



ВЕСТНИК

Югорского государственного университета

Основан
в 2005 году

Основные материалы номера:

- Квалификация цифровых преступлений
- Анализ и разработка моделей и методов поддержки принятия решений в области управления организационными и производственными процессами ИТ-услуг и ремонта техники
- Применение нейронных сетей для прогнозирования параметров энергопотребления
- Нанотехнологии в каталитических процессах нефтепереработки и нефтехимии: анализ рынка, существующий опыт и перспективы

2(69)

2023



ВЕСТНИК ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ВЫПУСК 2(69)/2023

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-73606 от 31 августа 2018 г.

г. Ханты-Мансийск
2023 г.

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» – главный редактор, 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» ЮУрГУ, Челябинск;

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 инженерной школы цифровых технологий ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

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 «Электро-снабжение 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 «Электроснабжение 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 ФГБОУ 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

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ
Science Index 

ISSN 1816-9228 (печатная версия)

ISSN 2078-9114 (электронная версия)

Журнал издается с 2005 года

Журнал включен в РИНЦ

© ФГБОУ ВО «Югорский
государственный университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	7
<i>Коротков М. Г., Петров А. А.</i> О некоторых подходах преобразования тестовых баллов в отметки	9
<i>Носков С. И.</i> Определение неизвестных параметров кусочно-линейной функции риска методом смешанного оценивания.....	17
<i>Ташкин А. О.</i> Анализ и разработка моделей и методов поддержки принятия решений в области управления организационными и производственными процессами ИТ-услуг и ремонта техники.....	22
<i>Шевченко А. С.</i> Вычислительные алгоритмы для одномерной МЕР модели переноса заряда в полупроводниках.....	31
НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ	43
<i>Бадамишин А. М., Поворознюк С. Н., Крутько А. А., Бургонова О. Ю.</i> Влияние непрерывных ионных пучков на изменение морфологии поверхностных слоёв и эксплуатационных свойств безвольфрамового твердого сплава марки КНТ16	45
<i>Буравлева А. А., Коростелин Р. Ильич, Буравлев И. Ю. Чуклинов С. В.</i> Получение твердого сплава WC-10мас. %Со методом искрового плазменного спекания механоактивированных порошков	53
<i>Татлыев Р. Д., Белов Д. А.</i> Нанотехнологии в каталитических процессах нефтепереработки и нефтехимии: анализ рынка, существующий опыт и перспективы.....	61
<i>Галимов Э. Р., Тюрин А. В., Гимбицкий А. В.</i> Компьютерный анализ и экспресс-оценка данных, полученных в результате измерения остаточных напряжений после виброударного упрочнения образцов	68
УГОЛОВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРАВО	75
<i>Мелюханова Е. Е.</i> Цель и задачи наказания	77

Назаренко Г. В.

Курьёзы толкования уголовно-правовых норм,
предусматривающих ответственность за кражу 83

Перина А. С.

Квалификация цифровых преступлений против личности:
проблемные вопросы..... 89

Шапошников А. С.

Социально-демографическая характеристика осужденных
за преступную рубку лесных насаждений
на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры..... 105

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА 113

Бигун А. Я., Владимиров Л. В.

Экспериментальное определение статических характеристик нагрузок в узлах системы
электропитания 6 кВ 115

Лютаревич А. Г.

Применение нейронных сетей для прогнозирования параметров электропотребления..... 124

Третьяков Е. А., Мещеряков А. В.

Повышение качества электроэнергии в системах электропитания
с резервированием от дизель-генераторных установок 133

Шувалова А. А., Полищук В. И.

Методика и устройство актуализации регулирующего эффекта
нагрузки узла энергосистемы 144

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

**О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕСТОВЫХ БАЛЛОВ В ОТМЕТКИ**

Коротков Михаил Геннадьевич

*кандидат физико-математических наук,
доцент Инженерной школы цифровых технологий,
Югорский государственный университет
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: mkorotkov@rambler.ru*

Петров Алексей Аверьянович

*кандидат физико-математических наук,
доцент Инженерной школы цифровых технологий,
Югорский государственный университет
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: averpetrov@mail.ru*

Предмет исследования: компьютерное тестирование для оценки результатов освоения учебной дисциплины в высшем учебном заведении.

Цель исследования: проблема субъективности определения пороговых значений при переводе тестовых баллов (от 0 до 100) в привычную пятибалльную шкалу отметок.

Методы и объекты исследования: предлагается применение методов математической статистики для обработки данных результатов тестирования при определении пороговых значений тестовых баллов.

Основные результаты исследования: рассмотрены и оценены подходы, применяемые в настоящее время на практике. Предложены варианты альтернативных подходов решения проблемы.

Ключевые слова: обработка статистических данных, тестирование, тестовый балл, шкала отметок, распределение по отметкам.

ABOUT SOME APPROACHES FOR CONVERTING TEST SCORES INTO GRADES

Mikhail G. Korotkov

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Associate Professor of the Engineering School of Digital Technologies,
Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: mkorotkov@rambler.ru*

Aleksey A. Petrov

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Associate Professor of the Engineering School of Digital Technologies,
Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: averpetrov@mail.ru*

Subject of research: Computer testing for evaluating the results of mastering an academic discipline in a higher educational institution.

Purpose of research: The problem of subjectivity in determining threshold values when translating test scores (from 0 to 100) into the usual five-point scale of marks.

Methods and objects of research: It is proposed to use methods of mathematical statistics for processing test results data in determining the threshold values of test scores.

Main results of research: The approaches currently used in practice are considered and evaluated. Variants of alternative approaches to solving the problem are proposed.

Keywords: processing of statistical data, testing, test score, grade scale, grade distribution.

Введение

Распространение компьютерного тестирования для оценки результатов освоения учебной дисциплины в высшем учебном заведении зачастую приводит к необходимости перевода тестовых баллов (от 0 до 100) в привычную пятибалльную шкалу отметок. В соответствии с устоявшейся на практике терминологией в статье термины «отметка» и «оценка» будут использоваться как синонимы, несмотря на их принципиальное отличие друг от друга.

Пятибалльная шкала отметок является порядковой, в то время как тестовые баллы относятся, в общем случае, к интервальной шкале. В случае результатов прохождения конкретного теста ее можно рассматривать как шкалу отношений.

Перевод баллов тестирования в отметки происходит либо с использованием таблицы или номограммы соответствия некоторого диапазона тестовых баллов отметкам, либо применяется некоторое математическое выражение, позволяющее определить отметку [1, 2, 3].

В первом случае определение интервалов, соответствующих отметкам, представляется и является субъективным и не учитывает множество скрытых факторов.

Применение математических выражений для указанных выше целей тоже не лишено недостатков. Например, в [2] предлагается соотношение вида

$$Y = 3,3 \cdot \lg \left(\frac{100}{100-X} \right), \quad (1)$$

где Y – отметка по пятибалльной шкале, X – тестовые баллы.

Здесь представлена нелинейная зависимость величины отметки от тестового балла. Если даже не учитывать проблему с областями определений и значений в (1), просматривается завышенный уровень требований к знаниям испытуемых. Например, отметке «3» соответствует значение $X = 75$, что, очевидно, сильно завышено. Кроме того, здесь не учитывается сложность конкретного теста.

В качестве еще одного варианта зависимости отметки от тестового балла в этих работах рассматривается зависимость вида

$$Y = aX^n + b, \quad (2)$$

где a, b, n – коэффициенты, подлежащие определению.

Из них нас будет интересовать коэффициент n , определяющий тип зависимости.

