преступлений.

Основные результаты исследования: сформулирован вывод о необходимости замены термина «цель» на термин «функция» в ч. 2 ст. 43 УК РФ. Функциями наказания за совершение экологических преступлений являются: удержание лица, совершившего преступление, от новых преступлений (предупредительная функция), реституция (восстановление положения потерпевшего), компенсация (возмещение причиненного вреда), ресоциализация осужденного.

Ключевые слова: цели наказания, экологическое преступление, функции наказания, восстановление социальной справедливости, компенсационная функция, экологический иск.

THE PURPOSE OF PUNISHMENT FOR ENVIRONMENTAL CRIMES: FROM TRADITIONAL TO NEW

Natalia I. Kuznetsova

Candidate of Law,
Associate Professor of the Department of Criminal Law
and Criminology Moscow Academy of the Investigative
Committee of the Russian Federation named
after A. Ya. Sukharev,
Moscow, Russia
E-mail: natasha40480@mail.ru
ORCID: 0000-0001-5801-9255

Subject of research: the norms of the criminal law devoted to the purposes of punishment.

Purpose of research: to establish and classify the functions of criminal punishment for environmental crimes.

Methods of research: general scientific methods are used in the work: dialectical, logical, system-structural, analysis and synthesis, as well as some private scientific methods of cognition.

The object of research: some criminal law views on the norms of the criminal law devoted to the purposes of punishment for environmental crimes.

The main results of research: when studying the goals (functions) of punishment, the author came to the conclusion that it is necessary to distinguish those of them that are inherent in all types of punishments, and those that are inherent in individual punishments imposed for certain types of crimes. The conclusion is substantiated that the following functions of punishment should be fixed in place of the goals of punishment fixed in Article 43 of the Criminal Code of the Russian Federation: detaining the person who committed the crime from new crimes (preventive function), restitution (restoration of the victim's position), compensation (compensation for harm caused), resocialization of the convicted person.

Keywords: goals of punishment, environmental crime, functions of punishment, restoration of social justice, compensation function, environmental claim.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время выбор целей наказания имеет существенное теоретическое и практическое значение. Наказание понимается как межотраслевая правовая категория в уголовном и административном законодательстве Российской Федерации [34, с. 46–52]. Если обобщить традиционные точки зрения, то необходимо выделить три группы в зависимости от того, какие цели преследует наказание: теории абсолютные, относительные и смешанные [18, с. 24–25]. К абсолютным относят теории, рассматривающие цель наказания как кару [31, с. 23–37], возмездие (божественное, нравственное и диалектическое) [39, с. 73–77] и иные теории, предлагающие наказывать виновное лицо для восстановления справедливости. Абсолютные теории представляют наказание как самоцель [38, с. 19]. Относительные теории предполагают применять наказание для получения социально полезных результатов: предупреждение,

исправление [15, с. 157–210]. Смешанные теории подразумевают достижение как первых, так и вторых результатов. Дифференциация и индивидуализация наказания наряду с общеправовыми и отраслевыми принципами являются базой построения уголовного права и ориентиром для его применения [22, с. 17–26].

В действующем уголовном законодательстве в ч. 2 ст. 43 УК РФ закреплена смешанная концепция и указаны такие цели наказания, как восстановление социальной справедливости, исправление осужденного и предупреждение совершения новых преступлений. Способность уголовного закона достигать целей уголовно-правового воздействия характеризуется своей эффективностью [27, с. 20–24].

Основу настоящего исследования составил всеобщий диалектический метод. Кроме того, использован общенаучный метод анализа, который позволил установить необходимость признания новых целей (функций)



наказания. Метод научного синтеза использовался для формулирования выводов и предложений о необходимости изменения представлений о целях уголовного наказания, выработки их научной классификации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В юридической литературе не раз рассматривался вопрос о соотношении цели восстановления социальной справедливости и принципа справедливости. Одни учёные полагают, что принцип уголовного права «справедливость» и цель уголовного наказания «восстановление социальной справедливости» – это разные, хотя и связанные между собой понятия [27, с. 117]. Другие специалисты высказывают мнение о том, что рассматриваемая цель дублирует принцип, закреплённый в ст. 6 УК РФ [14, с. 7].

В этой связи, безусловно, прав А. Ф. Мицкевич, указывающий на то, что справедливость – фундамент права, что она обладает высшей императивностью и наибольшей значимостью [26, с. 121]. Подобного мнения придерживается Б. В. Епифанов, указывая, что принцип справедливости является всеобъемлющим, общеправовым, охватывающим всё уголовное право в целом [10, с. 14]. Поэтому полагаем, что цель восстановления социальной справедливости тождественна принципу справедливости и нет необходимости в его повторении в ч. 2 ст. 43 УК РФ.

По сути, справедливость призвана пролицировать все правовые моменты, связанные с преступлением и наказанием. Однако закон должен применяться вне зависимости от того, считает его справедливым виновный или потерпевший. Право должно отражать нравственные идеалы справедливости, но несправедливость той или иной нормы не делает закон недействительным [20, с. 37].

Представляет научный интерес точка зрения профессора С. У. Дикаева. Он утверждает, что социальная справедливость может быть признана восстановленной, если назначенное наказание считается справедливым: а) потерпевшим; б) виновным; в) судьей (судьями) [9, с. 46]. Особенно «чувство справедливости» обострено у закоренелых преступников и, что примечательно, исключительно в отношении самих себя и соответствующей касты [17, с. 16–17].

На наш взгляд, приоритет в вопросе реализации принципа справедливости при совершении экологических преступлений должен быть отдан потерпевшей стороне. В своем исследовании Э. В. Лядов называет три основных аспекта для восстановления социальной справедливости с позиции

потерпевшего. Во-первых, назначение достаточного наказания виновному лицу. Во-вторых, возмещение потерпевшему материального ущерба, причиненного преступлением, и устранение иных его вредных последствий.

В-третьих, компенсация морального вреда от совершенного преступного деяния [24]. Следовательно, потерпевший заинтересован в наказании преступника и в возмещении причиненного вреда.

Профессор В. И. Зубкова полагает, что точка зрения о «компенсационном» характере социальной справедливости является некорректной. Она отмечает, что «речь идёт о компенсации со стороны виновного причиненного вреда, причем не только за имущественные преступления, но и за преступления против личности (убийства, причинение вреда здоровью), то есть подразумевается возмещение расходов на лечение и восстановление здоровья потерпевшего: санаторно-курортное лечение, приобретение лекарств, оплата труда врачей и т. д. Получается, что при совершении любого преступления восстановить справедливость можно, заплатив определенную сумму денег» [11].

Подобная точка зрения представляется дискуссионной. Здесь следует задаться вопросом: разве будет правильнее (справедливее), если в описанных случаях виновному назначат наказание, а лекарства, санаторно-курортное лечение и т. п. потерпевший оплатит себе сам? Ответ очевиден.

Мы убеждены в том, что в современных социально-экономических условиях роль уголовного наказания изменилась. В настоящий момент приоритетной видится именно компенсационная функция наказания. Как пишет, например, А. Г. Грунин, компенсационная функция права – это достаточно важный путь действия права, в котором заключается весьма значимая особенность права как инструмента восстановления справедливости в обществе [8]. Поэтому компенсационную функцию уголовного права нельзя оставлять без внимания и теоретической проработки.

Функции права не являются раз и навсегда определенными. С течением времени они изменяются, преобразуются в зависимости от потребностей общества. Профессор А. И. Чучаев указывает, что справедливость, будучи выражением отношения человека к человеку, к социальной общности, выступает и мерой моральной требовательности к личности со стороны общества [40, с. 52]. Таким образом, с моральной точки зрения для реализации компенсационной функции совершенно обоснованно требовать от лица, совершившего экологическое преступление,

возмещения вреда, причиненного его деянием, а также проведения природовосстановительных мероприятий.

Отметим, что традиционно к функциям уголовного права относят следующие функции: охранительную, регулятивную, предупредительную и воспитательную. Некоторые учёные выделяют и иные функции уголовного права, например функцию контроля [16]. С нашей точки зрения, правы те учёные, которые выделяют компенсационную функцию в качестве самостоятельной функции уголовного права [26]. Поясним, что мы отождествляем функции уголовного права и функции наказания, поскольку общее должно находить свое выражение в том числе и в отдельном.

При проведении нами интервьюирования федеральных и мировых судей они высказали своё положительное отношение к целесообразности введения в уголовно-процессуальное законодательство новеллы, предусматривающей необходимость обязательного решения вопроса о компенсации любого вреда, причиненного окружающей среде или ее компонентам.

В процессе реализации уголовной ответственности за экологические преступления должны быть учтены экологические интересы всех граждан, а этого можно достичь только путем незамедлительного проведения природовосстановительных мероприятий.

При изучении преступлений против природной среды профессор И. В. Попов приходит к выводу о том, что в экологических преступлениях нет потерпевшего [32, с. 55]. С таким утверждением согласиться сложно. Дело в том, что в экологических преступлениях механизм причинения вреда потерпевшим отличается характерными особенностями. Вред конкретному потерпевшему причиняется напрямую или опосредованно через причинение вреда окружающей среде. Вместе с тем любой человек страдает от всякого негативного влияния на природу, поскольку он сам является её частью, окружающая среда выступает необходимым условием его существования. По сути, вся человеческая цивилизация является потерпевшей стороной от любого экологического преступления.

Важным является то обстоятельство, что экологический вред не относится к разряду имущественного, и его возмещение должно регулироваться уголовным и уголовно-процессуальным законодательством с учетом особенностей, обусловленных конкретным компонентом природной среды [23, с. 173]. То есть экологическое преступление может причинять вред имуществу, но данный вред является второстепенным, является лишь частью совокупного вреда.

В этой связи интересна точка зрения А. А. Музыки. Он полагает, что от понятия «гражданский иск в уголовном производстве», а также от статуса «гражданский истец» и «гражданский ответчик» в уголовном производстве необходимо отказаться. Ученый указывает, что сочетание в одном лице, с одной стороны, потерпевшего и гражданского истца, с другой – подозреваемого (обвиняемого) и гражданского ответчика является искусственным и вредным рудиментом [28]. Подобное утверждение, с нашей точки зрения, заслуживает поддержки.

Что касается экологических преступлений, то иск о компенсации нанесенного экологического вреда должен предъявляться прокурором по всем экологическим преступлениям. Предлагаем именовать такой иск «экологическим».

Здесь уместно вспомнить тезис, высказанный более ста пятидесяти лет назад, но актуальный по сей день, о том, что каждое наказание должно быть и справедливым, и полезным [37, с. 14–15]. Исследуемая проблема заключается в том, что экологические преступления, как и их общественно опасные последствия, имеют отличительные особенности [19]. Так, например, существуют преступления, вред от которых невозможно компенсировать. К подобным деяниям относится убийство, заражение ВИЧ-инфекцией, шпионаж, террористический акт, геноцид и др. Экологические преступления характеризуются тем, что экологический вред в некоторых случаях возможно устранить или нейтрализовать. В этой связи и цели наказания для рассматриваемой группы преступлений отличаются. Они должны быть направлены на помощь экологической сфере.

Мы не раз обращали внимание на срочную необходимость восстановления окружающей среды. Для этого требуются колоссальные материальные и физические усилия. Строго говоря, природа больше не может ждать, когда все теоретические проблемы будут разрешены и начнется проведение природовосстановительных мероприятий. Следует незамедлительно восстанавливать деградированные почвы, поврежденные экосистемы, число исчезающих видов флоры и фауны. Необходимо очищать от загрязнений воду и воздух, местообитания объектов животного и растительного мира.

Поэтому уголовная политика нашего государства должна быть сосредоточена на обеспечении восстановления окружающей среды, в том числе и посредством уголовного наказания.

Нам импонирует позиция основателя Невско-Волжской криминологической школы

профессора Д. А. Шестакова, согласно которой вместо термина «цели наказания» следует применять понятие «функции наказания» [38]. Он предлагает полностью отказаться от целей наказания, предусмотренных в ст. 43 УК РФ, а вместо них законодательно закрепить следующие функции: удержание лица, совершившего преступление, от новых преступлений (функция защиты человека), реституция (восстановление положения потерпевшего), ресоциализация осуждённого.

Мы также считаем, что употребление словосочетания «цели наказания» не совсем правильно, поскольку само по себе уголовное наказание не может иметь цели. Целеполагание присуще только человеку – носителю сознания и воли, наказанию же присущи функции [33].

Большой толковый словарь определяет, что функция (от лат. function – выполнение работы) – это направление деятельности в соответствии с назначением какой-либо организации, учреждения; задача, обязанность должностного лица [4, с. 14–36]. Другой толковый словарь указывает, что функция – явление, зависящее от другого и изменяющееся по мере изменения этого другого явления. Значение, назначение, роль [5, с. 1190].

В свою очередь, цель – мысленно предвосхищаемый результат деятельности. В качестве непосредственного мотива цель направляет и регулирует действия человека [5, с. 1190]. Наказание само по себе не может иметь цель, а выполняет функцию или назначение, определенную роль.

Видимо, поэтому законодатель в ст. 6 УПК РФ «Назначение уголовного судопроизводства» использует термин «назначение» уголовного судопроизводства, а не «цели».

Первая функция наказания, предложенная профессором Д. А. Шестаковым, перекликается с достаточно хорошо исследованной в науке целью наказания – предупреждением совершения новых преступлений.

В свое время профессор И. С. Ной указывал, что общепреventивная роль уголовного права проявляется как в самом факте существования уголовного закона, так и в его применении. Последнее достигается путем устрашения неустойчивых лиц и путем воспитательного воздействия уголовного закона на всё население [3, с. 17–39]. В то же время уголовное наказание не может являться основным средством предупреждения преступности. Наказанию отведена вспомогательная роль по сравнению с мерами общего и специального предупреждения [6, с. 11].

Хотя Н. А. Беляев утверждал, что подавляющее большинство граждан не совершает

преступлений совсем не потому, что боится наказания, а потому что причинение ущерба общественным отношениям противоречит их морально-этическим установкам, их взглядам и убеждениям [2], мы полагаем, что сам факт существования санкций норм уголовного закона всё же удерживает часть лиц от совершения преступлений. Поэтому эту функцию наказания правильнее именовать предупредительной [12], а не функцией защиты человека.

Что касается второй предложенной функции – реституции (восстановления положения потерпевшего), то, как нами было показано выше, в настоящее время окружающая среда нуждается в срочном и неотложном восстановлении. Для этого требуются материальные ресурсы, поэтому следует добавить еще одну функцию наказания – компенсации.

Третья функция, предложенная профессором Д. А. Шестаковым, – ресоциализация осуждённого – представляется обоснованной. Полагаем, что наказание должно преследовать получение позитивного конечного результата.

В качестве основы для понимания ресоциализации целесообразно воспользоваться определением, данным Л. А. Латышевой. Под ресоциализацией предлагается понимать процесс повторного усвоения норм, ценностей, образцов поведения, восстановления утраченных (несформированных) навыков, умений, социального опыта в результате «дефектов» социализации, воздействия неблагоприятных факторов, изменения условий жизнедеятельности [21, с. 19].

В настоящее время видится весьма актуальным создание специальных исправительных центров именно для экологических преступников. Перед подобными центрами должна лежать задача привить осужденным экологические ценности. Полагаем, что ресоциализируемый должен буквально вживаться в эти ценности методом эмпатии при помощи осознания того, что ценности являются критерием истинности и адекватного понимания человеческого бытия [29, с. 247].

Дело в том, что эти лица обладают рядом особенностей, позволяющих обособить их от других категорий преступников. К этим особенностям, прежде всего, относятся: явная переоценка возможностей человека, его якобы способности оптимально воздействовать на окружающую среду; ложное мнение о том, что природные ресурсы являются неисчерпаемыми, о неисчерпаемости природных ресурсов; нереальные оценки способности природы к самовосстановлению (регенерации); явное неуважение к экологическому

законодательству; потребительское отношение к природе. Полагаем, что наказания для этой категории лиц должны быть нацелены на искоренение перечисленных деформаций, повышение экологической культуры. Для этого специалистами различных отраслей знания (экологами, психологами (конфликтологами), педагогами, медиками, социологами, юристами) должны быть совместно разработаны специальные программы реабилитации, включающие изучение основ экологической грамотности, обязательный просмотр видеокурсов, посвященных экологическим проблемам, работу с экологами и психологами, привлечение экологических преступников к проведению природовосстановительных мероприятий. Считаем обязательным проведение контроля полученных экологических знаний по завершении указанных программ реабилитации (экзамен, тест и др.).

В целом в первую очередь осужденные за совершение экологических преступлений должны быть ресоциализированы средствами образовательного пространства. Не последнюю роль в этом процессе следует отдать экологическому образованию [13]. Однако не следует отрицать, что ресоциализация зависит от степени криминальной и нравственной запущенности лица, которая нередко выражается в извращении потребностей, интересов. Степень социальной и нравственной запущенности человека проявляется в глубине и устойчивости антиобщественной направленности его образа жизни [35]. В любом случае изучение мотивов совершенного преступления является неременным условием ресоциализации осужденного. Как метко выразился профессор Ю. М. Антонян, «действует примерно тот же принцип, что и в медицине: больного нельзя вылечить, не зная, чем он болен и почему он заболел» [1].

Ресоциализация рассматриваемых лиц может проходить при помощи экологических организаций, которые путем волонтерских акций привлекают внимание граждан к экологическим проблемам. Они организуют природовосстановительные мероприятия в заказниках, заповедниках и национальных парках, прокладывают экологические маршруты, занимаются экопросвещением, обсуждают принимаемые законопроекты, проводят онлайн-акции по защите окружающей среды, помогают в приютах для бездомных животных, тушат лесные пожары, являются экологическими наставниками для населения [36]. Эковолонтеры личным примером показывают гражданам, как можно помогать природе, что также способствует, во-первых, предупреждению экологических преступлений,

во-вторых, ресоциализации рассматриваемой категории осужденных.

При изучении функций наказания мы пришли к выводу о необходимости выделения тех из них, которые присущи всем видам наказаний, и тех, которые присущи отдельным наказаниям, назначаемым за совершение определенных видов преступлений.

Оригинальной точки зрения придерживается С. И. Голубев. Он полагает, что наряду со всеми перечисленными в ч. 2 ст. 43 УК РФ целями наказания за экологические преступления им свойственна специальная цель – обеспечение экологической безопасности, которая, в свою очередь, является разновидностью национальной безопасности [7, с. 9–10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Подводя итог, отметим, что предлагаем новый подход к целям наказания за совершение экологических преступлений. Во-первых, цель восстановления социальной справедливости тождественна принципу справедливости, и нет необходимости в его повторении в ч. 2 ст. 43 УК РФ. Во-вторых, в процессе реализации уголовной ответственности за экологические преступления должны быть учтены экологические интересы всех граждан, а этого можно достичь только путем незамедлительного проведения природовосстановительных мероприятий. Кроме того, ввиду особенностей экологических преступлений компенсационная функция должна быть приоритетной при реализации уголовной ответственности за указанные преступления. Для этого в ст. 43 УК РФ следует закрепить следующие функции: удержание лица, совершившего преступление, от новых преступлений (предупредительная функция), реституция (восстановление положения потерпевшего), компенсация (возмещение причиненного вреда), ресоциализация осужденного. В-третьих, компенсационная функция наказания за совершение экологических преступлений должна быть расширена. В современных социально-экономических условиях совершенно обоснованно требовать от лица, совершившего экологическое преступление, возмещения вреда, причиненного его деянием, а также проведения природовосстановительных мероприятий.

В-четвертых, по всем экологическим преступлениям должен предъявляться иск о компенсации нанесенного экологического вреда. Предлагаем именовать такой иск экологическим иском. Для этого в уголовно-процессуальном законодательстве необходимо закрепить соответствующие нормы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонян, Ю. М. Некоторые принципиальные возможности исправления осужденных / Ю. М. Антонян. – Текст : непосредственный // Человек: преступление и наказание. – 2021. – Т. 29, № 3. – С. 327–335.
2. Беляев, Н. А. Цели наказания и средства их достижения в исправительно-трудовых учреждениях / Н. А. Беляев. – Ленинград : Типография ЛОЛГУ, 1963. – 186 с. – Текст : непосредственный.
3. Большой Российский энциклопедический словарь. – Москва : Большая Российская энциклопедия, 2003. – 1888 с. – Текст : непосредственный.
4. Большой толковый словарь русского языка / главный редактор С. А. Кузнецов. – Санкт-Петербург : Норинт, 2003. – 1536 с. – Текст : непосредственный.
5. Большой толковый словарь русского языка : около 60000 слов / под редакцией Д. Н. Ушакова. – Москва : АСТ ; Астрель, 2004. – 1268 с. – Текст : непосредственный.
6. Бытко, С. Ю. Эффективность предупредительного воздействия уголовного наказания на преступность: теоретический и прикладной аспекты : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора юридических наук / С. Ю. Бытко. – Саратов, 2019. – 44 с. – Текст : непосредственный.
7. Голубев, С. И. Наказание за экологические преступления: теоретико-прикладное исследование : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / С. И. Голубев. – Казань, 2015. – 25 с. – Текст : непосредственный.
8. Грунин, А. Г. Прикладная роль различных аспектов компенсационной функции права / А. Г. Грунин. – Текст : непосредственный // Юрист юга России и Закавказья. – 2019. – № 3 (27). – С. 43–48.
9. Дикаев, С. У. Цели уголовного наказания и критерии оценки эффективности уголовного закона / С. У. Дикаев. – Текст : непосредственный // Юридическая мысль. – 2008. – № 5 (49). – С. 44–54.
10. Епифанов, Б. В. Принцип социальной справедливости в уголовном праве : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Б. В. Епифанов. – Санкт-Петербург, 1993. – 210 с. – Текст : непосредственный.
11. Зубкова, В. И. Восстановление социальной справедливости как цель уголовного наказания и ее достижение в процессе отбывания наказания / В. И. Зубкова. – Текст : непосредственный // Вестник института: преступление, наказание, исправление. – 2012. – № 5. – С. 11–12.
12. Зубкова, В. И. Еще раз о предупредительной функции уголовного наказания / В. И. Зубкова. – Текст : непосредственный // Организационно-правовое обеспечение деятельности учреждений и органов ФСИН России: проблемы и перспективы развития : материалы межвузовской научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора юридических наук, профессора А. И. Зубкова, Дню российской науки, 140-летию УИС и 85-летию Академии ФСИН России. – Санкт-Петербург, 2019. С. 97–102.
13. Исакова, А. А. Непрерывное экологическое образование как основа формирования экологической культуры (на примере регионального образования) / А. А. Исакова. – Текст : непосредственный // Педагогический журнал. – 2017. – Т. 7, № 1В. – С. 430–439.
14. Калюжин, К. В. Восстановление социальной справедливости при назначении наказания за убийство (ст. 105 УК РФ) : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / К. В. Калюжин. – Ростов-на-Дону, 2013. – 205 с. – Текст : непосредственный.
15. Карпец, И. И. Уголовное право и этика / И. И. Карпец. – Москва : Юридическая литература, 1985. – 256 с. – Текст : непосредственный.
16. Карпов, К. Н. Функция контроля в уголовном праве: постановка проблемы / К. Н. Карпов // Научный вестник Омской академии МВД России. – 2020. – Т. 26, № 4 (79). – С. 5–11.
17. Клеандров, М. И. Правосудие и справедливость: монография / М. И. Клеандров. – Москва : Норма : ИНФРА-М, 2022. – 364 с. – Текст : непосредственный.
18. Крюков В. В. Цели уголовного наказания: понятие, виды, механизмы достижения : монография / В. В. Крюков ; под редакцией Н. А. Лопашенко. – Москва : Юристинформ, 2019. – 184 с. – Текст : непосредственный.
19. Кузнецова, Н. И. Уголовно-правовая политика в сфере экологии: современные тенденции / Н. И. Кузнецова, С. Ф. Милюков. – Текст : непосредственный // Юридический вестник Дагестанского государственного университета. – 2022. – Т. 42, № 2. – С. 140–152.
20. Куксин, И. Н. Справедливость как нравственная, социальная и юридическая категория / И. Н. Куксин, И. В. Чечельницкий. – Текст : непосредственный // Социальная справедливость и право: проблемы теории и практики : материалы научно-практической конференции / под общей редакцией Т. А. Сошниковой. – Москва, 2016. – С. 31–38.
21. Латышева, Л. А. Проблемы ресоциализации осужденных к лишению свободы: уголовно-исполнительный и криминологический аспекты : монография / Л. А. Латышева. Вологда : ВИПЭ ФСИН России, 2017. – 188 с. – Текст : непосредственный.
22. Лапшин, В. Ф. Хулиганские побуждения как обстоятельство, отягчающее уголовное наказание / В. Ф. Лапшин, Н. Н. Кемова // Вестник ЮГУ. – 2023. – № 4. – С. 17–26.
23. Лядов, Э. В. Восстановление социальной справедливости как цель уголовного наказания / Э. В. Лядов. – Текст : непосредственный // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2017. – № 12. – С. 25–31.
24. Мартыненко, Н. Э. Компенсационная функция и компенсационные нормы современного уголовного закона / Н. Э. Мартыненко, Э. В. Мартыненко. – Текст : непосредственный // Труды Академии управления МВД России. – 2020. – № 1 (53). – С. 78–88.

25. Мелюханова, Е. Е. Кризис уголовного наказания: состояние и обусловленность / Е. Е. Мелюханова. – Текст : непосредственный // Вестник ЮГУ. – 2022. – № 4 (67). – С. 20–24.
26. Мицкевич, А. Ф. Уголовное наказание: понятие, цели и механизмы действия / А. Ф. Мицкевич. – Санкт-Петербург : Юридический центр Пресс, 2005. – 329 с. – Текст : непосредственный.
27. Музыка, А. А. Компенсационная функция уголовного права: концептуальные положения / А. А. Музыка. – Текст : непосредственный // Проблемы укрепления законности и правопорядка: наука, практика, тенденции. – 2016. – № 9-2. – С. 343–348.
28. Николаева, М. Г. Ресоциализация личности в условиях пенитенциарной системы : монография / М. Г. Николаева. – Москва : Издательство СГУ, 2014. – 426 с. – Текст : непосредственный.
29. Ной, И. С. Вопросы теории наказания в Советском уголовном праве (Понятие и цели наказания) : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора юридических наук / И. С. Ной. – Ленинград, 1963. – 35 с. – Текст : непосредственный.
30. Ной, И. С. Вопросы теории наказания в советском уголовном праве / И. С. Ной. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 1962. – 157 с. – Текст : непосредственный.
31. Попов, И. В. Преступления против природной среды: теоретические основы и практика применения : диссертация на соискание ученой степени доктора юридических наук / И. В. Попов. – Екатеринбург, 2014. – 453 с. – Текст : непосредственный.
32. Прокументов, Л. М. Восстановление социальной справедливости как цель уголовного наказания / Л. М. Прокументов. – Текст : непосредственный // Уголовная юстиция. – 2021. – № 17. – С. 13–17.
33. Ресоциализация осужденного средствами образовательного пространства / Н. И. Скок, Л. Л. Мехришвили, Е. Ю. Екимова [и др.]. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 236 с. – Текст : непосредственный.
34. Розенко, С. В. Эволюция наказания в российском уголовном праве: проблемы системности и совершенствования / С. В. Розенко. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2020. – № 1 (56). – С. 46–52.
35. Рутман, А. А. Экологические волонтерские организации как один из видов многоаспектного наставничества и работы с населением / А. А. Рутман, Г. С. Избышева // Профессиональное образование: проблемы и достижения : материалы X Международной научно-практической конференции. – Томск, 2021. – С. 49–53.
36. Сущность и цели наказания. – Санкт-Петербург : Типография товарищества «Общественная Польза», 1866. – С. 14–15.
37. Тихомирова, М. С. Понятие и реализация целей уголовного наказания в преступлениях, совершенных с корыстным мотивом : учебное пособие / М. С. Тихомирова, Н. Н. Мяснова. – Калининград : Издательство БФУ им. И. Канта, 2014. – 98 с. – Текст : непосредственный.
38. Фалеев, Н. И. Цели воинского наказания / Н. И. Фалеев. – Санкт-Петербург : Типография «В.С. Балашевъ и К°», 1902. – 525 с. – Текст : непосредственный.
39. Чучаев, А. И. Цели наказания в советском уголовном праве / А. И. Чучаев. – Москва : Типография ВНИИТЭМР, 1989. – 86 с. – Текст : непосредственный.
40. Шестаков, Д. А. Преступность среди социальных подсистем / Д. А. Шестаков. – Текст : непосредственный // Преступность среди социальных подсистем. Новая концепция и отрасли криминологии : монография / под редакцией Д. А. Шестакова. – Санкт-Петербург : Юридический центр Пресс, 2003. – С. 6–14.



НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ РЕЦИДИВНОЙ ПРЕСТУПНОСТИ СПЕЦИАЛЬНО- КРИМИНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕРАМИ

Кунц Елена Владимировна

доктор юридических наук, профессор,
главный научный сотрудник
Научно-исследовательского института
Федеральной службы исполнения наказаний,
Москва, Россия
E-mail: 73kuntc@mail.ru

Высокая научная значимость обозначенной проблемы опосредована тем, что в российской криминологической и уголовно-правовой науке до сих пор не создано собственной фундаментальной стратегии предупреждения рецидивной преступности – стройной и упорядоченной системы теоретических знаний о ней, мерах контроля и противодействия этому опасному общественному явлению.

Предмет исследования: нормы отечественного законодательства, регламентирующие специально-криминологическое предупреждение рецидивной преступности; научные разработки, статистический материал по теме исследования.

Цель исследования заключается в формулировании предложений по совершенствованию и повышению эффективности мер специально-криминологического предупреждения рецидивной преступности, а также восполнении недостающих криминологических знаний о предупреждении указанного явления.

Методы исследования: в статье использован как общенаучный методологический арсенал, так и частнонаучный методологический инструментарий. Методологическую основу исследования составит системный подход, в рамках которого использован комплекс общих принципов и методов научного познания.

Основные результаты исследования: всесторонне проанализирована система мер противодействия рецидивной преступности, а также предложено расширение сферы применения существующей системы наказаний. У человека, оказавшегося в изоляции, происходят определенные изменения, нарушаются ранее сложившиеся социальные связи, а при освобождении нередко возникают серьезные проблемы с адаптацией к жизни. Необходимо совершенствовать отечественную систему наказаний, но кардинально менять не стоит, так как индивидуализация наказания имеет гораздо больше возможностей реализоваться при существующей палитре наказаний.

Ключевые слова: наказание, probation, профилактика, ресоциализация, рецидивная преступность, социализация, специально-криминологические меры.

SOME ISSUES OF PREVENTION OF RECURRENT CRIME BY SPECIAL CRIMINOLOGICAL MEASURES

Elena V. Kunts

Doctor of Law, Professor,
Chief Researcher Scientific Research
Institute Federal Penitentiary Service,
Moscow, Russia
E-mail: 73kuntc@mail.ru

The high scientific significance of the identified problem is mediated by the fact that Russian criminological and criminal legal sciences have not yet created their own fundamental strategy for preventing recidivism – a coherent and orderly system of theoretical knowledge about it, measures to control and counter this dangerous social phenomenon.

Subject of research: the norms of domestic legislation regulating the special criminological prevention of recidivism; scientific developments, statistical material on the research topic.

Purpose of research: formulate proposals for improving and increasing the effectiveness of measures specifically criminological prevention of recidivism, as well as filling the missing criminological knowledge about the prevention of this phenomenon.

Methods of research: the article uses both general scientific methodological tools and private scientific methodological tools. The methodological basis of the study will be a systematic approach, within which a set of general principles and methods of scientific knowledge is used.

Main results of research: the system of measures to combat recidivism was comprehensively analyzed, and an expansion of the scope of application of the existing punishment system was proposed. A person who finds himself in isolation undergoes certain changes, previously established social ties are disrupted, and upon release, serious problems often arise with adaptation to life. It is necessary to improve the domestic punishment system, but there is no need to radically change it, since the individualization of punishment has much more opportunities to be realized with the existing palette of punishments.

Keywords: punishment, probation, prevention, resocialization, recidivism, socialization, special criminological measures.

ВВЕДЕНИЕ

В научных трудах отечественных криминологов наблюдается стремление широко формулировать определение общего понятия предупреждения преступности, включая в него все виды социальной деятельности, которые прямо или косвенно воздействуют на состояние преступности. В это понятие включают общесоциальные мероприятия, а перед специально-криминологическим предупреждением ставится полное устранение преступности [3, с. 266].

Применительно к рецидивной преступности к специально-криминологическим мерам следует относить меры по предупреждению рецидивной преступности, которые направлены в отношении конкретного лица, категории лиц или социальных институтов. Указанные меры имеют меньший масштаб применения, чем общесоциальные, но они естественным образом дополняют их. Задачи по предупреждению преступлений, а также иных правонарушений, закрепленные в федеральном законодательстве, реализуются исключительно посредством индивидуальной



профилактики, специфика которой состоит во влиянии на личность правонарушителя, а не на правонарушающую группу [6, с. 5–10].

Данные меры предупреждения названы криминологическими, так как для их разработки и применения необходимы специальные познания в такой юридической науке, как криминология.

Исследуемая тема в той или иной степени затрагивалась в трудах таких криминологов, как Ю. М. Антонян, О. Р. Афанасьева, М. М. Бабаев, Л. И. Беляева, Л. А. Букалерева, А. Н. Варыгин, Н. И. Ветров, В. Ю. Голубовский, А. И. Долгова, О. С. Капинус, В. В. Лунеев, В. Е. Эминов, А. М. Яковлев, и других ученых. Обозначенная проблема обладает высокой научной значимостью и вызывает большой исследовательский интерес у научного сообщества. Его представители из различных областей научного знания – уголовного права, пенологии, криминологии, уголовно-исполнительного права, юридической психологии. Имеется недостаток знаний о проблеме в ее социолого-криминологическом ракурсе, наличествует дефицит эмпирических исследований, нацеленных на изучение данной проблемы изнутри, и к настоящему времени только формулируется универсальная и современная стратегия последовательного сокращения рецидивной преступности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Специально-криминологические меры реализуются сотрудниками правоохранительных органов и всей системы уголовной юстиции, руководителями предприятий и учреждений, местными органами власти и общественными организациями, школьными и дошкольными учреждениями [8, с. 352].

В предупреждении рецидивной преступности одно из ведущих мест занимают меры уголовно-правового воздействия, так как эти меры нацелены на предупреждение совершения новых преступлений в принципе. Активная деятельность общественности и наличие в уголовном законодательстве наказаний, не связанных с лишением свободы, положительно сказывается на уменьшении количества осужденных из расчета на 100 тысяч населения [15, с. 92–97].

Разделяют федеральные, региональные, объектные, контингентные и индивидуальные уровни применения специально-криминологических мер предупреждения рецидивной преступности. Также разделяют данные меры в зависимости от момента их применения на ранние и те, которые применяются после совершения первичного преступления, но до совершения рецидивного.

Примером мер предупреждения рецидивной преступности на региональном уровне может служить разработанная в Коркинском муниципальном округе программа «Оказание помощи лицам, отбывшим наказание в виде лишения свободы, и содействия их социальной реабилитации в Коркинском муниципальном округе» на 2023–2025 годы. Данная программа разработана с целью предотвращения рецидивной преступности, а также создания условий для социальной реабилитации и адаптации лиц, освободившихся из мест лишения свободы [1].

В данную программу включены такие основные мероприятия, как «выдача паспортов гражданина Российской Федерации; оказание содействия в оформлении документов несовершеннолетним гражданам, освободившимся из воспитательного учреждения закрытого типа; обеспечение оказания правовых услуг лицам, освободившимся из мест лишения свободы; оказание материальной помощи лицам, освободившимся из мест лишения свободы; оказание психологической и медицинской помощи лицам, освободившимся из мест лишения свободы» [1]. Анализируя положения данной программы, можно прийти к выводу о том, что перечисленные мероприятия будут иметь высокую эффективность в предупреждении рецидивной преступности.

Уполномоченный по правам человека в Российской Федерации Т. Н. Москалькова отметила, что на сегодняшний день уже 10 тыс. осужденных заявили о желании встроиться в программу ресоциализации. Одной из наиболее важных проблем, связанных с пробацией, является правовое просвещение. В сфере реализации права осужденных на пробацию необходимо регламентировать сроки рассмотрения ходатайств осужденных о переводе их в учреждения, расположенные ближе к месту жительства родственников; продолжить цифровизацию уголовно-исполнительной системы; развивать сеть исправительных центров; готовить осужденных к освобождению через замену неотбытой части наказания более мягким видом наказания – принудительными работами [9].

Меры специального предупреждения зависят от специфики того объекта, вида преступности, социальной группы, на который они призваны воздействовать [17, с. 37]. В этой связи приводят уровень урбанизации как объект узконаправленной профилактики. Корреляция между окружающей обстановкой лица, уже совершавшего преступления, и совершением им повторного преступления дает основание утверждать о связи

устройства городской среды с совершением рецидивов.

А. Ю. Решетников определяет следующие элементы специально-криминологического предупреждения: предупреждение и пресечение преступлений и административных правонарушений, совершаемых преступниками, ранее совершавшими преступления; улучшение выявления и раскрытия преступлений; своевременное выявление и постановка на учет лиц, освобожденных из мест лишения свободы, а также лиц, осужденных за умышленные преступления к мерам наказания, не связанным с лишением свободы; оказание помощи в социализации, в трудовом и бытовом устройстве лица, отбывшего наказание в виде лишения свободы; глубокое изучение личности преступника в ходе следствия и в суде, разработка специализированных мер воспитательного воздействия в зависимости от характера и степени деформации личности различных категорий осужденных; осуществление системы мер по предупреждению нарушений режима, уклонения от общеобразовательной и производственной учебы и работы, совершенствование форм и методов индивидуальной работы с осужденными, особенно с рецидивистами, улучшение профилактики преступлений в местах лишения свободы [14, с. 114].

В разные периоды существования отечественной криминологии ученые говорили о причинно-следственной связи вмешательства в городскую среду и уменьшения количества совершаемых преступлений. Существуют исследования количества преступности в районах города с малоэтажными зданиями и многоэтажными. Там, где больше соседей, присутствует постоянная их сменяемость, живут незнакомые друг с другом люди, не поддерживающие контакт, происходит больше преступных посягательств по сравнению с теми местами, где люди общаются между собой, знакомятся с новыми жителями и обмениваются новостями. То есть люди, живущие по соседству и поддерживающие эмоциональную связь между собой, с большим вниманием будут следить за окружающей обстановкой и с меньшей долей вероятности сами совершат преступления. В то же время стоит отметить развитую техническую оснащенность именно многоэтажных застроек. Обычно новые жилые комплексы оборудованы закрытыми дворами, проход в которые доступен не каждому, а также большим количеством камер видеонаблюдения, которые явно влияют на решимость потенциального правонарушителя.

Важным представляется объективное реагирование на совершенное преступление.

Необходимо рассматривать всю совокупность причин и условий, которые привели лицо к совершению преступления. Если же лицо впервые совершило преступление в несовершеннолетнем возрасте, по неосторожности, в силу необходимой обороны, следует учитывать данные факторы при назначении наказания. Минимизация наказания в отношении данных лиц в большей степени обеспечит предупреждение совершения данными лицами повторного преступления, нежели применение наказания в виде лишения свободы, так как в последнем случае такие лица только укрепят антисоциальный настрой, погрузятся в криминальный социум, что однозначно негативно скажется на предупреждении повторного преступления. И наоборот, лицо, совершившее во второй и более раз особо тяжкое преступление, отличается по степени общественной опасности от лица, совершившего во второй и более раз преступление небольшой тяжести, следовательно, данные лица должны понести различные по срокам наказания.

Но здесь существуют некоторые проблемы. Так, во многих статьях Особенной части Уголовного кодекса Российской Федерации есть альтернативные санкции, например, ограничение свободы или лишение свободы, арест или лишение свободы, обязательные работы или лишение свободы. Но суд не может назначить эти виды наказания, так как отсутствуют арестные дома, исправительных центров слишком мало, а назначение обязательных работ зачастую невозможно в связи с отсутствием постоянного места работы у лица. То есть суд при назначении наказания, объективно исследовав совокупность всех причин и условий, которые привели лицо к совершению преступления, может прийти к выводу, что в отношении конкретного лица в большей степени будут действенны альтернативные меры наказания, нежели лишение свободы. Но в некоторых случаях невозможно назначение более мягкого вида наказания, поэтому чаще всего лицу назначают наказание в виде лишения свободы, что негативно сказывается на его дальнейшей ресоциализации и повышает вероятность совершения им рецидивных преступлений.

По этой причине Правительством Российской Федерации была утверждена Концепция развития уголовно-исполнительной системы Российской Федерации на период до 2030 года [13], важными задачами которой являются гуманизация, модернизация уголовно-исполнительной системы и ресоциализация лиц, освободившихся из мест лишения свободы. Когда мы говорим

о гуманизации, речь не идет о вседозволенности и всепрощении, она должна осуществляться сбалансированно, не вступая в противоречие с обеспечением безопасности общества и государства. В настоящее время в стране развивается система исправительных центров, включающая на данный момент свыше 50 тыс. мест для отбывания наказания в виде принудительных работ. Кроме широкого использования наказаний, не связанных с изоляцией от общества, на исправление осужденных, последующую адаптацию влияют условия содержания подозреваемых, обвиняемых и осужденных в учреждениях уголовно-исполнительной системы. В связи с этим министром юстиции Константином Чуйченко была утверждена генеральная схема размещения учреждений уголовно-исполнительной системы, элементом которой будут учреждения объединенного типа, которые сосредотачивают исправительные учреждения и следственные изоляторы в едином центре и предусматривают клиентоцентричный подход к созданию условий для содержания осужденных, подозреваемых и обвиняемых [9]. В настоящее время не только общие и специальные правоограничения, предусмотренные уголовными наказаниями, определяют кару, применяемую к лицам, преступившим уголовный закон, но и компетенция субъектов, исполняющих уголовное наказание, играет достаточно важную роль [5, с. 71–75].

Немалозначительным является и тот факт, что существуют меры уголовно-правового воздействия, не связанные с лишением свободы. Данные меры имеют своей особенностью оставление лица, совершившего преступление, в социуме. С одной стороны, такое наказание считается одной из мер, которые способствуют уменьшению рецидивной преступности, так как лицо, находящееся в местах лишения свободы, взаимодействует с криминогенными личностями, перенимает паттерны поведения, и спустя 3–5 лет происходят последствия в виде полного изменения личностных качеств человека в негативную сторону. С другой стороны, такие виды наказаний считают чрезмерно мягкими, неэффективными, так как человек остается в прежней обстановке, которая и привела его к совершению преступления. Решением данной проблемы представляется полное изучение личностных характеристик каждого человека в отдельности. Анализ его отношения к работе, к совершенному деянию, к возможному наказанию позволит выбрать такое наказание, которое в действительности сможет изменить поведение человека в положительную сторону.