При $n = 1$ мы получаем линейную зависимость, $n < 1$ соответствует сублинейной зависимости, $n > 1$ дает надлинейную зависимость.

В случае линейной зависимости наблюдается прямая пропорциональная зависимость между оценками и индивидуальным тестовым баллом. Это самая простая зависимость, но на практике она, как правило, не используется.

Сублинейные зависимости означают, что при переходе к отметкам больший интерес представляет возможность лучшей классификации в области низких баллов для сложных тестов. Надлинейные зависимости предпочтительнее применять, в области высоких оценок для простых тестов.

Даже в случае применения математических выражений при переводе тестовых баллов в отметки, очевидно, сохраняется проблема субъективности выбора типа зависимости и значений используемых параметров, не говоря о признании теста простым или сложным.

Результаты и обсуждение

Постановка задачи

В данной работе авторами предпринята попытка уменьшить субъективный фактор при переводе тестовых баллов в отметки. Кроме этого, сравнить полученные результаты с ситуацией привлечения мнения экспертов по формированию таблиц перевода баллов тестирования в отметки пятибалльной шкалы.

В дальнейшем будем предполагать, что, рассматривая большое количество тестируемых, значение тестового балла можно считать непрерывной случайной величиной.

Шкала отметок, являясь порядковой, разбивает тестируемых на непересекающиеся группы, внутри каждой из них распределение тестового балла близко к нормальному закону. Это можно считать следствием ЦПТ [4], если разбиение на эти группы проведено корректно.

Вышеизложенное позволяет предположить возможность выделять интервалы тестовых баллов, соответствующих определенным отметкам поэтапно. Например, сначала выделить интервал, соответствующий отметке «2» (что иногда можно рассматривать как отметку «не зачтено»). Повторяя эту процедуру, можно выявить интервалы тестовых баллов для остальных отметок.

Пусть из k (количество тестируемых) студентов, k_1 человек получили отметку «2» (неудовлетворительно), k_2 – остальные отметки.

Предполагая нормальность распределения тестовых баллов внутри этих двух групп, обозначим μ_1, σ_1 и μ_2, σ_2 – математические ожидания и среднеквадратические отклонения. Тогда:

$$f_1(x) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu_1)^2}{2\sigma_1^2}}, \quad (3)$$

$$f_2(x) = \frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu_2)^2}{2\sigma_2^2}} \quad (4)$$

плотности распределения, а

$$F_1(x) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-\mu_1)^2}{2\sigma_1^2}} dx, \quad (5)$$

$$F_2(x) = \frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-\mu_2)^2}{2\sigma_2^2}} dx \quad (6)$$

функции распределения для каждой из этих групп, соответственно [5].

Разобьем диапазон баллов тестирования $[0, 100]$ на N промежутков одинаковой длины.

Обозначим $Fact_i$ фактическую частоту попадания в i -ый промежуток, а $Teor1_i, Teor2_i$ – теоретические частоты для первой и второй групп в отдельности.

$$Teor1_i = k_1(F_1(x_i) - F_1(x_{i-1})) \quad (7)$$

$$Teor2_i = k_2(F_2(x_i) - F_2(x_{i-1})) \quad (8)$$

Тогда теоретическая частота попадания в i -ый промежуток $Teor_i = Teor1_i + Teor2_i$.

Введем в рассмотрение квадратичный функционал

$$\Phi = \sum_{i=1}^N (Fact_i - Teor_i)^2 \quad (9)$$

Значения величин $k_1, k_2, \mu_1, \mu_2, \sigma_1, \sigma_2$ находим, минимизируя функционал (9) [6], учитывая их неотрицательность, требования к математическим ожиданиям $\mu_1 < \mu_2 \leq 100$ и ограничения на среднеквадратические отклонения с учетом «правила трех сигм» для попадания теоретических баллов в диапазон от 0 до 100.

Граничное значение тестового балла, разделяющее отметку «2» от остальных находим как локальный минимум функции

$$h(x) = k_1 f_1(x) + k_2 f_2(x). \quad (10)$$

Проиллюстрируем изложенное выше на примере реального тестирования в ЮГУ (по естественно-научной дисциплине), в котором $k = 130$, $N = 10$.

Фактическое распределение результатов тестирования представлено на Рис. 1, а в Таб. 1 – значения статистик.

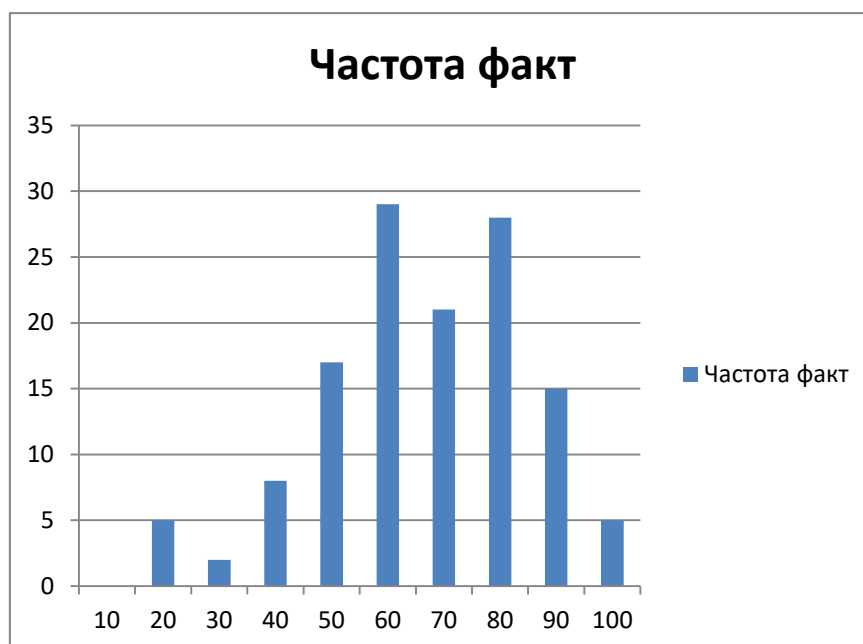


Рисунок 1 – Фактическое распределение результатов тестирования

Таблица 1

Среднее	61,67
Медиана	62,96
Стандартное отклонение	18,03
Асимметричность	-0,46
Минимум	12,96
Максимум	96,30
Счет	130

Наблюдаемая существенная отрицательная асимметричность позволяет предположить наличие в выборке группы студентов, получивших низкие тестовые баллы. Этот же факт наблюдается и на Рис. 1.

Теоретические и фактические частоты представлены на Рис. 2. Теоретические частоты получены в результате минимизации функционала (9).

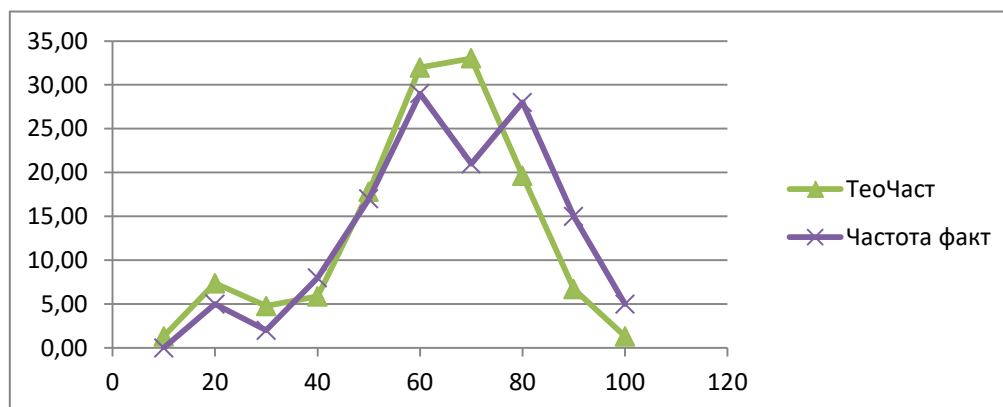


Рисунок 2 – Теоретические и фактические частоты

Граничное значение тестового балла, разделяющее отметку «2» от остальных, находим как локальный минимум функции (10). В нашем примере пороговое значение отметок «3» и выше равно 29,07 (смотри Рис. 3). При необходимости пороговое значение округляется.

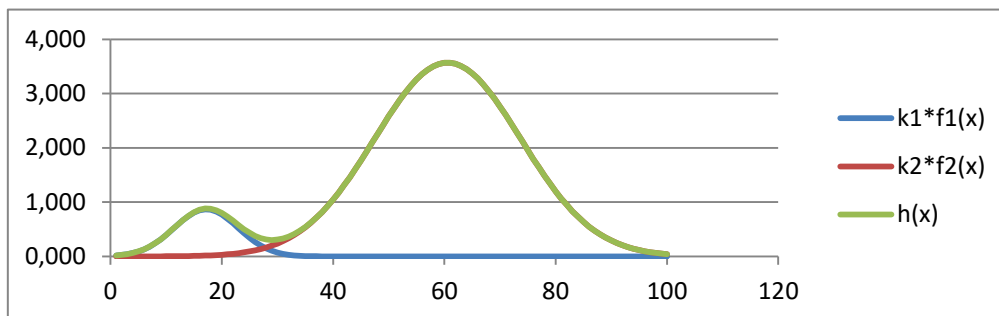


Рисунок 3

В итоге количество студентов, получивших отметку «2», оказалось равным 7. Распределение остальных студентов представлено на Рис. 4, а в Таб. 2 – значения соответствующих статистик.



Рисунок 4

Таблица 2

Среднее	64,09
Медиана	62,96
Стандартное отклонение	15,27
Асимметричность	0,01
Минимум	30,56
Максимум	96,30
Счет	123

Повторяя процедуру выделения пороговых значений тестовых баллов сначала для отметки «4», а затем для отметки «5», были найдены значения 64,59 и 80,14, соответственно. В результате применения рассматриваемого подхода в данном примере получено следующее распределение студентов по отметкам: Рис. 5, Таб. 3.

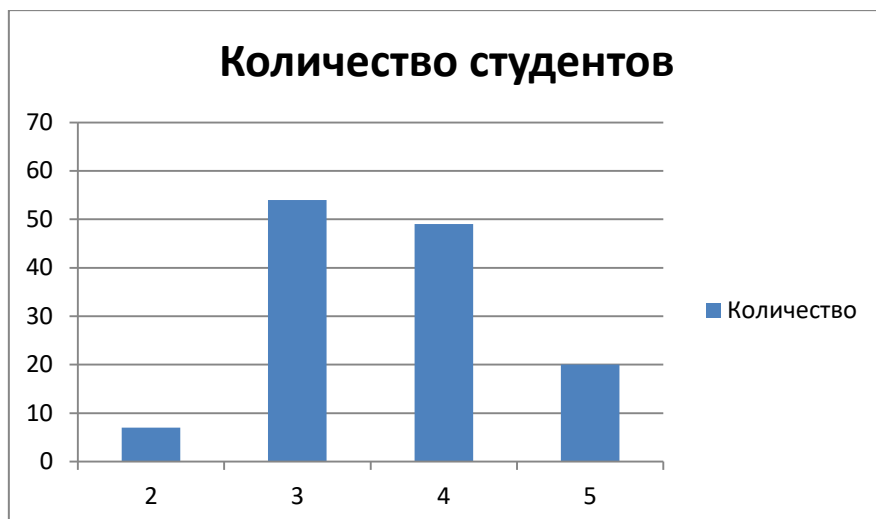


Рисунок 5

Таблица 3

Отметка	Количество студентов
2	7
3	54
4	49
5	20

Чтобы сравнить полученные результаты с ситуацией привлечения экспертного мнения по формированию таблиц перевода баллов данного теста в отметки пятибалльной шкалы, в Таб. 4 представлены пороговые значения, предложенные шестью экспертами.

Таблица 4

Отметка	Эксперт А	Эксперт Б	Эксперт В	Эксперт Г	Эксперт Д	Эксперт Е
3	45	40	50	55	60	45
4	60	60	70	75	75	70
5	75	70	90	90	90	85

Как видно из таблицы, субъективные мнения экспертов о сложности теста и требованиях к освоению учебной дисциплины существенно различаются, что вполне ожидаемо. Распределения студентов по отметкам в зависимости от эксперта представлены на Рис. 6, а на Рис. 7 – распределение при пороговых значениях, усредненных по экспертам. Усреднение проводилось посредством нахождения простого среднего арифметического, что не могло учесть различия в квалификации привлеченных экспертов.

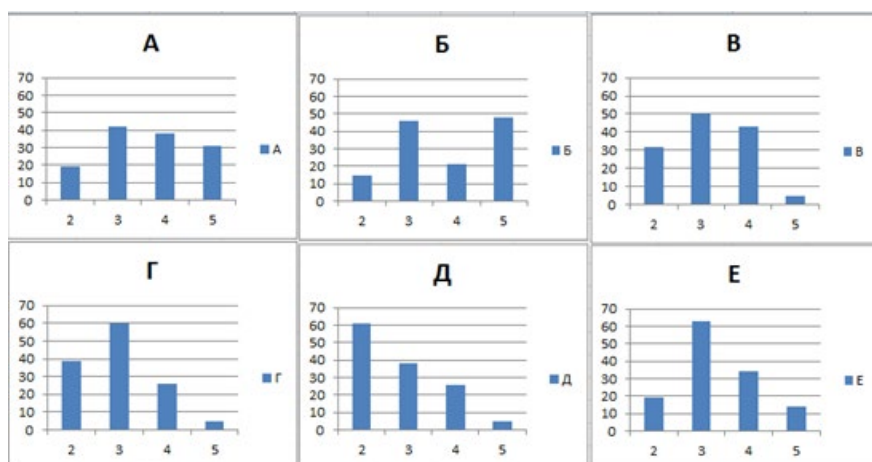


Рисунок 6

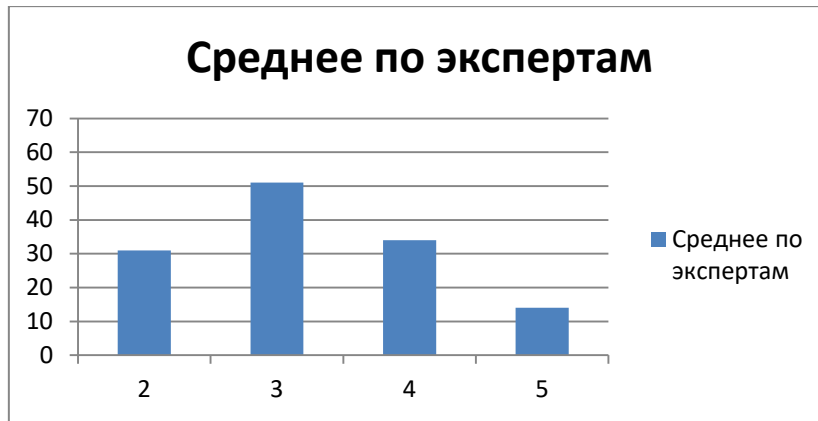


Рисунок 7

Все распределения студентов по отметкам, полученные с учетом мнения экспертов, включая осредненное, статистически (при 1% уровне значимости) отличаются друг от друга. И нет объективных оснований предпочесть мнение одного эксперта или выбрать осредненное.