Индивидуальные меры профилактики рецидивной преступности должны разрабатываться в зависимости от того, на кого они направлены. Особое внимание в этом случае необходимо уделять особенно криминогенным личностям с ярко выраженным девиантным поведением. А также важным представляется выделять в качестве объектов индивидуального предупреждения и окружающую обстановку таких лиц. Это должно проходить на этапе отбывания наказания лицом.

Основной причиной рецидива преступлений среди освобожденных лиц является социальная необустроенность, отсутствие необходимых материально-бытовых и социально полезных условий, позволяющих успешно социализироваться и адаптироваться к жизни на свободе; отсутствие социальной поддержки после освобождения, позволяющей закрепиться сформированным социально-психологическим навыкам выстраивания просоциальных отношений [4, с. 60–62].

Уже на данный момент в Российской Федерации осуществляется ряд мер, подпадающих под индивидуальную профилактику рецидивной преступности. Так, оказывается содействие лицам в трудоустройстве, лечении от алкоголизма и наркомании, а также помощь в устройстве быта.

По словам директора ФСИН России А. А. Гостева, на протяжении нескольких лет реализуется ведомственная программа социально-психологической работы по оказанию помощи лицам, находящимся в наркотической зависимости. По итогам 2023 г. 2888 человек, которые нуждались в этой помощи, ее получили. Это достаточно важное направление, и такая работа осуществлялась в 203 исправительных учреждениях пенитенциарного ведомства [9].

Предупреждение повторности преступлений является одной из приоритетных задач различных органов государственной власти.

В Положении об уголовно-исполнительных инспекциях, утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 16.06.1997 № 729 [12], указана одна из основных задач инспекции – предупреждение преступлений и иных правонарушений лицами, состоящими на учете в инспекциях. С момента принятия судебного решения к исполнению сотрудник инспекции начинает разрабатывать меры, направленные на индивидуальную профилактику лица. Такие меры подбираются с учётом анализа судебного решения; выявленных обстоятельств при личной беседе с осуждённым; данных, предоставленных родственниками осуждённого, его работодателем и другими людьми, ранее

взаимодействовавшими с ним. Учитываются и личностные характеристики лица, обстоятельства совершения им преступления, его умственные и физические способности.

Уголовно-исполнительные инспекции взаимодействуют с государственными и муниципальными органами государственной власти, а также с различными общественными учреждениями по вопросам предупреждения правонарушений лицами, состоящими на учёте в уголовно-исполнительных инспекциях.

Анализируя регламент взаимодействия ФСИН России и МВД России по предупреждению совершения лицами, состоящими на учёте уголовно-исполнительных инспекций, преступлений и других правонарушений, можно прийти к выводу о том, что взаимодействие данных органов государственной власти выражается в оказании друг другу практической и методической помощи по предупреждению правонарушений, обмену информацией состояния их взаимодействия, разработке планов взаимодействия в данной сфере.

Отдельно уголовно-исполнительные инспекции регулярно формируют информационно-аналитические материалы для руководства ОВД о причинах и условиях, способствующих совершению преступлений; совместно с ОВД проводят мероприятия по контролю выполнения осуждёнными установленных в отношении них обязанностей и ограничений; создают и предоставляют ОВД списки осуждённых; оповещают руководителя ОВД о поставленных на учёт осуждённых; направляют в подразделения Государственной инспекции безопасности дорожного движения МВД России сведения о лицах, осуждённых к наказанию в виде лишения права управления транспортным средством. Перечень мер взаимодействия уголовно-исполнительных инспекций с Министерством внутренних дел весьма обширен и охватывает все необходимые меры, улучшающие предупреждение как преступности в целом, так и рецидивной преступности в частности.

На данный момент действует оперативно-профилактическая операция «Рецидив». Главной целью данного мероприятия является предупреждение совершения ранее судимыми лицами повторных преступлений. Сотрудники правоохранительных органов осуществляют выезды по адресам проживания лиц, освободившихся из мест лишения свободы. Совместно с сотрудниками социальной защиты населения и органов занятости ведётся работа по ресоциализации и трудоустройству таких лиц. Также проводятся

проверки соблюдения ограничений лицами, в отношении которых установлен административный надзор. В результате такой деятельности пресекается значимое количество правонарушений.

Существует и такая мера предупреждения рецидивной преступности, как административный надзор. Данный надзор устанавливается в соответствии с Федеральным законом от 06.04.2011 № 64-ФЗ «Об административном надзоре за лицами, освобождёнными из мест лишения свободы». Как указано в данном законе, «административный надзор – осуществляемое органами внутренних дел наблюдение за соблюдением лицом, освобождённым из мест лишения свободы, установленных судом в соответствии с настоящим Федеральным законом временных ограничений его прав и свобод, а также за выполнением им обязанностей, предусмотренных настоящим Федеральным законом» [16]. Такой надзор осуществляется органами внутренних дел по месту жительства, пребывания или фактического нахождения гражданина.

Существует ряд проблем в деятельности участковых уполномоченных по надзору за лицами, освобождёнными из мест лишения свободы. Необходимое взаимодействие сотрудников пенитенциарных учреждений с органами внутренних дел имеет слабо выраженный характер.

Также проблемой является и тот факт, что администрации исправительных учреждений в исковых заявлениях об установлении за лицом административного надзора чаще всего ходатайствуют о минимальном количестве ограничений. В большинстве своём сотрудники пенитенциарных учреждений говорят о необходимости применения лишь такой меры, как обязательная явка в орган внутренних дел определённое количество раз в месяц. Считается, что такое количество ограничений не будет положительным образом влиять на предупреждение рецидивной преступности лицами, за которыми в обязательном порядке необходимо устанавливать административный надзор.

Несмотря на эффективность административного надзора, существующие проблемы явным образом затрудняют реализацию данного института предупреждения рецидивной преступности. Следовательно, искоренение данных проблем повлияет на снижение рецидивной преступности.

Для органов внутренних дел также обозначены определённые меры взаимодействия с уголовно-исполнительными инспекциями для повышения эффективности работы по предупреждению совершения преступлений

осуждёнными. Данные органы, например, формируют уголовно-исполнительные инспекции о возбуждении уголовных дел органами предварительного следствия и дознания ОВД в отношении осуждённых; принимают участие в осуществлении контроля за поведением осуждённых и так далее.

О. С. Капинус отмечает, что, по данным специальных исследований, среди впервые осужденных 8 % опрошенных безразлично относились к угрозе наказания, а более 90 % ответили, что боялись быть пойманными, боялись суда и тюрьмы. Среди неоднократно судимых лиц 23 % безразлично относились к угрозе наказания, а 68 % боялись тюрьмы и суда [7, с. 943]. То есть наблюдается увеличение числа лиц, которые не боятся осуждения, если к такому лицу ранее уже применялись меры уголовного воздействия. Это говорит о том, что рецидивисты меньше озабочены перспективами о том, что попадут в места лишения свободы, чем лица, которые никогда там не были.

В настоящий момент действует разработанная учеными Томского государственного университета методика «Портрет». Данная методика позволяет создавать полноценный прогноз поведения условно осужденных. Теория, по которой она разработана, предполагает, что каждая категория осужденных будет действовать определенным образом, благодаря чему можно выявить возможное совершение преступлений в период отбывания наказания и после. Но проблемой данной методики является тот факт, что она применяется не для всех категорий осуждённых. Какие-либо другие методики криминологического прогнозирования не действуют, что считается недоработкой со стороны правоохранительных органов.

Мотивирование преступников на занятие трудовой деятельностью представляется весьма эффективной мерой предупреждения рецидивных преступлений. Благодаря постоянной работе у таких лиц вырабатывается привычка в регулярном выполнении каких-либо трудовых обязанностей. Также немаловажным является мотивация в виде заработной платы. Лица, находящиеся в местах лишения свободы, не только должны получать денежные средства для покупки вещей первой необходимости, но и важным является возможность накопления какого-то количества денежных средств, которые помогут обеспечивать себя первое время после освобождения от отбывания наказания. Особое внимание необходимо обратить на то, что такой труд сформирует у преступников понимание о возможности зарабатывать денежные средства правовыми способами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Результаты данного исследования перспективны для поиска оптимальных путей и эффективных средств противодействия рецидивной преступности специальными криминологическими мерами. Полученные сведения способны изменить представление о структуре, содержании, направлениях развития, принципах и ориентирах уголовного наказания как фундаментального института уголовного права.

Существуют некоторые проблемы в обеспечении всех лиц, отбывающих наказание в местах лишения свободы, рабочими местами. Для того чтобы была возможность предоставить таким лицам работу, необходимо наличие у них образования. Необходимо обеспечение возможности получения всеми лицами профессионального образования. Приобретение осужденными профессиональных навыков какого-либо профессионального образования положительно сказывается на их дальнейшей ресоциализации и, как следствие, на уменьшении рецидивной преступности. По статистическим данным, лица, получившие высшее образование в пенитенциарных учреждениях, в дальнейшем в 5 раз меньше совершают рецидивные преступления.

Самыми эффективными мерами предупреждения рецидивной преступности являются меры по ресоциализации лиц, в отношении которых применяются меры уголовно-правового воздействия. Осужденные, имеющие образование, привыкшие к регулярной трудовой деятельности, в большей степени подвержены успешному восстановлению своей жизни в социуме, и, как следствие, они с меньшей долей вероятности совершают рецидивные преступления. Но для этого необходимо оказывать комплексное содействие со стороны органов государственной власти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении муниципальной программы «Оказание помощи лицам, отбывшим наказание в виде лишения свободы, и содействия их социальной реабилитации в Коркинском муниципальном округе» на 2023–2025 годы : Постановление Администрации Коркинского муниципального округа от 31.03.2023 г. № 280. – Текст : электронный // Администрация Коркинского муниципального округа. – URL: <https://korkino-okrug.gov74.ru/files/НПА/Постановления%20Пост%20280> (дата обращения: 23.06.2024).
2. Антонян, Ю. М. О понятии профилактики преступлений / Ю. М. Антонян. – Текст : непосредственный // Вопросы борьбы с преступностью. – 1977. – Вып. 26. – С. 25–34.

3. Герцензон, А. А. Введение в криминологию / А. А. Герцензон. — Москва, 1965. — 266 с. — Текст : непосредственный.
4. Голубовский, В. Ю. Проблемы предупреждения рецидивной преступности / В. Ю. Голубовский. — Текст : непосредственный // Пенитенциарная безопасность: национальные традиции и зарубежный опыт : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Самара, 1-2 июня 2023 г.). — Самара : Самарский юридический институт ФСИН России, 2023. — С. 60–62.
5. Звонов, А. В. Деятельность субъектов исполнения наказания как фактор реализации его содержания / А. В. Звонов. — Текст: электронный // Вестник Югорского государственного университета. — 2024. — № 1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/deyatelnost-subektov-ispolneniya-nakazaniya-kak-faktor-realizatsii-ego-soderzhaniya> (дата обращения: 24.10.2024).
6. Каретников, К. В. Формы профилактики преступлений и иных правонарушений групп несовершеннолетних в местах лишения свободы / К. В. Каретников, А. В. Шеслер, С. С. Шеслер. — Текст: электронный // Вестник Югорского государственного университета. — 2024. — № 2. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formy-profilaktiki-prestupleniy-i-inyh-pravonarusheniy-grupp-nesovershennoletnih-v-mestah-lisheniya-svobody> (дата обращения: 24.10.2024).
7. Криминология : учебное пособие / под общей редакцией О. С. Капинус. — Москва : Юрайт, 2024. — 943 с. — Текст : непосредственный.
8. Лунеев, В. В. Курс мировой и российской криминологии : учебное пособие. — Москва : Юрайт, 2024. — 352 с. — Текст : непосредственный.
9. Арстанова, А. На ПМЮФ обсудили роль пенитенциарной политики государства в снижении рецидива / А. Арстанова. — Текст : электронный // Адвокатская газета. — URL: <https://www.advgazeta.ru/novosti/napmyuf-obsudili-rol-penitentsiarnoy-politiki-gosudarstva-v-snizhenii-retsitiva/> (дата обращения: 30.06.2024).
10. О Концепции развития уголовно-исполнительной системы РФ на период до 2030 г. : распоряжение Правительства РФ от 29.04.2021 г. № 1138-р. — Текст : электронный // Гарант. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400639567/> (дата обращения: 29.04.2024).
11. О Порядке осуществления административного надзора за лицами, освобожденными из мест лишения свободы : приказ МВД России от 08.07.2011 № 818 : (с изменениями и дополнениями по состоянию на 24.10.2023 г.). — Текст : электронный // Гарант. — URL: <https://base.garant.ru/12189141/> (дата обращения: 19.04.2024).
12. Об утверждении Положения об уголовно-исполнительных инспекциях и норматива их штатной численности (с изменениями и дополнениями) : постановление Правительства РФ от 16 июня 1997 г. № 729. — Текст : электронный // Гарант. — URL: <https://base.garant.ru/1345113/?ysclid=ly2hkJ1xk937331817> (дата обращения: 30.06.2024).
13. Об утверждении Концепции развития уголовно-исполнительной системы РФ на период до 2030 г. : распоряжение Правительства РФ от 29 апреля 2021 г. № 1138-р. — Текст : электронный // Гарант. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400639567/?ysclid=ly2gy0tpnx687134692> (дата обращения: 30.06.2024).
14. Решетников, А. Ю. Криминология : учебное пособие / А. Ю. Решетников, О. Р. Афанасьева. — 2-е издание, переработанное и дополненное. — Москва : Юрайт, 2024. — 166 с. — Текст : непосредственный.
15. Сулиев, В. Ф. К вопросу о проблемах отбывания наказания в колониях строгого режима / В. Ф. Сулиев, А. Б. Дашинимаев. — Текст : электронный // Вестник Югорского государственного университета. — 2018. — № 2 (49). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-problemah-otbyvaniya-nakazaniya-v-koloniyaх-strogogo-rezhima> (дата обращения: 24.10.2024).
16. Об административном надзоре за лицами, освобожденными из мест лишения свободы : Федеральный закон от 06.04.2011 г. № 64-ФЗ. — Текст : непосредственный // Собрание законодательства РФ. — 2011. — № 15. — Ст. 2037.
17. Хайрусов, Д. С. Криминология : учебное пособие / Д. С. Хайрусов. — Москва : Юрайт, 2024. — 95 с. — Текст : непосредственный.



ОСНОВЫ УЧЕНИЯ О СТРУКТУРЕ УГОЛОВНО-ПРАВОВОЙ НОРМЫ

Сумачев Алексей Витальевич

доктор юридических наук, профессор,
профессор кафедры уголовно-правовых дисциплин
Тюменского государственного университета,
Тюмень, Россия
E-mail: alekssumachev@mail.ru
ORCID: 0000-0002-1133-9574

Предмет исследования: научные труды, посвященные формированию структуры уголовно-правовой нормы (гипотезы, диспозиции и санкции).

Цель исследования: выработка научно обоснованных предложений относительно отражения уголовно-правовых норм в Уголовном кодексе Российской Федерации.

Методы и объекты исследования: в основу исследования положены диалектический метод познания, формально-юридический метод, а также методы анализа, синтеза, индукции и дедукции. Объектом исследования выступают некоторые уголовно-правовые взгляды относительно структуры уголовно-правовой нормы.

Основные результаты исследования: делается вывод об особенностях структуры уголовно-правовой нормы и ее отражении в уголовном законодательстве России.

Ключевые слова: уголовно-правовая норма, структура, гипотеза, диспозиция, санкция.

FUNDAMENTALS OF THE DOCTRINE OF THE STRUCTURE OF THE CRIMINAL LAW NORM

Alexey V. Sumachev

Doctor of Law, Professor,
Professor of the Department of Criminal Law
Disciplines
Tyumen State University,
Tyumen, Russia
E-mail: alekssumachev@mail.ru
ORCID: 0000-0002-1133-9574

Subject of research is the scientific works devoted to the formation of the structure of criminal law norms (hypotheses, dispositions and sanctions).

Purpose of research: to develop scientifically based proposals on the reflection of criminal law norms in the Criminal Code of the Russian Federation.

Methods and objects of research: 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 some criminal law views on the structure of the criminal law norm.

Main results of research: the conclusion is made about the peculiarities of the structure of the criminal law norm and its reflection in the criminal legislation of Russia.

Keywords: criminal law norm, structure, hypothesis, disposition, sanction.

ВВЕДЕНИЕ

Учение о структуре уголовно-правовой нормы привлекает внимание ученых уже с середины XIX века. Но стоит констатировать, что несмотря на то, что вопрос о структуре уголовно-правовой нормы кажется простым и решенным, пристальное внимание к данной проблеме позволяет выделить большое многообразие точек зрения как относительно самой структуры уголовно-правовой нормы, так и «места» законодательного «расположения» ее структурных элементов. Более того, анализ научной и учебной литературы по этой проблематике свидетельствует о том, что авторы учебников и учебных пособий по уголовному праву пытаются обойти названные вопросы, практически не уделяя им внимания (например, о гипотезе в лучшем случае упоминают, не раскрывая ее сущности и специфики применительно к уголовно-правовым нормам). Соответственно, в рамках данного исследования постараемся скорректировать основные установки относительно учения о структуре уголовно-правовой нормы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первоначально отметим, что традиционный взгляд на структуру правовой нормы вообще предполагает наличие трех взаимосвязанных элементов: диспозиции, гипотезы и санкции. Вместе с тем в специальной

литературе трехчленная структура уголовно-правовой нормы порой отрицается. Так, еще А. Ф. Кистяковский указывал: «Уголовный закон состоит из двух частей: а) определительной, или диспозитивной; б) утвердительной, или санкционирующей» [4, с. 33]. При этом «первая содержит определение известного действия, в котором всегда подразумевается его запрещение или предписание; вторая совмещает в себе санкцию этого запрещения, или наказание» [4, с. 33]. Практически о том же писал Н. С. Таганцев: «Уголовные законы в тесном смысле содержат в себе всегда две части: описание того посягательства, которое запрещается под угрозой наказания, – часть определительная, или диспозитивная, и указание на саму ответственность – часть карательная, или санкция» [17, с. 37].

В. Г. Смирнов также говорил о двухчленной структуре уголовно-правовой нормы, состоящей из гипотезы и санкции, которую он определяет как диспозицию данной нормы, ибо последняя обращена к органам власти, определяющим вид конкретного наказания за совершение преступления [15, с. 34].

Не менее своеобразный взгляд на структуру уголовно-правовой нормы выражал Н. Д. Дурманов. По его мнению, структура нормы зависит от адресата уголовно-правовой нормы. Так, если уголовно-правовая норма характеризует собой запрет, обращенный к отдельным гражданам, то здесь речь идет лишь



о диспозиции и санкции; если определенный в диспозиции запрет нарушается, диспозиция нормы-запрета «превращается» в гипотезу уголовно-правовой нормы, обращенной к правоприменителю [7, с. 182]. Аналогичную позицию с точки зрения общей теории права, но преломляя ее положения применительно к отраслевым наукам, выдвигает В. Д. Перевалов. В частности, он отмечает, что «...структуру правовой нормы можно представить как систему диалектически взаимосвязанных элементов, которые взаимодействуют в ее рамках». И далее: «Указанные элементы могут взаимозаменяться, превращаться друг в друга, объединяться и выступать в единстве» [19, с. 283]. В качестве иллюстрации к своему тезису В. Д. Перевалов приводит точку зрения И. С. Самощенко, О. Э. Лейста и А. С. Пиголкина, согласно которой та часть уголовно-правовых норм, которая является диспозицией для граждан (запрет совершать общественно опасные деяния), одновременно является гипотезой для государства и государственных органов, рассматривающих дела о совершенных преступлениях [19, с. 283].

В современной литературе мнение о двухчленной структуре уголовно-правовой нормы поддерживается не всеми. Так, хотя З. А. Незнамова и отмечает, что в уголовном праве общепринята двухчленная классификация: диспозиция (где указываются деяния, признающиеся преступлениями и за совершение которых устанавливается наказание) и санкция (часть уголовно-правовой нормы и часть статьи УК, определяющая вид и размер наказания) [23, с. 23; 24, с. 16], тем не менее она указывает на небесспорность этого мнения [26, с. 31]. Но и здесь в части определения структурных элементов уголовно-правовой нормы (диспозиции, гипотезы, санкции) взгляды ученых весьма разнятся. Например, Д. Е. Кошелев предлагает достаточно сложную схему такой структуры. Так, по его словам, в гипотезу уголовно-правовой нормы органично вписываются указания: на совершение деяния, предусмотренного абзацем первым статьи или части статьи Особенной части Уголовного кодекса Российской Федерации (далее – УК РФ); на виновность лица и достижение им возраста уголовной ответственности; на отсутствие обстоятельств, исключающих преступность деяния, и оснований для освобождения от уголовной ответственности. К диспозиции, соответственно, относится часть статьи, которая начинается словами: «наказывается...» [5, с. 172]. А санкция, по словам Д. Е. Кошелева, зависит от адресата уголовно-правовой нормы («кому адресовано содержащееся в диспозиции слово «наказывается»):

суд; органы и лица, ответственные за предварительные расследования уголовного дела; виновные в совершении преступлений [5, с. 172].

Несколько противоречивую позицию занимает Ю. М. Ткачевский. Так, отмечая, что «...норма Особенной части состоит из гипотезы, диспозиции и санкции», он утверждает, что гипотеза в уголовно-правовой норме не приводится – она только «предполагается примерно в следующей форме: «если кто-либо совершит убийство...», а далее следует диспозиция, определяющая, что следует понимать под «убийством» [8, с. 89–91].

О трехчленной системе уголовно-правовых норм, где гипотеза является единой (общей гипотезой) для всех норм Особенной части УК РФ и выражается в ст. 8 УК РФ, говорят А. Н. Комиссаров [22, с. 38], В. В. Бабурин и В. Н. Баландюк [25, с. 26–27]. Их взгляды с позиций общей теории права разделяет и поддерживает А. В. Мицкевич, указывая тем не менее, что гипотеза норм Особенной части УК РФ выражается в ч. 1 ст. 14 УК РФ, а именно в словосочетании «...запрещенное настоящим Кодексом...» [10, с. 225–226].

Как следует из представленных мнений, проблема структуры уголовно-правовой нормы и «расположения» ее структурных элементов достаточно сложная и решается неоднозначно. В этой связи стоит задаться вопросом: не слишком ли все сложно и есть ли смысл все усложнять? Если исходить из общетеоретических определений (пригодных и разделяемых в отраслевой науке) диспозиции, гипотезы и санкции, каких-либо трудностей при определении данных элементов применительно к уголовно-правовой норме не возникает.

Диспозиция уголовно-правовой нормы – это определенное (предполагаемое) поведение (например, убийство, то есть умышленное причинение смерти другому человеку – ч. 1 ст. 105 УК РФ).

Гипотеза уголовно-правовой нормы – это условия, при которых указанное в диспозиции поведение может повлечь наступление правовых последствий (применение санкций). Гипотеза уголовно-правовой нормы является сложной по своей структуре. При каких условиях «умышленное причинение смерти другому человеку» может повлечь применение санкций? Их не одно и не два, а, как правило, несколько. Во-первых, ответственность (применение санкции) за «умышленное причинение смерти другому человеку» возможна, если лицо является физическим и вменяемым (ст. 19 УК РФ); во-вторых, если лицо достигло возраста уголовной ответственности

(в соответствии с ч. 2 ст. 20 УК РФ – 14 лет); в третьих, если умышленное причинение смерти другому человеку не совершено в состоянии необходимой обороны (ст. 37 УК РФ), крайней необходимости (ст. 39 УК РФ) и иных состояниях, где умышленное лишение жизни другого человека не признается преступным (например, в порядке исполнения смертной казни, при лишении жизни врага на войне или в ходе антитеррористической операции и т. п.). Все названные «если» есть не что иное, как условия наказуемости (применения санкции) за «умышленное причинение смерти другому человеку», то есть гипотеза. Соответственно, не только разделяя, но и расширяя точку зрения А. Н. Комиссарова, В. В. Бабурина, В. Н. Бalandюка, А. В. Мицкевича, можно сказать, что гипотеза уголовно-правовой нормы содержится в статьях Общей части УК РФ, но она (гипотеза или условия) не может быть единой для всех норм, ибо различаются возраст уголовной ответственности, условия правомерности необходимой обороны в зависимости от характера посягательства и т. п. Кроме того, «нахождение» гипотезы (отражение условий наказуемости деяний) в нормах Общей части УК РФ* представляется обоснованным по ряду причин:

- исключается излишнее «загромождение» норм Особенной части УК РФ повторными указаниями на некоторые общеприменимые условия наказуемости деяний (экономия нормативного материала);

- отражение большинства общих положений в Общей части УК РФ соответствует традициям российского (и не только) законодательства;

- отражение большинства общих положений в Общей части УК РФ способствует более эффективному изучению и усвоению положений уголовного законодательства.

Санкция уголовно-правовой нормы – это меры принуждения, которые могут применяться за совершение действий (бездействия), указанных в диспозиции нормы, и при наличии условий, определенных ее гипотезой (например, «простое» убийство наказывается лишением свободы на срок от шести до пятнадцати лет). Однако взгляд на санкцию как на часть статьи Особенной части УК РФ, начинающейся словом «наказывается», весьма упрощенный. Меры уголовно-правового принуждения (санкция) определяются не только исходя из положений Особенной

части УК РФ, но и, как общепризнано, основываясь на положениях Общей части УК РФ (например, на положениях глав 10, 14 УК РФ) [28, с. 65].

Как видно, приведенная схема структурного строения уголовно-правовой нормы весьма проста не только с позиций теоретических, но и с точки зрения законотворческой деятельности.

И далее, руководствуясь предметом данного исследования, определенного названием статьи, сосредоточим внимание на одном из структурных элементов уголовно-правовой нормы – диспозиции – определенном (предполагаемом) поведении, описанном в статье Особенной части УК РФ. Сразу можно отметить, что при описании преступного действия (бездействия) российский законодатель использует, как правило, дефинитивную форму, «расшифровывая» содержание того или иного понятия (конкретного преступления) [16, с. 90]: убийство – то есть умышленное причинение смерти другому человеку; кража – то есть тайное хищение чужого имущества; лжепредпринимательство – то есть создание коммерческой организации без намерения... и т. п. В других случаях подобной «расшифровке» поддается название статьи Особенной части УК РФ целиком: побои – нанесение побоев или совершение иных насильственных действий, причинивших физическую боль, но не повлекших последствий, указанных в статье 115 настоящего Кодекса; нарушение неприкосновенности жилища – незаконное собирание или распространение сведений о частной жизни лица... и др. И лишь в некоторых, достаточно редких случаях законодатель просто использует общепонятные (общедоступные) термины: похищение человека; незаконное помещение лица в психиатрический стационар; посягательство на жизнь сотрудника правоохранительного органа и др. (так называемые простые диспозиции).

Но во всех этих случаях законодатель определяет диспозиции уголовно-правовых норм (Особенной части УК РФ) в форме описания поведения. Прямых указаний на запрет такого поведения в диспозиции статей Особенной части УК РФ нет. Следовательно, форму изложения законодательного материала в этих случаях можно признать диспозитивной, хотя прежде следует определиться с существом самого термина «диспозитивность».

По мнению авторов «Юридического энциклопедического словаря», изданного в 1987 году издательством «Советская энциклопедия», «диспозитивность» (от лат. *dispono* – распоряжаюсь, устраиваю) является одним из основных демократических принципов

* Исключением, на наш взгляд, являются нормы Особенной части УК РФ, где определены условия применения санкций за поведение, определенное диспозицией отдельных норм или их групп (ст. 331 УК РФ, примечания к ст. 122, 127, 201, 285 УК РФ и др.).

советского гражданского процессуального права, означающим, что стороны и другие участвующие в деле лица могут свободно распоряжаться своими материальными и процессуальными правами [29, с. 107]. О диспозитивности как принципе права говорят Л. Д. Кудинов [6, с. 30], А. С. Александров [1, с. 7], И. Л. Петрухин [13, с. 24; 14, с. 54], Л. Н. Масленникова [9, с. 15]. Таким образом, с одной стороны, диспозитивность следует рассматривать как общий принцип правового регулирования. Она определяет правовую способность частного лица самостоятельно решать вопросы о пользовании теми или иными полномочиями в конкретной сфере правового регулирования. Второй аспект диспозитивности в праве связывают со специфическим методом правового регулирования (И. Н. Сенякина [10, с. 235], Ю. А. Тихомиров [20, с. 46], Н. И. Матузов [18, с. 356], О. Г. Перминов [12, с. 6], Е. Л. Хильчук [27, с. 76–80]). Соответственно этому диспозитивность можно рассматривать и как своеобразный метод правового регулирования. Диспозитивность как метод правового регулирования выражается в нормативно предусмотренной возможности выбора поведения в зависимости от усмотрения частного лица. С общетеоретических и общеметодологических позиций диспозитивность рассматривают и как «особую модель построения правовой материи» (С. С. Алексеев): «ее суть – в предоставлении лицу возможности самому, своей волей определять собственное поведение, что открывает простор для действий лица по своему усмотрению, по своей воле и в своих интересах» [2, с. 589].

Независимо от того, в каком качестве рассматривают «диспозитивность» (как принцип права, как метод правового регулирования либо как особую модель построения правового материала), суть ее в одном – волеизъявление лица определяет возможные правовые последствия для него.

Описательная форма преступного поведения и отсутствие прямых указаний на запрет такового в диспозиции статей Особенной части УК РФ свидетельствуют о том, что человек волен действовать так, как указано в диспозиции, либо волен воздержаться от такого поведения. Иными словами, вменяемое физическое лицо, достигшее возраста уголовной ответственности (а в некоторых случаях обладающее дополнительными признаками специального субъекта), само (по собственной воле) способно определять возможность наступления для самого себя негативных уголовно-правовых последствий. Следовательно, совершение преступления (его не-совершение) является правом лица. Видимо,

неслучайно, анализируя наказание, Георг Вильгельм Фридрих Гегель выводил природу наказания из природы преступления, где наказание является правом преступника. В частности, Гегель утверждал: «...государство должно утвердить с согласия отдельных людей или без их согласия не только понятие преступления, разумность этого понятия в себе и для себя, но и в деянии преступника заключена и формальная разумность, воление единичного человека. В том, что наказание рассматривается как содержащее его собственное право, преступник почитается как разумное существо. Эта честь не будет ему воздана, если понятие и мерило его наказания не будут взяты из самого его деяния; так же и в том случае, если рассматривать его как вредного зверя, которого следует обезвредить или стремиться запугать и исправить его» [3, с. 148].

Итак, диспозиции норм (статей) Особенной части УК РФ изложены в диспозитивной форме. Принятие данного положения влечет возникновение другого вопроса: почему нормы Особенной части УК РФ называют уголовно-правовым запретом (отдельные ученые определяли уголовно-правовую норму (Особенной части УК РФ) в качестве «нетипичного уголовно-правового запрета»)*. Последователи теории Карла Биндинга говорят о том, что норма уголовного права не содержит запрета деяния, и преступник не только не нарушает нормы, а, наоборот, выполняет описанные в диспозиции нормы действия, то есть осуществляет своими действиями состав преступления [7, с. 184; 21, с. 217–219]. С точки зрения буквы закона так оно и есть: лицо действует в соответствии с предписаниями диспозиции уголовно-правовой нормы, более того, действует осознанно (виновно), реализуя свое право вести себя определенным образом (пусть даже и преступным). Так где же запрет?

«Нетипичность» уголовно-правового запрета (его сущность) проявляется не в прямом законодательном запрещении конкретных действий (бездействия), а выявляется посредством системно-логического анализа как структурных элементов уголовно-правовой нормы, так и посредством ее соотношения с другими нормами (нормами-принципами, нормами-дефинициями и т. п.). Так, например, источник запрета одни авторы видят в наличии санкции статьи Особенной части УК РФ [7, с. 184]; другие – «запрет всякого поведения»

** Такую формулировку использовал профессор Владимир Анатольевич Никонов в устных беседах с участием автора данной статьи.

выводят из такого признака преступления, как «противоправность» (включение статьи о преступлении (или его части) в УК РФ), а равно из прямого указания в ч. 1 ст. 14 УК РФ на запрещенность деяния настоящим Кодексом [10, с. 224–225].

Не слишком ли это упрощено или, наоборот, усложнено? Удачная ли это попытка найти объяснение категории «уголовно-правовой запрет» (найти его источник)? Может быть, и удачная. Но только зачем искать объяснение тому, чего юридически (*de jure*) (в уголовном законе) не существует? Еще раз укажем, в тексте закона (статьи Особенной части УК РФ) определяется лишь вид поведенческих актов, совершение которых может повлечь применение санкций (наказания или иных мер уголовно-правового воздействия). Но и где же здесь уголовно-правовой запрет? Его, на наш взгляд, нет. По крайней мере, он (запрет) в уголовном законодательстве не сформулирован. С позиций законодательной техники юридический запрет, диспозиция статьи, например, предусматривающей ответственность за убийство (ч. 1 ст. 105 УК РФ), должна звучать следующим образом: «Запрещается убийство, то есть умышленное причинение смерти другому человеку, которое наказывается лишением свободы на срок от шести до пятнадцати лет с ограничением свободы на срок до двух лет либо без такового». Если бы диспозиция уголовно-правовой нормы была сформулирована в таком виде, мы могли бы говорить об уголовно-правовом запрете.

В свое время Н. С. Таганцев, анализируя сущность преступления (как нарушение какой-либо границы – нарушение заповедей и норм), обращался к заповедям (нормам) нравственного, религиозного и правового характера. При этом он указывал, что нарушения (несоблюдение) норм нравственности и религии не могут быть абсолютно тождественными нарушениям преступным. В итоге Н. С. Таганцев отмечал, что преступление есть посягательство на норму права [17, с. 41–47]. Но и здесь, на его взгляд, не все просто: что есть нарушение нормы права? – нарушение ли обязанности: с одной стороны – общей («подчиняться требованиям авторитетной власти», «нормам права» или «не вредить ближнему»); с другой – специальной («не убивать», «не красть», «соблюдать санитарно-общественные требования» и т. д.); или нарушение установленного и охраняемого нормой законного права (интереса). Анализ этого вопроса позволил ему сделать вывод о необходимости «обратиться к другому, положительному, моменту нормы, к установленным и охраняемым ею правам» [17, с. 48], причем

правам не субъективным, а реализованным, воплощенным в индивидуальную или общественную жизнь (правовая норма в ее реальном бытии) [17, с. 49]. В конечном счете Н. С. Таганцев формулирует понятие преступления, порой критикуемое, порой разделяемое в науке, но известное каждому, кто занимается проблемами уголовного права, – «преступление есть посягательство на норму права в ее реальном бытии». Что из этого следует? А следствие, даже в части предмета нашего разговора, достаточно важное. Норма права, нарушаемая в результате преступного посягательства, может (а в большинстве случаев так оно и есть^{***}) не являться уголовно-правовой нормой. Даже беглый взгляд на структуру и статьи Особенной части Уголовного кодекса России позволяет с уверенностью констатировать тот факт, что все права и свободы человека и гражданина, относящиеся к объекту уголовно-правовой охраны, определены и гарантированы нормами Конституции России. Интересы государства (в самом широком смысле), выступающие в качестве объекта посягательства, также определены нормами конституционного права. Достаточно большой массив правил (выражаясь словами Н. С. Таганцева, «заповедей») определен техническими правовыми нормами: правила оказания медицинской помощи, правила дорожного движения и пожарной безопасности, санитарно-эпидемиологические правила и т. п. И именно в этих нормах (нормах иных отраслей российского, а равно международного) права практически всегда четко и прямо (*de jure*) определяется запрет общественно опасного поведения:

- ч. 5 ст. 13 Конституции России: «Запрещается создание и деятельность общественных объединений, цели и действия которых направлены на насильственное изменение основ конституционного строя и нарушение целостности Российской Федерации, подрыв безопасности государства, создание вооруженных формирований, разжигание социальной, расовой, национальной и религиозной розни» – ст. 278 УК РФ «Насильственный захват власти или насильственное удержание власти», ст. 279 УК РФ «Вооруженный мятеж», ст. 275 УК РФ «Государственная измена», ст. 208 УК РФ «Организация незаконного вооруженного формирования или участие в нем», ст. 282 УК РФ «Разжигание ненависти

*** К уголовно-правовым нормам, нарушение которых возможно посредством совершения преступления, относятся лишь те, которые предусматривают непроступное причинение вреда в различных состояниях (необходимой обороны, при задержании преступника, крайней необходимости и т. п.).

либо вражды, а равно унижение человеческого достоинства» и ряд иных уголовно-правовых норм;

- ч. 2 ст. 19 Конституции России: «Запрещаются любые формы ограничения прав граждан по признакам социальной, расовой, национальной, языковой или религиозной принадлежности» – ст. 136 УК РФ «Нарушение равенства прав и свобод человека и гражданина»;

- ч. 2 ст. 29 Конституции России: «Запрещается пропаганда социального, расового, национального, религиозного или языкового превосходства» – ст. 282-1 УК РФ «Организация экстремистского сообщества», ст. 282-2 УК РФ «Организация деятельности экстремистской организации»;

- ч. 2 ст. 30 Конституции России: «Не допускается (читай «запрещается». – А.С.) экономическая деятельность, направленная на монополизацию и недобросовестную конкуренцию» – ст. 178 УК РФ «Недопущение, ограничение или устранение конкуренции»;

- ч. 3 ст. 35 Конституции России: «Никто не может быть (читай «запрещается». – А.С.) лишен своего имущества иначе как по решению суда» – глава 21 УК РФ «Преступления против собственности»;

- ч. 2 ст. 37 Конституции России: «Принудительный труд запрещен» – ст. 127-1 УК РФ «Использование рабского труда»;

- ст. 45 «Основ законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан»: «Медицинскому персоналу запрещается осуществление эвтаназии – удовлетворение просьбы больного об ускорении его смерти какими-либо действиями или средствами, в том числе прекращением искусственных мер по поддержанию жизни. Лицо, которое сознательно побуждает больного к эвтаназии и (или) осуществляет эвтаназию, несет уголовную ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации» [11] – ст. 105 УК РФ «Убийство».

И такого рода примеров великое множество.

Таким образом, нормы уголовного права (в диспозиции статей Особенной части УК РФ) описывают лишь вид (способ) преступного поведенческого акта. Поведенческий акт, исходя из смысла преступления, должен быть виновным, а соответственно, волевым. Воля предполагает выбор вида поведения – в нашем случае преступного или не преступного. Следовательно, диспозиция уголовно-правовой нормы выражена в диспозитивной форме и уголовно-правового запрета не содержит. Запрет на совершение общественно опасных деяний содержится в нормах иных

отраслей как российского, так и международного права.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОоды

Итак, исследование вопросов структуры уголовно-правовой нормы позволило сформулировать несколько выводов.

1. Традиционный взгляд на структуру правовой нормы предполагает наличие трех взаимосвязанных элементов и в уголовно-правовой норме: диспозиции, гипотезы и санкции.

2. Диспозиция уголовно-правовой нормы – это часть нормы, где описывается определенное (предполагаемое) поведение. При этом законодатель определяет диспозиции уголовно-правовых норм в форме описания поведения. Прямых указаний на запрет такого поведения в диспозиции статей Особенной части УК РФ нет. Норма права, нарушаемая в результате преступного посягательства, в большинстве случаев не является уголовно-правовой нормой, а является нормой иных отраслей российского, а равно международного права, где практически всегда четко и прямо (*de jure*) определяется запрет общественно опасного поведения.

3. Гипотеза уголовно-правовой нормы – это условия, при которых указанное в диспозиции поведение может повлечь наступление правовых последствий (применение санкций). Гипотеза уголовно-правовой нормы является сложной по своей структуре и содержится (в своей основе) в статьях Общей части УК РФ. При этом гипотеза не может быть единой для всех норм, ибо различаются возраст уголовной ответственности, условия правомерности необходимой обороны в зависимости от характера посягательства и т. п.

4. Санкция уголовно-правовой нормы – это меры принуждения, которые могут применяться за совершение деяний (бездействия), указанных в диспозиции нормы, и при наличии условий, определенных ее гипотезой. Меры уголовно-правового принуждения (санкция) определяются не только в статьях Особенной части УК РФ, но и основываются на положениях Общей части УК РФ (например, на положениях глав 10, 14, 15.1, 15.2 УК РФ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, А. С. Диспозитивность в уголовном процессе : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / А. С. Александров. – Нижний Новгород, 1995. – 27 с. – Текст : непосредственный.
2. Алексеев, С. С. Право: азбука – теория – философия: опыт комплексного исследования / С. С. Алексеев. – Москва : Статут, 1999. – 712 с. – Текст : непосредственный.