Заключение и выводы

Рассмотренная в работе проблема перехода от тестовых баллов, полученных студентом в результате прохождения теста по учебной дисциплине, к пятибалльной шкале отметок имеет несколько аспектов. Перечислим некоторые, лежащие на поверхности. С одной стороны, правила перевода тестовых баллов в отметки должны быть сформулированы до начала прохождения теста. В этом случае невозможно избавиться от крайней субъективности, формулируя их как жесткие или в форме "рекомендаций". С другой стороны, попытка уменьшить влияние субъективного фактора в этом вопросе, предложенная в данной работе, предполагает многократное использование конкретного теста с предварительным его прохождением для накопления достаточной статистики. И только после этого проведения тестирования "на отметку" с четкими правилами. Но и в этом случае проблема субъективности не решается в полной мере. Например, остается открытым вопрос выбора количества интервалов N . Вероятно, можно попытаться решить его, применяя инструменты математической статистики.

По мнению авторов, возможен несколько иной подход к компьютерному тестированию, как инструменту проверки уровня освоения учебной дисциплины, неявно включающий в себя элементы классического экзамена. Он заключается в использовании многоуровневого тестирования. Тестируемый должен последовательно пройти задания уровня отметки "3", уровня "4" и уровня "5", причем, переход к следующему уровню становится возможным только при условии получения "зачета" по предыдущему. Тестовые задания различных уровней должны не пересекаться, различаться по типу и возрастать по степени сложности при возрастании уровня отметки. Наиболее напрашивающимся такой подход представляется при изучении естественно-научных дисциплин. Например, к уровню "3" можно отнести задания теста, относящиеся к определениям изучаемых в дисциплине объектов, терминологии, понятийному аппарату. Без прохождения этого уровня бессмысленно говорить о более сложных вещах. На уровне "4" задания относятся к свойствам изучаемых объектов и их взаимодействию друг с другом. Уровень "5" предполагает применение знаний при решении практических и ситуационных задач.

Многоуровневый подход, по-видимому, исключит ситуацию, когда в рамках одного теста студент может, например, верно сформулировать условие монотонности дифференцируемой функции, дав перед этим неверные определения понятиям "функция", "монотонность", "дифференцируемость".

Создание многоуровневого теста для проверки уровня освоения учебной дисциплины технически, очевидно, более трудоемко по сравнению с "обычным" тестом. Тем не менее,

определение порогового значения для получения «зачета» в рамках одного уровня является более простой задачей, чем выделение уровней отметок "3", "4", "5".

Литература

1. Дубас, В. Об оценивании знаний при программированном контроле / В. Дубас. – Текст : непосредственный // Физика в школе. – 1990. – № 3. – С. 83.
2. Молибог, А. Г. Программированное обучение (вопросы научной организации педагогического труда) / А. Г. Молибог. М., Высшая школа, 1967. – 243 с. – Текст : непосредственный.
3. Звонников, В. И. Контроль качества обучения при аттестации (компетентностный подход) / В. И. Звонников, М. Б. Чельшкова. – М. : Логос, 2009. – 272 с. – Текст : непосредственный.
4. Чистяков, В. П. Курс теории вероятностей / В. П. Чистяков. – М.: Наука, 1987. – Текст : непосредственный.
5. Ивченко, Г. И. Математическая статистика : учеб. / Г. И. Ивченко, Ю. И. Медведев. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 352 с. – Текст : непосредственный.
6. Шукаев, Д. Н. Прикладные методы оптимизации : учеб. / Д. Н. Шукаев. – М. : Издательский дом Академии Естествознания, 2017. – Текст : непосредственный.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИЗВЕСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ
КУСОЧНО-ЛИНЕЙНОЙ ФУНКЦИИ РИСКА
МЕТОДОМ СМЕШАННОГО ОЦЕНИВАНИЯ**

Носков Сергей Иванович

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

Предмет исследования: задача определения параметров кусочно-линейной функции риска.

Цель исследования: применить аппарат линейно-булевого программирования для решения этой задачи.

Методы и объекты исследования: объектом исследования является формализация содержательной постановки проблемы минимизации риска нежелательных последствий функционирования анализируемой системы, методами – регрессионный анализ и аппарат математического программирования.

Основные результаты исследования: описан подход к определению оценок параметров кусочно-линейной функции риска посредством применения метода смешанного оценивания, что позволяет свести эту задачу к задаче линейно-булевого программирования. Решен численный пример.

Ключевые слова: кусочно-линейная функция риска, метод наименьших модулей, метод антиробастного оценивания, метод смешанного оценивания, функция потерь, задача линейно-булевого программирования, подвыборка.

**DETERMINATION OF UNKNOWN PARAMETERS
OF A PIECEWISE LINEAR RISK FUNCTION
BY THE METHOD OF MIXED ESTIMATION**

Sergey I. Noskov

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

Subject of study: the problem of determining the parameters of a piecewise linear risk function.

The purpose of the study: apply the apparatus of linear-Boolean programming to solve this problem.

Methods and objects of research the object of the study is the formalization of a meaningful statement of the problem of minimizing the risk of undesirable consequences of the functioning of the analyzed system, the methods are regression analysis and the apparatus of mathematical programming.

The main results of the study an approach to determining estimates of the parameters of a piecewise linear risk function by using the mixed estimation method is described, which allows us to reduce this problem to a problem of linear Boolean programming. Numerical example solved.

Keywords: piecewise linear risk function, method of least modules, anti-robust estimation method, mixed estimation method, loss function, linear Boolean programming problem, subsample.

Введение

Комплексный анализ сложных систем самого различного характера часто предполагает необходимость изучения некоторых аспектов их функционирования, связанных с риском. Весьма эффективны при этом методы математического моделирования. Так, в работе [1] представлена новая байесовская структура вывода, которая обеспечивает «подгонку» математической модели под задачу оптимизации эффективности прогнозирования в отношении несбалансированных затрат на ошибочную классификацию в медицине. Статья [2] посвящена построению и оценке байесовского индекса для измерения риска информационной безопасности (ИБ) предприятий. Интегрируя мнения экспертов по ИБ, строится количественная модель этого байесовского индекса. Такой подход позволяет предприятиям осознать свой риск ИБ и принимать более эффективные решения для его снижения. С помощью метода Дельфи и подробных интервью с экспертами в предметной области факторы риска сгруппированы в пять категорий, охватывающих 29 элементов. В [3] с помощью стохастического подхода производится оценка экономического риска при покупке электрогенератора для обеспечения энергией в пиковое время. В [4] показано, как можно применить математический аппарат теории управляемых марковских полей для моделирования катастрофических рисков, вызванных природными явлениями или террористическими угрозами. Приведены примеры постановок задач долгосрочного инвестирования в сферу безопасности. Предлагается обзор методов решения стохастических задач оптимального управления, к которым сводятся такие постановки. В статье [5] анализ устойчивости суверенного долга выполняется с использованием стохастических коррелированных факторов риска, что позволяет фиксировать так называемые хвостовые эффекты. Публикация [6] посвящена построению экономико-математических моделей для оценки рисков при выборе стратегии развития предприятия на основе анализа его прибыли и издержек в условиях неопределённости. В [7] описаны модели оценки уровней привнесённого и собственного риска производственного звена, а также модель оценки действенности мероприятий, направленных на снижение риска. В качестве теоретической базы исследования применяются вероятностный и нечетко-множественный подходы. В статье [8] представлена методика построения количественных оценок риска и уязвимости с использованием прямого, обратного моделирования и некоторых методов теории чувствительности. В [9] описана математическая модель вычисления оценок информационных рисков транспортировки и распределении ресурсов в условиях неопределённости. Под информационными рисками при этом понимается опасность увеличения убытков или ущерба в результате применения соответствующих информационных технологий.

Результаты и обсуждение

В работах [10-12] описана кусочно-линейная регрессионная модель риска:

$$y_k = \max \{ \alpha_1 x_{k1}, \alpha_2 x_{k2}, \dots, \alpha_m x_{km} \} + \varepsilon_k, \quad k = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где k – номер наблюдения, y и x_i , $i = \overline{1, m}$ – соответственно, зависимая и независимые переменные, значения которых известны, α_i , $i = \overline{1, m}$ – подлежащие определению параметры, ε_k – ошибки приближения, n – длина выборки.

В качестве переменных y и x_i могут использоваться негативные для объекта исследования факторы, в частности убытки, уровень травматизма, уязвимость, технические сбои, ущерб и т.д.

В [10-12] представлен способ оценивания параметров модели риска (1) с помощью метода наименьших модулей (МНМ), сводящийся в этом случае к решению задачи линейно-булевого программирования (ЛБП). В настоящей работе мы рассмотрим случай определения этих оценок на основе применения метода смешанного оценивания (МСО). В работах [13-15]

он описан для решения задачи идентификации параметров линейного регрессионного уравнения:

$$y_k = \sum_{i=1}^m \alpha_i x_{ki} + \varepsilon_k, \quad k \in P = \{1, 2, \dots, n\}. \quad (2)$$

Суть МСО в простейшем случае состоит в следующем. Пусть исходная выборка данных с номерами наблюдений из индексного множества P из соображений формального или содержательного (что бывает значительно чаще) характера разделена на две непересекающиеся части (подвыборки) с номерами $N_1 = \{1, 2, \dots, \bar{n}\}$ и $N_2 = \{\bar{n} + 1, \bar{n} + 2, \dots, n\}$. При этом на подвыборке N_1 МСО «работает» как МНМ, а на N_2 – как метод антиробастного оценивания (МАО) [16-18]. Это означает, что МСО позволяет решать задачу минимизации двухкритериальной функции потерь:

$$J^1(\alpha) = \sum_{k \in N_1} |\varepsilon_k| \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$J^2(\alpha) = \max_{k \in N_2} |\varepsilon_k| \rightarrow \min. \quad (4)$$

Применение метода смешанного оценивания при решении задачи определения параметров кусочно-линейного регрессионного уравнения (1) на основе использования результатов, описанных в работах [10-18], позволяет свести ее к следующей задаче ЛБП:

$$z_k + u_k - v_k = y_k, \quad k = \overline{1, n}, \quad (5)$$

$$z_k \geq \alpha_i x_{ki}, \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, n}, \quad (6)$$

$$\alpha_i x_{ki} - z_k \geq (\sigma_{ki} - 1)M, \quad k = \overline{1, n}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m \sigma_{ki} = 1, \quad k = \overline{1, n}, \quad (8)$$

$$u_k + v_k - r \leq 0, \quad k \in N_2, \quad (9)$$

$$u_k \geq 0, \quad v_k \geq 0, \quad z_k \geq 0, \quad k = \overline{1, n}, \quad (10)$$

$$\sigma_{ki} \in \{0, 1\}, \quad k = \overline{1, n}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (11)$$

$$\sum_{k \in N_1} (u_k + v_k) / \bar{n} + r \rightarrow \min. \quad (12)$$

Здесь M – наперед заданное большое положительное число. Полученные значения z_k , $k = \overline{1, n}$ будут представлять собой расчетные (т.е. вычисленные по модели) значения зависимой переменной y .

Задача ЛБП (5)-(12) содержит $m+3n+1$ вещественных и mn булевых переменных и $2n(m+1)+n-\bar{n}$ ограничений без условий неотрицательности и булевости.

Пример

Пусть выборка данных имеет вид:

$$X = \begin{pmatrix} 2 & 5 \\ 9 & 3 \\ 7 & 4 \\ 1 & 8 \end{pmatrix}, \quad y = \begin{pmatrix} 7 \\ 3 \\ 9 \\ 6 \end{pmatrix}.$$

Сформируем индексные множества N_1 и N_2 следующим образом:

$$N_1 = \{1,2\}, N_2 = \{3,4\}.$$

Вначале построим модель (1) с помощью метода наименьших модулей в соответствии с описанным в работах [10-12] алгоритмом. В результате получим:

$$y_k = \max \{0.333x_{k1}, 1.0x_{k2}\} + \varepsilon_k, \quad k = \overline{1,4}. \quad (13)$$

При этом вектора z расчетных значений y и ошибок аппроксимации ε , а также максимальная ошибка r на подвыборке N_2 соответственно равны:

$$z = (5,3,4,8), \varepsilon = (2,0,5,-2), r = 5.$$

Теперь решим задачу ЛБП (5)-(12). Она имеет 15 вещественных и 8 булевых переменных, а также 26 ограничений. В результате получим:

$$y_k = \max \{0.416x_{k1}, 1.25x_{k2}\} + \varepsilon_k, \quad k = \overline{1,4}, \quad (14)$$

$$z = (6.25, 3.75, 5, 10), \varepsilon = (0.75, -0.75, 4, -4), r = 4.$$

Нетрудно видеть, что параметры кусочно-линейных моделей риска (14) и (15) существенно различаются. При этом при переходе от первой модели ко второй сумма модулей ошибок аппроксимации, соответствующая МНМ, увеличилась на 0.25, а максимальная ошибка на подвыборке N_2 , напротив, уменьшилась на единицу.

Заключение и выводы

В работе на основе применения полученных ранее результатов автора описан алгоритмический способ определения оценок параметров кусочно-линейной регрессионной функции риска методом смешанного оценивания, сводящийся к решению задачи линейно-булевого программирования допустимой при исследовании реальных практических проблем размерности.

Литература

1. Karapanagiotis, S. Tailored Bayes: a risk modeling framework under unequal misclassification costs / S. Karapanagiotis, U. Benedetto, S. Mukherjee, P. D. W. Kirk, P. J. Newcombe // *Biostatistics*. – 2023. – V. 24. – № 1. – P. 85–107.
2. Chien-Lung, Chan. Information Security Risk Modeling Using Bayesian Index Arrow // *The Computer Journal*. – 2011. – V. 54. – № 4. – P. 628–638.
3. Zaroni, H. Monte Carlo Simulation approach for economic risk analysis of an emergency energy generation system / H. Zaroni, L. B. Maciel, D. B. Carvalho, Edson de O. Pamplona // *Energy*. – 2019. – V. 172, № 1. – P. 498–508.
4. Haivoronsky, O. O. Mathematical Modeling of Distributed Catastrophic and Terrorist Risks / O. O. Haivoronsky, Yu. M. Ermoliev, P. S. Knopov, V. I. Norkin // *Cybernetics and Systems Analysis*. – 2015. – V. 51. – P. 85–95.
5. Consiglio, A. Stochastic debt sustainability analysis for sovereigns and the scope for optimization modeling / A. Consiglio, S. A. Zenios // *Optimization and Engineering volume*. – 2017. – № 18. – P. 537–558.
6. Ковалева, А. В. Экономико-математическая модель оценки стратегического риска при выборе стратегии развития промышленного предприятия / А. В. Ковалева. – Текст : непосредственный // *Инженерный вестник Дона*. – 2012. – № 1 (19). – С. 356–364.
7. Строев, С. П. Математические модели управления риском несостоятельности промышленного предприятия / С. П. Строев. – Текст : непосредственный // *Continuum. Математика. Информатика. Образование*. – 2021. – № 2 (22). – С. 89–98.