3. Гегель, Г. В. Ф. Философия права : перевод с немецкого / Г. В. Ф. Гегель. — Москва : Мысль, 1990. — 524 с. — Текст : непосредственный.
4. Кистяковский, А. Ф. Элементарный учебник общего уголовного права : Общая часть / А. Ф. Кистяковский. — Киев : Университетская типография, 1875. — Т. 1. — 413 с. — Текст : непосредственный.
5. Кошелев, В. Д. О структуре норм Особенной части уголовного права / В. Д. Кошелев. — Текст : непосредственный // Актуальные проблемы юриспруденции : сборник статей. — Тюмень : Издательство Тюменского университета, 1999. — Вып. 3, Ч. 2. — С. 170–173.
6. Кудинов, Л. Д. К вопросу о публичности уголовного процесса в правовом государстве / Л. Д. Кудинов. — Текст : непосредственный // Актуальные проблемы уголовного права и правоприменительной деятельности органов внутренних дел в новых социально-политических условиях : межвузовский сборник научных трудов. — Москва : Московская высшая школа милиции МВД России, 1992. — С. 29–31.
7. Курс советского уголовного права : в 6 томах. Том 1. Уголовный закон. — Москва : Наука, 1970. — 312 с. — Текст : непосредственный.
8. Курс уголовного права. Общая часть : Том 1. Учение о преступлении : учебник для вузов / под редакцией Н. Ф. Кузнецовой, И. М. Тяжковой. — Москва : Зерцало, 1999. — 593 с. — Текст : непосредственный.
9. Масленникова, Л. Н. Методология познания публичного и частного (диспозитивного) начал в уголовном судопроизводстве : монография / Л. Н. Масленникова. — Москва : Академия управления МВД России, 2000. — 180 с. — Текст : непосредственный.
10. Общая теория государства и права. Академический курс : в 2 томах. Том 2. Теория права / под редакцией М. Н. Марченко. — Москва : Зерцало, 1998. — 510 с. — Текст : непосредственный.
11. Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан от 22 июля 1993 г. в редакции от 2 декабря 2000 г. — Текст : непосредственный // Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации. — 1993. — № 33. — Ст. 1318.
12. Перминов, О. Г. Уголовно-исполнительное право : учебное пособие для вузов / О. Г. Перминов. — Москва : Былина, 1999. — 231 с. — Текст : непосредственный.
13. Петрухин, И. Л. Публичность и диспозитивность в уголовном процессе / И. Л. Петрухин. — Текст : непосредственный // Российская юстиция. — 1999. — № 3. — С. 24–25.
14. Петрухин, И. Л. Человек и власть (в сфере борьбы с преступностью) / И. Л. Петрухин. — Москва : Юристь, 1999. — 392 с. — Текст : непосредственный.
15. Смирнов, В. Г. Функции советского уголовного права / В. Г. Смирнов. — Ленинград : Издательство Ленинградского университета, 1965. — 86 с. — Текст : непосредственный.
16. Сумачев, А. В. Судебное толкование уголовно-правовых оценочных понятий / А. В. Сумачев. — DOI 10.18822/buusu20230388-93. — Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. — 2023. — № 3. — С. 88–93.
17. Таганцев, Н. С. Русское уголовное право / Н. С. Таганцев. — Тула : Автограф, 2001. — Т. 1. — 688 с. — Текст : непосредственный.
18. Теория государства и права : курс лекций / под редакцией Н. И. Матузова, А. В. Малько. — Москва : Юристь, 1999. — 672 с. — Текст : непосредственный.
19. Теория государства и права : учебник для юридических вузов и факультетов / под редакцией В. М. Корельского, В. Д. Перевалова. — Москва : Издательская группа Норма-Инфра-М, 1998. — 570 с. — Текст : непосредственный.
20. Тихомиров, Ю. А. Публичное право : учебник / Ю. А. Тихомиров. — Москва : БЕК, 1995. — 496 с. — Текст : непосредственный.
21. Томашевский, Н. П. О структуре правовой нормы и классификации ее элементов / Н. П. Томашевский. — Текст : непосредственный // Вопросы общей теории советского права. — Москва : Госюриздат, 1960. — С. 217–219.
22. Уголовное право России. Общая часть : учебник / ответственный редактор Б. В. Здравомыслов. — Москва : Юристь, 1996. — 512 с. — Текст : непосредственный.
23. Уголовное право России : учебник для вузов : в 2 томах. Т. 1. Общая часть / под редакцией А. Н. Игнатова, Ю. А. Красикова. — Москва : Издательская группа Норма-Инфра-М, 1998. — 639 с. — Текст : непосредственный.
24. Уголовное право Российской Федерации. Общая часть : конспект лекций / под редакцией Л. В. Иногамовой-Хегай. — Москва : Инфра-М, 2002. — 138 с. — Текст : непосредственный.
25. Уголовное право Российской Федерации : (Общая часть) : учебник / под редакцией А. И. Марцева. — Омск : Юридический институт МВД России, 1998. — 368 с. — Текст : непосредственный.
26. Уголовное право. Общая часть : Учебник для вузов / под редакцией И. Я. Козаченко, З. А. Незнамовой. — Москва : Издательская группа Инфра-М-Норма, 1997. — 516 с. — Текст : непосредственный.
27. Хильчук, Е. Л. Некоторые проблемы применения диспозитивного метода в трудовом праве / Е. Л. Хильчук. — Текст : непосредственный // Актуальные проблемы юриспруденции : сборник статей. — Тюмень : Издательство Тюменского университета, 1999. — Вып. 3, Ч. 2. — С. 76–80.
28. Щелконогова, Е. В. Система Общей части Уголовного кодекса РФ / Е. В. Щелконогова. — DOI 10.17816/buusu20200162-70. — Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. — 2020. — № 1 (56). — С. 62–70.
29. Юридический энциклопедический словарь. — 2-е дополненное издание. — Москва : Советская энциклопедия, 1987. — 450 с. — Текст : непосредственный.



НАКОПИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Владимиров Леонид Вячеславович

кандидат технических наук,
доцент кафедры радиоэлектроники
и электроэнергетики
Сургутского государственного университета,
Сургут, Россия
E-mail: vladimirov_lv@surgu.ru

Предмет исследования: повышение надежности и качества электроснабжения децентрализованных электроэнергетических систем.

Цель исследования: анализ современных технологий накопления электрической энергии для повышения эффективности работы систем децентрализованного электроснабжения потребителей.

Методы и объекты исследования: обзор и синтез реализуемых моделей и методов накопления электроэнергии.

Основные результаты исследования: представлены рекомендации по использованию накопителей электрической энергии для повышения эффективности децентрализованных систем электроснабжения бытовых и промышленных потребителей.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, накопители электрической энергии, аккумуляторные батареи, супермаховик, суперконденсатор.

ELECTRIC ENERGY STORAGE DEVICES IN DECENTRALIZED POWER SUPPLY SYSTEMS

Leonid V. Vladimirov

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Radio
Electronics
and Electric Power Engineering
Surgut State University,
Surgut, Russia
E-mail: vladimirov_lv@surgu.ru

Subject of research: improving the reliability and quality of power supply of decentralized power systems.

Purpose of research: analysis of modern technologies for storing electrical energy to improve the efficiency of decentralized power supply systems to consumers.

Methods and objects of research: review and synthesis of implemented models and methods of energy storage.

Main results of research: recommendations are presented for the use of electrical energy storage devices to improve the efficiency of decentralized power supply systems for household and industrial consumers.

Keywords: renewable energy sources, electric energy storage devices, batteries, super flywheel, super capacitor.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач является поиск эффективных и надежных способов электроснабжения промышленных и гражданских объектов. Для обеспечения электрической энергией малых и удаленных поселений, промышленных объектов, таких как нефтяные и газовые месторождения, возможно применение систем децентрализованного электроснабжения, включающих в свой состав как дизельные электрические станции (ДЭС), так и возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Такие системы представляет собой энергетический комплекс, способный обеспечить электроэнергией потребителей, в том числе и первой категории надежности электроснабжения, при выполнении соответствующих требований. Важность решения этой задачи в условиях Ханты-Мансийского автономного округа обусловлена наличием удаленных населенных пунктов и потребителей, работающих изолированно. Для изолированных энергосистем характерна высокая стоимость электроснабжения, недостаточная обеспеченность топливно-энергетическими ресурсами, низкий уровень резервирования и надежности электроснабжения [1]. Подобные населенные пункты находятся на территориях Березовского, Кондинского, Октябрьского, Белоярского, Нижневартовского,

Сургутского, Ханты-Мансийского муниципальных районов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Существуют различные варианты построения систем электроснабжения удаленных объектов. В качестве основного источника электроснабжения могут выступать газотурбинные или газопоршневые электрические станции. Такой подход получил широкое распространение в практике эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, накоплен широкий опыт применения подобных источников электрической энергии. В большинстве случаев подобные системы работают не автономно, а параллельно с внешней энергосистемой, что повышает надежность их работы, но при этом значительно усложняет соблюдение требований к оперативно-диспетчерскому управлению [2].

Для электроснабжения менее энергоемких потребителей актуально применение ДЭС как единственного источника электрической энергии либо в совокупности с солнечными или ветровыми электрическими станциями. Эффект от применения энергетических комплексов будет выше, если в совокупности с ними использовать накопители энергии (НЭ) [3], что позволит решить ряд проблем, таких как провалы напряжения, несовпадение



графиков электрических нагрузок и графиков генерации электрической энергии (актуально при наличии ВИЭ в качестве источника питания), повышение надежности электроснабжения, а также позволит снизить затраты на строительство воздушных линий электропередач, подстанций, экономить моторное

топливо в случае использования в качестве источника модульных ДЭС. На сегодняшний день отсутствует широкая практика использования НЭ в системах электроснабжения потребителей. Схема энергетического комплекса и подключения НЭ представлена на рисунке 1.

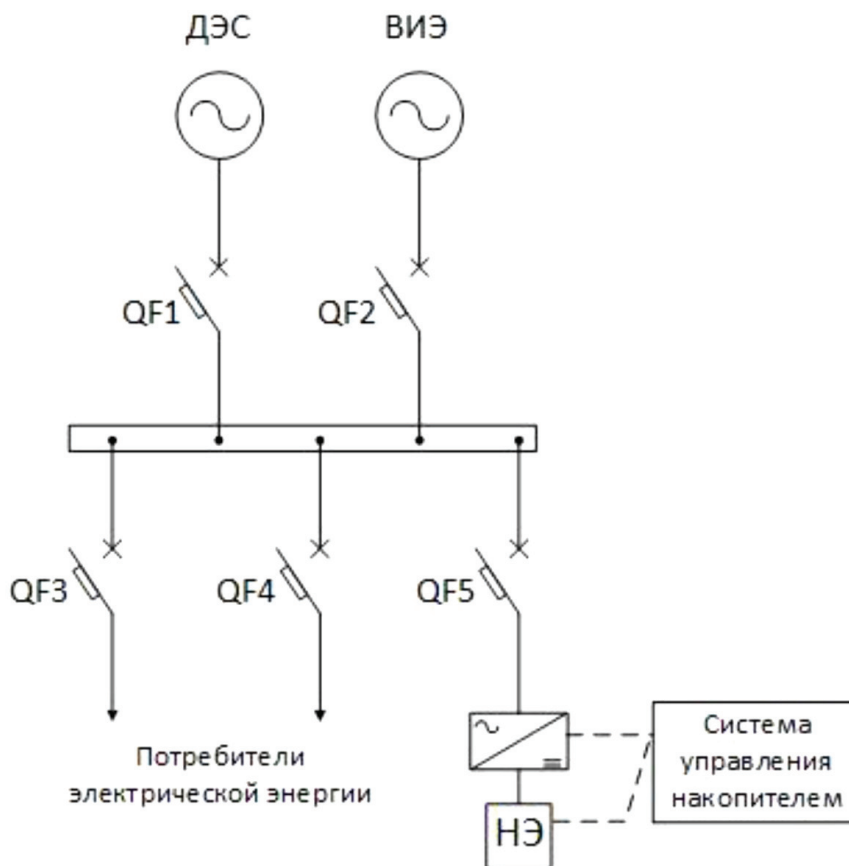


Рисунок 1. Схема энергетического комплекса и подключения накопителя энергии

Провал напряжения – это снижение уровня напряжения ниже установленного порогового значения [4]. Причиной возникновения провалов напряжения могут являться пуск асинхронных и синхронных электрических двигателей, несимметричные режимы работы в системе электроснабжения, наброс нагрузки и т. д.

Неравномерность графиков электрических нагрузок вызвана особенностями технологического цикла производства, изменением потребления электроэнергии бытовыми потребителями в течение суток, что приводит к ряду негативных последствий, из которых наиболее выражены снижение надежности электроснабжения, отклонение показателей качества электрической энергии, сокращение сроков эксплуатации оборудования и увеличение эксплуатационных расходов [5]. В периоды пиковых нагрузок часть энергии может быть получена от НЭ, что позволяет

оптимизировать режим работы генерирующих источников и сократить их установленную мощность [6].

Существующие НЭ можно условно разделить на три основные группы по принципу их действия:

- механические инерционные накопители;
- электрохимические накопители;
- электромагнитные накопители.

Механические инерционные накопители, или маховики, известны человеку с древних времен. Принцип действия маховика основан на накоплении кинетической энергии и последующем ее преобразовании. Запасаемая маховиком энергия может быть определена по формуле:

$$E = 0,5J\omega^2, \quad (1)$$

где J – момент инерции маховика, кг/м²;
 ω – угловая скорость, рад/с.

Из (1) следует, что запас накапливаемой маховиком энергии может быть увеличен двумя способами: увеличением скорости вращения (угловой скорости) и массы тела маховика. Увеличение скорости вращения приводит к росту потерь энергии и вероятному разрушению тела маховика. Эти недостатки можно нивелировать, если использовать магнитные подвесы ротора и

композиционные материалы. На рисунке 2 представлена конструкция механического инерционного накопителя, совмещенного с мотором-генератором.

К электрохимическим накопителям электрической энергии относятся различного рода аккумуляторные батареи. Их можно классифицировать по материалу пластин и химическому составу электролита.

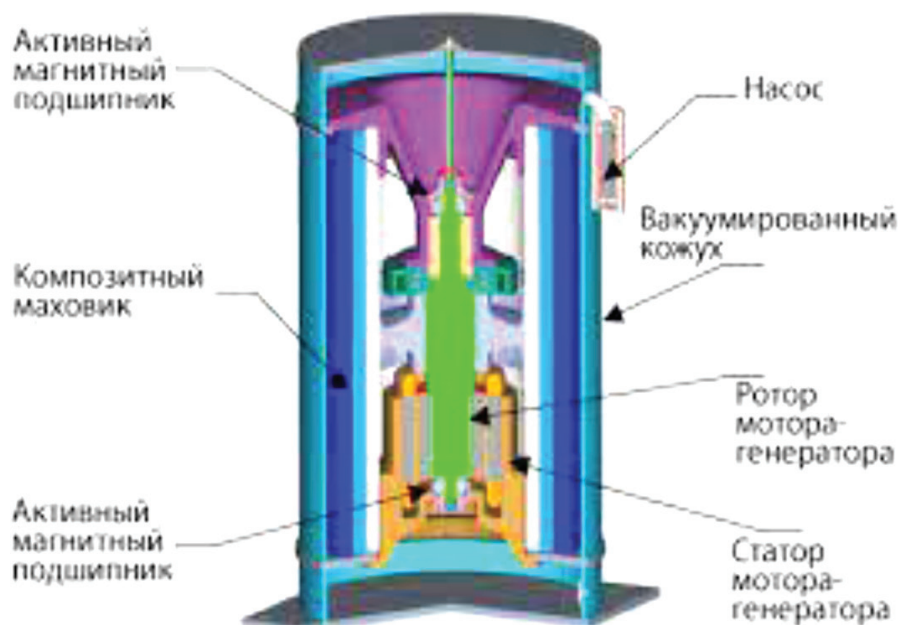


Рисунок 2. Инерционный накопитель электрической энергии

Свинцово-кислотные аккумуляторы (СКА) наиболее распространены благодаря отработанной технологии производства и большому опыту их эксплуатации. Их можно разделить по назначению на стартерные, тяговые и буферные батареи. Технология изготовления СКА имеет низкую стоимость, относительно высокий срок службы, средний уровень саморазряда (до 40 % в год), большое число циклов заряда/разряда (до 1000 циклов при глубине разряда не более 80 %). К недостаткам следует отнести низкий КПД (около 75 %), низкую экологичность и эксплуатационные затраты [7].

Никель-кадмиевые аккумуляторы (Ni-Cd) имеют более высокую энергоемкость по сравнению с СКА и нашли применение в стационарных и мобильных системах. Данный тип аккумуляторов обладает существенным недостатком – эффектом памяти при неполном разряде или заряде, что требует соблюдения правил эксплуатации и алгоритмов заряда/разряда. Никель-металлгидридные аккумуляторы (Ni-MH) являются разновидностью никель-кадмиевых, но при этом практически не имеют эффекта памяти

и обладают более высокими энергетическими характеристиками.

Литий-ионные аккумуляторные батареи (Li-Ion) характеризуются высоким значением удельной энергоемкости, допускают глубокий разряд и не имеют эффекта памяти. Кроме того, низкий уровень саморазряда и большое количество циклов заряда/разряда определили широкое распространение и использование данного типа аккумуляторных батарей, в том числе совместно с ВИЭ. Применение систем управления и контроля заряда позволяет продлить ресурс батарей и снизить скорость их деградации. Можно выделить две основные электрохимические схемы: литий-кобальт и литий-железо-фосфат (LiFePO_4). Последний весьма успешно применяется при создании батарей, способен отдавать практически весь накопленный литий, сохраняя при этом устойчивость. Благодаря ограниченной проводимости катодного материала они пожаро- и взрывобезопасны по сравнению с другими типами литий-ионных батарей, обладают более низкой стоимостью. В таблице 1 представлено сравнение различных типов аккумуляторных батарей.

Таблица 1. Сравнительная характеристика аккумуляторных батарей

	Удельная энергоемкость, Вт*ч/кг	Удельная мощность, Вт*кг	КПД, %	Величина саморазряда, % в месяц	Срок службы, лет	Количество циклов заряда/ разряда, ед.
СКА	40	18	75	4	15	400–1000
Ni-Cd	60	30	90	10	20	2 500–3 000
Ni-MH	70	40	90	12	20	3 000–3 500
Li-Ion	170	100	95	4	7	7 500
LiFePo ₄	140	90	95	4	7	7 000

Важным фактором при использовании аккумуляторных батарей является их масштабируемость, т. е. возможность использования как в системах накопления малой мощности, так и для построения крупномасштабных НЭ. Для повышения рабочего напряжения и емкости батареи отдельные элементы (ячейки) соединяются последовательно и последовательно-параллельно.

К электромагнитным накопителям относятся сверхпроводниковые индукционные накопители (СПИН) и суперконденсаторы. Суперконденсатор представляет собой

двухслойный конденсатор, в котором вместо диэлектрика использован ионопроводящий электролит. Они отличаются малым временем заряда/разряда, что позволяет использовать их для покрытия пиковых нагрузок или при наличии резкопеременных нагрузок и устранения провалов напряжения. Также суперконденсаторы нашли применение в системах питания силовых электроустановок на транспорте. В таблице 2 представлено сравнение аккумуляторных батарей и суперконденсаторов.

Таблица 2. Сравнение характеристик аккумуляторных батарей и суперконденсаторов

Параметр	Аккумуляторные батарей	Суперконденсаторы
Время зарядки	1–6 ч	0,3–30 сек
Время разрядки	0,3–3 ч	0,3–30 сек
Удельная энергоемкость, Вт*ч/кг	40–170	1–10
Количество циклов заряда/разряда, ед.	<10 000	>500 000
Удельная мощность, Вт*кг	<500	<10 000

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Накопители энергии способны существенно повысить эффективность децентрализованных систем электроснабжения бытовых и промышленных потребителей. В периоды пониженного потребления электрической энергии НЭ могут накапливать энергию с последующим ее потреблением в часы пиковых нагрузок, могут использоваться как источник резервного питания и средство компенсации провалов напряжения. При использовании солнечных и ветровых электрических станций НЭ обеспечивают резервирование и хранение электрической энергии, согласование режимов работы источников и потребителей.

Исходя из результатов аналитического обзора следует, что для создания систем накопления электрической энергии в больших объемах перспективным является применение механических инерционных накопителей, или супермаховиков. При малой и средней установленной мощности НЭ более эффективно применение литий-ионных аккумуляторных батарей и суперконденсаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Analysis of technological changes in integrated intelligent power supply systems / Y. L. Zhukovskiy, V. V. Starshaia, D. E. Batueva, A. D. Buldysko // Innovation-Based Development of the Mineral Resources Sector: Challenges

- and Prospects : 11th conference of the Russian-German Raw Materials. – Leiden, 2018. – P. 246–258.
2. Чудновец, С. П. Накопители электрической энергии для систем генерирования электрической энергии (аналитический обзор) / С. П. Чудновец, С. А. Харитонов. – Текст : непосредственный // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2013. – № 1 (50). – С. 163–172.
 3. Хлюпин, П. А. Накопители электрической энергии для распределенных энергетических систем / П. А. Хлюпин. – DOI 10.32464/2618-8716-2019-2-4-219-230. – Текст : непосредственный // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. – 2019. – Т. 2, № 4. – С. 219–230.
 4. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. № 400-ст : введен впервые : дата введения 2014-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 16 с. – Текст : непосредственный.
 5. Третьяков, Е. А. Повышение качества электроэнергии в системах электроснабжения с резервированием от дизель-генераторных установок / Е. А. Третьяков, А. В. Мещеряков. – DOI: 10.18822/byusu202302133-143. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2023. – Т. 19, № 2. – С. 133–143.
 6. Волошин, Е. А. Исследование балансов мощности при внедрении возобновляемых источников энергии и накопителей электрической энергии в электрическую сеть / Е. А. Волошин, О. А. Онисова, А. А. Наволочный. – DOI 10.24160/1993-6982-2022-3-11-22. – Текст : непосредственный // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2022. – № 3. – С. 11–22.
 7. Electricity Storage and renewables: costs and markets to 2030. – Abu Dhabi : Int. Renew. Energy Agency, 2017. – 132 p.



МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОДИЗЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Колонцов Владислав Дмитриевич

лаборант,
Югорский государственный университет,
Россия, Ханты-Мансийск
E-mail: kolontzov.vladislav@yandex.ru

Солодянкин Матвей Сергеевич

лаборант,
Югорский государственный университет,
Россия, Ханты-Мансийск
E-mail: matvej.solodyankin@mail.ru

Шепелев Александр Олегович

кандидат технических наук, доцент,
Югорский государственный университет,
Россия, Ханты-Мансийск
E-mail: a_shepelev@ugrasu.ru

Шепелева Елена Юрьевна

старший преподаватель,
Югорский государственный университет,
Россия, Ханты-Мансийск
E-mail: e_shepeleva@ugrasu.ru

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема: «Лаборатория искусственного интеллекта электроэнергетических систем», код темы: FENG-2024-0007).

На территории децентрализованной зоны электроснабжения Крайнего Севера стоимость 1 кВт·ч может превышать 100 рублей. В связи с чем возникла необходимость в поиске иного способа электроснабжения данных зон. В данной работе представлено решение для объектов энергоснабжения, находящихся в местности с высоким ветропотенциалом, а именно использование комбинированных электроустановок на основе ветродизельных генераторов.

Предмет исследования: комбинированные установки на базе ветроэнергетики.

Цель исследования: моделирование изолированной системы электроснабжения на основе ветроустановки.

Объект исследования: системы электроснабжения с ветроэнергетическими установками.

Методы исследования: анализ, имитационное моделирование.

Результаты исследования: в работе представлено моделирование, показывающее динамические характеристики системы.

Ключевые слова: ветроустановка, асинхронный генератор, дизельный генератор, альтернативная энергетика, изолированные системы электроснабжения.

MODELING OF A WIND-DIESEL PLANT FOR SUPPLYING DECENTRALIZED AREAS OF THE FAR NORTH

Vladislav D. Kolontsov

Laboratory assistant,
Yugra State University,
Russia, Khanty-Mansiysk
E-mail: kolontzov.vladislav@yandex.ru

Matvey S. Solodyankin

Laboratory assistant,
Yugra State University,
Russia, Khanty-Mansiysk
E-mail: matvej.solodyankin@mail.ru

Alexander O. Shepelev

Candidate of Technical Science, Associate Professor,
Yugra State University,
Russia, Khanty-Mansiysk
E-mail: a_shepelev@ugrasu.ru

Elena Yu. Shepeleva

Senior lecturer,
Yugra State University,
Russia, Khanty-Mansiysk
E-mail: e_shepeleva@ugrasu.ru

The research has been conducted within the national assignment by the Ministry of Science and Higher Education in the Russian Federation (theme "Laboratory of Artificial Intelligence of Electric Power Systems", theme code: FENG-2024-0007).

In the territory of the decentralized power supply zone of the far north, the cost of 1 kWh may exceed 100 rubles. Therefore, there is a need to find another way to supply power to these areas. This work presents a solution for power supply facilities located in areas with high wind potential, namely, the use of combined electrical installations based on wind-diesel generators.

Subject of research: wind power based combined installations.

Purpose of research: modelling of an isolated power supply system based on wind turbines.

Object of research: power supply systems with wind power installations.

Methods of research: analysis, simulation modelling.

Main results of research: the paper presents modelling showing the dynamic characteristics of the system.

Keyword: wind turbine, induction generator, diesel generator, alternative energy, isolated power supply systems.

ВВЕДЕНИЕ

Электроснабжение, которое подразумевает бесперебойное снабжение электроэнергией населения и промышленности, уже много лет сталкивается с проблемой снабжения потребителей, что находятся в децентрализованной зоне, которую невозможно

подключить к единой энергетической сети России в силу особенностей местности. На данный момент в абсолютном большинстве для снабжения таких объектов используются дизельные генераторы, которые имеют весомые недостатки, а именно: пагубное влияние на экологию, низкое качество



вырабатываемой электроэнергии и её высокую стоимость, снижение ресурса генератора при работе на низкой мощности, трудность доставки материалов, топлива и оборудования, в связи с чем оперативная замена оборудования представляется невозможной. Использование альтернативных источников электроэнергии поможет нивелировать часть недостатков и снизить влияние других. Однако непостоянство ресурсов мешает их повсеместному внедрению. Решением вышеописанных недостатков стало использование комбинированных электроустановок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В XXI веке человечество столкнулось с проблемой глобального потепления. Чтобы снизить скорость повышения температуры, используется множество способов, одним из которых стало использование возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ). Благодаря своей большой территории Российская Федерация имеет огромный потенциал для внедрения ВИЭ, одним из которых является энергия ветра. Потенциальная энергия от ветрогенераторов в России оценивается в 100 ТВт·ч/год [1–3].

В 2016 году Россией совместно с Евросоюзом и 186 странами было подписано Парижское соглашение. Согласно нему были предприняты меры по снижению выброса углекислых газов (CO_2) и удержанию роста среднемировой температуры ниже 2°C . Для соблюдения данного соглашения Российской Федерации необходимо снизить выбросы CO_2 до 70 % относительно выбросов 1990 года [5].

Ветроэнергетика показывает общемировой стремительный рост и в 2023 году достигла 900 ГВт установленной мощности [6].

Для регулирования выбросов парниковых газов в России были приняты следующие нормативно-правовые акты: Указ Президента России от 26.10.2023 № 812 [7], который предусматривает повышение энергоэффективности и развитие ВИЭ; распоряжение от 01.06.2021 № 1446-р [8], которое обозначает политику государства в сфере энергоэффективности на основе ВИЭ. Также согласно другим актам по состоянию на 2017 год было введено 5 комбинированных энергокомплексов на основе ВЭС-ДЭС [1].

Разработки в данной области до сих пор продолжаются, доказательством данного факта является патент 2022 года [9]. Авторы патента сумели снизить стоимость за счёт упрощения схемы электростанции.

В России активно развиваются компании, которые занимаются ВИЭ. Например,

ПАО «Передвижная энергетика», которая в 2016 году обнародовала результаты эксплуатации установки на основе ВЭС-ДЭС. По промежуточным итогам эксплуатации компания снизила потребление дизельного топлива на 306 тонн за 9 месяцев [10].

Также каждый регион Российской Федерации принимает постановление «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики» и аналогичные постановления, в которых закреплено следующее: использование ВИЭ не является рентабельным, однако использование энергообъектов с комбинированным режимом генерации повысит надежность энергоснабжения и качество электроэнергии.

Как известно, Российская Федерация занимает примерно 17 миллионов квадратных километров, из которых 10 миллионов квадратных километров составляют северные и приравненные к ним регионы. Также около 3 миллионов квадратных километров занимают территории за полярным кругом. Население данных регионов – более двух миллионов человек, которые потребляют примерно 3,6 % электроэнергии, производимой в России. Данные регионы можно охарактеризовать как регионы с высоким ветропотенциалом и местами – с высоким потенциалом для установки солнечных электростанций. Карта с указанием потенциала в северных регионах представлена на рисунке 1 [12].

График, который показывает изменение электрической нагрузки в течение определенного времени децентрализованной зоны электроснабжения, можно охарактеризовать как резко переменный, что сильно затрудняет использование дизельных электроустановок, так как необходимо постоянно регулировать выдаваемую мощность [18]. Так, стоит отметить, что зачастую ДЭС загружен ниже 25 % от номинального значения мощности. Использование дизельного генератора в таких условиях чревато сильным увеличением расхода топлива на 1 кВт·ч и закоксовыванием цилиндров [13].

В основном электросеть децентрализованной зоны электроснабжения Крайнего Севера охватывает малую территорию, из-за чего влияние помех только возрастает. Искажение кривой синусоиды сокращает срок службы дизельной электроустановки, и увеличивается вероятность аварий [17].

До децентрализованных зон Крайнего Севера зачастую можно добраться только вертолетом, водным транспортом или зимними дорогами (зимниками), то есть сильно зависимость от погодных условий и времени года видов транспорта, что делает невозможным оперативно доставлять оборудование,

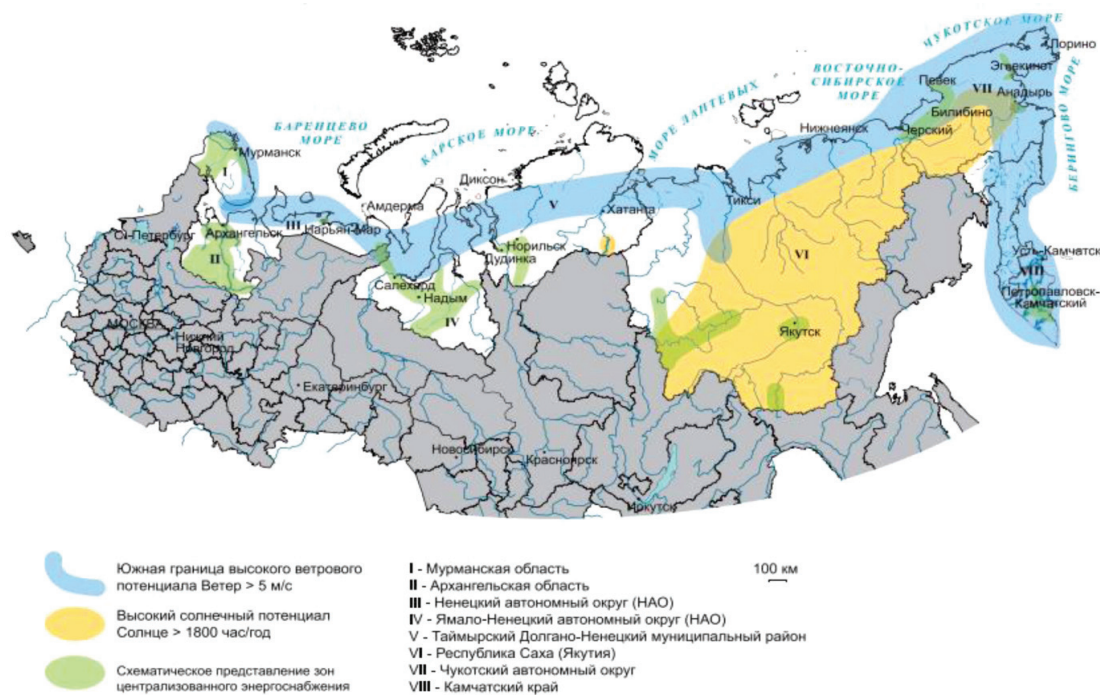


Рисунок 1. Карта с указанием ветропотенциала северных регионов России

персонал и топливо. Из-за чего стоимость эксплуатации и обслуживания сильно возрастает, а следовательно, растёт стоимость выработанной электроэнергии, большую часть которой субсидирует регион или округ [14].

Россия имеет огромный потенциал для внедрения электроустановок на основе ВИЭ. Северные регионы не исключение, однако необходимо выбирать тип установки исходя из климатических и природных особенностей местности.

Из-за холодного климата Российской Севера необходимо адаптировать оборудование под низкие температуры. Одним из примеров такой адаптации стало строительство ветрогенератора вблизи города Лабытнанги. На трудность данного процесса указывает то, что на адаптацию было потрачено два года. Данная установка была первой построенной, введённой в эксплуатацию и эксплуатируемой за полярным кругом [16].

Северные регионы Российской Федерации обладают огромными месторождениями (залежами) полезных ископаемых. Благодаря этому идет активное освоение этих месторождений крупными компаниями, такими как «Газпром», «Лукойл», «Роснефть» и другими. Для снижения затрат вышеупомянутые компании вкладываются в разработки, которые помогут снизить стоимость содержания их объектов. Одной из внедренных установок стала комбинированная электроустановка, которая состояла из ветрогенератора, двух солнечных панелей и двух

термоэнергетических генераторов. Данная установка была разработана ООО «Газпром добыча Ямбург». Эксплуатация данных электроустановок показала их надежность и позволила снизить стоимость электроэнергии в 2,5 раза относительно стационарного электроснабжения. На данный момент на территории ЯНАО насчитывается более 200 таких электроустановок. Карта с расположением данных электроустановок представлена на рисунке 2.

Ещё одной компанией, которая внедрила комбинированные электроустановки, стало ООО «РН Пурнефтегаз». Данная установка состоит из дизельного генератора, двух ветрогенераторов и сорока солнечных панелей, которые в сумме выдают 40 кВт электроэнергии. Данная инновация позволила компании снизить стоимость электроэнергии примерно в 20 раз, до 4 рублей за 1 кВт·ч [13].

Разработки в данном направлении проводятся также и в других странах. На данный момент более 40 объектов электроснабжения используют для генерации системы на основе ВЭС-ДЭС, из которых десять находятся на территории Крайнего Севера других стран, а именно в штате Аляска и в Антарктиде на антарктической исследовательской станции Моусон.

При разработке комбинированной установки предельно важен правильный подбор оборудования, который должен опираться на местность, климат, примерную потребляемую мощность и требования к качеству электроэнергии снабжаемого объекта и другие



Рисунок 2. Карта, на которой показано расположение комбинированных установок, разработанных ООО «Газпром добыча Ямбург»

условия выбора. Также необходимо учитывать уже установленную на объекте ДЭС. Для корректной работы установки, помимо источников питания, а именно ветрогенератора и дизельного генератора, необходим контроллер и хранилище электроэнергии, АКБ. Не менее важно выбрать наиболее оптимальную структурную схему электроустановки. В данной работе выбор был сделан в пользу схемы с промежуточной шиной постоянного тока [15].

Для моделирования комбинированной установки на основе ВЭС-ДЭС был выбран программный комплекс MatLab SimuLink. Для имитационной модели в структурной схеме АКБ был заменен на блок балластных нагрузок. Разработанная модель представлена на рисунке 3. Моделирование электроустановки позволит проанализировать режимы работы, для чего в схеме предусмотрены измерительные блоки, и оценить возможность внедрения таких установок на территории Крайнего Севера.

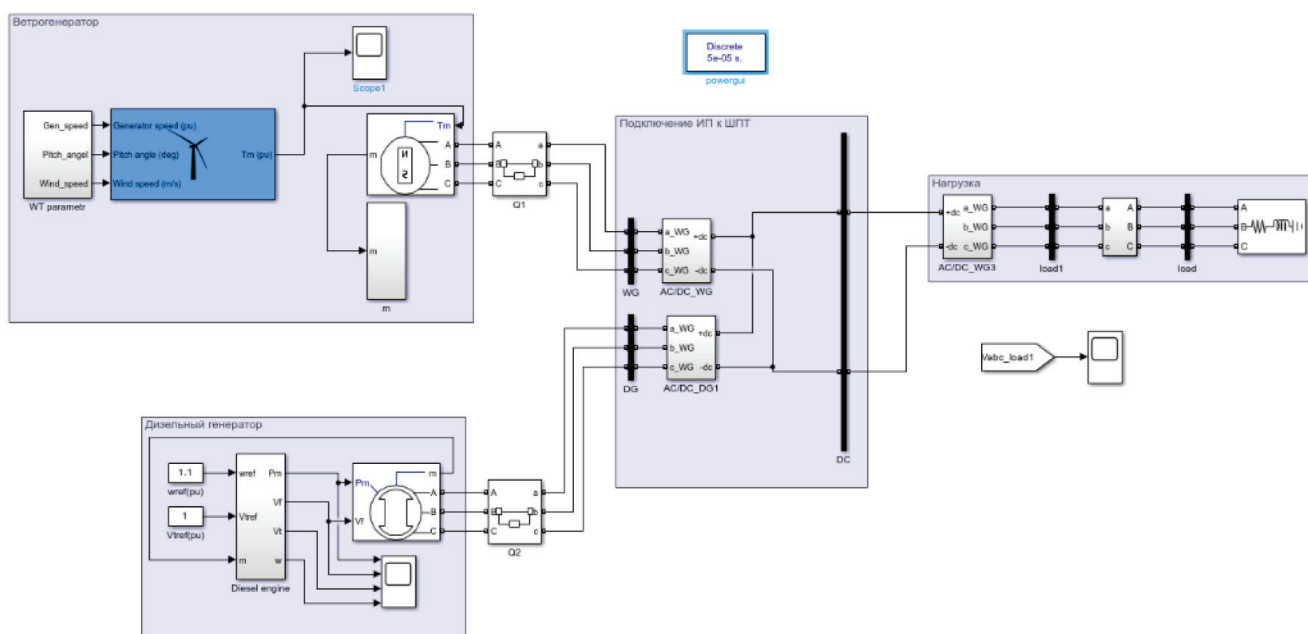


Рисунок 3. Моделируемая схема

Из-за ограничений программного комплекса были введены некоторые условности, а именно: дискретное изменение мощности нагрузки и скорости ветра, крутящий момент турбины в ветроустановке передается на генератор без потерь на трение, также игнорируется часть электротехнических законов, которые оказывают малое влияние на расчет.

Имитационная модель разрабатывается для предварительного анализа, в данном случае электроустановки, а именно того, что именно ожидать при реальной эксплуатации. Следовательно, к данной модели предъявляются некоторые требования. Основным требованием является соответствие измерений реальным.

В данной модели предусмотрена возможность регулировки путём изменения параметров блока «WT input data»: скорость ветра в пределах от 0 до 15 м/с, нагрузка в пределах от 0 до 100 кВт. При изменении параметров не должно быть серьезных отклонений напряжения и частоты. Также путем переключения блоков выключателей «Q» предусмотрена

регулировка режима работы путем включения в сеть или отключения из неё блоков ветрогенератора и дизельного генератора, что позволяет рассмотреть как параллельную работу источников электроэнергии, так и единичную работу каждого источника.

Для определения типа симуляции в Simulink используется блок «Powergui». В данной модели используется тип «Discrete» с исходными параметрами.

По итогам моделирования на выходе линейного инвертора должно появиться синусоидальное напряжение.

В данной модели ветрогенератор будет использоваться как основной источник питания. Однако в программе Matlab Simulink нет готового решения, в связи с чем модель ветрогенератора была собрана из следующих блоков: «Wind Turbine» и «Permanent Magnet Synchronous Machine». Первый блок имитирует ветровую турбину и передает значение крутящего момента на второй блок.

Имитационная модель ветрогенератора в программном комплексе Matlab Simulink показана на рисунке 4.

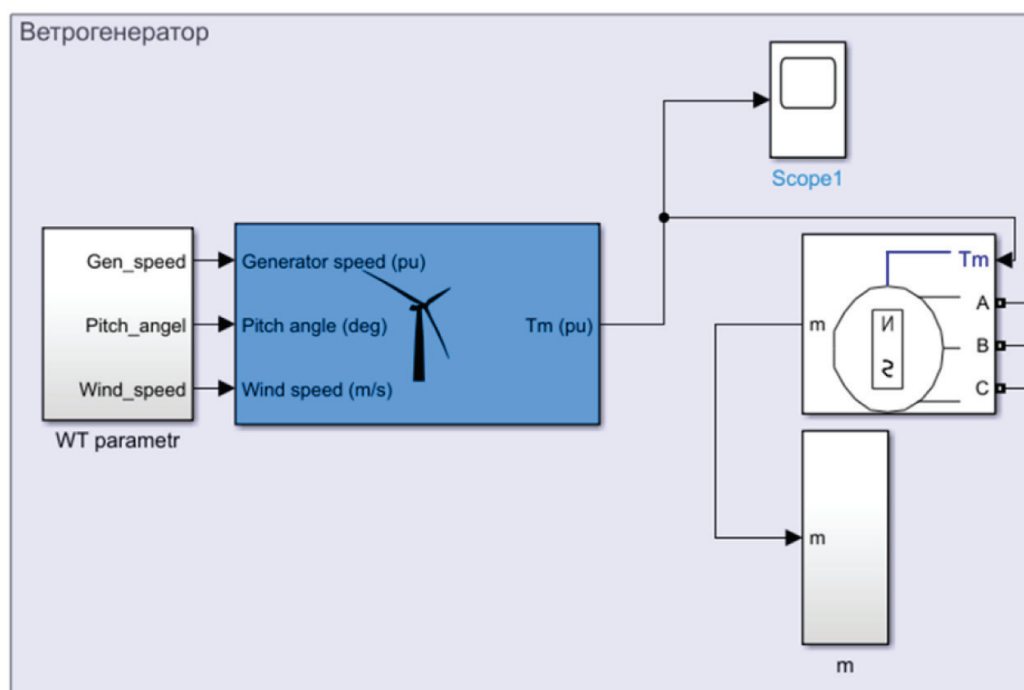


Рисунок 4. Имитационная модель ветрогенератора

Аналогично ветрогенератору в Matlab Simulink отсутствует готовый блок, имитирующий дизельный генератор. Для создания модели дизельного генератора был использован блок «Permanent Magnet Synchronous Machine», и в качестве исходных данных занесены параметры согласно техническому паспорту генератора. Для моделирования была

выбрана явнополюсная машина переменного тока. Схема дизельного генератора показана на рисунке 5.

Для правильного моделирования необходимо подать на входы блока следующие сигналы: напряжение возбуждения и мощность на валу. Схема, имитирующая ДЭС, показана на рисунке 6.