8. Пененко, В. В. Математические модели для изучения рисков загрязнения природной среды / В. В. Пененко, Е. А. Цветова. – Текст : непосредственный // Прикладная механика и техническая физика. – 2004. – Т. 45, № 2 (264). – С. 136–146.
9. Коробейников, А. Г., Проектирование математических моделей расчета оценки рисков перемещения материальных грузов на железнодорожных узлах с использованием лингвистических переменных / А. Г. Коробейников, А. Г. Зыков, В. И. Поляков, Д. Ю. Ашевский, С. А. Алексанин. – Текст : непосредственный // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 2 (58). – С. 68–73.
10. Носков, С. И. Идентификация параметров кусочно-линейной функции риска / С. И. Носков. – Текст : непосредственный // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2017. – Т. 1. – С. 417–421.
11. Носков, С. И., Применение функции риска для моделирования экономических систем / С. И. Носков, А. А. Хоняков. – Текст : непосредственный // Южно-Сибирский научный вестник. – 2020. – № 5 (33). – С. 85–92.
12. Носков, С. И. Идентификация параметров комбинированной кусочно-линейной регрессионной модели / С. И. Носков. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2022. – № 4 (67). – С. 115–119.
13. Носков, С. И. О методе смешанного оценивания параметров линейной регрессии / С. И. Носков. – Текст : непосредственный // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2019. – № 1. – С. 41–45.
14. Носков, С. И. Эмпирический анализ некоторых свойств метода смешанного оценивания параметров линейного регрессионного уравнения / С. И. Носков, К. С. Перфильева. – Текст : непосредственный // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 6. – С. 62–66.
15. Носков, С. И. Метод смешанного оценивания параметров линейной регрессии для данных с интервальной неопределенностью / С. И. Носков. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 9. – С. 274–277.
16. Носков, С. И. Метод антиробастного оценивания параметров линейной регрессии: число максимальных по модулю ошибок аппроксимации / С. И. Носков. – Текст : непосредственный // Южно-Сибирский научный вестник. – 2020. – № 1. – С. 51–54.
17. Носков, С. И. Выбор метода оценивания параметров линейной регрессии на основе выявления аномальных наблюдений / – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2021. – т. 17. – № 2. – С. 24–29.
18. Носков, С. И. Сравнительная оценка значимости предикторов при использовании различных методов идентификации параметров регрессионной модели / С. И. Носков. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 9. – С. 228–230.

**АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ИТ-УСЛУГ И РЕМОНТА ТЕХНИКИ**

Ташкин Артём Олегович

Генеральный директор ООО «СКАЙ»,

г. Ханты-Мансийск, Россия

E-mail: anozer_sky@mail.ru

*Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям,
проект № 0077033, дог. № 272ГСИЦТС10-D5/77033*

Предмет исследования: модели и методов поддержки принятия решений в области управления организационными и производственными процессами ИТ-услуг и ремонта техники.

Цель исследования: изучение существующих и создание новых моделей, алгоритмов и технологии для реализации системы поддержки принятия решений для реализации платформы сферы услуг в области ИТ и ремонта техники.

Методы и объекты исследования: охватывают теорию управления системами, теорию принятия решений, методы автоматической обработки текста, теорию автоматического управления, теорию проектирования информационных систем, оптимизации и объектно-ориентированного программирования.

Основные результаты исследования: в качестве результата исследования представлен прототип платформы-агрегатора, отражающий услуги в сфере ИТ и ремонта техники, архитектура системы, средства разработки, интерфейс.

Ключевые слова: платформа, агрегатор, информационные технологии, ИТ, ремонт, техника, искусственный интеллект, принятие решений, программа, интерфейс, цифровая экономика.

**DECISION SUPPORT MODELS AND METHODS TO ANALYSIS
AND DEVELOPMENT IN THE IT SERVICES AND EQUIPMENT REPAIR
ORGANIZATIONAL AND PRODUCTION PROCESSES MANAGEMENT FIELD**

Artem O. Tashkin

CEO, SKY LLC.,

Khanty-Mansiysk, Russia

E-mail: anozer_sky@mail.ru

*The work supports by the Innovation Promotion Fund,
project No. 0077033, contract no. No. 22-11-20031*

Subject of research: is the models and decision support methods in the field of organizational management and IT services and equipment repair production processes.

Purpose of research: is to analyze existing and create new models, algorithms and technologies for the implementation of a decision support system for the service platform in the field of IT and equipment repair.

Methods and objects of research: include systems management theory, decision theory, automatic text processing methods, automatic control theory, information systems design theory, optimization theory and object-oriented programming.

Main results of research: is a prototype aggregator platform, reflecting services in the IT and equipment repair, system architecture, development tools, interface.

Keywords: platform, aggregator, information technology, IT, repair, technique, artificial intelligence, decision-making, program, interface, digital economy.

Введение

Цифровая трансформация услуг бизнеса и построение рынка цифровой экономики особо актуальна в последние годы. Больше половины населения планеты имеет доступ в Интернет. Рынок ИТ-услуг постоянно претерпевает динамическую реструктуризацию в связи с появлением новых организаторов услуг, бизнес-моделей и инструментов. Облачные технологии и инструменты бизнес-аналитики содействуют развитию автоматизации ИТ-операций. Среди руководителей предприятий и физических лица возрастает интерес к модели (ХaaS) «всё как услуга». Анализ медиасреды свидетельствует о ежегодном росте рынка ХaaS примерно на 25 % [1, 2].

«Интернет-маркетинг – это необходимый комплекс мер по исследованию такого специфического рынка, каким является сетевой рынок Интернета, по эффективному продвижению и продаже товаров (услуг) с помощью современных интернет-технологий». Целью интернет-маркетинга является изучение характера взаимосвязей экономических субъектов в интернет-пространстве по созданию универсальных структур, предназначенных для удовлетворения потребностей социума за счет получения прибыли. [3, 4]

Рынок компетенций, включая процесс поиска кадров, с появлением цифровых технологий претерпел значительные деформации. Информационные технологии затрагивают все сферы человеческой деятельности, а также обеспечили новый вид трудовой деятельности с помощью дистанционного доступа к рабочему месту [5]. Рынок товаров и услуг на сегодняшний день демонстрирует средние темпы цифровизации. Одной из проблемных областей российской отрасли цифровизации услуг является техническое обслуживание и ремонт оборудования. Факторы низкой эффективности технического обслуживания и ремонта оборудования и оказания ИТ-услуг отражены на рисунке 1.

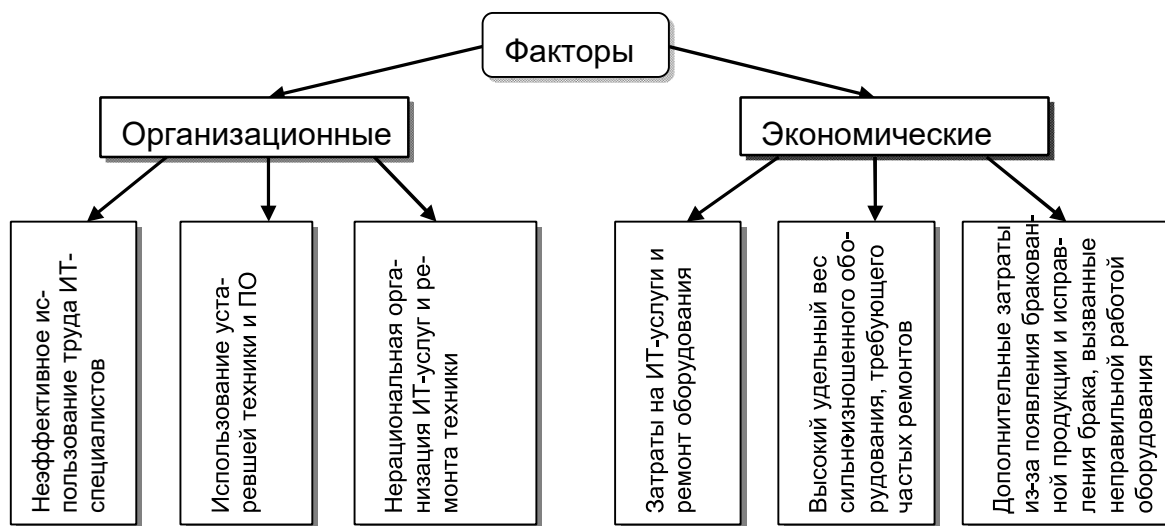


Рисунок 1 – Факторы повышения эффективности оказания ИТ-услуг и ремонта техники

Актуальным направлением в организационной деятельности предприятий является предоставление аутсорсинга в области информационных технологий и ремонта техники (Gartner, 2022). Внедрение методологий аутсорсинга в настоящее время зачастую требует полной реорганизации структуры предприятия. ИТ-аутсорсинг в этом случае рассматривается как одна из оставляющих комплексного процесса [6]. Несмотря на проблемы внедрения,

мировой опыт свидетельствует о наличии ряда преимуществ при использовании аутсорсинга, таких как:

- избавляет от расходов на содержание собственного штата ИТ-специалистов;
- обеспечивает возможность создания и поддержки масштабных распределенных ИТ-систем;
- контроль качества услуг и планирование развития ИТ-обеспечения в целом;
- объединение ведомств и служб.

При передаче на аутсорсинг процессов управления информационными технологиями и услугами сферы ИТ и ремонта техники обязательным условием является необходимость проведения оценки кадровых предложений и наличие рынка данной услуги. Необходимо собрать информацию об услугах, предлагаемых представителями организаторов услуг в сфере ИТ и ремонта техники, произвести оценку качества оказываемых услуг. Основные направления развития ИТ-аутсорсинга представлены на рисунке 2.

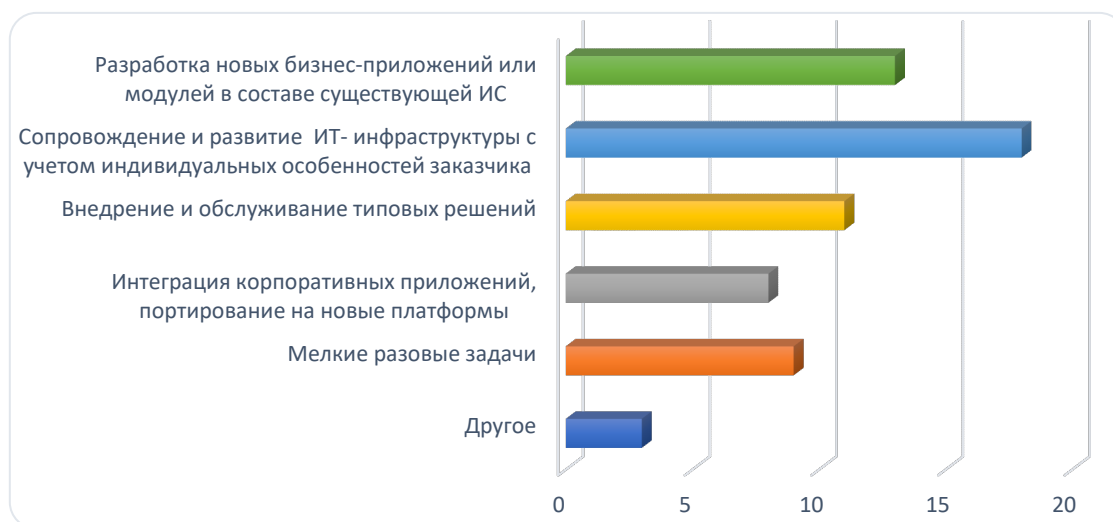


Рисунок 2 – Основные направления развития ИТ-аутсорсинга

Для оценки эффективности использования аутсорсинга производится сравнение соответствующих работ в области ИТ и ремонта техники, таких как:

- стоимость ИТ-услуг;
- стоимость программно-технических средств;
- общие расходы на содержание организационных ресурсов.

Соответственно, предъявляются требования к качеству предоставления услуг со стороны заказчиков услуг. Для обеспечения выполнения поставленных целей в области ИТ и ремонта техники возможно применение одной из существующих моделей аутсорсинга, таких как:

- полный аутсорсинг с одним поставщиком ИТ-услуг;
- мультисорсинг, с несколькими поставщиками ИТ-услуг;
- инсорсинг, включающий создание отдельной организационной единицы внутри предприятия.

Ведущие аналитики относительно рынка ИТ-услуг утверждают, что предприятия и физические лица всё больше предпочитают модель «все как услуга» (ХaaS). Основываясь на данных агентства IDC, большинство решений будут предоставляться как услуги, на разработку которых в 2023 году запланировано более 40 % бюджета крупных компаний, отведенных на ИТ. Также утверждается, что использование облачных сервисов с технологиями искусственного интеллекта к 2023 году составит более 80 % для крупных компаний, а облачные технологии будут распространены к 2025 году на 95 % цифровых сервисов (Gartner, 2022). Цифровые технологии повлияли на процесс поиска и найма персонала, обеспечивая автоматизацию операций и ускорение процесса поиска компетентных кадров.

Результаты и обсуждение

Постоянный рост уровня цифровизации обеспечивает новые цифровые технологии, автоматизирующие процессы поиска и найма (рекрутинга) персонала в сфере ИТ-услуг и ремонта техники. Использование цифровых технологий может способствовать автоматизации процессов поиска и найма персонала, однако цифровизация не равнозначна автоматизации процессов. Цифровизация – подход к использованию цифровых ресурсов и безбумажных технологий. Автоматизация – замена ручных операций машинными [7]. Предлагаемые на сегодняшний день цифровые технологии для поиска и найма персонала принято разделять на 2 группы.

1. Технологии, направленные на ускорение процесса поиска и найма персонала, преодоление масштабов работы и контроль эффективности поиска и найма.

2. Технологии, нацеленные на автоматизацию процессов поиска и найма персонала и предполагающие освобождение заказчика услуг от рутинных операций.

Облачные технологии, являясь ИТ-трендом современности, позволили распространять системы поиска и найма персонала в виде модели Software as a Service (SaaS), а именно – без установки и привязки к определенному рабочему месту или устройству, доступ предоставляется удаленно. «Облачные» продукты требуют для их использования наличия доступа к сети интернет и обладают следующими преимуществами:

- мобильность (возможность использования на всех платформах ПК и мобильных устройствах);
- экономичность;
- модульность (выбор и добавление новых элементов и функций);
- простота и удобство (простой и удобный интерфейс).

Среди облачных сервисов выделяют ряд сервисов, представляющих агрегаторы, в том числе для поиска кадровых компетенций, которые представляют собой единую платформу для объединения различных источников информации о кадрах, вакансиях и предложениях услуг. Внедрение таких технологий позволяет оптимизировать затраты и повысить эффективность поиска и найма персонала в целом. Также набирает популярность создание систем, определяющих потребности пользователей и обеспечивающих поддержку принятия решений [8].