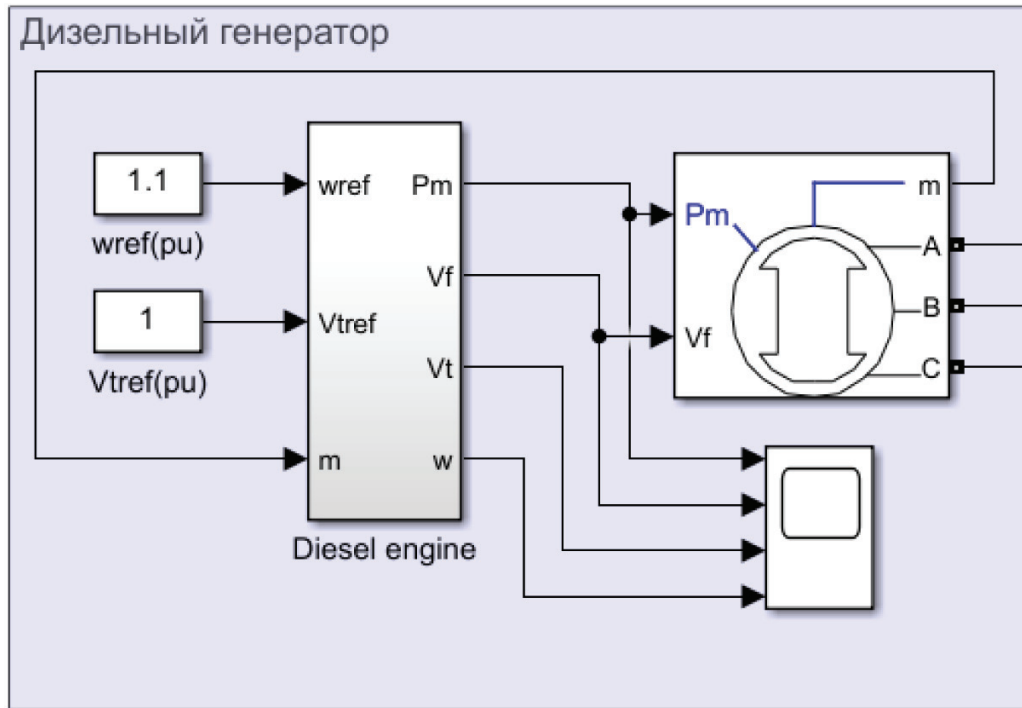


Рисунок 5. Имитационная модель дизельного генератора

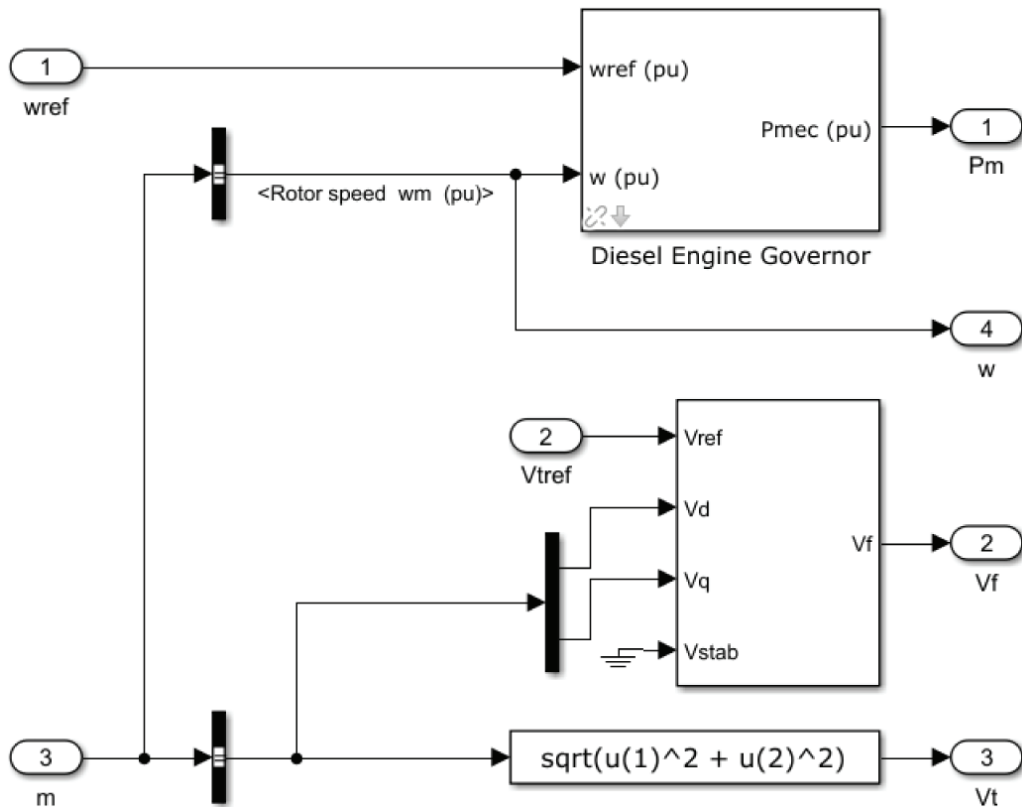


Рисунок 6. Подсистема, имитирующая дизельный генератор

Для корректной работы схемы, имитирующей ДЭС, необходимо задать параметры в оперативной форме в виде передаточных функций. Формулы для приведения параметров ДЭС к необходимым формам описаны ниже:

$$H_c = \frac{k \cdot (1 + T_3 \cdot p)}{1 + T_1 \cdot p + T_1 \cdot T_2 \cdot p^2}, \quad (1)$$

$$H_a = \frac{1 + T_4 \cdot p}{p \cdot (1 + T_5 \cdot p) + p \cdot (1 + T_6 \cdot p)}. \quad (2)$$

Для синхронизации источников питания используется шина постоянного тока (ШПТ), которая моделируется элементом «DC bus». Подключение к ней происходит через

выпрямители, для имитации которых используются блоки диодных выпрямителей «AC/DC». Данное подключение показано на рисунке 7.

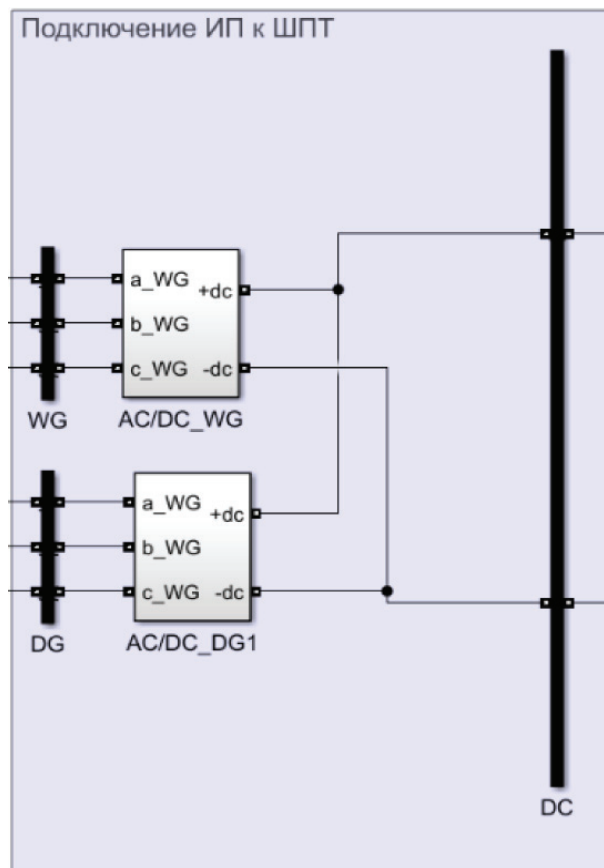


Рисунок 7. Подключение источников питания через выпрямители к ШПТ

Для передачи электроэнергии потребителю необходимо преобразовать выпрямленный ток обратно в переменный, для чего

используется автономный инвертор. На рисунке 8 показаны сигналы, полученные на выходах инвертора.

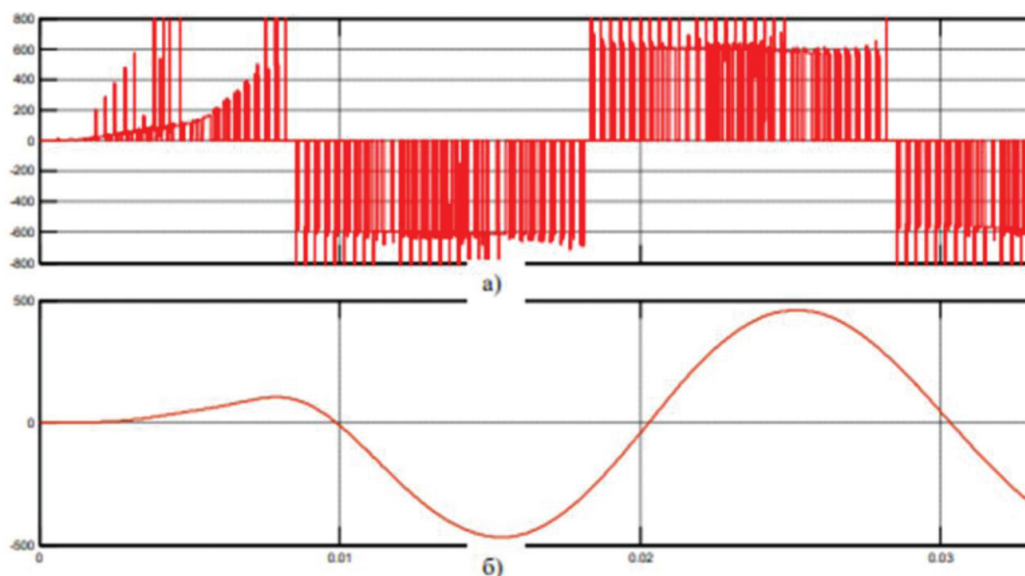


Рисунок 8. Линейное напряжение: а – на выходе инвертора; б – после дросселя

Для сглаживания напряжения в схеме используется пассивный LC-фильтр, который выступает в роли дросселя. Подсистема, имитирующая данный фильтр, представлена на рисунке 9.

Для моделирования нагрузки был использован блок «Three-phase load», схема которого показана на рисунке 10.

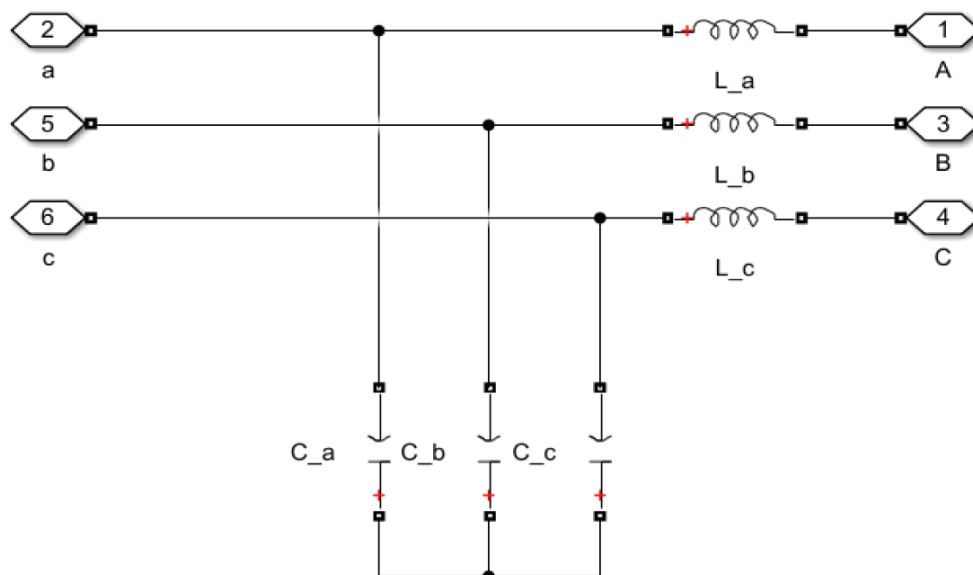


Рисунок 9. Подсистема «Filters»

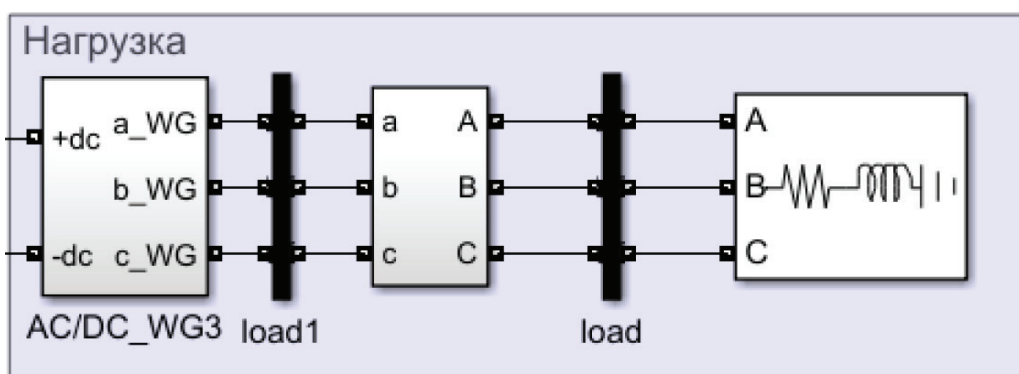


Рисунок 10. Блок нагрузки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Снабжение децентрализованной зоны электроснабжения Крайнего Севера является одной из проблем, с которыми сталкивается Россия на данный момент. Для решения данной проблемы предлагается множество решений. Для оптимизации энергоснабжения отдаленных населенных пунктов с высоким ветропотенциалом рентабельно использовать комбинированные электроустановки на основе ВЭС-ДЭС. Это позволит снизить потребление топлива, понизить частоту вывода в ремонт дизельных генераторов, улучшить качество электроэнергии и снизить влияние на экологию.

Для обоснования вышесказанного была разработана имитационная модель электроустановки на основании ВЭС-ДЭС в программном комплексе MatLab Simulink. Моделирование выполнило свою задачу и показало синусоидальное напряжение на выходе инвертора, что свидетельствует о правильно подобранном составе оборудования и рентабельности использования ветродизельных установок на объектах, расположенных на территории северных регионов России, к которым вследствие условий местности и климатических условий не представляется возможным подвести централизованное электроснабжение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елистратов, В. В. Возобновляемая энергетика / В. В. Елистратов. – 3-е издание, дополненное. – Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2016. – 424 с. – Текст : непосредственный.
2. Годовой отчет за 2015 г. некоммерческого партнерства «Совет Рынка» // Ассоциация «НП Совет Рынка» [официальный сайт]. – URL: http://www.np-sr.ru/idc/groups/public/documents/sr_pages/sr_0v046916.pdf (дата обращения: 20.03.2024). – Текст : электронный.
3. WWEA publishes «World wind resource assessment Report» [Электронный ресурс] // Всемирная ветроэнергетическая ассоциация WWEA [официальный сайт]. – URL: <http://www.wwindea.org/wwea-publishes-worldwind-resource-assessment-report/> (дата обращения: 20.03.2024). – Текст : электронный.
4. Об утверждении схемы и программы перспективного развития электроэнергетики Ямало-Ненецкого автономного округа на период 2023– 2027 годов : постановление Губернатора Ямало-Ненецкого автономного округа от 29 апреля 2022 г. № 63-ПГ. – Текст : непосредственный // Красный Север : общественно-политическая газета ЯНАО. Спецвыпуск. – 2022. – № 34/3 (6 мая). – С. 1–20.
5. UNFCCC, 2015. Russian Submission INDC. United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn.
6. Global Wind Statistics 2016 [Электронный ресурс] // Отчет Global Wind Energy Council [официальный сайт]. – URL: <http://www.gwec.net/global-figures/graphs/> (дата обращения: 20.03.2024).
7. Указ Президента РФ от 26 октября 2023 г. № 812 «Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации» // Официальное опубликование правовых актов. – URL : <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202310260009> (дата обращения: 07.04.2024). – Текст : электронный.
8. Распоряжение Правительства РФ от 01.06.2021 № 1446-р // Официальное опубликование правовых актов. – URL : <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202106030039> (дата обращения: 09.04.2024). – Текст : электронный.
9. Патент № 2765158 Российская Федерация, МПК 19/11, PQ3D 7/048 (2021.05), PQ3D 9/11 (2021.05), HQ2J 3/38 (2021.05). Ветродизельная электростанция : №2020106270, заявл. 10.02.2020, опубл. 26.01.2022 / В. И. Чиндиский, Е. В. Большаков. – 7 л. – Текст : непосредственный.
10. Строительство и эксплуатация ветродизельных комплексов на энергоизолированных территориях ДФО // Презентация ПЭ для Сколково. – URL : https://www.hse.ru/data/2018/03/23/1164014465/1_Мирчевский%20Строительство%20и%20эксплуатация%20ветро-дизе.pdf (дата обращения: 17.04.2024). – Текст : электронный.
11. НОВАТЭК ловит ямальский ветер [Электронный ресурс] // Коммерсантъ : [сайт]. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4877669?ysclid=lwo3e9cmb5457848508> (дата обращения: 17.04.2024).
12. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики / В. Х. Бердин [и другие]. – Москва : Всемирный фонд дикой природы, 2017. – 80 с.
13. Обухов, С. Г. Повышение эффективности комбинированных автономных систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии : специальность 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / С. Г. Обухов ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск, 2013. – 392 с. – Библиография: с. 341–353. – Текст : непосредственный.
14. Смоленцев, Д. О. Развитие энергетики Арктики: проблемы и возможности малой генерации // Арктика: экология и экономика. – 2012. – № 3 (7). – С. 22–29. – Электрон. журн. – Режим доступа: [http://ibrae.ac.ru/docs/3\(7\)/22-29.pdf](http://ibrae.ac.ru/docs/3(7)/22-29.pdf), свободный (дата обращения: 20.03.2019). – Загл. с экрана.
15. Системы накопления энергии, обеспечивающие первичный резерв и сокращение пиков в малых изолированных энергосистемах: экономическая оценка / Л. Сигрист, Э. Лобато, Л. Роуко. – Текст : непосредственный // Международный журнал электроэнергетических и энергетических систем. – 2013. – Т. 53. – С. 675–683.
16. Близ Салехарда запустили первый ветряк за полярным кругом [Электронный ресурс] // RG.RU : [сайт]. – URL: <https://rg.ru/2014/07/11/reg-urfo/vetryak.html> (дата обращения: 15.04.2024).
17. Третьяков, Е. А. Повышение качества электроэнергии в системах электроснабжения с резервированием от дизель-генераторных установок / Е. А. Третьяков, А. В. Мещеряков // Вестник Югорского государственного университета. – 2023. – № 2 (69). – С. 133–143. – DOI 10.18822/byusu202302133-143. – EDN SVZTKU.
18. Ковалев, В. З. Разработка метода анализа и прогноза качества электроэнергии микрогрид Крайнего Севера / В. З. Ковалев, А. Г. Щербаков, Р. Н. Хамитов // Вестник Югорского государственного университета. – 2022. – № 1 (64). – С. 67–76. – DOI 10.18822/byusu20220167-78. – EDN DFBKF.



МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Кривошеева Наталия Юрьевна

лаборант,
Югорский государственный университет,
Россия, Ханты-Мансийск
E-mail: Natalia.krivosheeva2015@yandex.ru

Осипов Дмитрий Сергеевич

доктор технических наук, профессор,
Югорский государственный университет,
Россия, Ханты-Мансийск
E-mail: d_osipov@ugrasu.ru

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема: «Лаборатория искусственного интеллекта электроэнергетических систем», код темы: FENG-2024-0007).

В работе представлена имитационная модель системы электроснабжения с нелинейной нагрузкой, работающей в нестационарном режиме. Для анализа несинусоидального режима предложено использование пакетного вейвлет-преобразования. Вейвлет-преобразование имеет ряд преимуществ, что может быть использовано для внедрения в систему мониторинга показателей качества электроэнергии.

Предмет исследования: показатели качества электроэнергии.

Цель исследования: доказательство преимущества вейвлет-преобразования при анализе несинусоидальных нестационарных режимов.

Объект исследования: система электроснабжения напряжением до 1 кВ с нелинейными нагрузками, искажающими показатели качества электроэнергии.

Методы исследования: анализ, компьютерное моделирование.

Результаты работы: доказана перспективность применения вейвлет-преобразования для организации системы мониторинга показателей качества электроэнергии; показано отсутствие эффекта растекания спектра.

Ключевые слова: показатели качества электроэнергии, высшие гармоники, несинусоидальность, вейвлет-преобразование.

MONITORING OF ELECTRICITY QUALITY INDICATORS USING WAVELET TRANSFORM

Natalia Yu. Krivosheeva

Laboratory assistant,
Yugra State University,
Russia, Khanty-Mansiysk
E-mail: Natalia.krivosheeva2015@yandex.ru

Dmitry S. Osipov

Doctor of Technical Science, Professor,
Yugra State University,
Russia, Khanty-Mansiysk
E-mail: d_osipov@ugrasu.ru

The research has been conducted within the national assignment by the Ministry of Science and Higher Education in the Russian Federation (theme "Laboratory of Artificial Intelligence of Electric Power Systems", theme code: FENG-2024-0007).

The paper presents a simulation model of an electric power supply system with a nonlinear load operating in a non-stationary mode. To analyze the non-sinusoidal mode, the use of a batch wavelet transform is proposed. The wavelet transform has a number of advantages, which can be used to implement electricity quality indicators into a monitoring system.

Subject of research: power quality indices.

Purpose of research: proof of the advantage of the wavelet transform in the analysis of non-sinusoidal non-stationary modes.

Object of research: a power supply system with a voltage of up to 1 kV with non-linear loads that distort the quality of electricity.

Methods of research: analysis, computer modelling.

Main results of research: the prospects of using the wavelet transform for the organization of a system for monitoring electricity quality indicators have been proved; the absence of the spectrum spreading effect is shown.

Keywords: power quality indicators, higher harmonics, non-sinusoidality, wavelet transform.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире электроэнергия является одним из основных ресурсов, обеспечивающих функционирование различных отраслей экономики и повседневной жизни людей. Однако качество электроэнергии (КЭ) может существенно влиять на стабильность работы электрооборудования, надёжность электроснабжения и экономические показатели предприятий и потребителей. В связи с выходом приказа Министерства энергетики Российской Федерации от 28 августа 2023 года № 690 «Об утверждении требований к качеству электрической энергии, в том числе распределению обязанностей по его обеспечению между субъектами электроэнергетики

и потребителями электрической энергии» возникает необходимость разработки математических моделей для реализации мониторинга показателей качества электроэнергии (ПКЭ) при нестационарных режимах электроэнергетических систем.

Мониторинг ПКЭ необходим для обеспечения стабильной и надёжной работы электрооборудования, соблюдения требований законодательства, предотвращения экономических потерь и поддержания высокого уровня электроснабжения.

1. Соблюдение требований законодательства. В соответствии со статьей 542 Гражданского кодекса РФ потребители имеют право на получение качественной электроэнергии. Мониторинг позволяет контролировать

соблюдение этого права и предотвращать возможные нарушения со стороны поставщика электроэнергии.

2. Выявление отклонений от нормативов. Мониторинг ПКЭ помогает своевременно выявлять отклонения от установленных норм и стандартов, что может привести к серьёзным проблемам, таким как поломки оборудования и аварии.

3. Разработка проектов модификации электросети. Мониторинг ПКЭ позволяет собирать данные о текущих показателях и параметрах электросети, что может быть использовано для разработки проектов модернизации и улучшения системы электроснабжения.

4. Определение причин ухудшения качества электроэнергии. Мониторинг позволяет выявить причины ухудшения качества электроэнергии, которые могут быть связаны с состоянием передающих сетей, проблемами поставщика электроэнергии или другими факторами.

5. Оценка экономического ущерба.

Искажение показателей качества электроэнергии в общем случае оказывает негативное влияние на электроприемники промышленных предприятий, гражданских и общественных зданий, медицинских учреждений [1]. Значительное увеличение доли частотно-регулируемого (ЧРП) привода в системах электроснабжения обусловило актуальность задачи обеспечения электромагнитной совместимости [2].

Существенные искажения ПКЭ возникают в электрических сетях, питающих тяговые подстанции железных дорог [3]. Как отмечают авторы, «существует проблема пониженного качества электроэнергии по уровням гармонических искажений, создаваемых выпрямительно-инверторными агрегатами» [4, с. 51].

В работе [4] приведен анализ ПКЭ в системе электроснабжения горно-обогатительного

комбината, где основными источниками искажений синусоидальности формы кривой напряжения и тока являются коммутационные процессы в вентилях выпрямителей.

В действующих системах мониторинга ПКЭ широкое применение находит преобразование Фурье:

$$F(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)e^{-ix\omega} dx. \quad (1)$$

С целью устранения эффекта «растекания спектра» может быть применено оконное преобразование Фурье:

$$F(f, x_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)g(x-x_0)e^{-ix\omega} dx. \quad (2)$$

Для решения ряда научных и практических задач анализа нестационарных режимов электрических сетей, в том числе и ПКЭ, в последнее время находит широкое применение пакетное вейвлет-преобразование:

$$\hat{F}_{m,n} = a_0^{-m/2} \int f(t)\psi(a_0^{-m}t - nb_0)dt. \quad (3)$$

Существенное практическое значение приобретает исследование амплитудно-частотных характеристик систем электроснабжения с нелинейными нагрузками при подключении фильтров подавления высших гармоник [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве исследуемой сети примем систему электроснабжения предприятия, питающегося от трансформатора ТМ 1000 10/0,4. Нелинейная нагрузка по одной из отходящих из ВРУ линий представлена трехфазными 6-пульсными выпрямителями и системой светодиодного освещения. Имитационная модель представлена на рисунке 1.

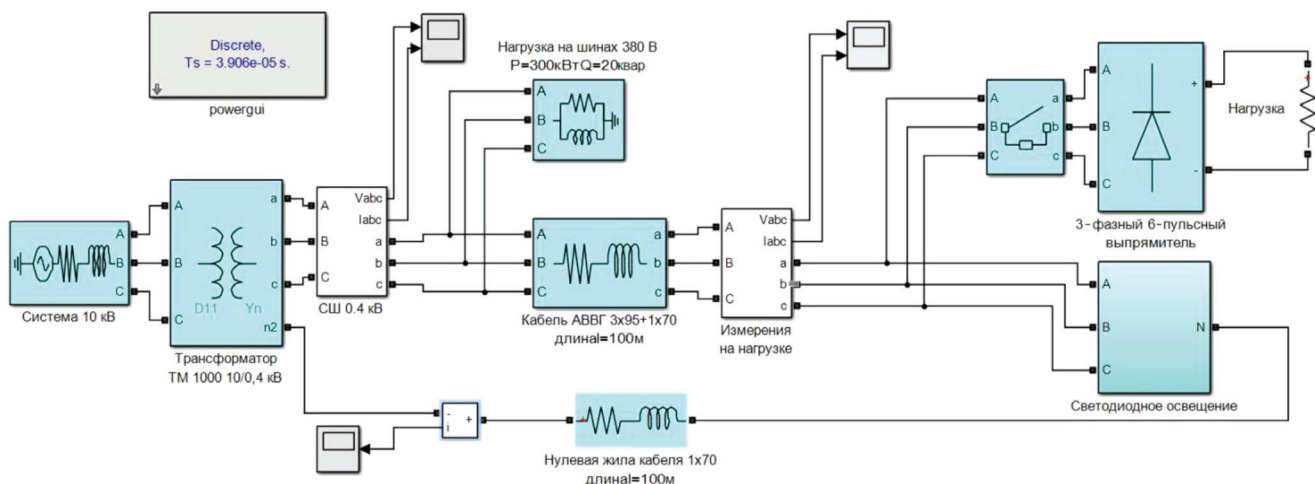


Рисунок 1. Имитационная модель для исследования несинусоидального режима в сети до 1 кВ

В результате имитационного моделирования был получен несинусоидальный

нестационарный режим с осциллограммами токов, представленными на рисунке 2.

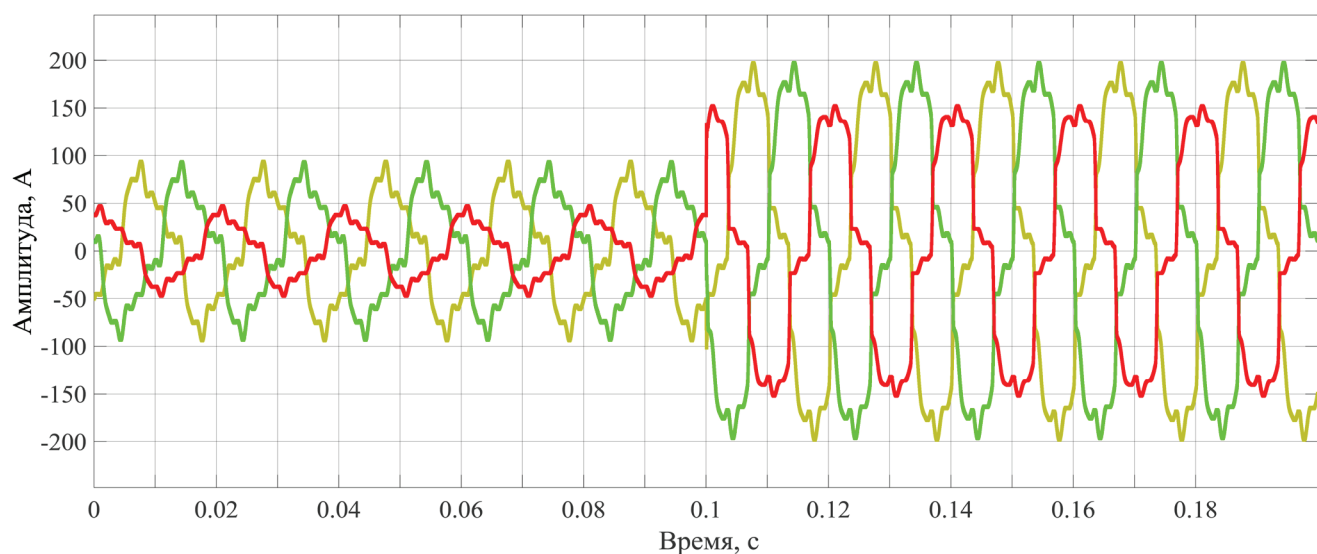


Рисунок 2. Результаты имитационного моделирования. Токи в кабельной линии

Для полученного фрагмента нестационарного несинусоидального сигнала проведем быстрое преобразование Фурье, используя Matlab. В результате, представленном на

рисунке 3, получаем характерный вид спектрального состава при наличии фактора – «эффект растекания спектра».

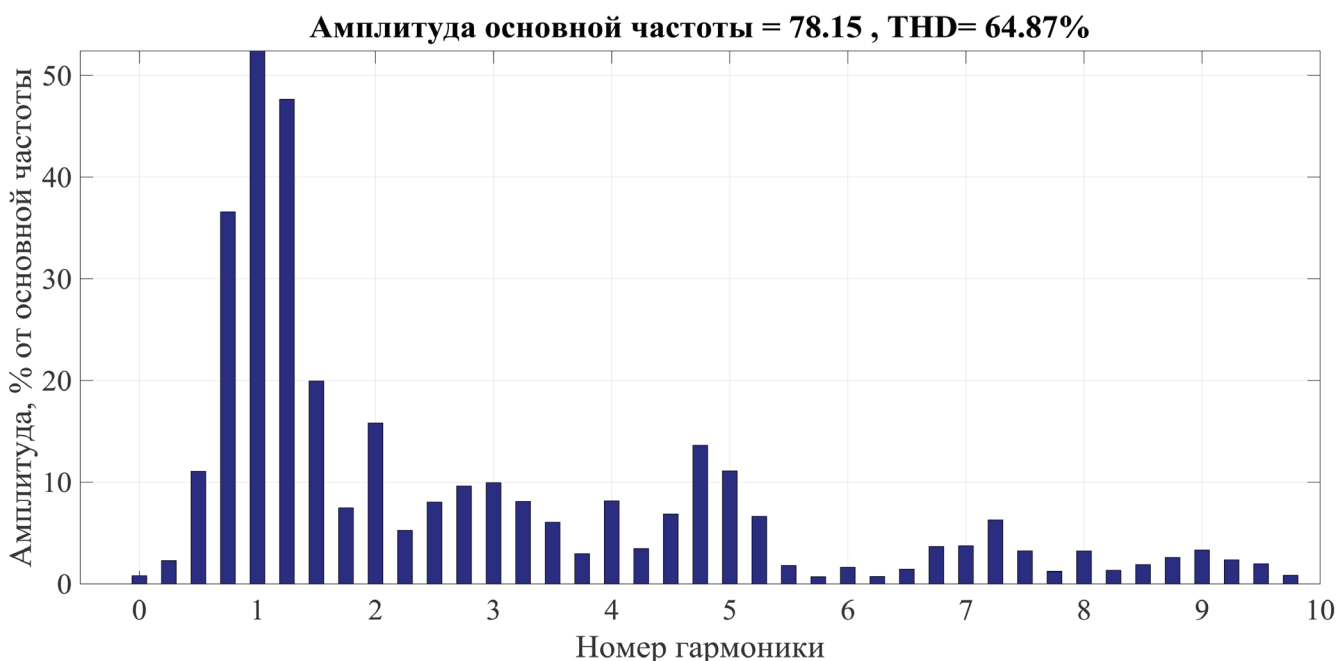


Рисунок 3. Результаты быстрого вейвлет-преобразования тока фазы

Проведем анализ полученных осциллограмм тока с помощью пакетного вейвлет-преобразования. Схема пакетного вейвлет-

преобразования для исходного сигнала с частотой дискретизации $F_d=3,2$ кГц представлена на рисунке 4.

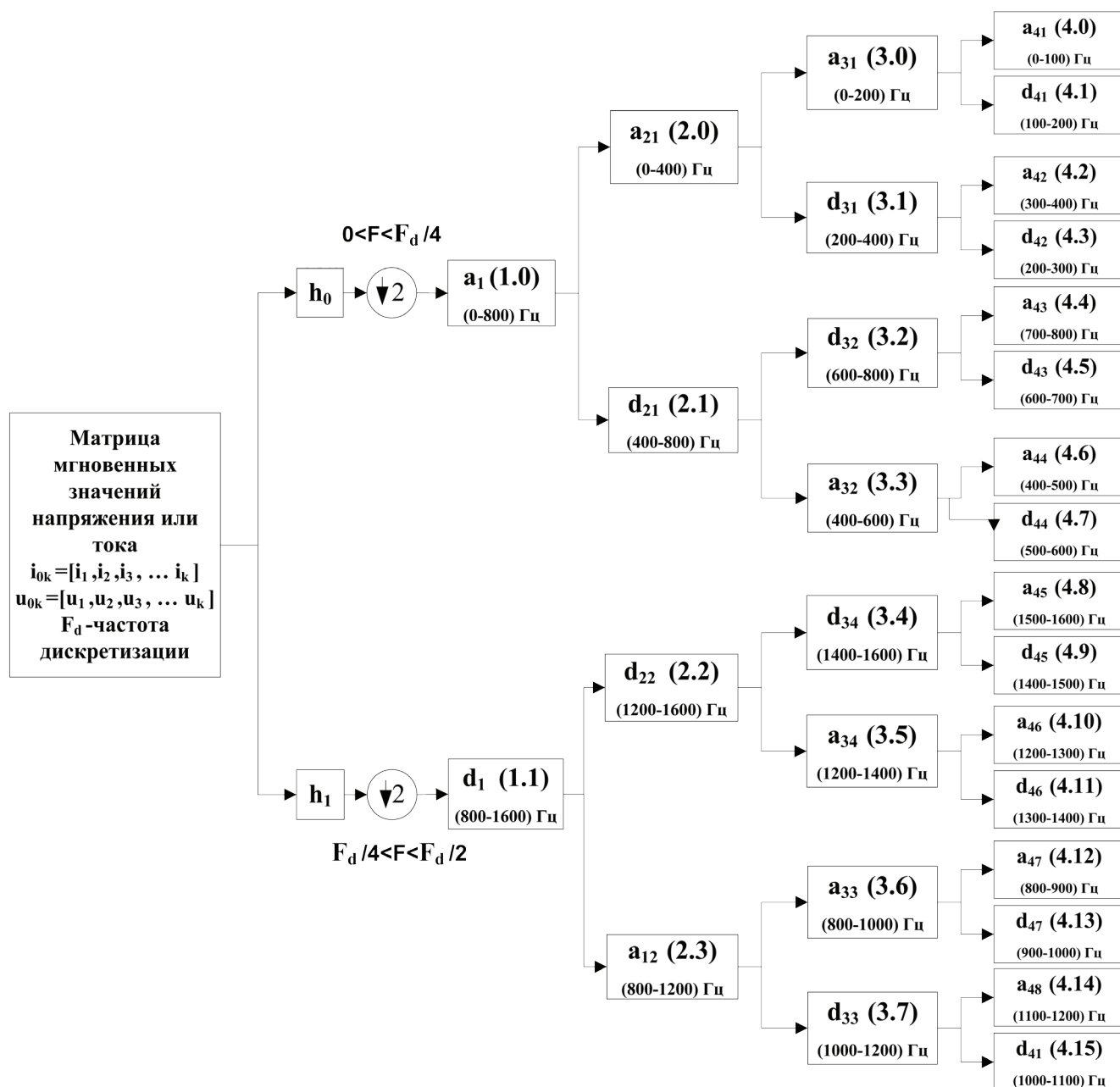


Рисунок 4. Схема пакетного вейвлет-преобразования для $F_d=3,2$ кГц

Вейвлет-преобразование, в отличие от преобразования Фурье, использует специальные функции, называемые вейвлетами, которые обладают локализацией как во временной, так и в частотной области. Вейвлет-преобразование позволяет анализировать сигнал одновременно в разных масштабах времени и частоты, что делает его более гибким инструментом для анализа нестационарных и несинусоидальных сигналов. Можно выделить следующие достоинства и недостатки вейвлет-преобразования (по сравнению с преобразованием Фурье).

Достоинства вейвлет-преобразования:

- Локализация сигнала как во временной, так и в частотной области, что позволяет

анализировать сигнал одновременно в разных масштабах времени и частоты.

- Устойчивость к краевым эффектам и потерям информации о кратковременных изменениях сигнала.

- Подходит для анализа нестационарных сигналов.

Недостатки вейвлет-преобразования:

- Более сложная реализация и математический аппарат по сравнению с преобразованием Фурье.

- Трудности с интерпретацией результатов, особенно для сигналов с несколькими масштабами и частотными составляющими.

В общем случае частота дискретизации может быть увеличена (более 4 кГц)

в соответствии с теоремой Котельникова для анализа высших гармоник вплоть до сороковой.

В результате пакетного вейвлет-преобразования добиваемся локализации каждой частотной компоненты (гармоники или гармонической группы), при этом величины токов и напряжений могут быть представлены в виде суммы вейвлет-коэффициентов:

$$i(t) = \sum_{2^{-j}nm}^{2^{-j}n(m+1)-1} i_{j,m}(k) \cdot \psi(t), \quad (4)$$

$$u(t) = \sum_{2^{-j}nm}^{2^{-j}n(m+1)-1} u_{j,m}(k) \cdot \psi(k). \quad (5)$$

В результате реализации алгоритма вейвлет-разложения (в соответствии со схемой на рис. 4) получаем набор вейвлет-коэффициентов, отвечающих за соответствующую гармоническую группу (рис. 5–6).

Полученные вейвлет-коэффициенты могут быть использованы для расчета интегральных характеристик (расчета действующих значений токов, напряжений, расчета мощности) каждой гармоники в отдельности. Применяя свойства вейвлет-преобразования сжимать без существенной потери информации данные, полученные вейвлет-коэффициенты могут быть переданы системой мониторинга ПКЭ для дальнейшего хранения и обработки данных.

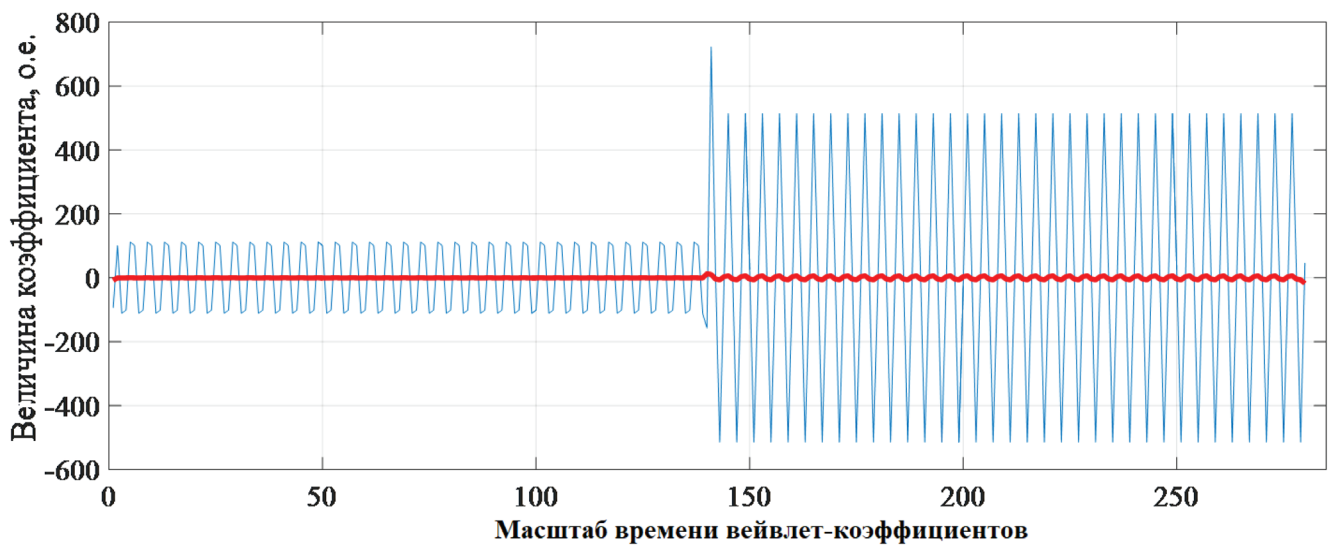


Рисунок 5. Вычисленные вейвлет-коэффициенты пакетного вейвлет-преобразования

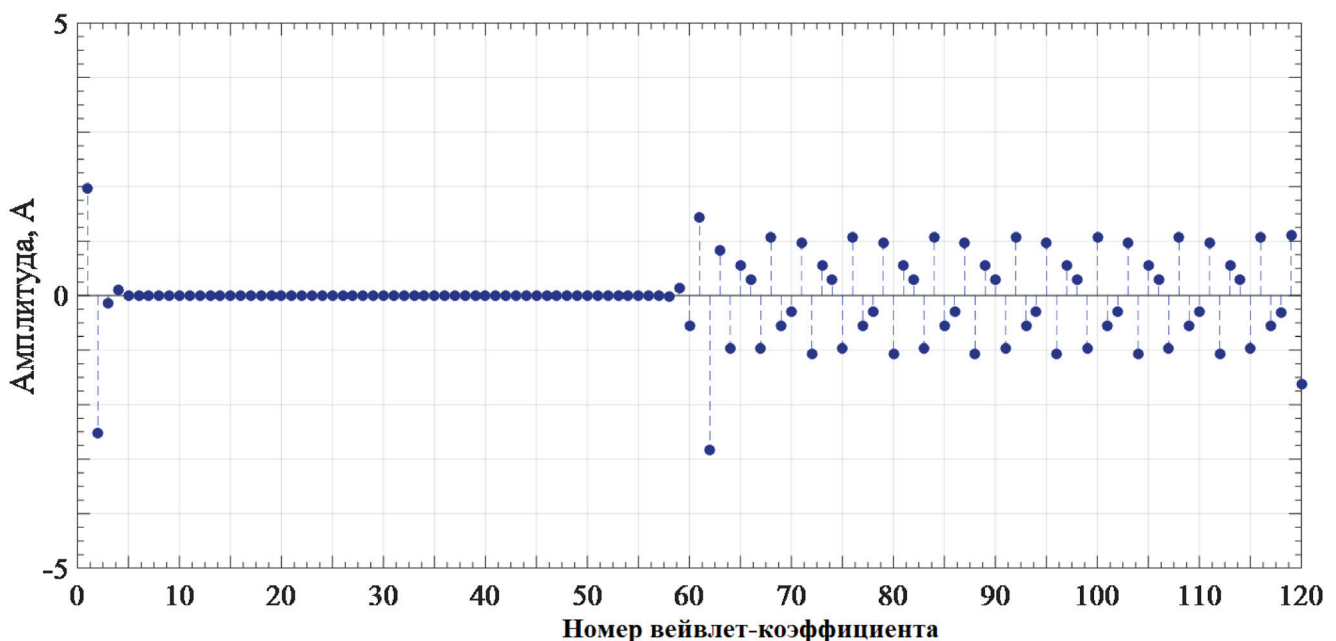


Рисунок 6. Вычисленные вейвлет-коэффициенты пакетного вейвлет-преобразования

В статье [6] приводится алгоритм расчета активной, реактивной и мощности искажения для несинусоидального режима электрической сети на основе вейвлет-преобразования. Предложенный в работе [6] метод позволяет определять уровни мощности на каждой гармонике в отдельности, что имеет существенное значение для технико-экономических расчетов при обосновании внедрения различных типов фильтрокомпенсирующих устройств [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

По итогу исследования показано, что вейвлет-преобразование может быть использовано для организации системы мониторинга ПКЭ, поскольку обладает рядом преимуществ. Разработка системы мониторинга ПКЭ на основе вейвлет-преобразования является необходимым условием для обеспечения стабильного и надёжного функционирования электрооборудования, снижения экономических потерь и негативного воздействия на окружающую среду. Применение вейвлет-преобразования и других современных методов и инструментов позволяет получать объективные данные о качестве электроэнергии и разрабатывать эффективные меры по его улучшению, способствуя устойчивому развитию электроэнергетики и повышению экологической безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование воздействия нарушений качества электроэнергии на функционирование специализированного электротехнического оборудования в медицинском учреждении / Р. Н. Хайруллин, С. Ю. Шигаев, Л. Н. Мухамедьяров [и др.] // Промышленная энергетика. – 2024. – № 3. – С. 41–53. – DOI 10.34831/EP.2024.63.60.006.
2. Янченко, С. А. Обеспечение электромагнитной совместимости в сетях с частотно-регулируемыми приводами / С. А. Янченко, К. Ф. Шарафеддин, С. А. Цырук // Промышленная энергетика. – 2024. – № 5. – С. 43–49. – DOI 10.34831/EP.2024.11.35.006.
3. Уменьшение гармонических искажений в электрических сетях, питающих тяговые подстанции железных дорог постоянного тока / А. В. Крюков, К. В. Суслов, А. В. Черепанов, К. Х. Нгуен // Промышленная энергетика. – 2024. – № 4. – С. 51–57. – DOI 10.34831/EP.2024.77.35.007.
4. Костин, В. Н. Анализ качества электроэнергии в системе электроснабжения горно-обогатительного комбината с мощной нелинейной нагрузкой / В. Н. Костин, Ю. А. Сычев, В. А. Сериков // Промышленная энергетика. – 2024. – № 5. – С. 50–57. – DOI 10.34831/EP.2024.79.14.007.
5. Оценка влияния активно-емкостного пассивного фильтра на амплитудно-частотные характеристики

промышленной системы электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками при резонансных явлениях / Ю. А. Сычев, В. А. Сериков, В. Н. Костин, А. А. Коржев // Промышленная энергетика. – 2024. – № 1. – С. 46–55. – DOI 10.34831/EP.2024.37.84.006.

6. Осипов, Д. С. Анализ несинусоидальных нестационарных режимов электрических сетей на основе вейвлет-преобразования / Д. С. Осипов, Н. Н. Долгих, Е. А. Дюба // Вестник Югорского государственного университета. – 2023. – № 3. – С. 117–126. – DOI 10.18822/byusu202303117-126.
7. Антонов, А. И. Применение активных и пассивных фильтрокомпенсирующих устройств для снижения негативных воздействий гармонических искажений / А. И. Антонов, Д. Ю. Руди // Вестник Югорского государственного университета. – 2024. – Т. 20, № 1. – С. 118–125. – DOI 10.18822/byusu202401118-125.



АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 6–10 КВ

Солодянкин Матвей Сергеевич

лаборант,
Югорский государственный университет,
Россия, г. Ханты-Мансийск
E-mail: matvej.solodyankin@mail.ru

Колонцов Владислав Дмитриевич

лаборант,
Югорский государственный университет,
Россия, г. Ханты-Мансийск
E-mail: kolontzov.vladislav@yandex.ru

Ткаченко Всеволод Андреевич

кандидат технических наук, доцент,
Югорский государственный университет,
Россия, г. Ханты-Мансийск
E-mail: v_tkachenko@ugrasu.ru

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема: «Лаборатория искусственного интеллекта электроэнергетических систем», код темы: FENG-2024-0007).

В настоящей работе произведено сравнение эффективности модели машинного обучения регрессора k-соседей и модели классификатора k-ближайших соседей в задаче предсказания состояния трансформаторного оборудования с использованием данных, которые были сняты системой мониторинга трансформатора.

Предмет исследования: силовые трансформаторы.

Цель исследования: выявление наилучшей модели в задаче классификации состояния трансформаторного оборудования.

Объект исследования: система диагностики трансформаторного оборудования.

Методы исследования: анализ, компьютерное моделирование.

Основные результаты исследования: были получены данные об эффективности моделей с разными параметрами, но все регрессионные модели показали результат хуже, чем модель классификатора.

Ключевые слова: нейронные сети, силовые трансформаторы, классификация, состояние оборудования, машинное обучение.

ANALYZING THE APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO ASSESS THE TECHNICAL CONDITION OF 6-10 KV POWER TRANSFORMERS

Matvey S. Solodyankin

Laboratory assistant,
Yugra State University,
Russia, Khanty-Mansiysk
E-mail: matvej.solodyankin@mail.ru

Vladislav D. Kolontsov

Laboratory assistant,
Yugra State University,
Russia, Khanty-Mansiysk
E-mail: kolontzov.vladislav@yandex.ru

Vsevolod A. Tkachenko

Candidate of Technical Science, Associate Professor,
Yugra State University,
Russia, Khanty-Mansiysk
E-mail: v_tkachenko@ugrasu.ru

The research has been conducted within the national assignment by the Ministry of Science and Higher Education in the Russian Federation (theme "Laboratory of Artificial Intelligence of Electric Power Systems", theme code: FENG-2024-0007).

This paper compares the effectiveness of the k-nearest neighbours Regressor machine learning model and the k-nearest neighbours Classifier model in the task of predicting the state of transformer equipment using data that has been captured by a transformer monitoring system.

Subject of research: power transformers.

Purpose of research: identifying the best model in the task of classifying the state of transformer equipment.

Object of research: transformer equipment diagnostic system.

Methods of research: analysis, computer modelling.

Main results of research: data on the effectiveness of models with different parameters were obtained, but all regression models showed a worse result than the classifier model.

Keywords: neural networks, power transformers, classification, equipment condition, machine learning.

ВВЕДЕНИЕ

Силовые трансформаторы – крайне значимое и дорогое оборудование в сфере электроснабжения, поэтому предсказывание состояния оборудования важно для продолжения нормальной работы. В связи со стремительным ростом вычислительных мощностей современных ЭВМ появилась возможность автоматизировать процессы и улучшить качество работ. На основе нейросетевых моделей разрабатывают проекты,

которые могут привести к автоматизации во многие сферы человеческой деятельности [1–6].

Регрессионная модель k-ближайших соседей основана на оценивании расстояния между данными обучающей выборки и экземпляров, которые были отправлены алгоритму для оценки. Для оценки расстояния используют различные метрики, обычно это евклидово расстояние (1), расстояние Минковского (2) и манхэттенское (3).

$$d(u, v) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (u_i - v_i)^2}, \quad (1)$$

где u и v – векторы, между которыми оценивается расстояние.

$$d(u, v) = \left(\sum_{i=1}^n |u_i - v_i|^p \right)^{\frac{1}{p}}, \quad (2)$$

где p – параметр пространства, который может обращать формулу в другие метрики евклидова пространства, например, при $p = 1$ метрика будет идентична метрике «городских кварталов», а при $p = 2$ – евклидовой метрике.

$$d(u, v) = \sum_{i=1}^n |u_i - v_i|. \quad (3)$$

Однако помимо этих расстояний существует еще немало метрик.

В работе [7] приводилось сравнение некоторых простых нейросетевых моделей. Задача данной статьи – сравнить эффективность модели регрессора k-соседей при использовании разных метрик, встроенных алгоритмов и весов с результатами, полученными в работе [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве информации для обучения моделей выступил набор данных [8] о силовом трансформаторе напряжением 10/0,4 кВ и мощностью 1500 кВА, запись которого проводилась в промежутке с 25 июня 2019 года по 14 апреля 2020 года с интервалом в 15 минут (20 465 измерений). Этот набор был разделен на две части: тестовая и обучающая, соотношением 30 % и 70 % соответственно.

Обучение осуществлялось на языке программирования общего назначения Python.

Модели k-соседей регрессии с разными параметрами были собраны на основе библиотеки языка программирования Python «Scikit-Learn». Библиотека предоставляет возможность настройки моделей с разными встроенными алгоритмами нахождения ближайших соседей, а также метрик вычисления расстояния между ними.

Также в библиотеке реализовано полезное влияние соседей в зависимости от их расстояния от экземпляра. Это влияние оценивается весами «uniform» и «distance».

Были заданы глобальные параметры моделей:

- n_neighbors=5,
- leaf_size=30,
- p=2,

- metric_params=None,
- n_jobs=None.

По итогу работы было рассмотрено 26 метрик с разными весами («uniform» и «distance») и при разных алгоритмах («Ball_tree», «Kd_tree», «brute»). Все результаты представлены в таблице 1.

Функция оценки правильности классификации для регрессионной модели выражается коэффициентом детерминации (4).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y})^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}, \quad (4)$$

где $\sum_i (y_i - \hat{y})^2$ – сумма квадратов ошибок регрессии;

$\sum_i (y_i - \bar{y})^2$ – сумма квадратов отклонения точек данных от среднего значения.

Стоит отметить, что максимальная величина коэффициента детерминации – 1. При этом значении модель имеет хорошие показатели классификации объектов. Однако коэффициент может принимать и отрицательные значения, несмотря на то, что его значения лежат в пределе от 0 до 1. В документации к библиотеке «Scikit-Learn» [9] этот момент объясняется таким образом: «...модель может быть произвольно хуже», поэтому в таблице 1 можно наблюдать отрицательные оценки у некоторых метрик. Эти оценки стоит интерпретировать так: модель не справилась с задачей классификации и не представляет никакой практической ценности.

В таблице 1 также можно наблюдать отсутствие значений для некоторых метрик и алгоритмов. Это значит, что данные метрики не удалось вызвать при стандартных условиях для данных алгоритмов.

Также можно заметить, что такие метрики, как manhattan, cityblock, l1, имеют одинаковые показатели для всех алгоритмов. Связано это с тем, что эти три метрики являются синонимами расстояния городских кварталов (cityblock). Для удобства обобщим их до метрики cityblock.

По данным таблицы 1 можно заключить, что при всех метриках и алгоритмах модели с весом «distance» показывали лучший результат, чем с весом «uniform». Такие результаты исходят из принципа задания эти двух весов: в первом случае каждая точка-сосед имеет одинаковый весовой коэффициент, соответственно, и влияние каждой точки на итоговый ответ одинаковое; во втором случае же у каждой точки-соседа вес имеет зависимость от расстояния до исследуемой точки, то есть ближние «соседи» приносят больший вклад в предсказание, чем дальние.



Таблица 1. Результаты правильности классификации тестовых образов

Алгоритм	Ball_tree		Kd_tree		brute	
Метрика	uniform	distance	uniform	distance	uniform	distance
P	0.574	0.603	0.574	0.603	—	—
euclidean	0.574	0.603	0.574	0.603	0.574	0.603
rogerstanimoto	-0.111	—	—	—	—	—
hamming	0.670	—	—	—	0.655	—
l1	0.664	0.693	0.664	0.693	0.664	0.693
chebyshev	0.493	0.522	0.494	0.523	0.496	0.524
infinity	0.493	0.522	0.494	0.523	—	—
jaccard	-0.111	-0.111	—	—	-0.111	-0.111
sokalmichener	-0.111	-0.111	—	—	-0.111	-0.111
minkowski	0.574	0.603	0.574	0.603	0.574	0.603
sokalsneath	-0.111	-0.111	—	—	-0.111	-0.111
braycurtis	0.655	0.685	—	—	0.655	0.685
l2	0.574	0.603	0.574	0.603	0.574	0.603
russellrao	-0.111	-0.111	—	—	—	-0.111
dice	-0.111	-0.111	—	—	-0.111	-0.111
canberra	0.581	0.613	—	—	0.581	0.613
cityblock	0.664	0.693	0.664	0.693	0.664	0.693
manhattan	0.664	0.693	0.664	0.693	0.664	0.693
yule	—	—	—	—	-0.111	-0.111
squeuclidean	—	—	—	—	0.574	0.618
nan_euclidean	—	—	—	—	0.574	0.603
cosine	—	—	—	—	0.583	0.622
correlation	—	—	—	—	0.580	—
rogerstanimoto	—	-0.111	—	—	-0.111	-0.111
russellrao	—	—	—	—	-0.111	—
hamming	—	0.688	—	—	—	0.675

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

По итогу исследования среди протестированных моделей не удалось выявить

однозначного фаворита. Две модели показали лучшие результаты среди других (таблица 2).

Таблица 2. Лучшие результаты среди протестированных моделей

Алгоритм	Ball_tree		Kd_tree		brute	
Метрика	uniform	distance	uniform	distance	uniform	distance
braycurtis	0.655	0.685	—	—	0.655	0.685
cityblock	0.664	0.693	0.664	0.693	0.664	0.693

Однако в сравнении с результатами модели классификатора k-ближайших соседей (95,9 %) [4] при одинаковом количестве соседей (5 соседей) эти результаты очень далеки от пригодных для использования. В целях научного интереса стоит провести углубленное исследование на предмет нахождения модели регрессора k-соседей с параметрами, которые могут дать лучшую точность. Для дальнейших исследований в данном направлении стоит использовать вес «distance», так как качество предсказаний с этим весом больше. В работе не изменялись такие параметры моделей, как `n_neighbors`, `leaf_size` и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666061 Российская Федерация. Программа оценки функционального состояния усталости человека по выражению лица : № 2023664887 : заявл. 17.07.2023 : опубл. 26.07.2023 / Б. Курбанов, А. С. Катасев ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ».
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023665983 Российская Федерация. Программный комплекс редукции нечетких правил в моделях оценки дискретного состояния объектов : № 2023664921 : заявл. 17.07.2023 : опубл. 25.07.2023 / М. В. Дагаева, А. С. Катасев, М. Ф. Хасбиуллин ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ».
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023665580 Российская Федерация. Программный комплекс установки и проверки электронной подписи по алгоритму RSA : № 2023664878 : заявл. 17.07.2023 : опубл. 18.07.2023 / М. Ф. Хасбиуллин, А. С. Катасев ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ».
4. Лютаревич, А. Г. Применение нейронных сетей для прогнозирования параметров электропотребления / А. Г. Лютаревич. – DOI: 10.18822/byusu202302124-132. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2023. – № 2 (69). – С. 124–132.
5. Манусов, В. З. Нейронные сети: прогнозирование электрической нагрузки и потерь мощности в электрических сетях. От романтики к прагматике : монография / В. З. Манусов, С. В. Родыгина. – Новосибирск : Издательство НГТУ, 2018. – 303 с. – Текст : непосредственный.
6. Веселов, О. В. Нейроконтроллер оценки технического состояния электромеханических систем / О. В. Веселов, С. Г. Светушенко. – DOI: 10.17513/snt.39104. – Текст : непосредственный // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 4. – С. 32–39.
7. Лютаревич, А. Г. Применение нейросетевых моделей как инкрементных комплексов надежности трансформаторного оборудования / А. Г. Лютаревич, М. С. Солodyankin, В. А. Ткаченко. – Текст : непосредственный // Пространственное социально-экономическое развитие территорий: формирование комфортной среды и повышение качества жизни населения : сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием XV Международного IT-форума с участием стран БРИКС и ШОС (Ханты-Мансийск, 18-19 июня 2024 г.). – Ханты-Мансийск : Югорский государственный университет, 2024. – С. 243–247.
8. Putchala, S. Distributed Transformer Monitoring / S. Putchala // Kaggle. – URL: <https://www.kaggle.com/datasets/sreshta140/ai-transformer-monitoring> (date of application: 15.09.2024).
9. `r2_score`. – Текст : электронный // Открытая программная библиотека Scikit Learn. – URL: `r2_score` — `scikit-learn 1.5.2 documentation` (дата обращения: 20.09.2024).



ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНДЕКСА МАЛМКВИСТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАЙОННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ РЕГИОНА

Кутышкин Андрей Валентинович

доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник
научно-исследовательской
лаборатории имитационного моделирования
Нижегородского государственного университета,
Нижегород, Россия
E-mail: avk_200761@mail.ru

Шульгин Олег Валерьевич

кандидат экономических наук, доцент,
руководитель научно-исследовательской
лаборатории имитационного моделирования
Нижегородского государственного университета,
Нижегород, Россия
E-mail: shul.oleg.val@mail.ru

Данилова Светлана Витальевна

кандидат экономических наук, доцент,
старший научный сотрудник
научно-исследовательской
лаборатории имитационного моделирования
Нижегородского государственного университета,
Нижегород, Россия
E-mail: svaprel@yandex.ru

Предмет исследования: деятельность лечебно-профилактических учреждений Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО-Югры) по оказанию медицинских услуг населению в период с 2013 по 2021 г.

Цель исследования: анализ динамики значений медицинской эффективности функционирования лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) ХМАО-Югры с использованием индекса Малмквиста совместно с оболочечным анализом данных (DEA-методом).

Методы и объекты исследования: оценки медицинской эффективности указанных учреждений осуществлялись с использованием DEA-метода. Мультипликативная декомпозиция индекса Малмквиста оценивает уровень влияния на медицинскую эффективность технологических изменений в предметной области, работу менеджмента ЛПУ и изменение их масштабов.

Основные результаты исследования: установлено, что наибольшее влияние на динамику медицинской эффективности ЛПУ оказывают изменения технологий лечения пациентов. Масштаб ЛПУ и эффективность работы их менеджмента не столь критичны, что обусловлено спецификой территориальной организации системы здравоохранения. Применение индекса Малмквиста позволяет оценивать как медицинскую эффективность лечебно-профилактических учреждений, так и выявлять носителей «лучших практик» в части реализации медицинских технологий и управления ЛПУ.

Ключевые слова: эффективность, медицинские учреждения, оболочечный анализ данных, индекс Малмквиста, декомпозиция индекса Малмквиста.

ON THE USE OF THE MALMQUIST INDEX TO ASSESS THE EFFECTIVENESS OF THE FUNCTIONING OF DISTRICT AND MUNICIPAL MEDICAL INSTITUTIONS IN THE REGION

Andrey V. Kutyshkin

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Chief Researcher of the Scientific Research Laboratory
of Simulation Modeling
Nizhnevartovsk State University,
Nizhnevartovsk, Russia
E-mail: avk_200761@mail.ru

Oleg V. Shulgin

Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor, Head of the Research Laboratory
of Simulation Modeling
Nizhnevartovsk State University,
Nizhnevartovsk, Russia
E-mail: shul.oleg.val@mail.ru

Svetlana V. Danilova

Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor, Senior Researcher
at the Simulation Research Laboratory
Nizhnevartovsk State University,
Nizhnevartovsk, Russia
E-mail: svaprel@yandex.ru

Subject of research: the activities of health care institutions of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug (KhMAO – Yugra) in providing medical services to the population in the period from 2013 to 2021.

Purpose of research: analysis of the dynamics of the medical efficiency of the functioning of health care institutions (HCI) of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra using the Malmquist index together with the data envelopment analysis (DEA method).

Methods and objects of research: the medical efficiency of these institutions was assessed using the DEA method. Multiplicative decomposition of the Malmquist index assesses the level of influence on the medical efficiency of technological changes in the subject area, the work of HCI management and changes in their scale.

Main results of research: it has been established that changes in patient treatment technologies have the greatest impact on the dynamics of the medical efficiency of HCI. The scale of HCI and the efficiency of their management are not so critical, which is due to the specifics of the territorial organization of the healthcare system. The use of the Malmquist index allows us to evaluate both the medical effectiveness of health care institutions and to identify carriers of “best practices” in terms of the implementation of medical technologies and the management of health care institutions.

Keywords: efficiency, medical institutions, shell data analysis, Malmquist index, decomposition of the Malmquist index.



ВВЕДЕНИЕ

Оценка эффективности работы медицинских учреждений (далее – МУ), как правило, осуществляется по следующим направлениям: финансово-экономическому, медицинскому и социальному [1]. Для оценки медицинской эффективности (далее – МЭ), которая является одним из показателей эффективности функционирования МУ, используются следующие подходы:

- расчеты коэффициентов, характеризующих использование МУ типовых ресурсов [1, 2, 3];
- формирование комплексов коэффициентов, отражающих динамику показателей предоставления медицинских услуг [4, 5, 6];
- непараметрические методы оценки эффективности использования МУ типовых ресурсов [7–10].

К типовым принято относить те ресурсы, которые непосредственно используются при предоставлении медицинским учреждением населению медицинских услуг. К недостаткам первого подхода относят большое количество коэффициентов, динамика значений которых носит достаточно противоречивый характер, что затрудняет формирование оценок эффективности функционирования МУ, т. к. они во многом будут зависеть от квалификации и опыта специалистов, проводящих подобного рода анализ. В рамках второго подхода основное внимание уделяется анализу финансовых затрат МУ при оказании ключевых видов медицинской помощи пациентам. Данные о финансовых затратах МУ в открытом доступе практически отсутствуют, поэтому использование этих результатов анализа затруднено внешними заинтересованными лицами. Учитывая то, что государство регулирует как стоимость медицинских услуг, предоставляемых ЛПУ, так и обеспечивает финансирование его деятельности в целом, результативность и/или эффективность ЛПУ во многом будет определяться расширением номенклатуры этих услуг. Среди непараметрических методов для оценки МЭ чаще всего используется обобщенный анализ данных (Data Envelopment Analysis, DEA-метод) о функционировании МУ [7–11]. В результате применения DEA-метода, многократно использующего линейное программирование, формируется непараметрическая граница – граница производственных возможностей (далее – ГПВ) для группы анализируемых МУ, которые принято называть Decision Making Unit (далее – DMU), или производственные объекты (далее – ПО). Для построения ГПВ в настоящее время разработано достаточно большое количество

DEA-моделей, ориентированных как на входные показатели DMU, так и на выходные, с постоянным (Constant Resources Scale, CRS) и переменным (Various Resources Scale, VRS) масштабами отдачи преобразования входных показателей в выходные. Построенная ГПВ включает в себя все эффективные DMU, а вне границы располагаются все неэффективные DMU-группы. DEA-метод имеет свои достоинства и недостатки. В первую очередь к первым принято относить отсутствие необходимости установления количественных зависимостей между входными и выходными показателями, т. к. они могут быть по своей сути разнородными. К недостаткам же DEA-метода относят наличие сложностей при определении входных и выходных показателей и ограничений на количество исследуемых DMU в зависимости от количества их входных и выходных показателей. Наряду с этим разработанные на сегодняшний день DEA-модели также не дают возможности осуществлять оценку изменения эффективности функционирования рассматриваемых DMU в течение некоторого интервала времени. Преодоление этого ограничения стало возможным за счет интеграции DEA-метода и его моделей с индексом производительности Малмквиста (Malmquist productivity index, далее – MI). Индекс Малмквиста в работах [12–14] был представлен в виде мультипликативной функции – декомпозиции трех составляющих/компонент, характеризующих влияние на его значение изменений технического/технологического прогресса в предметной области DMU, чистой технической эффективности – эффективности работы менеджмента DMU и динамики масштаба DMU за рассматриваемый временной интервал.

Актуальность данного исследования, по мнению авторов, обусловлена востребованностью оценок изменения медицинской эффективности МУ со стороны менеджмента этих учреждений, менеджмента звена управления системой здравоохранения регионального уровня и менеджмента страховых компаний, участвующих в финансировании ее функционирования. Данные оценки позволяют выявлять и анализировать, пусть и на ретроспективных данных, источники и факторы снижения эффективности функционирования медицинских учреждений, а также носителей «лучших практик» управления и организации их деятельности с целью последующего распространения.

Научная новизна данной работы состоит в оценках динамики медицинской эффективности функционирования медицинских учреждений административно-территориальных

образований региона с использованием индекса Малмквиста, мультипликативная декомпозиция которого позволяет определить характер и интенсивность влияния на медицинскую эффективность таких факторов, как технологические изменения в предметной области, эффективность работы менеджмента МУ и изменения их масштабов, т. е. объемов предоставляемых медицинских услуг.

Целью исследования является оценка изменений медицинской эффективности функционирования районных и муниципальных медицинских учреждений Ханты-Мансийского автономного округа за период с 2013 по 2021 г. с использованием индекса Малмквиста и его мультипликативного разложения на компоненты, характеризующие изменения в технологии предоставления медицинских услуг, эффективности работы менеджмента учреждений и их масштабов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Под производственными объектами понимались медицинские учреждения (МУ) Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО-Югры), объединенные по административно-территориальному признаку, статистические данные о функционировании которых ежегодно публикуются на сайте Департамента здравоохранения ХМАО-Югры (<https://dzhmao.admhmao.ru/statisticheskaya-informatsiya/>). Эти DMU/МУ можно считать однородными, т. к. они функционируют в одинаковых социально-экономических условиях, предоставляя населению практически одинаковый перечень медицинских услуг, которые реализуются согласно утвержденным Минздравом РФ регламентам и протоколам.

Будем считать, что в любой момент времени t наблюдаемого интервала/периода времени $[t_0, t_L]$ состояние каждого j -го DMU ($j = 1, \dots, N$) характеризуется двумя множествами – множеством входных показателей $x_{j,t} = \{x_{1,j,t}, \dots, x_{K,j,t}\} (k = 1, \dots, K)$ и множеством выходных показателей $y_{j,t} = \{y_{1,j,t}, \dots, y_{M,j,t}\} (i = 1, \dots, M)$. Данные множества формируют матрицы $X_t [K \times N]$ и $Y_t [M \times N]$. Индекс Малмквиста $MI_j^{t,t+1}$, характеризующий изменение эффективности функционирования j -го DMU (ПО) в году « $t+1$ » по отношению к некоторому базисному году « t » ($t, t+1 \in [t_0, t_L]$), определяется выражением [12–14]:

$$MI_j^{t,t+1}(x_{j,t}, y_{j,t}, x_{j,t+1}, y_{j,t+1}) = \left[\frac{E_j^t(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})}{E_j^t(x_{j,t}, y_{j,t})} \times \frac{E_j^{t+1}(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})}{E_j^{t+1}(x_{j,t}, y_{j,t})} \right]^{0.5} \cdot (1)$$

Здесь

$$\begin{cases} E_j^{t+1}(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta \\ -\theta y_{j,t+1} + Y_{t+1} \lambda_j \geq 0; \\ x_{j,t+1} - X_{t+1} \lambda_j \geq 0; \\ \lambda_j \geq 0. \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} E_j^t(x_{j,t}, y_{j,t})^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta \\ -\theta y_{j,t} + Y_t \lambda_j \geq 0; \\ x_{j,t} - X_t \lambda_j \geq 0; \\ \lambda_j \geq 0. \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} E_j^{t+1}(x_{j,t}, y_{j,t})^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta \\ -\theta y_{j,t} + Y_{t+1} \lambda_j \geq 0; \\ x_{j,t} - X_{t+1} \lambda_j \geq 0; \\ \lambda_j \geq 0. \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} E_j^t(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta \\ -\theta y_{j,t+1} + Y_t \lambda_j \geq 0; \\ x_{j,t+1} - X_t \lambda_j \geq 0; \\ \lambda_j \geq 0. \end{cases} \quad (5)$$

Если расчетное значение $MI_j^{t,t+1}$ (1) больше «1», то принято считать, что эффективность использования факторов производства входных показателей $x_{j,t+1}$ рассматриваемым DMU _{j} в году « $t+1$ » по отношению к году « t » увеличилась. Верно и обратное, т. е. если $MI_j^{t,t+1}$ меньше «1», то эффективность использования этих факторов производства в году « $t+1$ » по отношению к году « t » снизилась. При $MI_j^{t,t+1} = 1$ эффективность использования факторов производства в году « $t+1$ » по отношению к году « t » не изменилась. Временной интервал $[t, t+1]$ интервала/периода времени $[t_0, t_L]$ будем называть подпериодом.

Мультипликативная декомпозиция [13, 14] $MI_j^{t,t+1}$ функционирования j -го DMU включает составляющие, характеризующие «технические/технологические изменения» (TEChnical Change, *TECCH*), «изменение чистой эффективности» (Pure Efficiency CHange, *PECH*), «изменение эффективности масштаба» (Scale Efficiency CHange, *SECH*):

$$MI_j^{t,t+1} = TECCH_j^{t,t+1} \times EFFCH_j^{t,t+1} = TECCH_j^{t,t+1} \times PECH_j^{t,t+1} \times SECH_j^{t,t+1} \quad (6)$$

$$TECCH_j^{t,t+1} = \left[\frac{E_j^t(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})_{VRS}}{E_j^{t+1}(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})_{VRS}} \frac{E_j^t(x_{j,t}, y_{j,t})_{VRS}}{E_j^{t+1}(x_{j,t}, y_{j,t})_{VRS}} \right]^{0.5}, \quad (7)$$

$$PECH_j^{t,t+1} = \frac{E_j^{t+1}(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})_{VRS}}{E_j^t(x_{j,t}, y_{j,t})_{VRS}}, \quad (8)$$

$$SECH_j^{t,t+1} = \frac{SE_j^{t+1}(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})_{VRS}}{SE_j^t(x_{j,t}, y_{j,t})_{VRS}}, \quad (9)$$

$$\text{где } SE_j^{t+1}(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})_{VRS} = \frac{E_j^{t+1}(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})_{VRS}}{E_j^{t+1}(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})_{CRS}}; SE_j^t(x_{j,t}, y_{j,t})_{VRS} = \frac{E_j^t(x_{j,t}, y_{j,t})_{VRS}}{E_j^t(x_{j,t}, y_{j,t})_{CRS}}.$$

Здесь $E_j^{t+1}(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})_{VRS}$, $E_j^{t+1}(x_{j,t+1}, y_{j,t+1})_{CRS}$ – показатели эффективности (2) функционирования j -го DMU при переменном ($\lambda_j \geq 0$, VRS) и постоянном ($\sum_{j=1}^N \lambda_j = 1$, CRS) масштабе отдачи используемых ресурсов для года « $t+1$ ». Для базисного года « t » $E_j^t(x_{j,t}, y_{j,t})_{VRS}$, $E_j^t(x_{j,t}, y_{j,t})_{CRS}$ определяются аналогично (3), $TECCH_j^{t,t+1}$, характеризующая технические/технологические изменения в используемых DMU _{j} способах преобразования «входов» в «выходы», т. е. отражает влияние и развитие научно-технического прогресса в предметной области. $EFFCH_j^{t,t+1}$ характеризует операционную эффективность функционирования DMU _{j} , т. е. эффективность организации процессов его менеджмента и влияние непосредственно масштабов DMU _{j} на его деятельность. $PECH_j^{t,t+1}$ достаточно часто используют для характеристики влияния на значения $MI_j^{t,t+1}$ результативности управленческой деятельности менеджмента DMU _{j} в году « $t+1$ » по отношению к году « t ». Компонента $SECH_j^{t,t+1}$ отражает потенциальный прирост значения $MI_j^{t,t+1}$ от достижения DMU _{j} в году « $t+1$ » по отношению к году « t » размера/масштаба, близкому к «оптимальному масштабу», который соответствует построенной DEA-методом для его группы на ГПВ. «Оптимальный размер/масштаб» для DMU _{j} характеризуется целевыми расчетными значениями «входов» и «выходов», определяемыми при идентификации ГПВ.

Интерпретация значений величин $TECCH_j^{t,t+1}$, $PECH_j^{t,t+1}$, $SECH_j^{t,t+1}$ аналогична

интерпретации значений $MI_j^{t,t+1}$. Оценка значений $TECCH_j^{t,t+1}$, $PECH_j^{t,t+1}$, $SECH_j^{t,t+1}$ осуществлялась с помощью свободно распространяемого программного обеспечения ПО DEAP 2.1 (<https://economics.uq.edu.au/cepa/software>) [15]. Для упрощения записей в дальнейшем предлагается использовать следующие обозначения: $TECCH_j^{t,t+1} = TECCH_j$, $PECH_j^{t,t+1} = PECH_j$, $SECH_j^{t,t+1} = SECH_j$. Для средних значений данных компонент по группе DMU « j » будет отсутствовать.

Департамент здравоохранения ХМАО-Югры ежегодно публикует данные о функционировании 22 ($N = 22$) медицинских учреждений (DMU) районов и городов округа. В качестве входных $x_{k,j,t}$ были приняты следующие показатели в пересчете на 10 000 чел. населения административно-территориального образования округа:

- суммарная численность медицинского персонала (врачи и медицинские специалисты со средним образованием) ($k = 1$);
- общее количество коек в медицинских учреждениях ($k = 2$);
- обеспеченность амбулаторно-поликлиническими учреждениями (посещений в смену на конец года) ($k = 3$);
- общая площадь медицинских учреждений ($k = 4$).

Выходными же для рассматриваемых DMU были приняты такие показатели, как число врачебных посещений без учета работы врачей СМП (в тысячах) ($i = 1$) и объем стационарной помощи по числу проведенных больными койко-дней ($i = 2$).

В таблицах 1–4 представлены расчетные значения индекса Малмквиста – $MI_j^{t,t+1}$ и компонент его разложения – $TECCH_j^{t,t+1}$, $PECH_j^{t,t+1}$, $SECH_j^{t,t+1}$ для двухгодичных подпериодов с 2013 по 2021 г.

Официальные данные о функционировании медицинских учреждений округа Департаментом здравоохранения ХМАО-Югры еще не опубликованы.

Таблица 1. Расчетные значения индекса Малмквиста ($MI_j^{t,t+1}$) (6) для МУ ХМАО-Югры за период с 2013 по 2021 г.

№	Административные районы и муниципалитеты	Временные подпериоды							
		2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2018–2019	2019–2020	2020–2021
1	Белоярский район	0,959	0,955	0,897	0,962	1,011	0,904	0,84	0,954
2	Березовский район	1,011	1,041	0,883	1,052	1,02	0,865	0,831	0,882
3	Кондинский район	1,224	0,950	0,948	1,021	1,004	0,908	0,729	0,962
4	Нефтеюганский район	1,154	0,957	0,974	1,026	0,996	0,95	1,029	0,825
5	Нижневартовский район	1,072	1,042	0,904	1,025	0,972	0,936	0,785	0,912
6	Октябрьский район	1,066	1,279	0,833	1,112	0,939	0,84	0,866	0,631
7	Советский район	0,964	0,983	0,982	0,948	1,03	0,85	0,999	0,908
6	Сургутский район	1,151	0,967	0,865	1,109	0,939	1,105	0,971	0,978
9	Ханты-Мансийский район	1,007	0,698	0,98	1,078	0,993	0,926	0,683	0,985
10	г. Когалым	1,231	0,981	0,726	1,139	1,112	0,982	0,758	1,078
11	г. Лангепас	1,155	0,918	0,975	1,003	1,05	0,972	0,89	1,193
12	г. Мегион	0,979	0,979	0,914	1,012	0,912	0,952	0,813	0,914
13	г. Нягань	1,018	0,974	0,995	0,965	1,028	0,99	0,964	0,828
14	г. Покачи	1,312	0,911	0,922	1,05	0,928	0,987	0,716	1,149
15	г. Пыть-Ях	1,019	0,950	0,982	1,012	0,976	1,064	0,882	1,028
16	г. Радужный	1,086	0,965	0,988	0,943	0,972	0,949	0,715	0,942
17	г. Урай	1,195	0,985	0,893	1,006	0,989	0,974	0,713	1,183
18	г. Югорск	1,12	0,919	1,032	0,982	1,03	0,991	0,847	1,056
19	г. Нефтеюганск	1,173	0,952	0,773	0,963	0,841	1,075	0,823	1,01
20	г. Нижневартовск	0,969	0,942	0,922	1,036	0,999	0,976	0,858	1,026
21	г. Сургут	1,033	0,942	1,083	0,875	1,003	0,996	0,891	1,036
22	г. Ханты-Мансийск	1,049	1,003	1,087	0,936	1,005	0,972	0,926	0,997

Расчетные значения $MI_j^{t,t+1}$ таблицы 1 очень разнородны, среди МУ ХМАО-Югры нет ни одного, у которого в течение всех подпериодов индекс Малмквиста был либо больше «1», либо меньше «1», либо равен «1». Это

указывает на достаточно динамичные изменения условий функционирования этих учреждений. Аналогичная ситуация наблюдается и со значениями компоненты $TECCH_j^{t,t+1}$ (таблица 2).

Таблица 2. Расчетные значения компоненты $TECCH_j^{t,t+1}$ для МУ ХМАО-Югры за период с 2013 по 2021 г.

№	Административные районы и муниципалитеты	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2018–2019	2019–2020	2020–2021
1	Белоярский район	0,959	0,955	0,897	0,962	1,026	0,899	0,836	0,985
2	Березовский район	1,011	1,041	0,883	1,052	1,020	0,865	0,831	0,882
3	Кондинский район	0,981	1,053	0,945	0,939	1,003	0,975	0,943	0,979
4	Нефтеюганский район	1,071	1,039	0,904	0,992	1,015	0,984	0,975	0,968
5	Нижневартовский район	0,981	1,059	0,946	0,969	1,010	0,968	0,877	1,026
6	Октябрьский район	1,084	1,106	0,870	1,065	0,971	0,965	0,788	1
7	Советский район	0,964	0,983	0,982	0,948	1,030	0,883	0,964	0,908
6	Сургутский район	1,151	0,967	0,865	1,109	0,939	1,105	0,971	0,978
9	Ханты-Мансийский район	1,007	0,997	0,878	0,958	1,000	0,943	0,833	1,01
10	г. Когалым	1,177	0,981	0,772	1,121	1,063	0,982	0,891	0,979
11	г. Лангепас	1,162	1,000	0,895	1,011	0,983	0,975	0,974	1,013
12	г. Мегион	0,943	0,979	0,914	1,012	0,917	0,982	0,848	0,892
13	г. Нягань	0,984	0,987	0,943	0,989	1,017	0,977	0,858	0,828
14	г. Покачи	1,312	0,911	0,922	1,050	0,928	0,987	0,716	1,149
15	г. Пыть-Ях	1,024	1,022	0,908	1,012	0,985	1,053	0,882	1,028
16	г. Радужный	0,959	1,127	0,908	0,945	1,016	0,982	0,861	0,981
17	г. Урай	1,191	0,985	0,893	1,006	1,003	0,960	0,815	1,035
18	г. Югорск	1,164	0,987	0,921	0,982	1,030	0,991	0,847	1,056
19	г. Нефтеюганск	1,132	0,952	0,773	1,007	0,981	0,997	0,926	0,923
20	г. Нижневартовск	0,972	0,954	0,931	1,009	0,999	0,976	0,858	1,008
21	г. Сургут	1,009	1,002	0,974	0,962	1,017	0,963	0,915	0,951
22	г. Ханты-Мансийск	0,926	1,100	0,933	0,969	1,009	0,978	0,992	0,891

Для компоненты $PECH_j^{t,t+1}$ декомпозиции $MI_j^{t,t+1}$ ситуация отличается (таблица 3). Значения данной компоненты для МУ ХМАО-Югры в большинстве своем равны «1» либо незначительно колеблются вблизи этого значения, компенсируя снижение значений в текущем подпериоде ростом значений в следующем. Данная компонента, как уже отмечалось ранее, используется для характеристики эффективности функционирования менеджмента

DMU – административно-управленческого персонала (АУП) МУ ХМАО-Югры. Доминирование $PECH_j^{t,t+1} = 1$ (исключение составляют 4 МУ ХМАО-Югры, для которых $PECH_j^{t,t+1} = 1$) характеризует АУП МУ округа безотносительно административно-территориальной принадлежности как весьма квалифицированных специалистов, наработавших достаточно богатый и успешный опыт в области управления медицинскими учреждениями.

Таблица 3. Расчетные значения компоненты $PECH_j^{t,t+1}$ для МУ ХМАО-Югры за период с 2013 по 2021 г.

№	Административные районы и муниципалитеты	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2018–2019	2019–2020	2020–2021
1	Белоярский район	1	1	1	1	1	0,990	1,002	0,997
2	Березовский район	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Кондинский район	1,243	0,904	1,031	1,073	0,988	0,929	0,813	0,969
4	Нефтеюганский район	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Нижневартовский район	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Октябрьский район	1,008	1,126	0,960	1,042	0,969	0,911	1,047	0,831
7	Советский район	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Сургутский район	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Ханты-Мансийский район	1	1	1	1	1	1	1	1
10	г. Когалым	1,041	1	0,942	1,061	1,001	1	0,875	1,143
11	г. Лангепас	0,985	1	1,018	1	1	1	0,917	1,17
12	г. Мегион	1,036	1	1	1	1	1	1	1,12
13	г. Нягань	0,992	1,008	1	1	1	1	1	1
14	г. Покачи	1	1	1	1	1	1	1	1
15	г. Пыть-Ях	0,997	0,948	1,058	1	1	1	1	1
16	г. Радужный	1,095	0,882	1,128	0,953	0,937	1,027	0,771	1,147
17	г. Урай	1	1	1	1	0,994	1,006	0,917	1,106
18	г. Югорск	1	0,924	1,082	1	1	1	1	1
19	г. Нефтеюганск	1	1	1	1	0,901	0,993	0,882	1,104
20	г. Нижневартовск	1	0,997	1,003	1	1	1	1	1
21	г. Сургут	1,017	0,962	1,040	0,986	0,931	1,012	0,986	1,051
22	г. Ханты-Мансийск	1	1	1	1	1	1	1	1

Компонента $SECH_j^{t,t+1}$ (таблица 4) характеризует влияние масштаба МУ ХМАО-Югры на изменения $MI_j^{t,t+1}$. При оценке $SECH_j^{t,t+1}$ используются значения эффективности МУ ХМАО-Югры при переменном и постоянном масштабе отдачи входных показателей, преобразуемых в выходные. Изменения $SECH_j^{t,t+1}$ определяются исходя из построенных

соответствующих ГПВ для рассматриваемых медицинских учреждений. Значительное количество МУ ХМАО-Югры с $SECH_j^{t,t+1} = 1$ говорит о том, что масштаб медучреждений нейтрален для $MI_j^{t,t+1}$. Для остальных же медучреждений присутствуют колебания значений $SECH_j^{t,t+1}$ по схеме, аналогичной для $PECH_j^{t,t+1}$.

Таблица 4. Расчетные значения компоненты $SECH_j^{t,t+1}$ для МУ ХМАО-Югры за период с 2013 по 2021 г.

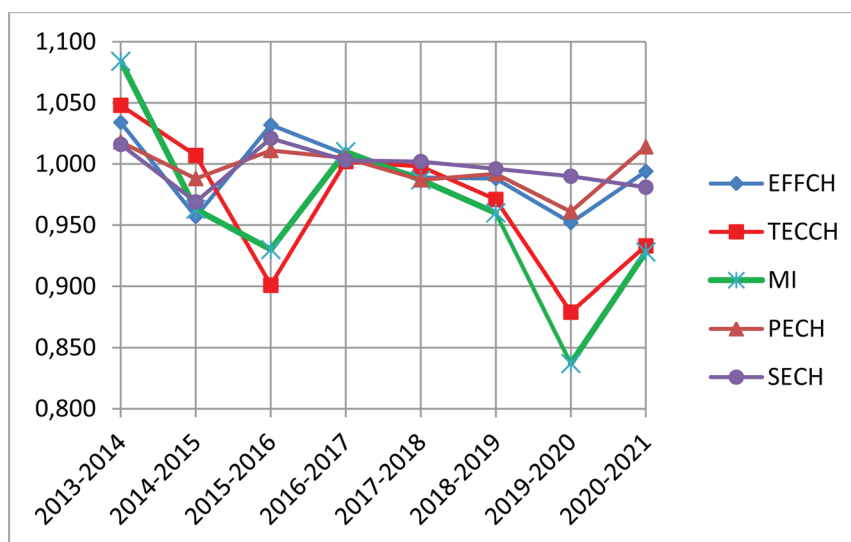
№	Административные районы и муниципалитеты	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2018–2019	2019–2020	2020–2021
1	Белоярский район	1	1	1	1	0,985	1,015	1,003	0,971
2	Березовский район	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Кондинский район	1,004	0,998	0,972	1,014	1,014	1,003	0,951	1,014
4	Нефтеюганский район	1,078	0,921	1,078	1,033	0,981	0,965	1,056	0,853
5	Нижневартовский район	1,092	0,984	0,956	1,058	0,962	0,967	0,895	0,889
6	Октябрьский район	0,975	1,027	0,998	1,002	0,997	0,956	1,049	1
7	Советский район	1	1	1	1	1	0,995	1,037	1
6	Сургутский район	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Ханты-Мансийский район	1	0,701	1,117	1,125	0,993	0,982	0,820	0,975
10	г. Когалым	1,004	1	0,999	0,958	1,045	1	0,972	0,964
11	г. Лангепас	1,009	0,918	1,070	0,992	1,068	0,997	0,997	1,006
12	г. Мегион	1,002	1	1	1	0,995	0,970	0,959	0,915
13	г. Нягань	1,042	0,979	1,055	0,976	1,011	1,014	1,123	1
14	г. Покачи	1	1	1	1	1	1	1	1
15	г. Пыть-Ях	0,998	0,980	1,022	1	0,991	1,010	1	1
16	г. Радужный	1,034	0,971	0,964	1,047	1,022	0,941	1,076	0,837
17	г. Урай	1,004	1	1	1	0,992	1,008	0,954	1,034
18	г. Югорск	0,962	1,008	1,036	1	1	1	1	1
19	г. Нефтеюганск	1,037	1	1	0,956	0,951	1,085	1,008	0,991
20	г. Нижневартовск	0,997	0,990	0,986	1,027	1	1	1	1,018
21	г. Сургут	1,006	0,979	1,070	0,923	1,059	1,021	0,987	1,037
22	г. Ханты-Мансийск	1,133	0,912	1,165	0,966	0,995	0,994	0,933	1,12

В таблице 5 приведены средние значения (средние геометрические) индекса Малквиста (MI) и компонент его декомпозиции для районных и городских МУ ХМАО-Югры с разбиением на подгруппы в соответствии с административно-территориальным делением: районные (добавочный индекс R) и

муниципальные (добавочный индекс T) медицинские учреждения. Разделение на такие подгруппы в определенной степени упрощает анализ изменений MI , $TECCH$, $EFFCH$, $PECH$, $SECH$, которые визуализированы на рисунке 1.

Таблица 5. Среднее значение индекса Малмквиста (*MI*) и компонент его декомпозиции для районных и городских МУ ХМАО-Югры для двухгодичных подпериодов с 2013 по 2021 г.

№	Компоненты разложения индекса Малмквиста	Временные подпериоды							
		2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2018–2019	2019–2020	2020–2021
1	MI	1,084	0,963	0,930	1,010	0,987	0,960	0,837	0,928
2	TECCH	1,048	1,007	0,901	1,002	0,998	0,971	0,879	0,933
3	EFFCH	1,034	0,957	1,032	1,008	0,989	0,988	0,952	0,994
4	PECH	1,018	0,988	1,011	1,005	0,987	0,992	0,961	1,014
5	SECH	1,016	0,969	1,021	1,003	1,002	0,996	0,990	0,981
Районные МУ									
1	MI_R	1,064	1,003	0,917	1,036	0,989	0,964	0,959	0,914
2	TECCH_R	1,021	1,021	0,907	0,998	1,001	0,952	0,888	0,970
3	EFFCH_R	1,042	0,955	1,011	1,038	0,988	0,964	0,959	0,914
4	PECH_R	1,025	1,002	0,999	1,012	0,995	0,977	0,982	0,946
5	SECH_R	1,016	0,953	1,012	1,025	0,992	0,987	0,976	0,965
Городские МУ									
1	MI_T	1,098	0,955	0,940	0,992	0,986	1,006	0,947	1,054
2	TECCH_T	1,067	0,997	0,897	1,005	0,995	0,985	0,873	0,909
3	EFFCH_T	1,029	0,958	1,047	0,987	0,991	1,006	0,947	1,054
4	PECH_T	1,012	0,978	1,020	1,000	0,981	1,003	0,947	1,063
5	SECH_T	1,017	0,979	1,027	0,988	1,009	1,003	1,000	0,992

**Рисунок 1.** Графики изменения средних расчетных значений (таблица 5) компонент TECCH, EFFCH, PECH, SECH, а также индекса Малмквиста по всем МУ ХМАО-Югры в период с 2013 по 2021 г.

На рисунке 2 приведены диаграммы изменения расчетных средних значений компоненты TECCH для городских (TECCH_T) и районных (TECCH_R) медицинских учреж-

дений округа (таблица 5). Данная компонента декомпозиции MI характеризует влияние «научного прогресса/технологического развития в предметной области», т. е. развитие

технологий лечения населения. Медперсонал является непосредственным актором, который реализует технологии лечения. Последние рекомендованы Минздравом РФ и строго соблюдаются, поэтому снижение значений компоненты ТЕСН обусловлено либо уменьшением

численности медперсонала (подпериод 2015–2016 гг.), либо отсутствием у медперсонала рекомендованных Минздравом РФ протоколов лечения и специально организованных условий их применения – подпериод 2019–2020 гг. (начальный этап пандемии COVID).

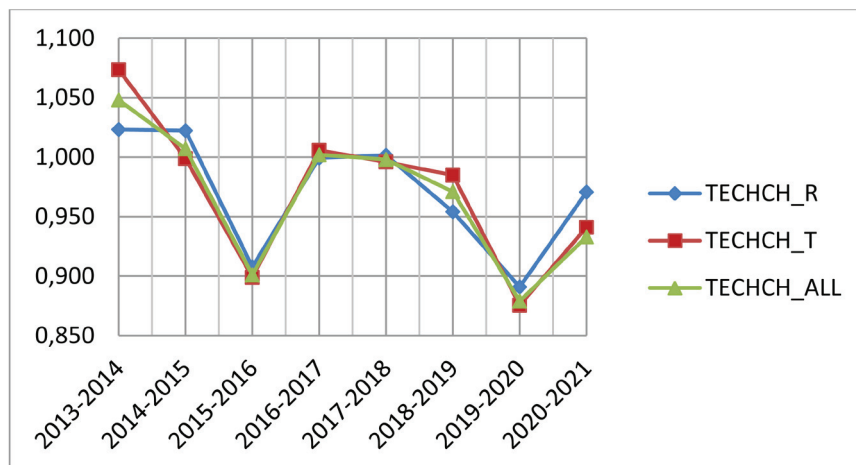


Рисунок 2. Графики изменения средних значений компоненты ТЕСН для городских и районных медицинских учреждений ХМАО-Югры в период с 2013 по 2021 г.

Анализ выходных и входных показателей МУ ХМАО-Югры в 2015 и 2016 гг. показывает, что в 2016 г., по сравнению с 2015 г., наблюдается существенное снижение значений входных показателей $k = 1$ и $k = 2$, т. е. численности медперсонала и количества коек в пересчете на 10 000 жителей. Оставшиеся входные показатели не претерпели существенного снижения. Входные показатели можно рассматривать как индикаторы развития технического прогресса в технологии лечения, т. к. медперсонал осуществляет непосредственно оказание медицинских услуг, а коечный фонд обеспечивает сопровождение лечения. По районным МУ снижение численности медперсонала при-

существовало в 22 %, по городским – в 72 % МУ. Коечный фонд уменьшился в 67 % районных МУ и в 62 % МУ. Эта динамика негативно сказалась на значениях ТЕСН в этом временном подпериоде. Быстрый рост значений ТЕСН в 2020–2021 гг. для обоих типов МУ подтверждает и эффективность использования новых протоколов, и быструю адаптацию и освоение этих протоколов со стороны медперсонала. Последнее также говорит о достаточно высокой квалификации и обучаемости медперсонала. На рисунке 3 приведены диаграммы изменения расчетных средних значений компоненты РЕСН для городских (PECH_T) и районных (PECH_R) медицинских учреждений округа.

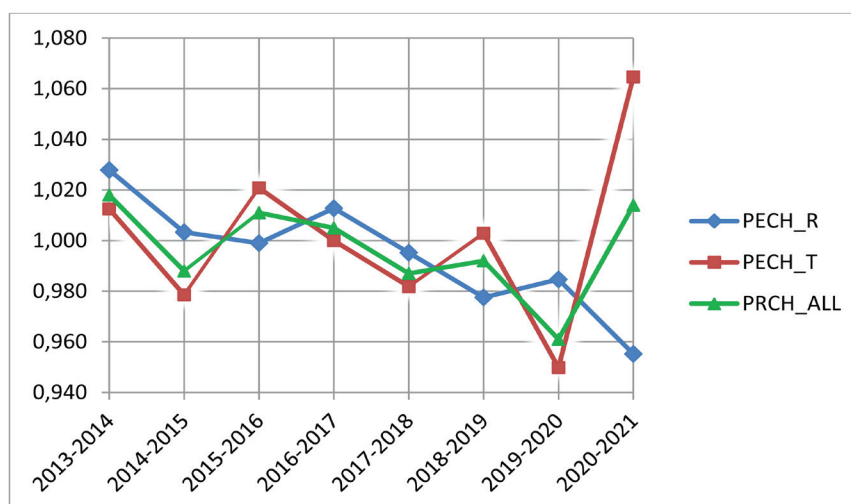


Рисунок 3. Графики изменения средних значений компоненты РЕСН для городских и районных медицинских учреждений ХМАО-Югры в период с 2013 по 2021 г.

Компоненту РЕСН принято рассматривать как оценку эффективности работы менеджмента DMU. Эффективность работы менеджмента по всем МУ характеризуется неустойчивыми значениями, которые после восстановления своего уровня в подпериод 2015–2016 гг. сформировали понижающую тенденцию, которая была подкреплена эпидемией COVID в 2019–2020 гг. Для подпериода 2015–2016 гг. можно отметить рост среднего значения эффективности работы менеджмента городских МУ, а для районных медучреждений присутствовала стабильно нейтральная средняя эффективность работы менеджмента с незначительным повышением данного показателя. Снижение значений РЕСН_T и РЕСН_R в подпериоде 2017–2018 гг. обусловлено достаточно существенным снижением входных и выходных показателей в 2018 г. по сравнению с 2017 г. Так, для районных медучреждений в 2018 г. снизилась численность медперсонала у 45 % МУ, а коечный фонд уменьшился у 55 %. Вместе с тем менеджмент районных МУ купировал данное ухудшение, обеспечив снижение объемов предоставления медицинских услуг в стационарных и амбулаторных условиях только в 37 % медучреждений. Для городских МУ ситуация сложилась хуже, т. к. в 2018 г. численность медперсонала и коечный фонд снизились у всех медучреждений. Однако

менеджмент этих МУ отчасти смог нивелировать данную ситуацию, допустив снижение объемов предоставляемых медицинских услуг в амбулаторных условиях в 46 % МУ и в 62 % МУ для медобслуживания в стационарных условиях. Пандемия COVID негативно сказалась как на условиях предоставления базового перечня медицинских услуг населению, так и на требованиях реализовывать эпидемиологические ограничения. В целом по округу менеджмент МУ достаточно быстро адаптировался к этим сложным условиям и уже в следующий подпериод продемонстрировал устойчивый рост эффективности своей работы. Однако такая ситуация сложилась только в «городских» МУ, а в «районных» сохранилось достаточно устойчивое снижение среднего значения компоненты РЕСН. Можно отметить, что менеджмент городских медицинских учреждений быстрее адаптируется к сложным внешним условиям их функционирования, что иллюстрирует существенное повышение значений РЕСН_T в подпериоде 2020–2021 гг. Для районных МУ такое заключение сделать достаточно проблематично.

На рисунке 4 приведены диаграммы изменения расчетных средних значений компоненты SECH для городских (SECH_T) и районных (SECH_R) медицинских учреждений округа.

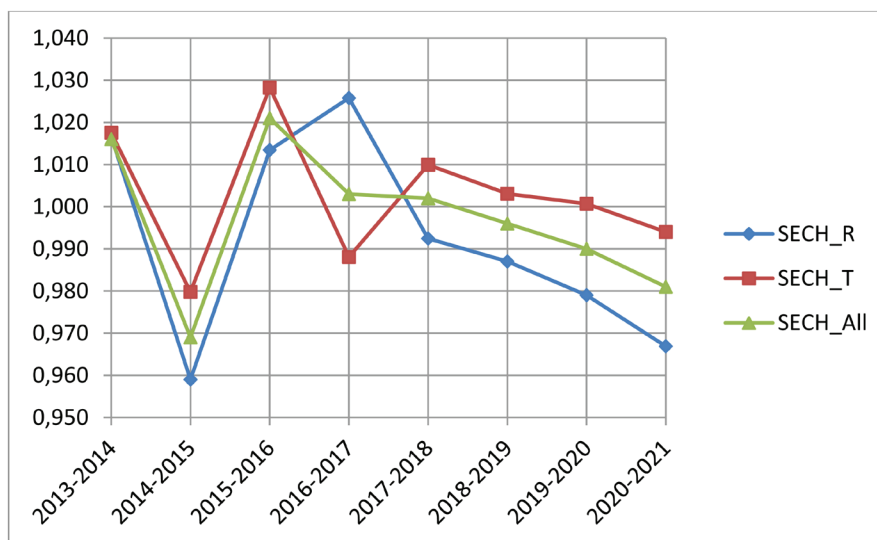


Рисунок 4. Графики изменения средних значений компоненты SECH для городских и районных медицинских учреждений ХМАО–Югры в период с 2013 по 2021 г.

По масштабам МУ можно понимать совокупность выходных показателей (объемы в медпомощи/услуг в амбулаторных и стационарных условиях) и входных показателей, которые характеризуют ресурсы, используемые для этого (медицинский персонал и т. п.).

Также надо учитывать и изменения/ограничения условий предоставления медицинских услуг, например, карантинные ограничения на дисциплину посещений МУ. Снижение значений SECH в подпериоде 2014–2015 гг. обусловлено снижением в 2015 г. по отношению к

2014 г. значений входных показателей, которые прямо характеризуют масштаб МУ, – это количество коек и площади медицинских учреждений в пересчете на 10 000 жителей. Для районных медучреждений снижение SECH_R наблюдалось более чем у 50 % МУ. Для городских МУ снижение SECH_T присутствовало в меньшей степени – в среднем у 30 % МУ. Наряду с этим масштаб МУ определяется и выходными показателями, и если для районных МУ снижение значений входных показателей присутствует только в 15–18 %, то у городских МУ снижение выходных показателей существенно больше: снижение значения первого выходного показателя – более 70 % МУ, снижение второго показателя – 84 % МУ. Таким образом, отмеченные изменения входных и выходных показателей МУ обоих типов оказали негативное влияние на соответствующие значения компоненты SECH. Снижение значений SECH_T в подпериод 2016–2017 гг. обусловлено снижениями входных показателей, характеризующих изменения количества медперсонала и коечного фонда и отмеченных ранее. В дальнейшем и SECH_T, и SECH_R демонстрируют устойчивое снижение, которое усугубилось негативным влиянием карантинных ограничений и пандемией в целом. После окончания пандемии «масштаб» ни у районных, ни у городских не пришел к «доковидным» значениям на фоне восстановления PECH МУ обоих видов. Т. е. «условия» работы и наличие персонала пока не обеспечивают роста предоставления медицинских услуг. Плюс режим предоставления медуслуг в 2020–2021 гг. не улучшился, т. е. не вышел на уровень до пандемии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Использование индекса Малмквиста совместно с DEA-методом позволяет не только получить количественные оценки динамики медицинской эффективности функционирования районных и городских медицинских учреждений, но и, опираясь на значения компонент разложения данного индекса, определять влияние на ее изменения технологического аспекта предоставления медицинских услуг, эффективности работы менеджмента медучреждений и влияние их масштаба. Изменения значений индекса Малмквиста во временном интервале выявляют подинтервалы со значительным снижением этих значений, которые целесообразно рассматривать как объекты дальнейшего анализа в разрезе административно-территориальных образований региона и непосредственно медицинских учреждений этих образований. Аналогичный подход используется и применительно к

анализу изменений значений компонент разложения индекса Малмквиста. Выявлено, что принятый набор показателей МУ позволяет интерпретировать снижение значений компонент, т. к. входные показатели в состоянии характеризовать (в целом соответствуют) технологический уровень развития предоставления медицинских услуг населению, эффективность работы менеджмента МУ и динамику соответствующего масштабного фактора, а также отражают влияние внешних условий функционирования МУ. Установлено, что наибольшее влияние на значение индекса Малмквиста оказывают изменения значений его компоненты ТЕСЧ как у районных, так и городских МУ. Источником снижения значений ТЕСЧ является уменьшение численности медперсонала и коечного фонда, влияние показателей (амбулаторная обеспеченность) и площади МУ существенно меньше. Изменения этих показателей также влияют и на значения компоненты SECH, обуславливая снижение объемов предоставляемых медицинских услуг, что в совокупности характеризует изменения масштаба медицинского учреждения. Это присутствует у всех МУ вне зависимости от их административно-территориального подчинения. Компоненту PECH декомпозиции индекса Малмквиста принято рассматривать как индикатор эффективности работы менеджмента МУ. Вместе с тем следует отметить, что работа менеджмента МУ достаточно жестко регламентирована со стороны департамента здравоохранения региона, и эффективность в такой ситуации характеризуется, как правило, сокращением времени принятия решений менеджментом в условиях существенного изменения как внутренних, так и внешних условий функционирования МУ. Внутренние условия, прежде всего, обусловлены сокращениями значений входящих показателей, которые менеджмент не всегда может купировать. Примером изменений внешних условий работы МУ является пандемия COVID, которая существенно изменила и условия предоставления медицинских услуг, и частично сам перечень этих услуг. Рост значений компоненты PECH в подпериоде 2020–2021 гг. говорит о достаточно высокой адаптивной способности менеджмента районных и городских МУ к изменениям внешних условий. Таким образом, применение индекса Малмквиста и его декомпозиции для анализа изменений медицинской эффективности функционирования медицинских учреждений дифференцированно, в зависимости от их территориально-административного подчинения, позволяет оценивать данный показатель как в целом, так и ключевые аспекты их

функционирования, связанные с основными видами оснащенности учреждений и результативностью работы их менеджмента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курнакина, Н. В. Методика комплексной оценки эффективности деятельности медицинской организации за год / Н. В. Курнакина. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. – 2017. – № 2. – С. 137–140.
2. Кочуров, Е. В. Оценка эффективности деятельности лечебно-профилактических учреждений: сравнительный анализ методов и моделей / Е. В. Кочуров. – Текст : непосредственный // Вестник СПбГУ. – 2005. – Вып. 3. – С. 110–128.
3. Жукова, М. В. Формирование методического обеспечения оценки эффективности экономической деятельности лечебных учреждений в новых экономических условиях / М. В. Жукова, Н. Н. Макарова. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. – 2010. – № 2-1. – С. 287–293.
4. Яшина, Н. И. Разработка методических аспектов оценки эффективности деятельности лечебно-профилактических учреждений / Н. И. Яшина, Е. А. Хансуварова, К. С. Яшин. – Текст : непосредственный // Управление. – 2016. – № 4 (62). – С. 26–33.
5. Зурнаджьянц, Ю. А. Экономическая оценка эффективности оказания медицинской помощи с учетом качества лечения / Ю. А. Зурнаджьянц, И. А. Кашкарова, Д. А. Шаповалова. – Текст : непосредственный // Наука Красноярья. – 2019. – Т. 8, № 5. – С. 36–49.
6. Ильин, И. В. Аналитический обзор подходов к оценке эффективности функционирования медицинских организаций в условиях изменения основных бизнес-процессов в системе здравоохранения / И. В. Ильин, О. С. Чемерис, А. И. Сарыгулов. – Текст : непосредственный // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 10 (124). – С. 57–64.
7. Charnes, A. Measuring the Efficiency of Decision Making Units / A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes // European Journal of Operational Research. – 1978. – Vol. 2, Iss. 6. – P. 429–444.
8. Evaluation of Hospital Medical Service Efficiency in Sichuan Province Based on DEA / D. R. Zhao, H. M. Tang, X. P. Zhao [et al.] // Health Soft Science. – 2018. – Vol. 32. – P. 49–53.
9. Шугалей, А. П. Применение метода Data Envelopment Analysis для оценки эффективности функционирования отделений медицинских учреждений / А. П. Шугалей, В. В. Чевтаева, А. А. Долганова. – Текст : непосредственный // Решетневские чтения. – 2018. – Т. 2. – С. 372–373.
10. Данилов, А. В. Реструктуризация региональной системы оказания стационарной медицинской помощи на основе средств инструментального бенчмаркинга / А. В. Данилов. – Текст : непосредственный // Менеджер здравоохранения. – 2019. – № 9. – С. 23–29.
11. Кутышкин, А. В. Использование непараметрического анализа данных для оценки эффективности муниципальных медицинских учреждений региона / А. В. Кутышкин, О. В. Шульгин. – Текст : непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2023. – Т. 23, № 1. – С. 57–66.
12. Färe, R. Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries [J] / R. Färe, S. Grosskopf, M. Norris // American Economic Review. – 1997. – Vol. 84, Iss. 5. – P. 1040–1044.
13. Chen, Y. Study on the Allocation Efficiency of Health Resources in Chinese Traditional Medicine Hospitals Based on DEA-Malmquist Index / Y. Chen, C. L. Guan // Modern Hospital Management. – 2021. – Vol. 19. – P. 17–20.
14. Total productivity change of Health Centers in Greece in 2016–2018: a Malmquist index data envelopment analysis application for the primary health system of Greece / A. Trakakis, M. Nektarios, S. Tziaferi, P. Prezerakos // Cost Effectiveness and Resource Allocation. – 2021. – Vol. 19, Iss. 1. – P. 1–11.
15. Coelli, T. A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis Program / T. Coelli // CEPA Working papers. – 1996. – Vol. 96, Iss. 8. – P. 1–50.



РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Пьянков Олег Викторович

доктор технических наук, профессор,
заместитель начальника кафедры
инфокоммуникационных систем и технологий
Воронежского института МВД России,
Воронеж, Россия
E-mail: ovpyankov@mail.ru

Пахомова Ангелина Александровна

инженер кафедры
инфокоммуникационных систем и технологий
Воронежского института МВД России,
Воронеж, Россия
E-mail: angel.pahomova@mail.ru

Предмет исследования: вычисления на дискретных математических структурах.

Цель исследования: разработка алгоритма оптимизации распределения видов технического обслуживания средств связи и автоматизации в подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации.

Методы и объекты исследования: в статье рассматривается возможность совершенствования планирования мероприятий технического обслуживания средств связи и автоматизации, используемых в органах внутренних дел Российской Федерации при решении задач, возложенных на МВД России. Отмечается, что в современных условиях необходимо тщательное планирование всех операций и мероприятий, осуществляемых техническими специалистами в подразделениях органов внутренних дел. Указывается, что ввиду занятости или нехватки технического персонала могут появляться события, связанные с некачественным выполнением мероприятий технического обеспечения. Предлагается в качестве критерия равномерности распределения использовать среднюю абсолютную ошибку (MAE), учитывая как положительные, так и отрицательные отклонения длительности проведения технического обслуживания по месяцам в течение календарного года.

Основные результаты исследования: разработан алгоритм равномерного распределения видов технического обслуживания, показана возможность его применения в подразделениях органов внутренних дел на примере оборудования ситуационного центра Воронежского института МВД России, определены ограничения применения разработанного алгоритма.

Ключевые слова: техническое обслуживание, оптимизация, алгоритм, план-график, равномерность распределения.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR THE UNIFORM DISTRIBUTION OF MAINTENANCE OF COMMUNICATIONS AND AUTOMATION EQUIPMENT

Oleg V. Pyankov

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Deputy Head of the Chair of Information
and Communication Systems and Technologies
Voronezh Institute of the Ministry
of Internal Affairs of Russia,
Voronezh, Russia
E-mail: ovpyankov@mail.ru

Angelina A. Pahomova

Engineer of the Chair of Information
and Communication Systems and Technologies
Voronezh Institute of the Ministry
of Internal Affairs of Russia,
Voronezh, Russia
E-mail: angel.pahomova@mail.ru

Subject of research: calculations on discrete mathematical structures.

Purpose of research: to develop an algorithm for optimizing the distribution of types of maintenance of communications and automation in the departments of the internal affairs bodies of the Russian Federation.

Methods and objects of research: the article considers the possibility of improving the planning of maintenance measures for communications and automation equipment used in the internal affairs bodies of the Russian Federation in solving tasks assigned to the Ministry of Internal Affairs of Russia. It is noted that in modern conditions, careful planning of all operations and activities carried out by technical specialists in the departments of internal affairs bodies is necessary. It is indicated that due to the employment or shortage of technical personnel, events may occur related to poor-quality implementation of technical support measures. It is proposed to use the average absolute error (MAE) as a criterion for the uniformity of distribution, taking into account both positive and negative deviations in the duration of maintenance by month during the calendar year.

Main results of research: an algorithm for the uniform distribution of types of maintenance has been developed, the possibility of its application in the departments of internal affairs bodies has been shown are presented using the example of the equipment of the situation center of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, the limitations of the application of the developed algorithm have been determined.

Keywords: maintenance, optimization, algorithm, schedule, uniformity of distribution.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время решение задач, возложенных на органы внутренних дел, в том числе на Министерство внутренних дел Российской Федерации, требует применения технических средств связи и автоматизации (далее – ССИА). Их применение позволяет обеспечивать высокую эффективность управления имеющимися и приданными силами и средствами, осуществлять информационный обмен с другими

федеральными органами государственной власти, предоставлять услуги гражданам в электронном виде. Для поддержания в работоспособном состоянии используемых ССИА, снижения вероятности появления отказов в подразделениях органов внутренних дел осуществляется комплекс операций и мероприятий технического обслуживания.

Основная цель технического обслуживания средств связи и автоматизации



заключается в выявлении и устранении возможных неисправностей, а также в предотвращении преждевременного износа и потери характеристик оборудования. Техническое обслуживание направлено на постоянное поддержание параметров и технических характеристик средств связи и автоматизации в пределах установленных норм, указанных в нормативно-технической и эксплуатационной документации.

В соответствии с [1], в подразделениях органов внутренних дел составляются планы-графики проведения технического обслуживания ССиА с указанием месяца его проведения для каждого отдельного средства. При этом указывают один из видов технического обслуживания: ТО № 1 (ежеквартальное), ТО № 2 (полугодовое), ТО № 3 (годовое). Каждый последующий вид включает в себя предшествующий, т. е. в ТО № 3 входит ТО № 2, а также дополнительные технические операции.

При заполнении плана-графика могут возникать ситуации, связанные с неравномерным распределением мероприятий технического обслуживания по месяцам, что может приводить к невозможности его осуществления в требуемом объеме и качестве, кроме того, неравномерности нагрузки технических специалистов приводят в итоге к работе в «авральном» режиме. В свою очередь это может привести к увеличению отказов используемых ССиА, а следовательно, снижению эффективности решения поставленных перед МВД России задач [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Постановка задачи. Пусть i – номер экземпляра ССиА. Обозначим время технического обслуживания i -го экземпляра для k -го вида ($k=1, 2, 3$) в j -м месяце как $t_{i,j}^k$.

Общие трудозатраты на выполнение ТО всех экземпляров ССиА за год составляют сумму затрат по всем месяцам и устройствам

$$T_{\Sigma} = \sum_{j=1}^{12} \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^n t_{i,j}^k.$$

Суммарное время технического обслуживания в j -м месяце – T_j определяется как:

$$T_j = \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^n t_{i,j}^k.$$

Таким образом, актуальной задачей становится выбор критерия для оценки равномерности распределения T_j в течение года и разработка алгоритма построения

плана-графика проведения технического обслуживания для имеющихся в подразделении ОВД средств связи и автоматизации.

Равномерность распределения разумно оценивать по отношению к средней величине времени обслуживания, приходящейся на месяц:

$$T_{cp} = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} T_j = \frac{T_{\Sigma}}{12}. \quad (1)$$

В качестве отклонения нельзя брать просто разность, поскольку в этом случае отрицательные отклонения будут компенсироваться положительными, и разброс в таком случае относительно среднего значения (1) не будет наглядно отражаться. В связи с этим предлагается использовать среднее абсолютное отклонение (ошибку), которое в литературе определяется как MAE (Mean Absolute Error). Для рассматриваемой задачи определим критерий распределения видов технического обслуживания по месяцам как

$$K_{MAE} = \frac{\sum_{j=1}^{12} |T_j - T_{cp}|}{12} \rightarrow \min.$$

Можно отметить, что для $K_{MAE} = 0$ необходимо, чтобы для всех j выполнялось условие $T_j = T_{cp}$.

Алгоритм обеспечения равномерного распределения видов ТО для ССиА на основе полного перебора проводится в соответствии с блок-схемой, представленной на рисунке 1.

Ввод исходных данных включает в себя регистрацию данных о продолжительности проведения технического обслуживания каждого вида для экземпляров ССиА. В целом определение времени технического обслуживания может представлять собой отдельную задачу, но следует отметить, что любой сотрудник при наличии опыта может указать определенное значение как экспертную оценку, соответствующую требуемой продолжительности.

Формирование перечня необходимых видов технического обслуживания предполагает создание списка, который содержит все виды технического обслуживания для каждого i -го экземпляра ССиА, такой что

$$T_i = t_{i,j1}^1 + t_{i,j2}^1 + t_{i,j3}^2 + t_{i,j4}^3; j1 \neq j2 \neq j3 \neq j4.$$

Фактически при формировании перечня необходимо придерживаться только одного правила: техническое обслуживание одного вида не должно производиться с техническим обслуживанием другого (или того же вида) в одном месяце, и размещаться они должны по одному в квартале.

Сформированный перечень позволяет осуществить расчёт средней величины времени обслуживания, приходящейся на месяц (1).

При распределении проведения ТО № 1, ТО № 2, ТО № 3 для каждого оборудования необходимо учитывать периодичность и время выполнения каждого типа технического обслуживания. Для первоначального распределения можно использовать любое случайное

распределение видов ТО по месяцам, например, поместить все $t_{i,j}^k$ в каждый первый месяц каждого квартала. Для первоначального распределения далее осуществляется расчёт K_{MAE} . После этого генерируется первый вариант плана-графика технического обслуживания ($s=1$), для которого осуществляется расчёт нового значения среднего абсолютного отклонения.

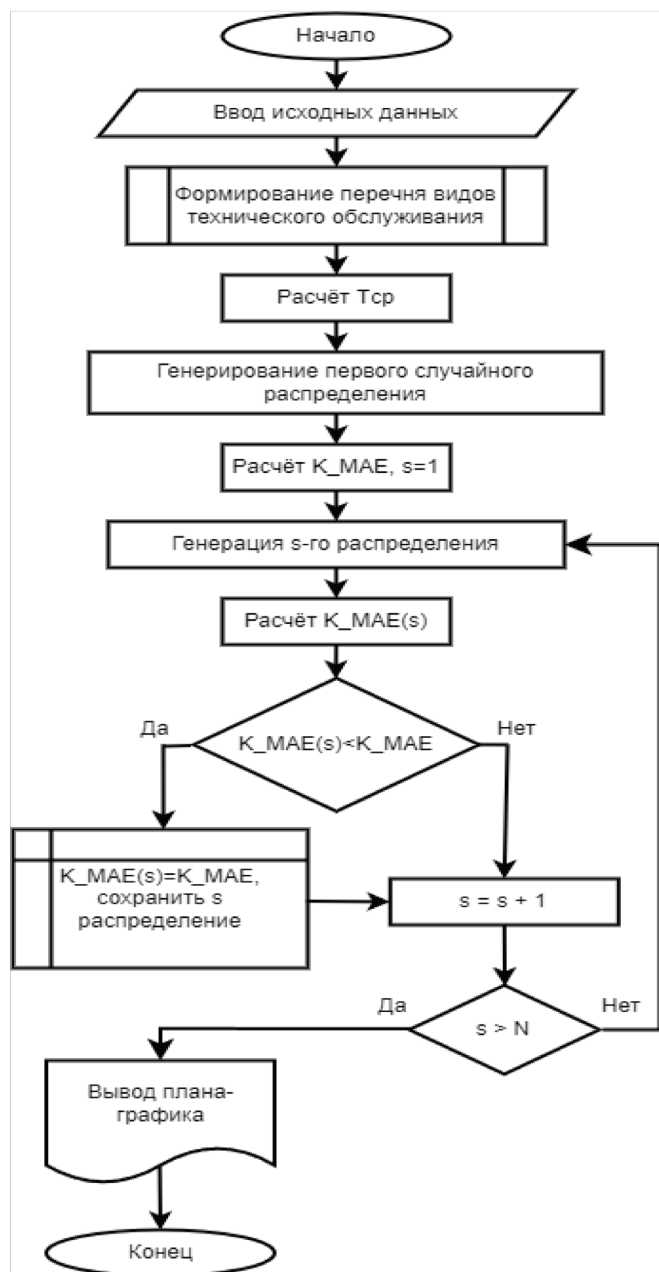


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма оптимизации технического обслуживания ССИА

Среднее абсолютное отклонение для нового генерируемого плана-графика технического обслуживания необходимо сравнить с первым значением. Если отклонение меньше заданного, текущее распределение считается оптимальным. Далее генерируется новый

вариант ($s+1$), и процесс повторяется. Генерация нового варианта заключается в изменении месяца проведения конкретного вида ТО. В таблице 1 для наглядности приведены примеры трех вариантов размещения видов ТО по месяцам для трех экземпляров ССИА.

Таблица 1. Варианты планов-графиков технического обслуживания

Вариант	ССиА	Месяц											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Экз. 1	ТО № 1			ТО № 2			ТО № 1			ТО № 3		
	Экз. 2	ТО № 1			ТО № 2			ТО № 1			ТО № 3		
	Экз. 3	ТО № 1			ТО № 2			ТО № 1			ТО № 3		
2	Экз. 1	ТО № 1			ТО № 3			ТО № 1			ТО № 2		
	Экз. 2	ТО № 1			ТО № 2			ТО № 1				ТО № 3	
	Экз. 3	ТО № 1			ТО № 2			ТО № 1					ТО № 3
3	Экз. 1	ТО № 3			ТО № 1			ТО № 1			ТО № 2		
	Экз. 2			ТО № 1		ТО № 2			ТО № 1			ТО № 3	
	Экз. 3		ТО № 1				ТО № 2			ТО № 1			ТО № 3

По окончании рассмотрения всех вариантов распределения ТО ($s > N$) сохраненный в памяти вариант считается оптимальным, а его значение критерия K_{MAE} является наилучшим (минимальным). Данный оптимальный вариант выводится для дальнейшего

ознакомления и утверждения руководителем подразделения.

Разработанный алгоритм был реализован в виде соответствующей программы для ЭВМ (см. рис. 2) в среде Delphi 12 Community Edition [4].

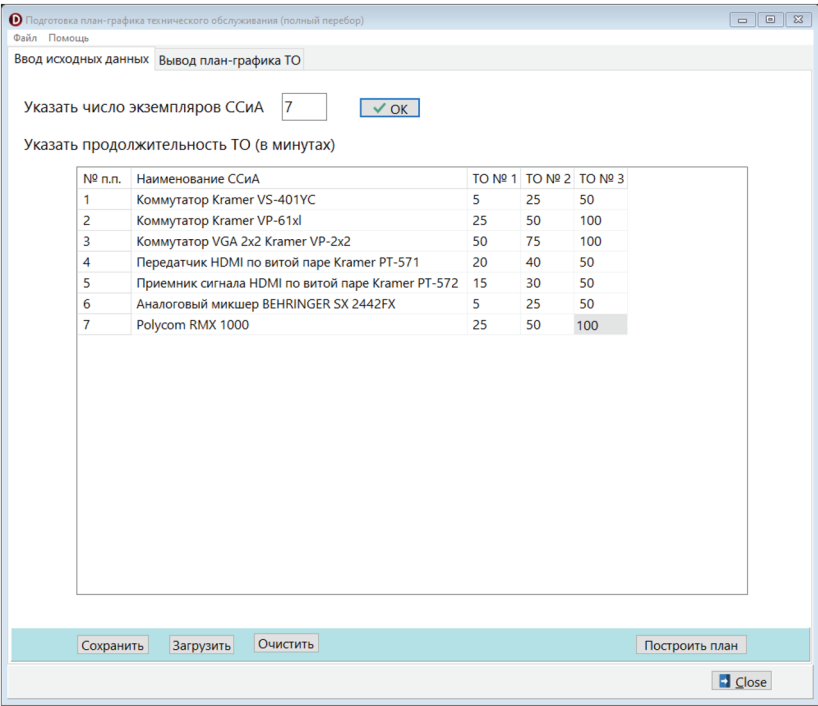


Рисунок 2. Интерфейс программы «Подготовка плана-графика технического обслуживания (полный перебор)»

Для проведения вычислительного эксперимента было выбрано оборудование ситуационного центра Воронежского института

МВД России, определена продолжительность технического обслуживания для всех видов ТО (см. табл. 2).

Таблица 2. Продолжительность технического обслуживания оборудования ситуационного центра

№ п/п	Наименование средств связи и автоматизации	Продолжительность, мин.		
		ТО № 1	ТО № 2	ТО № 3
1	2	3	4	5
1.	Коммутатор Kramer VS-401YC	5	25	50
2.	Коммутатор Kramer VP-61xl	25	50	100
3.	Коммутатор VGA 2x2 Kramer VP-2x2	50	75	100
4.	Передатчик HDMI по витой паре Kramer PT-571	20	40	50
5.	Приемник сигнала HDMI по витой паре Kramer PT-572	15	30	50
6.	Аналоговый микшер BEHRINGER SX 2442FX	5	25	50
7.	Polycom RMX 1000	25	50	100

В ходе расчета определено, что $T_{\Sigma} = 1085$ мин., $T_{cp} \approx 90,4$ мин.

Первый план распределения ТО по месяцам позволил определить начальное значение

критерия $K_{MAE} \approx 120$ мин. Для наглядности графическое представление затрат времени на осуществление технического обслуживания по месяцам представлено на рис. 3.

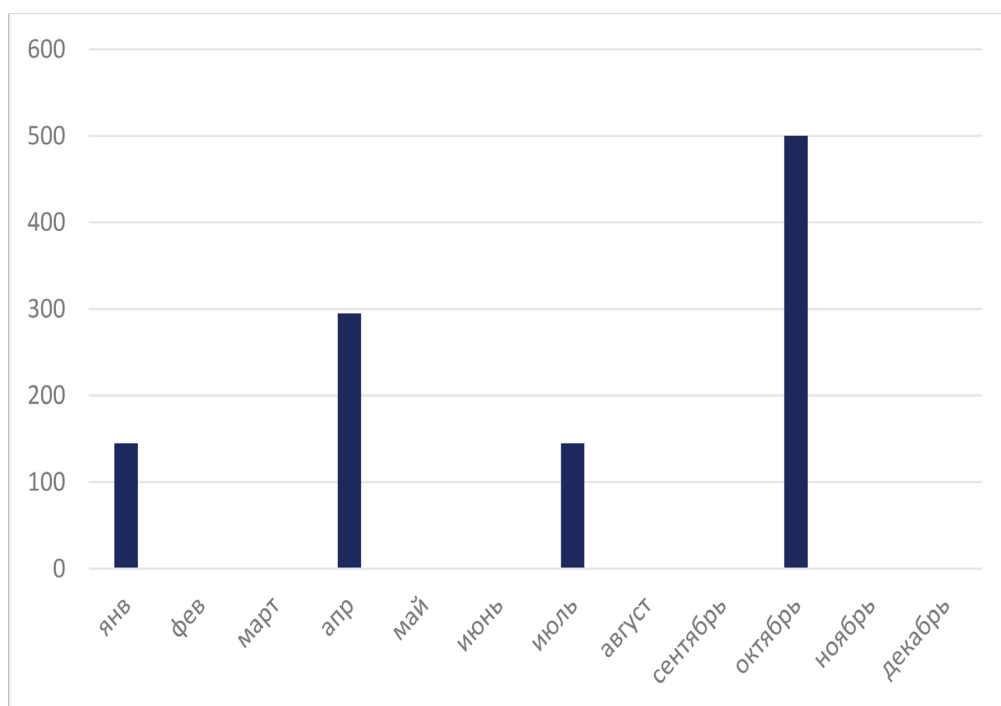


Рисунок 3. График продолжительности ТО по месяцам

В ходе работы алгоритма на ПЭВМ (процессор Intel Core i3-3240 CPU 3.40GHz, оперативная память 4 ГБ, ОС Windows 10 Pro 22H2) рассчитанное значение критерия составило $K_{MAE} \approx 5,49$ мин. Графическое представление

затрат времени на осуществление технического обслуживания по месяцам для наилучшего значения целевой функции отображено на рис. 4.

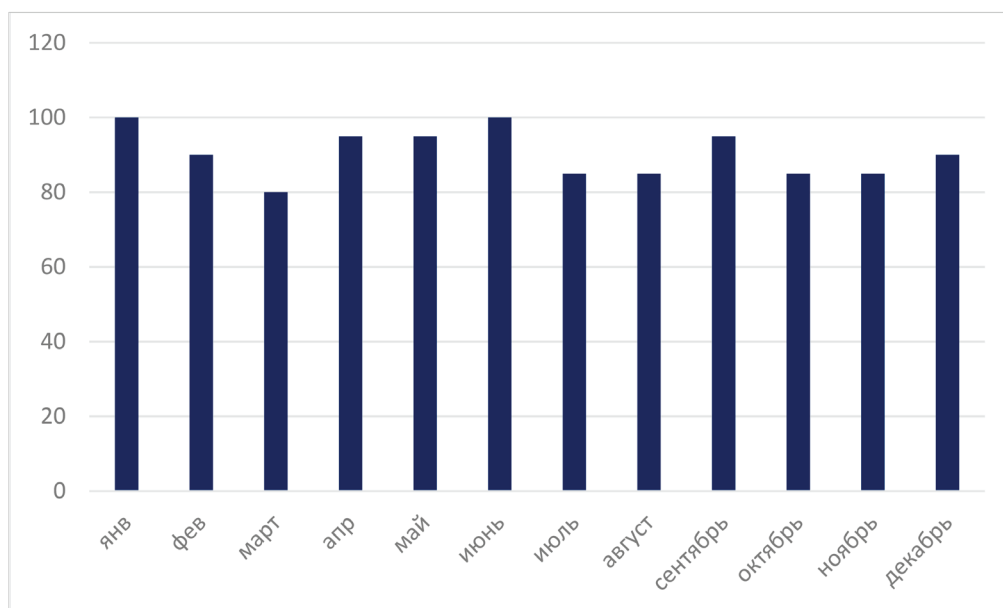


Рисунок 4. График продолжительности ТО по месяцам после оптимизации

В ходе реализации нового плана-графика технического обслуживания было достигнуто значительное снижение среднего отклонения по сравнению с исходным значением, что означает, что текущее распределение технического обслуживания стало более равномерным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Необходимо отметить, что, несмотря на кажущийся незначительный эффект снижения K_{MAE} (всего $120-5=115$ минут), тем не менее в практических подразделениях ОВД число технических средств, требующих технического обслуживания, может достигать нескольких сотен экземпляров, и в этом случае эффект, конечно же, может быть более значимым. Также необходимо отметить, что степенной рост объема вычислений при увеличении числа экземпляров ССИА не позволит за приемлемое время осуществлять поиск оптимального распределения видов ТО по месяцам, для этого требуется разработка менее затратных алгоритмов, в том числе эвристических.

Разработанный алгоритм оптимизации распределения видов технического обслуживания позволяет решить задачу «в лоб» и вполне применим при незначительном числе средств связи и автоматизации, используемых в подразделениях органов внутренних дел. Исходные данные для отдельных экземпляров ССИА нормативно закреплены в документах МВД России, устанавливающих продолжительность технического обслуживания, однако с учетом изменения техники, её совершенствования и усложнения их применение

вызывает некоторые затруднения, в связи с чем возможно привлечение экспертов для их оценки или проведение экспериментов для получения более точных адекватных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Наставления по технической эксплуатации средств связи и автоматизации территориальных органов Министерства внутренних дел Российской Федерации : приказ МВД России № 772 от 30.11.2016. – Текст : электронный // МВД РФ. – URL: <https://43.mvd.rf/Moni/item/9317720> (дата обращения: 20.09.2024).
2. Пьянков, О. В. Организация технической эксплуатации защищенных систем связи : учебник / О. В. Пьянков. – Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2024. – 109 с. – ISBN 978-5-00229-094-9. – Текст : непосредственный.
3. Аттетков, А. В. Методы оптимизации : учеб. для вузов / А. В. Аттетков, С. В. Галкин, В. С. Зарубин ; под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. – Москва : МГТУ им. Н.Э. Бауман, 2003. – 440 с. – Текст : непосредственный.
4. Delphi 12 Community Edition // Embarcadero. – URL: <https://www.embarcadero.com/ru/products/delphi/starter> (date of application: 20.09.2024).



ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ СКОРОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ МЕТАНА В ПОЧВЕ

Тукмачева Юлия Андреевна

аспирант 1 года обучения направления
«Математическое моделирование,
численные методы
и комплексы программ»
Инженерной школы цифровых технологий
Югорского государственного университета,
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: y_tukmacheva@ugrasu.ru

Пятков Сергей Григорьевич

доктор физико-математических наук, профессор
Инженерной школы цифровых технологий
Югорского государственного университета,
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: s_pyatkov@ugrasu.ru

**Работа выполнена при финансовой поддержке
Российского научного фонда и правительства Ханты-
Мансийского автономного округа – Югры (грант
№ 22-11-20031).**

Предмет исследования: математическая модель
потребления метана в почвах.

Цель исследования: разработать алгоритм числен-
ного решения обратной задачи идентификации скоро-
сти потребления метана в почвах.

Методы и объекты исследования: в данной рабо-
те рассматривается вопрос о восстановлении скорости
потребления метана в почвах по данным замерам его
концентрации в наборе точек. Математическая модель –
обыкновенное дифференциальное уравнение второго
порядка, а искомый коэффициент – младший коэффи-
циент в уравнении. Данное уравнение основано на модели
MeMo v1.0. Стоит отметить, что поставленная обратная
задача ранее теоретически не исследовалась, а предло-
женные методы ее решения использовали достаточно
большие наборы данных, в отличие от настоящей работы.

Основные результаты исследования: был получен
алгоритм численного решения задачи, основанный на
методе наискорейшего спуска, который показал доста-
точно хорошую сходимости для набора искусственных
данных. Ошибка восстановления скорости потребле-
ния метана по глубине не превышает 19 %, а в среднем
составляет 16 %. Ошибка восстановления концентрации
метана по глубине для двукратного количества точек от-
носительно измеренных составляет 2,3 %.

Ключевые слова: параболическое уравнение, об-
ратная задача, начально-краевая задача, скорость пот-
ребления метана, численный метод.

NUMERICAL SOLUTION OF THE INVERSE PROBLEM OF IDENTIFYING METHANE CONSUMPTION RATE IN SOIL

Julia A. Tukmacheva

Postgraduate Student,
Engineering School of Digital Technologies,
Yugra State University,
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: y_tukmacheva@ugrasu.ru

Sergey G. Pyatkov

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor
Engineering School of Digital Technologies,
Yugra State University,
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: s_pyatkov@ugrasu.ru

**The work was carried out with financial support
The Russian Science Foundation and the Government
of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra (grant
№ 22-11-20031).**

Subject of research: a mathematical model of methane
consumption in soils.

Purpose of research: to develop an algorithm for the
numerical solution of the inverse problem of identifying the
methane consumption rate in soils.

Methods and objects of research: this work addresses
the issue of recovering the methane consumption rate in soil
based on measured methane concentration data at a set of
points. The mathematical model is a second-order ordinary
differential equation, and the sought coefficient is the lower-
order coefficient in the equation. This equation is based
on the MeMo v1.0 model. It is noteworthy that the inverse
problem posed had not been theoretically investigated
before, and the proposed methods for its solution previously
required rather large data sets, unlike the current work.

Main results of research: an algorithm for the numerical
solution of the problem was obtained, based on the method
of steepest descent, which demonstrated good convergence
for a set of synthetic data. The error in recovering the methane
consumption rate by depth does not exceed 19 %, averaging
16 %. The error in recovering the methane concentration by
depth, for a twofold increase in the number of measurement
points, is 2.3 %.

Keywords: parabolic equation, inverse problem, initial-
boundary value problem, methane consumption rate,
numerical method.

ВВЕДЕНИЕ

Основным (около 90 % от общего) сто-
ком метана из атмосферы Земли являет-
ся окисление гидроксил-радикалом в тро-
посфере. Вторым по важности (около 10 %)
считается потребление метана микроор-
ганизмами – метанотрофами, живущими в
автоморфных (непереувлажнённых) поч-
вах. Таким образом, изучение величин пот-
ребления (удельных потоков) CH_4 , пони-
мание процессов, обуславливающих его
временную и пространственную динамику,

а также моделирование потребления не-
обходимы для построения обоснованных
климатических прогнозов. Потребление ме-
тана в почве за счет окисления метанотроф-
ными бактериями в автоморфных почвах –
единственный известный биологический
механизм стока для атмосферного метана
(Prather, Holmes, 2017 [1]).

Вместе с эмпирическими методами для
количественной оценки концентрации мета-
на в почве применяется математическое мо-
делирование. Существуют модели для оценки
процессов поглощения метана почвой, такие



как R96, R99 и C07. Модель R96 основывается на измененной версии закона Фика и оценивает диффузионный поток атмосферного CH_4 в почву. Модель R99 учитывает микробное окисление CH_4 в почве, устанавливая зависимость скорости окисления от параметров почвы, таких как температура, влажность и содержание азота. Модель C07 модифицирует этот подход, вводя аналитическое решение уравнения диффузии-реакции и скалярный модификатор для учета влияния влажности почвы и температуры на скорость окисления CH_4 . Современная модель MeMo v1.0 (см. [2] и библиографию в этой работе), которую мы также используем ниже, является новой версией моделей по оценке глобального поглощения атмосферного метана почвой. В отличие от моделей R99 и C07, MeMo использует общее аналитическое решение одномерного уравнения диффузии-реакции. Данная модель позволяет учитывать поток метана из глубины почвы, который участвует в процессе метанотрофии в почве. Уравнение записывается в виде [2] (см. также стационарный случай в [1, 4, 3]):

$$\partial_z C = \partial_z (a_z(z) C_z) - V(z) C = 0, \quad C(0) = C_a, \quad C_z|_{z=\beta} = 0 \quad (z \in (0, \beta)).$$

Здесь a_z – коэффициент диффузии CH_4 в порах почвы (м^3 воздуха м^{-1} почвы ч^{-1}), вычисляемый с помощью измеренных значений Φ (общая пористость) и θ (объемная влажность, $\text{м}^3/\text{м}^3$), β – максимальное значение глубины, C – функция концентрации метана, C_a – измеренная концентрация CH_4 в атмосфере ($\text{мг}/\text{м}^3$), $V(z)$ – измеренная или найденная тем или иным способом скорость потребления метана при $C=C_a$ (м^3 воздуха м^{-3} почвы ч^{-1}).

Таким образом, задача определения коэффициента $V(z)$ – задача определения младшего коэффициента в эллиптическом или параболическом уравнении. Отметим, что задача определения младшего коэффициента в параболическом уравнении известна давно, и имеется большое количество работ, посвященных численному исследованию задачи. Основное внимание было уделено стационарному случаю, который наиболее часто использовался в приложениях. В стационарном случае уравнение и граничные условия на верхней $z=0$ и нижней ($z=\beta$) границах записываются таким образом:

$$\partial_z (D_z(z) (C_z)_z) - V(z) C_z = 0, \quad C_z(0) = C_a, \quad (C_z)_z|_{z=\beta} = 0. \quad (1)$$

Дополнительные условия имеют вид:

$$C(b_i) = \alpha_i, \quad i = 1, 2, \dots, r, \quad b_i \in (0, Z). \quad (2)$$

Удельный поток (УП) метана Q ($\text{мг}/\text{м}^2$) в час, прогнозируемый моделью, вычислялся по полученному решению:

$$Q = D_z(0,005) \frac{C_z(0,01) - C_z(0)}{0,01}.$$

Метан вносит значительный вклад в глобальное потепление, удерживая тепло в атмосфере и увеличивая температуру на поверхности планеты [5]. Количественные оценки выбросов метана в атмосферу в различных литературных источниках отличаются. Однако их можно классифицировать по двум основным категориям: антропогенные источники метана и природные источники метана. Антропогенные источники метана связаны непосредственно с деятельностью человека, к ним можно отнести: а) энергетическую и промышленную деятельность: добычу, транспортировку и переработку ископаемых; б) животноводство: ферментация пищи рогатым скотом способствует выделению метана; в) сельское хозяйство (рисовые плантации): бактериальное разложение органического материала на рисовых полях с выделением метана; г) полигоны твердых бытовых отходов: разложение органических отходов с выделением биогаза, состоящего преимущественно из метана. Суммарно антропогенные источники метана выделяют порядка 440,5 млн т в год [6, 7]. Существует множество практик, позволяющих уменьшить эмиссию метана, вызванную антропогенными источниками, некоторыми из них можно считать современные технологии утилизации газовых выбросов, понижение расхода топливного газа, биогазовые установки для переработки отходов животноводства и пищевой промышленности. Природные источники метана выделяют значительное количество метана в атмосферу. Основными природными источниками метана являются болотные системы, на них приходится до 30 % от общего объема выбросов метана в атмосферу [8], [9]. Сошлемся на работы, посвященные в том числе и использованию математических моделей в задачах описания эмиссии метана [10–17].

В работе [3] задача (1), (2) в стационарном случае решалась численно: функция концентрации метана определялась из уравнения (1) с помощью специальной сглаживающей функции, которая была получена при помощи регуляризации на основе интерполяции значений концентрации в известных точках. Мы рассмотрели тот же алгоритм и эту же задачу. Однако в отличие от работы [3] число замеров концентраций r у нас произвольно и может быть небольшим. В методе из работы [3] предполагалось, что концентрация метана замерена в достаточно большом количестве точек, что позволяет фактически точно с помощью интерполяции и с последующим сглаживанием с помощью

аппроксимации получить функцию концентрации метана. Однако это не всегда возможно. Основные рассуждения мы проводили в случае, когда замеры концентраций сделаны в достаточно небольшом количестве точек, и строили коэффициент поглощения в виде конечного отрезка ряда (в нашем случае – в виде разложения по базисным кусочно-линейным функциям метода конечных элементов). Была предложена другая, на наш взгляд, более совершенная схема решения задачи, которая сводилась к некоторому нелинейному уравнению и затем решалась методом наискорейшего спуска. Получены хорошие результаты, в частности, точности определения коэффициента поглощения.

Описание алгоритма

Рассмотрим задачу (1)–(2). Для численного решения используем метод конечных элементов. Пусть $h=\beta/N$ – шаг по пространству и $\{\varphi_i\}$ – набор базисных функций. Ищем приближенное решение уравнения (1) в виде $C=u^N+c^0$

$$u^N = \sum_{k=1}^N C_k \varphi_k(x), \quad C_0 = c^0,$$

где C_i определяем из системы

$$(a(z) (u^N)_z, \varphi_{iz}) + (V(z) u^N, \varphi_i) = -(c^0 V, \varphi_i), \quad i=1, 2, \dots, N.$$

Здесь скобки обозначают скалярное произведение в $L_2(G)$, т. е. $(u, v) = \int_0^\beta u(z) v(z) dz$. Базисные функции φ_i ($i=1, 2, \dots, N$) определяются следующим образом:

$$\varphi_i(z) = \begin{cases} \frac{(h(i+1)-z)}{h}, & x \in (hi, h(i+1)) \\ \frac{z-h(i-1)}{h}, & z \in (h(i-1), hi) \\ 0, & z \notin (h(i-1), h(i+1)) \end{cases}$$

$$\varphi_0(z) = \begin{cases} \frac{h-z}{h}, & z \in (0, h) \\ 0, & z \notin (0, h) \end{cases}$$

$$\varphi_N(z) = \begin{cases} \frac{z-(N-1)h}{h}, & z \in ((N-1)h, Nh) \\ 0, & z \notin ((N-1)h, Nh) \end{cases}$$

Систему можно представить в матричном виде:

$$A\vec{C}=\vec{F}. \quad (3)$$

Необходимо найти вектор $\vec{C}$, выразим данный вектор из системы (3):

$$\vec{C}=A^{-1}\vec{F},$$

где $\vec{C}=(C_1, C_2, \dots, C_N)$, а вектор $\vec{F}$ имеет следующий вид:

$$\vec{F}^T=(V(z)c^0, \varphi_1), (V(z)c^0, \varphi_2), \dots, (V(z)c^0, \varphi_{N-1}), (V(z)c^0, \varphi_N).$$

Матрица A – матрица жесткости с элементами:

$$A_{ij}=(a(z) \varphi_{jz}, \varphi_{iz})+(V(z) \varphi_j, \varphi_i), \quad j=1, 2, \dots, N, \quad i=1, 2, \dots, N.$$

Матрицу A можно представить в виде суммы двух матриц: $A=A_0+A_v$, где элементы этих матриц A_0 есть числа $(a(z) \varphi_{jz}, \varphi_{iz})$. Приближенно элементы матрицы A_0 можно записать в следующем виде:

$$R_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{h^2} \int_{(i-1)h}^{(i+1)h} a(z) dz, & \text{при } i=j \\ -\frac{1}{h^2} \int_{ih}^{(i+1)h} a(z) dz, & \text{при } |i-j|=1 \\ 0, & \text{при } |i-j| \geq 2 \end{cases}$$

$$i=1, 2, \dots, N-1, \quad j=1, 2, \dots, N,$$

$$R_{NN} = \frac{1}{h^2} \int_{(N-1)h}^{Nh} a(z) dz.$$

Элементы матрицы A_v вычисляются путем нахождения скалярного произведения:

$$A_v=(V(z) \varphi_j, \varphi_i) \\ i=1, 2, \dots, N, \quad j=1, 2, \dots, N$$

Обращая матрицу A , найдем вектор $\vec{C}$. Таким образом построим решение прямой задачи.

При решении обратной задачи ищем функцию $V(z)$ в виде $V(z)=\sum_{j=1}^r \vec{B}_j \psi_j(z)$, где ψ_j – некоторый набор базисных функций, $\tau=\beta/r$ – шаг по пространству. С шагом τ построим кусочно-линейные функции ψ_j , используемые в методе конечных элементов. Обозначим узлы сетки через $z_i=hi$, $z^i=\tau i$. Пусть узлы z_{i_k} $k=1, 2, \dots, r$ отвечают точкам замеров, т. е. $z_{i_k} \approx z^k$. Приближенно систему можно записать в виде:

$$-\vec{C}/c^0=(A_0+A_v)^{-1}F_0, \quad F_0=(F_1, F_2, \dots, F_N)^T, \quad F_i=(V(z), \varphi_i).$$

Обозначим правую часть через $g(\vec{\beta})=(A_0+A_v)^{-1}F_0$. $\vec{F}_0=((V(z), \varphi_1), \dots, (V(z), \varphi_N))^T$. Если мы возьмем строки этой системы с номерами i_k $k=1, 2, \dots, r$, то получим систему

$$\vec{\gamma} = P_0 g(\vec{\beta}), \quad \gamma_j = 1 - \frac{\alpha_j}{c_0} > 0, \quad (4)$$

где $P_0 g$ – вектор длины r с координатами $g_{i_1}, \dots, g_{i_r}$ и индекс (i_j) – взятие координаты с

индексом (i_j) . Пусть $\vec{g} = (g_1, \dots, g_N)$. Найдем производные $\partial_{\beta_l} \vec{g}(\vec{\beta})$. Имеем $(A_0 + A_v)\vec{g} = F_0$. Найдем частные производные по β_l

$$\frac{\partial}{\partial \beta_l} (A_0 + A_v)\vec{g}(\vec{\beta}) = A_0 \vec{g}_{\beta_l} + \partial_{\beta_l} A_v \vec{g} = \partial_{\beta_l} F_0.$$

Элементы матрицы $\partial_{\beta_l} A_v$ и производные $F_{i\beta_l}$ имеют вид

$$\partial_{\beta_l} a_{ij}^v = \partial_{\beta_l} (V\varphi_j, \varphi_i) = (\psi_l \varphi_j, \varphi_i), \text{ и } F_{i\beta_l} = (\psi_l, \varphi_i).$$

Далее имеем

$$(A_0 + A_v)\vec{g}_{\beta_l} = F_2 = \partial_{\beta_l} F_0 - (\partial_{\beta_l} A_v)\vec{g},$$

или

$$g_{k\beta_l} = ((A_0 + A_v)^{-1} F_2)_{i_k}.$$

Обозначим матрицу $\{g_{k\beta_l}\}$ через $J(\vec{\beta})$, а транспонированную матрицу через J^* . Ищем решение системы (4). Обозначим матрицу системы через $A(\vec{\beta})$, т. е. решаемая система имеет вид $A(\vec{\beta})\vec{\beta} = \vec{y}$. Итерационная процедура записывается в виде

$$\vec{\beta}_{i+1} = \vec{\beta}_i - \tau_i J'(\vec{\beta}_i), \quad J(\vec{\beta}) = J^*(\vec{\beta})(A(\vec{\beta}) - \vec{y}),$$

где параметр τ_i определяется так:

$$\tau_i = \|J'(\vec{\beta}_i)\|^2 \|JJ^*(A(\vec{\beta}_i) - \vec{y})\|^{-2}.$$

Здесь под нормой вектора понимаем квадратный корень из суммы квадратов координат. В качестве начального приближения стоит взять вектор $\vec{\beta}_0$ с положительными координатами, например, $\vec{\beta}_0 = (1, 1, \dots, 1)$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В этом разделе проанализируем результаты численных экспериментов, полученных в результате решения прямой и обратной задач в рамках экспериментов на ЭВМ. Характеристики испытуемой ЭВМ: процессор: Intel i5 9500; ОЗУ: 16,00 ГБ; тип системы: Windows 11. Численные эксперименты были проведены в программном комплексе MATLAB 2024a.

В результате расчётов было восстановлено исходное значение функции в точках потребления метана по глубине на основе распределения концентрации метана по глубине. В качестве входных данных были взяты значения функции в точках замеров. Значения одномерного массива метана были получены в ходе решения прямой задачи согласно системе (3), где входным вектором скорости потребления метана выступал некоторый экспериментальный одномерный массив данных [3], представленный на рисунке 1.

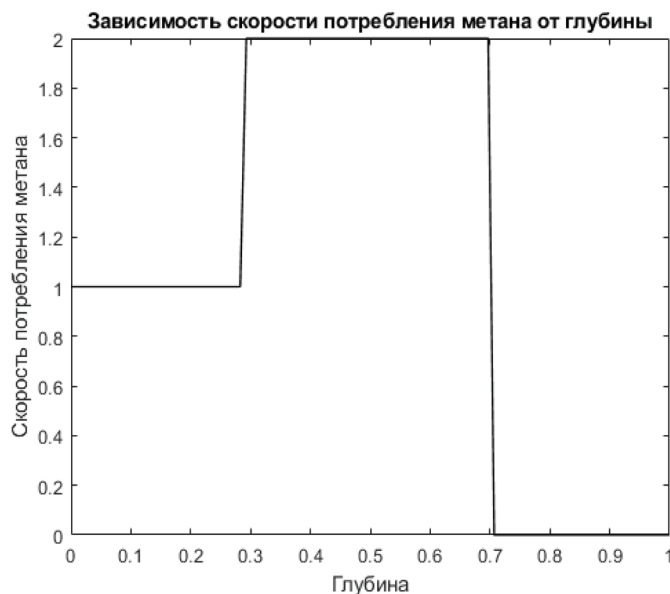


Рисунок 1. Форма тестового вектора скоростей для $N = 100$

В эксперименте использовались следующие глобальные параметры:

1. $a(z) = I + z$ – функция молекулярной диффузии.
2. $c_0 = I$ – значение концентрации метана на поверхности почвы.

3. $N = 100$ – количество узлов сетки.

Для данного вектора скорости потребления метана были получены значения функции концентрации метана в точках, представленные на рисунке 2.

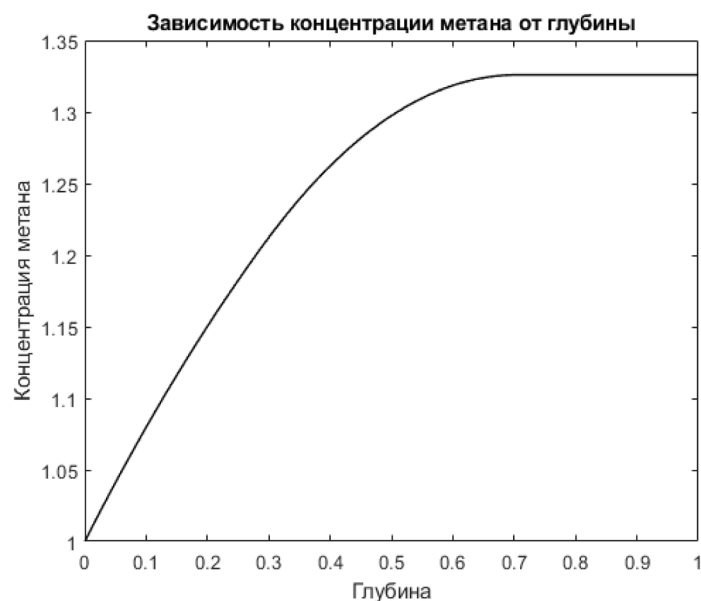


Рисунок 2. Значения функции концентрации метана $\tilde{C}(z)$

Для нахождения точности полученных результатов были применены следующие оценки: MAE и MAPE.

1. $MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i|$ – средняя абсолютная ошибка: позволяет оценить качество полученного решения в абсолютных единицах, где y является эталонным решением, $\hat{y}$ является полученным решением.

2. $MAPE = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|$ – средняя относительная ошибка: позволяет оценить ка-

чество полученного решения в процентном соотношении, где y является эталонным решением, $\hat{y}$ является полученным решением.

В ходе решения обратной задачи был получен вектор скорости потребления метана, который в среднем имеет отклонение от исходного на 0,016768 (MAE). При этом полученный вектор скорости имеет ошибку 0,979798 %. Полученное решение обратной задачи представлено на рисунке 3.

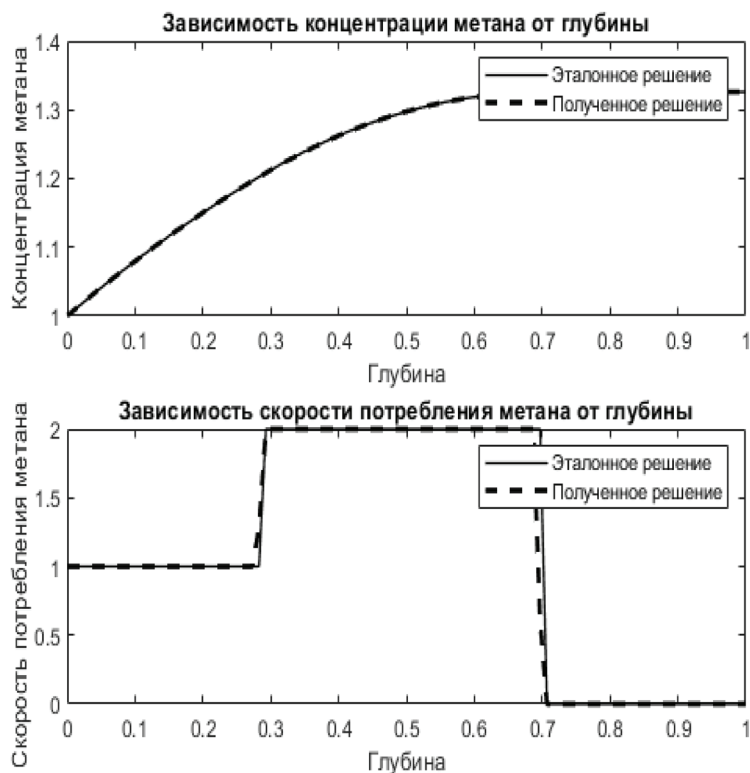


Рисунок 3. Графики полученных решений в ходе обратной задачи

Покажем отношения восстановленного вектора скорости к исходному на рисунке 4.

Результаты восстановления значений вектора зависимости скорости потребления метана от глубины удовлетворительны. Ряд восстановленных значений примерно соответствует эталонным значениям, однако небольшое количество точек значительно отклоняется от эталонного значения, что может быть обусловлено используемыми базисными функциями. Для следующего эксперимента

увеличим количество точек, для которых необходимо получить значения вектора концентрации $\vec{C}$. Количество замеренных точек $r=100$, количество точек, для которых необходимо получить значения концентрации, $N = 200$. Обратная задача решается для r точек. Прямая задача решается для N точек по полученному во время решения обратной задачи вектору $\vec{B}$. Результат решения представлен на рисунке 5.

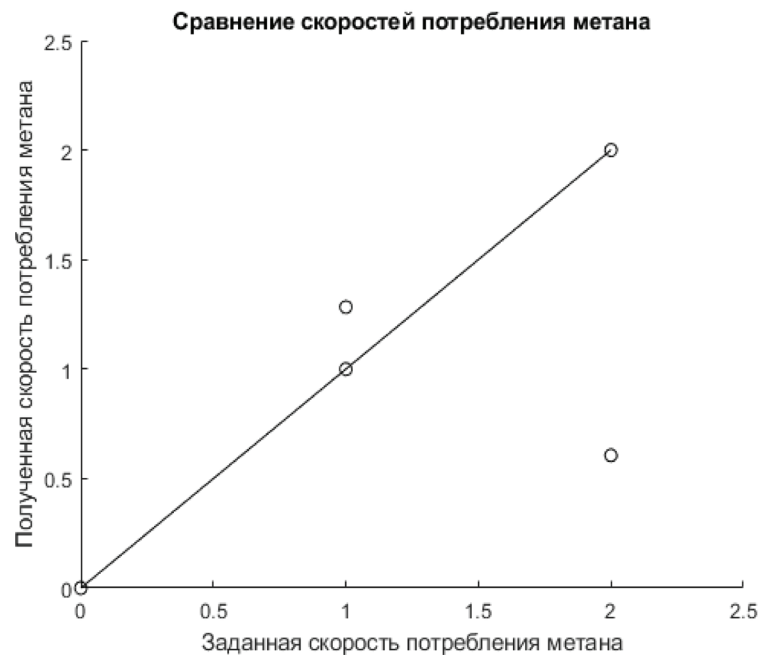


Рисунок 4. Сопоставление скоростей потребления метана

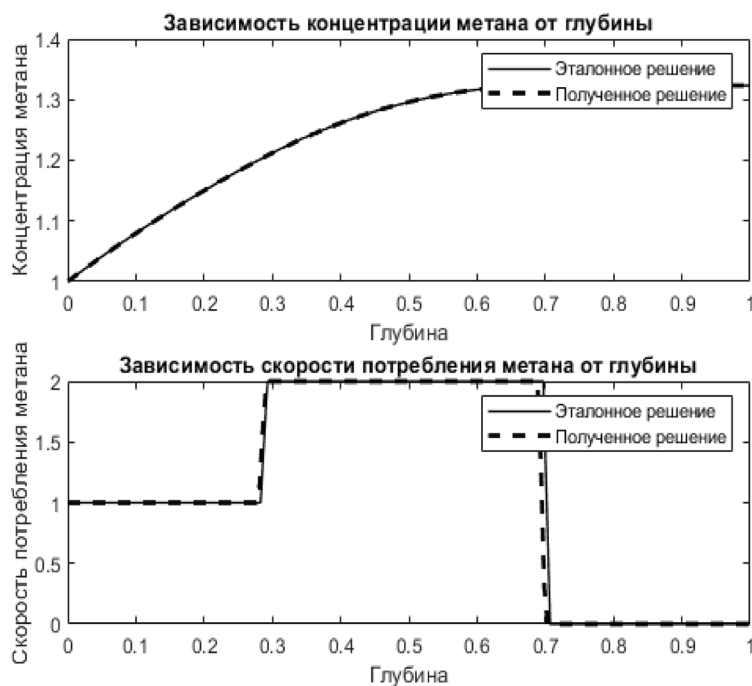


Рисунок 5. Результаты решения для $r = 100$, $N = 200$



При интерполяции исходной функции с увеличением количества значений функции в два раза незначительно изменилась ошибка: MAE = 0,016834, MAPE = 1,299812 %, при этом значение функции зависимости концентрации метана от глубины в точках отклонилось от эталонного решения примерно на 2,280873 %.

Оценим сходимость алгоритма решения обратной задачи к глобальному минимуму, где для каждого эксперимента определим случайный одномерный массив $\vec{B}$,

равномерно распределённый в диапазоне от 0 до 1 размерностью $N=20$, и установим минимальный шаг сходимости $\epsilon=10^{-5}$. В ходе проведения серии экспериментов были получены оценки точности работы алгоритма решения обратной задачи: MAE для одномерного массива $\vec{C}$, MAE для вектора $\vec{V}(z)$, MAPE для одномерного массива $\vec{V}(z)$. Результаты численных экспериментов оценки сходимости алгоритма решения обратной задачи представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты численных экспериментов

MAE ($\vec{C}$)	MAE(V(z))	MAPE(V(z))
0,000602	0,263407	15,306
0,000756	0,252482	14,42567
0,000557	0,276899	16,81246
0,00078	0,283667	16,88795
0,00059	0,26605	15,61719
0,000628	0,288329	17,56511
0,000601	0,293131	18,00528
0,000525	0,260345	15,28794
0,000561	0,262915	15,3175
0,000536	0,281399	17,06343
0,000601	0,290857	18,03111
0,000584	0,295519	18,4257
0,000978	0,288084	17,23596
0,0007	0,306291	19,07516
0,000813	0,282567	16,76015
0,000676	0,269621	15,94521
0,000531	0,253104	14,26699
0,000479	0,278698	16,86203
0,00043	0,26466	15,54362
0,000501	0,260129	14,91595
Математическое ожидание		
0,00062145	0,275908	16,46752
Дисперсия		
1,70475E-08	0,000233	1,866449

Приведенные в таблице 1 результаты показывают, что для случайно заданного стартового одномерного массива $\vec{B}$ ожидаемое решение будет иметь ошибку 16,46752 %, ожидаемое отклонение от данной ошибки не превысит 1,866449 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Численный алгоритм основан на методе наискорейшего градиентного спуска. Алгоритм решения обратной задачи стабильно сходится к точке глобального минимума с



ожидаемым отклонением не более $\approx 1,9$ % при минимальном размере шага алгоритма и малом количестве точек замера. В ходе ряда экспериментов была установлена сходимость алгоритма. Алгоритм можно считать устойчивым: при различных случайных значениях одномерного массива $\vec{B}$ алгоритм сходится к одному решению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Prather, M. J. Overexplaining or underexplaining methane's role in climate change / M. J. Prather, C. D. Holmes // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2017. – Vol. 114. – P. 5324–5326.
2. Soil Methanotrophy Model (MeMo v1.0): a process-based model to quantify global uptake of atmospheric methane by soil / F. Murguía-Flores, S. Arndt, A. L. Ganesan [et al.] // *Geoscientific Model Development*. – 2018. – Vol. 11. – P. 2009–2032.
3. Идентификация скорости потребления метана в почвах методом обратной задачи / А. Ф. Сабреков, М. В. Глаголев, И. Е. Терентьева, С. Ю. Моченов. – DOI 10.17537/icmbb18.77 // Математическая биология и биоинформатика : доклады VII Международной конференции (Пушино, 14–19 окт. 2018 г.). – Пушино : Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, 2018. – Т. 7. – С. 951–955.
4. Сабреков, А. Ф. Моделирование потребления метана в автоморфных почвах: влияние механизма транспорта и численности метанотрофов / А. Ф. Сабреков, М. В. Глаголев, И. Е. Терентьева // Материалы VI конференции «Математическое моделирование в экологии» ЭкоМат-Мод-2019. – Пушино, 2019. – С. 179–180.
5. Response of global soil consumption of atmospheric methane to changes in atmospheric climate and nitrogen deposition / Q. Zhuang, M. Chen, K. Xu [et al.]. – DOI 10.1002/gbc.20057 // *Global Biogeochemical Cycles*. – 2013. – Vol. 27, № 3. – P. 650–663.
6. Three decades of global methane sources and sinks / S. Kirschke, P. Bousquet, P. Ciais, [et al.]. – DOI 10.1038/ngeo1955 // *Nature Geoscience*. – 2013. – Vol. 6. – P. 812–823.
7. Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions // *Climate & Clean Air Coalition*. – URL: <https://www.ccacoalition.org/content/benefits-and-costs-mitigating-methane-emissions> (date of application: 09.06.2024).
8. Метан в атмосфере: динамика и источники / В. В. Снакин, А. В. Доронин, Г. Фрейбергс [и др.]. – Текст : непосредственный // *Жизнь Земли*. – 2017. – Т. 39, № 4. – С. 365–380.
9. Биогеохимические процессы цикла метана в почвах, болотах и озерах Западной Сибири // В. Ф. Гальченко, Л. Е. Дулов, Б. Крамер [и др.]. – Текст : непосредственный // *Микробиология*. – 2001. – Т. 70, № 2. – С. 215.
10. Metabolic and environmental control on methane emission from soils: mechanistic studies of mesotrophic fen in West Siberia / N. S. Panikov, S. N. Dedysch, O. M. Kolesnikov [et al.] // *Water, Air, and Soil Pollution : Focus*. – 2001. – Vol. 1. – P. 415–428.
11. Methane emissions on large scales / K. M. Beswick, T. W. Simpson, D. Fowler [et al.] // *Atmospheric Environment*. – 1998. – Vol. 32, № 19. – P. 3283–3291.
12. Зилитинкевич, С. С. Динамика пограничного слоя атмосферы / С. С. Зилитинкевич. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1970. – 292 с. – Текст : непосредственный.
13. Глаголев, М. В. Аннотированный список литературных источников по результатам измерений потоков CH_4 и CO_2 на болотах России / М. В. Глаголев. – Текст : непосредственный // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. – 2010. – Т. 1, № 2. – С. 1.
14. Глаголев, М. В. Динамика летне-осенней эмиссии CH_4 естественными болотами (на примере юга Томской области) / М. В. Глаголев, Н. А. Шнырев. – DOI 10.3103/S0147687407010024. – Текст : непосредственный // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2007. – № 1. – С. 8–14.
15. Связь удельной скорости окисления метана почвой и обилия метанотрофов, оцененного с помощью количественной ПЦР / А. Ф. Сабрекова, М. В. Семенов, И. Е. Терентьева. – Текст : непосредственный // *Микробиология*. – 2020. – Т. 89, № 2. – С. 189–199.
16. Mathematical models of methane consumption by soils: a review / M. V. Glagolev, I. E. Terentieva, A. F. Sabrekov [et al.]. – DOI 10.18822/edgcc622937 // *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. – 2023. – Vol. 14, № 3. – P. 145–166.
17. Methanogenesis in oxygenated soils is a substantial fraction of wetland methane emissions // J. C. Angle, T. H. Morin, L. M. Solden [et al.] // *Sci-hub*. – URL: <https://sci-hub.ru/10.1038/s41467-017-01753-4> (date of application: 15.04.2024).



ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ В ОБРАТНЫХ ЗАДАЧАХ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА

Шморган Сергей Андреевич

аспирант 2 года обучения направления
«Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ»
Инженерной школы цифровых технологий
Югорского государственного университета,
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: s_shmorgan@ugrasu.ru

Неустроева Любовь Владимировна

кандидат физико-математических наук,
научный сотрудник,
Югорский государственный университет,
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: l_neustroeva@ugrasu.ru

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема: «Аналитическое и численное исследование обратных задач об определении параметров источников атмосферного или водного загрязнения и (или) параметров среды», код темы: FENG-2023-0004).

Предмет исследования: задачи численного определения точечных источников в обратных задачах тепломассопереноса.

Цель исследования: описание теоретических результатов (теорема существования и единственности решений обратной задачи), создание алгоритма решения задачи численного определения точечных источников, исследование его свойств, численная реализация алгоритма и его тестирование и проверка на устойчивость.

Объект исследования: задачи численного определения точечных источников (правой части специального вида) в обратных задачах тепломассопереноса. Источники задаются в виде суммы дельта-функций Дирака с коэффициентами, зависящими от времени и характеризующими мощность соответствующего источника. Они являются неизвестными и подлежат определению вместе с решением уравнения. В качестве данных переопределения задаются значения решения в некотором наборе точек, лежащем внутри области.

Методы исследования: алгоритм основан на методе конечных элементов по пространственным переменным и методе конечных разностей по времени. Неизвестная правая часть определяется на каждом временном слое при помощи условия переопределения.

Основные результаты исследования: описание алгоритма решения, его свойств, результаты численных экспериментов. В том числе описаны условия, когда алгебраическая система, к которой приводится задача, имеет единственное решение, проведено сравнение данных, полученных в результате расчетов, с тестовыми примерами. Расчеты проводились в том числе и с добавлением к данным замеров случайного шума различного уровня. Результаты показали, что решение устойчиво при случайном возмущении данных задачи.

Ключевые слова: параболическое уравнение, обратная задача, тепломассоперенос, численное решение, метод конечных элементов.

ON THE DETERMINATION OF POINTS SOURCES IN INVERSE HEAT AND MASS TRANSFER PROBLEMS

Sergey A. Shmorgan

Postgraduate Student
Engineering School of Digital Technologies,
Yugra State University,
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: s_shmorgan@ugrasu.ru

Lyubov V. Neustroeva

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Researcher,
Yugra State University,
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: l_neustroeva@ugrasu.ru

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic "Analytical and numerical study of inverse problems on determining the parameters of sources of atmospheric or water pollution and (or) environmental parameters", topic code: FENG-2023-0004).

Subject of research: problems of numerical determination of point sources in inverse heat and mass transfer problems.

Purpose of research: description of theoretical results (theorem of existence and uniqueness of solutions of the inverse problem), creation of an algorithm for solving the problem of numerical determination of point sources, study of its properties, numerical implementation of the algorithm and its testing and verification of stability.

Objects of research: problems of numerical determination of point sources (right-hand side of a special type) in inverse problems of heat and mass transfer. The sources are specified as a sum of Dirac delta functions with coefficients that depend on time and characterize the power of the corresponding source. They are unknown and are to be determined together with a solution of the equation. The values of the solution at a certain set of points lying inside the domain serve as the overdetermination data.

Methods of research: the algorithm is based on the finite element method for spatial variables and the finite difference method for time. The unknown right-hand side is determined at each time layer using the overdetermination condition.

Main results of research: description of the algorithm for solving the problem, its properties, results of numerical experiments. In particular, the conditions are described when the algebraic system to which the problem is reduced has a unique solution. The data obtained as a result of the calculations are compared with test examples. The calculations are also carried out with the addition of random noise of various levels to the measurement data. The results show that the solution is stable under random perturbations of the data.

Keywords: parabolic equation, inverse problem, heat and mass transfer, numerical solution, finite element method.

ВВЕДЕНИЕ

Мы рассматриваем обратные задачи об определении правой части в уравнении

$$Mu = u_t - Lu = f_0 + \sum_{i=1}^r \alpha_i(t) \delta(x - d_i)$$



$$a(t, x) = (a_1(t, x), \dots, a_n(t, x))^T, \nabla u = \left(\frac{\partial u}{\partial x_1}, \dots, \frac{\partial u}{\partial x_n} \right)^T, n = 2, 3, \quad (1)$$

где $Lu = \operatorname{div}(c(x, t) \nabla u) - a(x, t) \nabla u - a_0(x, t)u$, $(x, t) \in Q = (0, T) \times G$, G – область в $\mathbb{R}^n (n=2, 3)$ с границей Γ , $c(t, x)$ – диагональная матрица с элементами c_i на главной диагонали, $\delta(x - d_i)$ – дельта-функция Дирака. Уравнение (1) дополняется начальными и граничными условиями:

$$Bu|_S = g, u|_{t=0} = u_0(x), S = (0, T) \times \Gamma, \quad (2)$$

где $Bu = \frac{\partial u}{\partial N} + \sigma u$ – производная по конормали или $Bu = u$ и условиями переопределения

$$u(t, y_j) = \psi_j(t), j = 1, 2, \dots, r. \quad (3)$$

В теории тепломассопереноса функция u – концентрация переносимого вещества, а правая часть характеризует источники (стоки) [1]. В самой общей постановке задачи (1)–(3) определению подлежат как сами мощности точечных источников $N_i(t)$, так и их местоположение x_i и их число m . Описание моделей такого сорта можно найти, например, в [1]. Обратным задачам такого вида посвящено очень большое количество работ, однако основные результаты связаны с методами численного решения подобных задач, причем многие из них далеко не всегда обоснованы. Можно строить примеры, когда постановки оказываются некорректными в том смысле, что имеет место несуществование решений или их неединственность. Как правило, численные методы основаны на сведении задачи к задаче оптимального управления и минимизации соответствующего функционала, что требует больших вычислительных возможностей и не всегда приводит к желаемому результату [2, 4, 5, 6, 7]. Некоторые теоретические результаты по исследованию задачи (1)–(3) имеются в работах [8–12]. В работе [11] рассматривается стационарный случай, а в работе [10] – и нестационарный, и граничные условия переопределения (данные Коши), что позволяет, используя наборы тестовых функций и алгоритмы типа Прони, полностью решить задачу определения числа источников, их местоположения и интенсивности. В работе [12] рассматривается модельная задача (1)–(3); с помощью явного представления решений прямой задачи и использования вспомогательной вариационной задачи авторы смогли определить величины $\sum_i N_i r_{ij}^l$ (здесь $N_i(t) = \text{const}$ для всех i и $r_{ij} = |x_i - y_j|$), что позволило решить задачу при помощи алгоритма из работы [11] (см. теорему 2). Однако, как оказалось, можно решить задачу и при помощи асимптотических представлений решений

стационарных задач [14]. В одномерном случае некоторые подобные результаты на эту тему приведены в [13] (асимптотическая формула определения источника и численный алгоритм). Каких-либо общих теорем существования решений задачи (1)–(3), в отличие от распределенного источника (см. [15]), фактически в литературе не имеется (см. одномерный случай в [13]). В настоящей работе мы опишем некоторые условия, гарантирующие существование и единственность решений задачи, и численный алгоритм, в какой-то степени основанный на теоретических рассуждениях. Мы будем рассматривать случай, когда неизвестными являются только мощности источников, а координаты предполагаемых источников считаются известными. Алгоритм основан на методе конечных элементов по пространственным переменным и методе конечных разностей по времени. В конце работы приведены результаты численных экспериментов, которые показали, что решение устойчиво при случайных возмущениях данных задачи.

Определения и вспомогательные утверждения

Пусть G – область в $\mathbb{R}^n$. Через $L_p(G)$ и $W_p^s(G) (1 \leq p \leq \infty)$ обозначим Лебега и Соболева пространства соответственно [18]. Пусть E – банахово пространство. Через $L_p(G; E)$ (G – область в $\mathbb{R}^n$) обозначим пространство сильно измеримых функций, определенных на G , со значениями в E и конечной нормой $\|u(x)\|_E \|_{L_p(G)}$ [18]. Мы также используем пространство $C^k(\bar{G}; E)$, состоящее из функций со значениями в E , имеющих в G все производные до порядка k включительно, непрерывные в G и допускающие непрерывное продолжение на замыкание $\bar{G}$. Определение пространств Соболева $W_p^s(G; E)$ также стандартное (см. [18, 19]). Для данного интервала $J = (0, T)$ и цилиндра $Q = G \times J$ и $S = \Gamma \times J$ положим $W_p^{s,r}(Q) = W_p^s(J; L_p(G)) \cap L_p(J; W_p^r(G))$, $W_p^{r,s}(S) = W_p^s(J; L_p(\Gamma)) \cap L_p(J; W_p^r(\Gamma))$. Если Γ, S – некоторые множества, то символ $\rho(\Gamma, S)$ обозначает далее расстояние между этими множествами. Обозначим через $D(L)$ область определения оператора L . Символ $B_r(x_0)$ обозначает шар радиуса r с центром в точке x_0 .

Мы рассматриваем случай: G – область в $\mathbb{R}^n$ с компактной границей класса C^2 , или область G совпадает с цилиндрической областью вида $\Omega \times (0, l)$, где Ω имеет границу класса C^2 или совпадает с прямоугольником $(0, X) \times (0, Y)$. В случае неограниченной области G решение, которое мы ищем, принадлежит

некоторому пространству Лебега, т. е. фактически предполагаем убывание решения при $|x| \rightarrow \infty$. Пусть $a = (a_1, a_2)$ для $n=2$ и $a = (a_1, a_2, a_3)$ для $n=3$. Скобками $(\cdot, \cdot)$ обозначим скалярное произведение в $\mathbb{R}^n$. Мы приведем известный теоретический результат из работы [16] в случае, когда $c_i = 1$ ($i=1, 2, 3$ или $i=1, 2$ в двумерном случае) и коэффициенты не зависят от времени. В этом случае производная по конормали в граничном условии совпадает с производной по нормали $\frac{\partial u}{\partial \nu}$ к границе. Предположим, что

$$u_0(x) \in W_2^1(G), u_0(x)|_{\Gamma} = g(x, 0) \text{ если } Bu = u. \quad (4)$$

Пусть $T = \infty$. Зафиксируем параметр $\lambda \geq 0$ и предположим, что

$$e^{-\lambda t} g \in W_2^{1/4, 1/2}(S), \text{ если } Bu = \frac{\partial u}{\partial \nu} + \sigma u \quad (\sigma \in C^1(\Gamma)), \quad (5)$$

$$e^{-\lambda t} g \in W_2^{3/4, 3/2}(S), \text{ если } Bu = u, f_0 e^{-\lambda t} \in L_2(G). \quad (6)$$

Введем функции

$$\varphi_j(x) = \frac{-1}{2} \int_0^1 \left(\vec{a}(y_j + \tau(x - y_j)), (x - y_j) \right) d\tau$$

и предположим, что

$$a_i \in W_\infty^2(G) (i=1, \dots, n), \nabla \varphi_j, \Delta \varphi_j (j=1, \dots, s), a_0 \in L_\infty(G), \sigma \in C^1(\Gamma). \quad (7)$$

Решая вспомогательную задачу

$$w_t - Lw = f_0(t, x), Bw|_S = g, w|_{t=0} = u_0(x), \quad (8)$$

можем найти ее решение, и такое, что $e^{-\lambda t} w_0 \in W_2^{1,2}(Q)$ при достаточно большом параметре λ_0 и $\lambda \geq \lambda_0$. Заметим, что в случае цилиндрической области или параллелепипеда могут потребоваться дополнительные интегральные условия согласования данных, их можно найти, например, в работе [16]. Рассмотрим обратную задачу (1)–(3). После замены переменных $w = u - w_0$ мы придем к более простой задаче

$$w_t + Lw = \sum_{i=1}^m N_i(t) \delta(x - x_i)$$

$$Bw|_S = 0, w|_{t=0} = 0$$

$$w(y_j, t) = \psi_j(t) - w_0(t, y_j) = \tilde{\psi}_j(t), j = 1, 2, \dots, s.$$

Мы предполагаем, что справедливо представление

$$\tilde{\psi}_j(t) = \int_0^t V_{\delta_j}(t - \tau) \psi_{0j}(\tau) d\tau, \psi_{0j} e^{-\lambda t} \in L_2(0, T), \quad (9)$$

где $V_\gamma(t)$ определяется своим преобразованием Лапласа:

$$\hat{V}_\gamma(\lambda) = e^{-\sqrt{\lambda} \gamma}, n = 3; \hat{V}_\gamma(\lambda) = \frac{i}{4} H_0^{(1)}(i\sqrt{\lambda} \gamma), n = 2.$$

Здесь $H_0^{(1)}$ – это функция Ханкеля и $\sqrt{\lambda} = |\lambda|^{1/2} e^{i \arg \lambda / 2}$ – ветвь корня аналитическая в плоскости с разрезом $\arg \lambda = \pi$. Не так трудно установить, что $V_\gamma(t) = \frac{e^{-\gamma^2/4t}}{4\pi t}$ при $n=2$ и при $n=3, V_\gamma = \frac{\gamma e^{-\gamma^2/4t}}{2\sqrt{\pi^3/2}}$.

Введем множества $K = \{y \in G: \rho(y, \cup_{i=1}^m d_i) \leq \rho(y, \Gamma)\}$, $Q_\varepsilon = \{(t, x) \in Q: |x - d_i| > \varepsilon \forall i=1, 2, \dots, r\}$. Пусть $\delta_j = \min_{i=1, 2, \dots, s} r_{ij}$, где $r_{ij} = |d_i - y_j|$. Введем матрицу A_0 с элементами $a_{ji} = e^{\varphi_j(d_i)}$, если $|d_i - y_j| = \delta_j$, и $a_{ji} = 0$ – в противном случае. Условие корректности записывается в виде

$$\det A_0 \neq 0. \quad (10)$$

Опишем способ построения матрицы A_0 . Матрица есть нормированная главная часть асимптотики по параметру λ (см. [16]) матрицы $\{v_i(y_j)\}$, где v_i есть решение задачи

$$\lambda v_i - L v_i = \delta(x - d_i), B v_i|_r = 0.$$

Фиксируем $p \in (1, n/(n-1))$. Тогда справедлива теорема [16].

Теорема 1. Пусть $T = \infty$ и выполнены условия (4), (7), (10) и $y_i \in K$ для всех $i=1, 2, \dots, r$. Тогда найдется $\lambda_0 \geq 0$ такое, что при $\lambda \geq \lambda_0$ и выполнении условий (5), (6), (9) существует единственное решение задачи (1)–(3) такое, что $u = w_0 + w$, w_0 есть решение вспомогательной задачи (8), $e^{-\lambda t} w_0 \in W_2^{1,2}(Q)$, $e^{-\lambda t} \vec{N} \in L_2(0, \infty)$, $e^{-\lambda t} w \in L_2(0, \infty; W_p^1(G))$, $e^{-\lambda t} w_i \in L_2(0, \infty; W_{p,B}^{-1}(G))$, $e^{-\lambda t} w \in W_2^{1,2}(Q_\varepsilon)$ для всех $\varepsilon > 0$.

Здесь пространство $W_{p,B}^{-1}(G)$ есть двойственное пространство к $W_2^1(G)$ в случае условия Дирихле и к $W_2^1(G)$ в случае условий Неймана или Робина.

Теорема останется справедливой и в случае конечного интервала $(0, T)$ (см. [16]). Несмотря на то, что мы рассматриваем случай не зависящих от t коэффициентов, расчеты показывают, что на нее можно опираться при рассмотрении вопросов единственности решений. В общем случае, в зависимости от расположения точек замеров $\{b_j\}$, может иметь место неединственность решений, и примеры легко строятся.

Описание алгоритма решения задачи

Опишем численный алгоритм. Считаем, что пространственная область имеет вид $G = \Omega \times (0, T)$ в случае $n=3$ и G – прямоугольник в случае $n=2$. Положим $\Gamma = \partial G, S = (0, T) \times \Gamma$. Опишем метод и результаты численных экспериментов в случае $n=2, G$ – круг радиуса 2 с

центром в 0. Естественным образом считаем, что функция c_i строго положительна. Начально-краевые условия имеют вид:

$$u|_{t=0} = u_0(x), \frac{\partial u}{\partial N}|_S = 0,$$

где производная есть производная по нормали. Для численного решения используем метод конечных элементов. Определению подлежат решение u и неизвестные функции α_i в правой части уравнения (1). Опишем метод решения прямой задачи. Задана триангуляция области G и соответствующий базис метода конечных элементов $\{\varphi_i\}_{i=1}^N (\varphi_i|_{\Gamma}=0)$. Узлы сетки обозначим через $\{b_i\}$. Без ограничения общности считаем, что точки $b_j (j=1, 2, \dots, r)$ совпадают с точками источников, а точки $\{y_i=(y_i^1, y_i^2)\}$ – с точками $b_{N-r+1}, \dots, b_N$. Пусть $b_i=(x_i^1, x_i^2)$.

Прежде чем приводить метод решения, приведем дополнительную замену

$$v = u - \Phi, \Phi = \sum_{i=N-r+1}^N \psi_i(t) \frac{(x_1^2 + x_2^2 - 4)^2 \prod_{j \neq i} |x - b_j|^2}{((x_1^1)^2 + (x_2^1)^2 - 4)^2 (x_1^1 - X)^2 \prod_{j \neq i} |b_i - b_j|^2}.$$

Функция v есть решение задачи

$$Mv = f - M(\Phi) = f_0$$

$$v(y_i, t) = 0, i = 1, 2, \dots, r, y_i \in G$$

$$v|_{t=0} = u_0(x) - \Phi(0, x) = v_0(x), \frac{\partial v}{\partial N}|_S = 0$$

Ищем приближенное решение в виде $v = \sum_{i=1}^N C_i(t) \varphi_i$.

Для удобства далее считаем, что точки y_i совпадают с узлами сетки $b_{N-r+1}, \dots, b_N$. Функции C_i определяем из системы

$$R_0 \vec{C}_i + R_1(t) \vec{C} = \vec{F} + \vec{f}_0, \vec{C} = (C_1, C_2, \dots, C_N)^T, \quad (11)$$

где $\vec{F}$ имеет координаты $F_j = \alpha_j(t)$ для $j \leq r$ и $F_j = 0$ при $j > r$, и координаты $\vec{f}_0$ имеют вид

$$f_j = (f_0(t, x), \varphi_j) = \int_G f_0(t, x) \varphi_j dx,$$

R_0 – матрица с элементами $r_{ij} = (\varphi_i, \varphi_j) = \int_G \varphi_i(x) \varphi_j(x) dx$, R_1 – матрица с элементами

$$R_{jk} = (c_1(t, x) \varphi_{kx_1}, \varphi_{jx_1}) + (c_2(t, x) \varphi_{kx_2}, \varphi_{jx_2}) + (b(t, x) \nabla \varphi_k, \varphi_j) + (a(t, x) \varphi_k, \varphi_j) \quad (12)$$

Имеем, что $\vec{C}(0) = (v_0(b_1), v_0(b_2), \dots, v_0(b_N))^T$. Решение системы ищем методом конечных разностей. Пусть $\tau = T/M$ – шаг по времени. Заменим уравнение (11) системой

$$R_0 \frac{\vec{C}_{i+1} - \vec{C}_i}{\tau} + A_{i+1} \vec{C}_{i+1} = \vec{F}_{i+1} + \vec{f}_{i+1}, \vec{C}_i = (C_i^1, \dots, C_i^N)^T, i = 0, 1, 2, \dots, M-1,$$

где $C_i^k \approx C_k(\tau i)$, $\vec{F}_i \approx \vec{F}(\tau i)$, $\vec{f}_i = \vec{f}_0(\tau i)$, $A_i = R_1(\tau i)$. Систему (12) можно записать в виде

$$R_{i+1} \vec{C}_{i+1} = \tau \vec{F}_{i+1} + \tau \vec{f}_{i+1} + R_0 \vec{C}_i, C_i^k = C_k(\tau i), \vec{C}_i = (C_i^1, \dots, C_i^N)^T, i = 0, 1, 2, \dots, M-1 \quad (13),$$

где $R_{i+1} = R_0 + \tau A_{i+1}$. Опишем алгоритм решения обратной задачи.

Пусть $\vec{\alpha}(t) = (\alpha_1(t) \dots \alpha_r(t))^T$, $\vec{\alpha}_i = (\alpha_i^1 \dots \alpha_i^r) \approx \vec{\alpha}(\tau i)$.

В силу условий переопределения должно быть выполнено, что $C_k^{N-r+i} = 0$. Определим начальные данные. Имеем $C_0^k = v_0(b_k)$ при $k = 1, \dots, N$.

Предположим, что мы нашли векторы $\vec{\alpha}_i$, $\vec{C}_i$. Ищем величину $\vec{C}_{i+1}$ из системы

$$R_{i+1} \vec{C}_{i+1} = \tau \vec{F}_{i+1} + \tau \vec{f}_{i+1} + R_0 \vec{C}_i. \quad (14)$$

Вектор $\vec{\alpha}_{i+1}$ определяем из системы

$$\tau B_{i+1} \vec{\alpha}_{i+1} = -\tau \Phi_0 R_{i+1}^{-1} \vec{f}_{i+1} - \Phi_0 R_{i+1}^{-1} R_0 \vec{C}_i, \quad (15)$$

где $r \times r$ матрица имеет вид $B_{i+1} = \Phi_0 R_{i+1}^{-1} \Phi_1$, где Φ_0 – матрица $r \times N$, в первых $N-r$ столбцах которой стоят нули, а в последних r столбцах стоит единичная матрица размера $r \times r$, Φ_1 матрица $N \times r$, в последних $N-r$ строках стоят нули, а в первых r строках стоит единичная матрица размера $r \times r$. Матрица B_i может быть сингулярной (с малыми элементами). Однако для корректности задачи мы считаем, что $\det B_i \neq 0$ для всех i . В ряде случаев это действительно так. Вместо системы рассмотрим ее регуляризацию. Матрица B_{i+1} малой размерности. Регуляризация имеет вид

$$\tau (B_{i+1}^* B_{i+1} + \varepsilon) \vec{\alpha}_{i+1} = -\tau B_{i+1}^* \Phi_0 R_{i+1}^{-1} \vec{f}_{i+1} - B_{i+1}^* \Phi_0 R_{i+1}^{-1} R_0 \vec{C}_i, \quad (16)$$

где B_{i+1}^* – сопряженная матрица. Определив вектор α_{i+1} , найдем вектор C_{i+1} из (13).

Опишем некоторые свойства алгоритма. Как видно, если не использовать регуляризацию, то задача решается единственным образом (уравнение (15) имеет единственное решение), если $\det B_i \neq 0$. Предположим, что это условие выполнено. Пусть P_0 – проектор в $\mathbb{R}^N$, сопоставляющий вектору $\vec{v}$ вектор, у которого первые $N-r$ нулевые, а остальные совпадают с координатами $\vec{v}$. Его можно задать в виде матрицы, в которой $p_{ij}^0 = \delta_{ij}$ при $i, j = N-r+1, \dots, N$, а остальные элементы p_{ij}^0 равны нулю. Пусть также P_1 – аналогичный проектор, использующий первые r координат данного вектора: $p_{ij}^1 = \delta_{ij}$ при $i, j = 1, \dots, r$, а остальные элементы p_{ij}^1 равны нулю. Тогда систему (15) можно записать в виде

$$\tau P_0 R_{i+1}^{-1} P_1 \vec{F}_{i+1} = \tau P_0 R_{i+1}^{-1} \vec{f}_{i+1} + P_0 R_{i+1}^{-1} R_0 \vec{C}_i, B_{i+1} = P_0 R_{i+1}^{-1} P_1.$$

Чтобы не загромождать изложение, мы сохранили то же обозначение для новой матрицы B_{i+1} , которая здесь уже отлична от определенной в (15). Имеем, что $\det B_{i+1} = 0$, но в силу наших предположений $\ker B_{i+1} = \{\vec{C} : P_i \vec{C} = 0\}$. В качестве скалярного произведения в $\mathbb{R}^N$ можно рассматривать обычное скалярное произведение $(\cdot, \cdot)$, а можно и скалярное произведение вида $\langle \vec{C}, \vec{V} \rangle = (R_0 \vec{C}, \vec{V})$. В первом случае $B_{i+1}^* = P_i (R_{i+1}^*)^{-1} P_0$, во втором случае $B_{i+1}^* = (P_i)^* (R_{i+1}^*)^{-1} (P_0)^*$. По определению, в первом случае $P_i = (P_i)^*$ и $\ker B_{i+1}^* = \{\vec{C} : P_0 \vec{C} = 0\}$ во втором случае и $\ker B_{i+1}^* = \{\vec{C} : (P_0)^* \vec{C} = 0\}$ во втором. Оператор B_{i+1} отображает $H_0 = (\ker B_{i+1})^\perp$ на $H_1 = (\ker B_{i+1}^*)^\perp$. Здесь $\ker B_{i+1} = \{\vec{C} : P_i \vec{C} = 0\}$, соответственно, $(\ker B_{i+1})^\perp = \{\vec{V} : P_i^* \vec{V} = \vec{V}\}$. Действительно, $\langle \vec{V}, \vec{C} \rangle = \langle P_i^* \vec{V}, \vec{C} \rangle = 0$. Обратно, если $\langle \vec{V}, \vec{C} \rangle = 0$ для всех $\vec{C} \in \ker B$, то $\vec{C} = (I - P_i) \vec{g}$ и $\langle \vec{V}, (I - P_i) \vec{g} \rangle = 0$. Тогда $(I - P_i^*) \vec{V} = 0$. Поскольку матрица B_{i+1} сингулярная, берем в качестве решения системы (15) (оно находится неоднозначно) вектор

$$\tau \vec{a}_{i+1} = -(B_{i+1}^* B_{i+1})^{-1} B_{i+1}^* (\tau P_0 R_{i+1}^{-1} \vec{f}_{i+1} + P_0 R_{i+1}^{-1} R_0 \vec{C}_i),$$

который выбирается исходя из включения $\vec{a}_{i+1} \in H_0$, т. е. $P_i \vec{a}_{i+1} = \vec{a}_{i+1}$. Подставляя это решение в систему (14), получим

$$\begin{aligned} \vec{C}_{i+1} = & \tau (R_{i+1}^{-1} \vec{f}_{i+1} - R_{i+1}^{-1} (B_{i+1}^* B_{i+1})^{-1} B_{i+1}^* P_0 R_{i+1}^{-1} \vec{f}_{i+1}) \\ & + R_{i+1}^{-1} R_0 \vec{C}_i - R_{i+1}^{-1} (B_{i+1}^* B_{i+1})^{-1} B_{i+1}^* P_0 R_{i+1}^{-1} R_0 \vec{C}_i \end{aligned}$$

Пусть $P = R_{i+1}^{-1} (B_{i+1}^* B_{i+1})^{-1} B_{i+1}^* P_0$. Тогда последнее равенство можно записать в виде

$$\vec{C}_{i+1} = \tau (I - P) R_{i+1}^{-1} \vec{f}_{i+1} + (I - P) R_{i+1}^{-1} R_0 \vec{C}_i. \quad (17)$$

Отметим, что оператор $I - P$ есть проектор, т. е. $P^2 = P$. Более того, имеет место равенство $P_0 (I - P) = 0$, т. е. $R(I - P) \subset \ker P_0$. Действительно,

$$\begin{aligned} P^2 = & R_{i+1}^{-1} (B_{i+1}^* B_{i+1})^{-1} B_{i+1}^* P_0 R_{i+1}^{-1} (B_{i+1}^* B_{i+1})^{-1} B_{i+1}^* P_0 = \\ & R_{i+1}^{-1} (B_{i+1}^* B_{i+1})^{-1} B_{i+1}^* B_{i+1} (B_{i+1}^* B_{i+1})^{-1} B_{i+1}^* P_0 = P. \end{aligned}$$

Приведенные выше рассуждения показывают (см. равенство (17) Лемма 1. Оператор перехода с одного временного слоя на другой, определенный равенством (17), отличается от стандартного для прямой задачи лишь наличием конечномерного проектора P , размерность которого не увеличивается с уменьшением параметров сетки и параметра τ .

Опишем условия невырожденности матрицы B_i . Пусть функция v_i – решение эллиптической задачи с параметром

$$M v_i = \frac{1}{\tau} - L(t, x) v_i = \delta(x - d_i), v|_\Gamma = 0.$$

При решении этой задачи методом конечных элементов ищем решение в виде $\vec{v}_i = \sum_{j=1}^N C_j^i(t) \varphi_j$, где векторы $\vec{C}_i$ определяются как $\vec{C}_i = \tau R^{-1} F_i$, где F_i совпадает с базисным вектором i , координата которого совпадает с 1, а остальные координаты – нули. Матрица R зависит от t как от параметра и совпадает в точках $t_k = \tau k$ с матрицей R_k , определенной выше. В случае регулярного семейства конечных элементов можно показать, что будет иметь место сходимость элементов $\{\vec{v}_i(t, y_j)\} = C_j^i(j = N - r + 1, \dots, N, i = 1, 2, \dots, r)$ к элементам матрицы $\{v_i(t, y_j)\}$ при каждом t , в том числе и в точках $t = t_k$ (см. теоремы 3.1.5, 3.1.6 в [19]). В случае $L = \Delta$, построив матрицу A_0 , которая в данном случае будет зависеть от t , а роль параметра λ будет играть роль параметр $1/\tau$, мы придем к условию:

при всех $\tau \leq \tau_0$ с некоторым $\tau_0 > 0$ и всех $t \in [0, T]$, $\det A_0 \neq 0$.

В общем случае возникает условие: при каждом $t \in [0, T]$ и всех $\tau \leq \tau_0$ с некоторым $\tau_0 > 0$

$$\det \tilde{A}_0 \neq 0, \tilde{A}_0 = \{v_i(y_j)\}, (j = N - r + 1, \dots, N, i = 1, 2, \dots, r).$$

Это условие есть достаточное условие разрешимости системы (15). Однако даже при выполнении этого условия матрица B_i все же может быть плохо обусловленной. Поэтому мы используем регуляризацию (см. равенство (16)).

Запись алгоритма в случае граничного условия Неймана или Робина имеет тот же вид.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В этом разделе проанализируем результаты численных экспериментов, полученных в рамках решения прямой и обратной задачи, в рамках экспериментов на ЭВМ. Характеристики испытуемой ЭВМ: процессор: Intel i5 9500; ОЗУ: 16,00 ГБ; тип системы: Windows 10. Численные эксперименты были проведены в программном комплексе MATLAB 2024a.

Возьмем в качестве области G круг $|x| = 2$, примерная сетка указана на рис. 1. Возьмем $T = 5$ и рассмотрим однородное условие Дирихле. В качестве коэффициентов $a_0 = (t+1)(x^2+1)$, $a_1 = 2/(t^2+1)$, $a_2 = (t+1)(x+1)$, $c_1 = (t-1)^2$ $c_2 = 2t+1$.

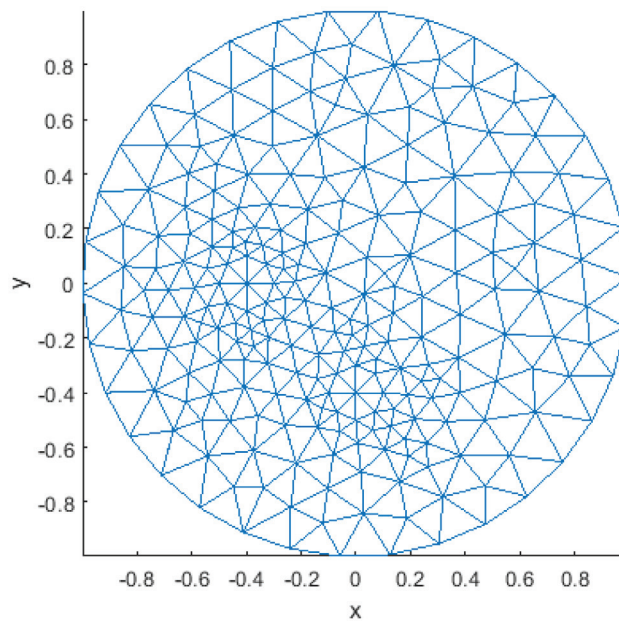


Рисунок 1. Количество узлов сетки 530

Первая группа вычислений

Для первой группы экспериментов берем $u = (x^2 + y^2 - 4)^2 (t^2 + t)$, $\alpha_1 = t^3 + t$, $\alpha_2 = \frac{10 + \cos(3t)}{\exp(t)}$. Точки d_i имеют координаты: (0; -0,4) и (-0,4; 0).

$$f_0 = t(x^2 + y^2) - 1 - ((x)((t^2 + 2)) - ((y)((t - 2)^3)).$$

Возьмем в качестве параметра $\varepsilon_a = \max_i (\max_j |\alpha^j(i\tau) - \alpha_i^j|)$ – ошибка вычисления

функции α_i в граничном условии, где $\alpha_i^j \approx \alpha^j(\tau_i)$ – результаты вычисления. Процесс вычисления прекращается после того, как ε_a становится меньше $\varepsilon_0 = 10^{-3}$.

Результат восстановления искомых функций представлен на рисунке 2. Зеленым обозначены найденные функции, красным – эталонные.

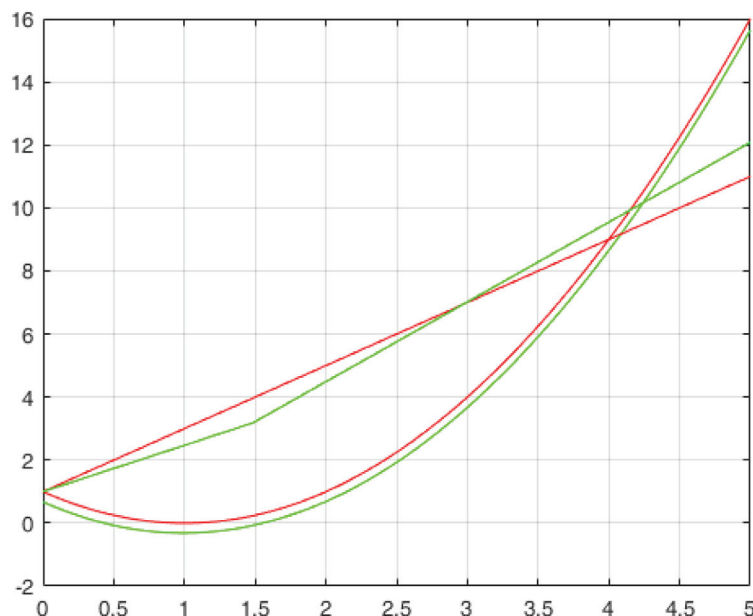


Рисунок 2. Результат вычисления первой группы

Далее были добавлены источники генерации шума – в возмущение значений «данных с датчиков» добавляется случайный шум

$\text{noise} \in (-\delta; \delta)$, где δ – процентное выражение отклонения. Итоговая функция принимает вид $\psi_i(j\tau) = \psi_i(j\tau)(1 + \text{noise}(j\tau))$, $j = 1, \dots, M$. Мы

проводим расчеты с различным уровнем шума (добавляемый шум строится при помощи функции random пакета «Матлаб»). Результат

вычислений с шумом 3 % ($\delta=0.03$) представлен на рисунке 3 и с шумом 10 % ($\delta=0.1$) – на рисунке 4.

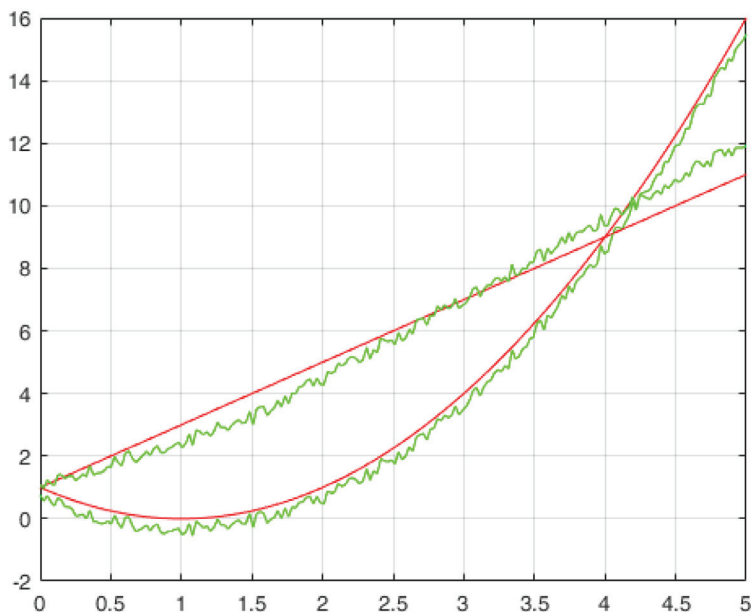


Рисунок 3. Результат вычисления первой группы с добавлением шума 3 %

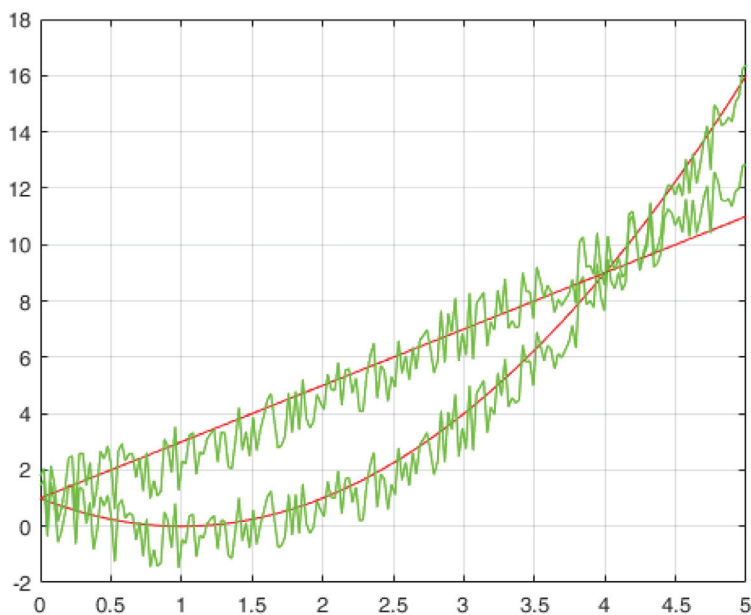


Рисунок 4. Результат вычисления первой группы с добавлением шума 10 %

Вторая группа вычислений

Для второй группы экспериментов $u = \cos \pi(x^2 + y^2)t$ построение ведется на той же сетке (рисунок 1), возьмем те же самые начальные условия и параметры уравнения, функции α_i имеют вид: $\alpha_1 = (t-1)^2$, $\alpha_2 = t^2 + 1$. Коэффициенты те же самые, что и в первом случае. $f_0 = (x+1)(y+1)(t+1) - ((x)(t^2+2) - ((y)((t-2)^3)))$.

Для повышения точности было решено увеличить точность расчетов и взять значение $\varepsilon_0 = 10^{-4}$. Результат построения представлен на рисунке 5, зеленым обозначены найденные функции, красным – эталонные. Как можно заметить, графики сходятся намного лучше.

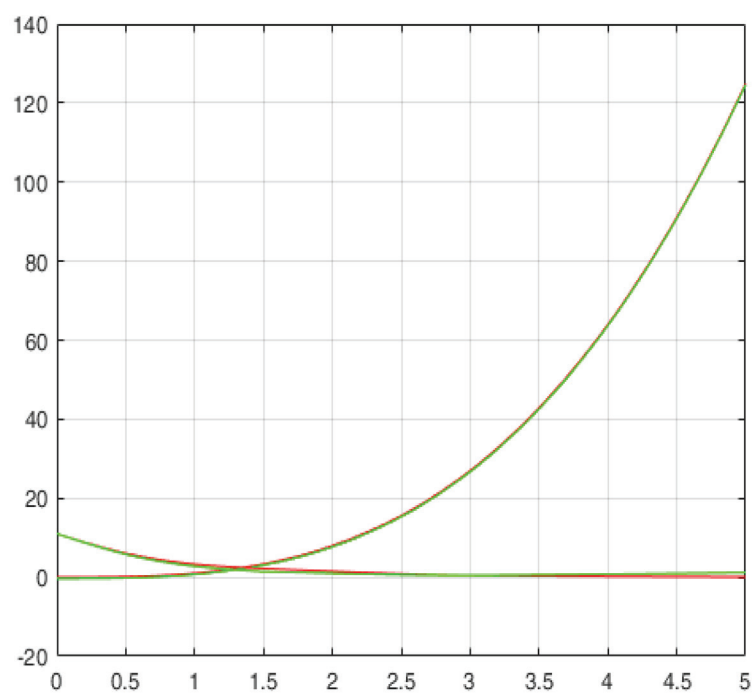


Рисунок 5. Результат вычисления второй группы

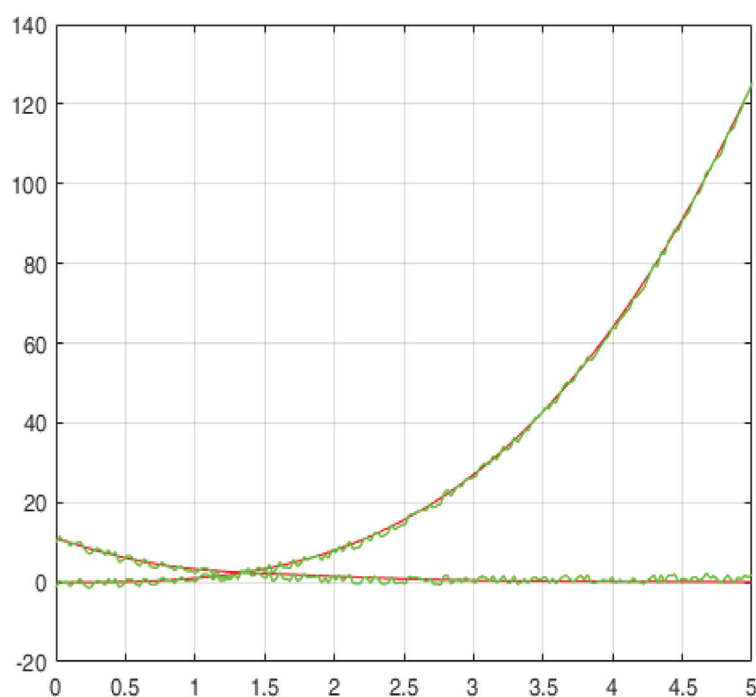


Рисунок 6. Результат вычисления второй группы с добавлением шума 3 %

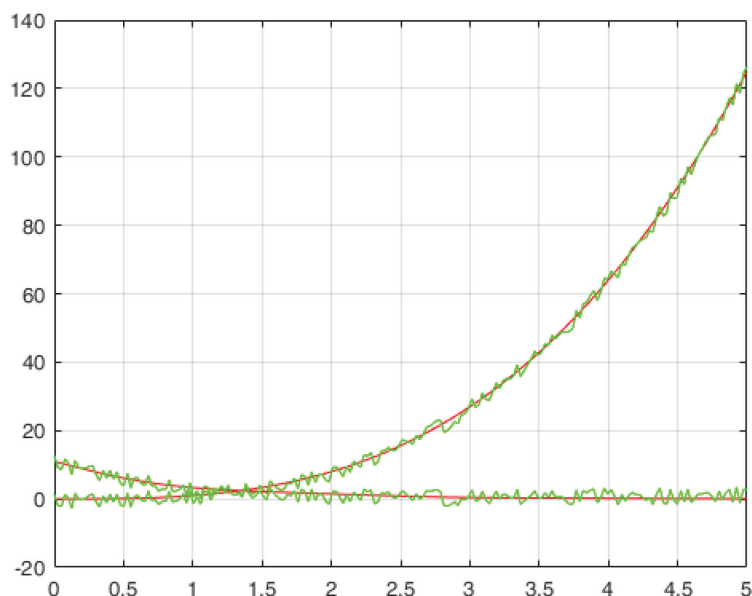


Рисунок 7. Результат вычисления второй группы с добавлением шума 10 %

Для данных 2 группы было проведено 15 экспериментов, по результатам которых собрана следующая статистика: средняя ошибка равна 0,0035, среднее время выполнения – 2,2 с; при добавлении шума 3 % показатели такие: средняя ошибка равна 0,0045, среднее время выполнения – 3,5 с; при добавлении шума 10 % средняя ошибка равна 0,0037, время выполнения – 5,1 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОоды

В работе рассмотрен вопрос о численном определении точечных источников (правой части специального вида) в обратных задачах тепломассопереноса. Описаны некоторые теоретические результаты, численный алгоритм и условия единственности решений. Приведены результаты численных экспериментов, которые показали, что алгоритм сходится и решение определяется устойчиво при случайном возмущении данных задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Marchuk, G. I. *Mathematical Models in Environmental Problems* / G. I. Marchuk. – Amsterdam : Elsevier Science Publishers, 1986. – 217 p.
2. Ozisik, M. N. *Inverse Heat Transfer* / M. N. Ozisik, H. R. B. Orlande. – New York : Taylor & Francis, 2000. – 297 p.
3. Алифанов, О. М. Обратные задачи сложного теплообмена / О. М. Алифанов, Е. А. Артюхов, А. В. Ненарокомов. – Москва : Янус-К, 2009. – 299 с. – Текст : непосредственный.
4. Панасенко, А. Е. Численное решение некоторых обратных задач с различными типами источников атмосферного загрязнения / А. Е. Панасенко, А. В. Старченко. – Текст : непосредственный // Вести Томского государственного университета. Математика и механика. – 2008. – № 2 (3). – С. 47–55.
5. Пененко, В. В. Вариационные методы усвоения данных и обратные задачи для изучения атмосферы, океана и окружающей среды / В. В. Пененко. – Текст : непосредственный // Сибирский журнал вычислительной математики. – 2009. – Т. 2, № 4. – С. 341–351.
6. Deng, X. On linear finite elements for simultaneously recovering source location and intensity / X. Deng, Y. Zhao, J. Zou // *International Journal of Numerical Analysis and Modeling*. – 2013. – Vol. 10, № 3. – P. 588–602.
7. Пененко, А. В. Алгоритмы локализации источников загрязнения атмосферного воздуха на основе данных автоматизированной системы экологического мониторинга / А. В. Пененко, С. К. Рахметуллина. – Текст : непосредственный // Сибирские электронные математические известия. – 2013. – Т. 10. – С. 35–54.
8. Badia, A. El. Identification of a point source in a linear advectiondispersionreaction equation: application to a pollution source problem / A. El. Badia, T. Ha-Duong, A. Hamdi // *Inverse Problems*. – 2005. – Vol. 21, № 3. – P. 1121–1136.
9. Badia, A. El. Inverse source problem in an advection-dispersion-reaction system: application to water pollution / A. El. Badia, A. Hamdi // *Inverse Problems*. – 2007. – Vol. 23. – P. 2103–2120.
10. Badia, A. El Inverse source problem for the heat equation: application to a pollution detection problem / A. El Badia, T. Ha-Duong // *Journal of Inverse and Ill-posed Problems*. – 2002. – Vol. 10, № 6. – P. 585–599.
11. Badia, A. El An inverse source problem in potential analysis / El Badia, T. Ha-Duong // *Inverse Problems*. – 2000. – Vol. 16, Iss. 3. – P. 651–663.

12. Ling, L. Point sources identification problems for heat equations / L. Ling, T. Takeuchi // Communications in Computational Physics. – 2009. – Vol. 5, № 5. – P. 897–913.
13. Pyatkov, S. G. Point sources recovering problems for the one-dimensional heat equation / S. G. Pyatkov, E. I. Safonov // Journal of Advanced Research in Dynamic al and Control Systems. – 2019. – Vol. 11, Iss. 01. – P. 496–510.
14. Pyatkov, S. G. On some asymptotic representations of solutions to elliptic equations and their applications / S. G. Pyatkov, L. V. Neustroeva // Complex Variables and Elliptic Equations. – 2021. – Vol. 66, № 6-7. – P. 964–987.
15. Баранчук, В. А. О некоторых классах обратных задач с точечным переопределением для математических моделей тепломассопереноса / В. А. Баранчук, С. Г. Пятков. – Текст : непосредственный // Вестник ЮГУ. – 2020. – № 3. – С. 38–48.
16. Пятков, С. Г. О разрешимости обратных задач об определении точечных источников / С. Г. Пятков, Л. В. Неустроева. – Текст : непосредственный // Математические заметки СВФУ. – 2022. – Т. 29, № 2. – С. 43–58.
17. Belonogov, V. A. On solvability of some classes of transmission problems in a cylindrical space domain / V. A. Belonogov, S. G. Pyatkov // Сибирские электронные математические известия. – 2021. – Т. 18, № 1. – С. 176–206.
18. Triebel, H. Interpolation Theory. Function Spaces. Differential Operators / H. Triebel. – Berlin : VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1978. – 532 p.
19. Ciarlet, P. G. The Finite Element Method for Elliptic Problems / P. G. Ciarlet. – Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1978. – 554 p.



Научное издание

ВЕСТНИК

ЮГОРСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

BULLETIN

YUGRA STATE UNIVERSITY

том 20, выпуск 4 (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: 20.12.2024

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)