Определение требований к кандидатам при составлении профиля компетенций в области ИТ-услуг и ремонта техники, включает в себя деловую оценку, то есть определение трудового потенциала, соответствия компетенциям. Также существуют определения деловой оценки как «целенаправленный процесс установления соответствия качественных характеристик человека требованиям должности или рабочего места», «оценка кандидатов при приеме на работу – специализированные мероприятия, направленные на анализ соответствия кандидатов (их знаний, умений, профессионально важных качеств) требованиям должности и условиям работы» [9].

Стандартная воронка подбора квалифицированных кадров включает в себя следующие этапы, представленные на рисунке 3.



Рисунок 3 – Воронка подбора и найма квалифицированных кадров

Привлечение – размещение вакансий, привлечение внимания кандидатов к вакансии.

Вовлечение – изучение вакансии соискателем.

Оценка и отбор – прохождение кандидатом отборочных заданий, выбор наиболее подходящих кандидатов.

Предложение о работе – согласование условий работы кандидатов.

Наем – непосредственное начало работы нового квалифицированного кадра.

Технологии поиска и найма можно разделить на технологии массового поиска и найма, и технологии специализированного поиска и найма. Наибольшее распространение цифровые технологии получили именно в массовом найме персонала. Основные проблемы при массовом найме персонала [10]:

- при использовании стандартных методов поиска кадров, не может быть достигнута необходимая эффективность;
- низкая интероперабельность и высокие затраты времени;
- трудоемкость ручной обработки данных;
- некачественная ручная обработка исходных данных, ошибки как следствие.

В качестве основных проблем подбора квалифицированных кадров области ИТ-услуг и ремонта техники можно выделить: недостаточность требуемых кадров с нужными компетенциями, неквалифицированность кадров, некачественное обслуживание со стороны организаций по подбору персонала, несоблюдение критериев отбора. Ряд проблем решается с помощью цифровых технологий. Одной из таких технологий массового поиска и найма являются системы автоматизации поиска и найма. Среди современных систем выделяют CRM- и ATS-системы для управления процессом поиска персонала (RMS). Такие системы не автоматизируют процесс подбора, а предоставляют цифровые инструменты для более быстрого выполнения операций. Актуальна проблема выбора технологий, методов и алгоритмов цифровизации и автоматизации процесса поиска и найма квалифицированных кадров с использованием технологий искусственного интеллекта [11] (рис. 4).



Рисунок 4 – Технологии подбора квалифицированных кадров

В последнее время популярность рекомендательных систем по выбору услуг и подбору персонала стала очень велика. В силу большой востребованности систем, которые автоматически формируют предложения пользователям на основе их интересов, предпринимаются попытки разработки универсальных рекомендательных систем.

Процесс поддержки принятия решений в области выбора ИТ-услуг и ремонта техники включает предварительную обработку данных, классификацию задач управления, управляющее воздействие, объект управления, результат воздействия и обратную связь от объекта

управления, выраженную в виде реакции от пользователей, представляющую набор слабоформализованных данных, в связи с чем актуальна проблема разработки методов структуризации подобных наборов данных. Проблемой управления данными информационных систем занимались ученые: Б. З. Мильнер, И. Нонаки, Х. Такеучи, А. Ф. Тузовский, К. Ньюэлл, Д. Смит, М. К. Румизен, В. З. Ямпольский, Ю. А. Шрейдер, К. Вииг, Р. Ф. Гиляревский, С. В. Чириков. Для анализа и структуризации социально-экономических данных объектно-признакового представления недостаточно. Система поддержки принятия решений зачастую является частью структуры управления, включающей объект и субъект управления, связанных посредством информации между собой. Представлена концептуальная структура модели системы управления процессом поиска компетенций в области ИТ-услуг и ремонта техники (рис. 5) [12].

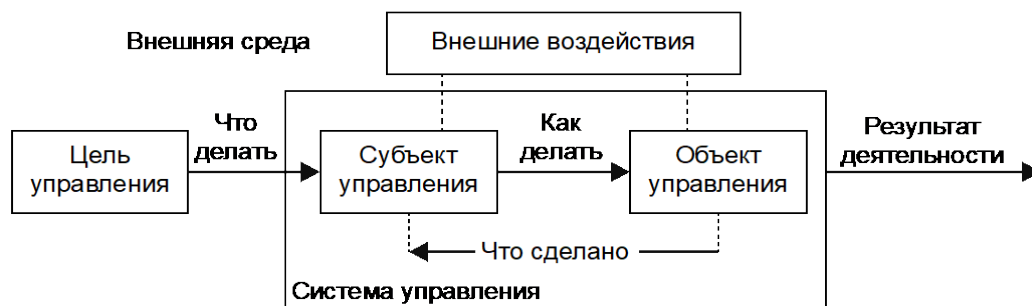


Рисунок 5 – Схема системы управления

Концептуальная модель включает в себя интерфейс «пользователь – система» для взаимодействия с пользователем, блок анализа проблем, блок принятия решений, обеспечивающий с помощью баз данных (БД), баз моделей (БМ) и баз знаний (БЗ) генерацию корректных решений для обеспечения процесса управления услугами в области ИТ и ремонта техники [13].

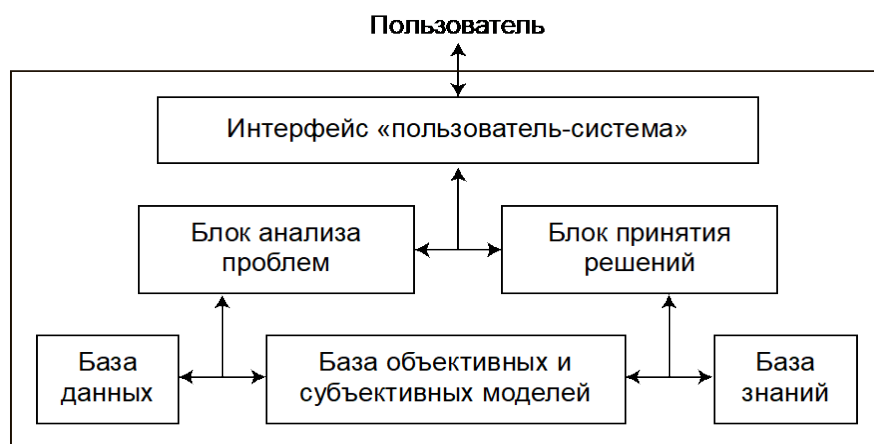


Рисунок 6 – Принципиальная схема СППР

Входами СППР являются атрибуты, факторы и признаки, описывающие состояние объектов и процессов, по которым требуется принятие решений, а также знания экспертов предметной области. Выходами СППР являются результаты анализа данных, на основе которых генерируются решения, а также сами решения. В зависимости от входных параметров, из базы знаний получают необходимую информацию. Алгоритм работы системы формируется с помощью математического моделирования для различных значений параметров.

Современные инструменты и технологии создают новые возможности и методы для развития СППР, включающие аппаратные средства, прикладные математические модели, методы искусственного интеллекта, хранилища данных (Data Warehouse), многомерные базы данных, интеллектуальный анализ данных, многомерный анализ данных (OLAP), телекоммуникационные технологии, информационный поиск, имитационное моделирование, ситуа-

ционный анализ, нейронные сети, когнитивное моделирование и др. Процесс поддержки принятия решения в области выбора ИТ-услуг и ремонта техники связан с выявлением структурных особенностей в неструктурированных данных, поступающих динамично от различных источников. Информационно-аналитическая поддержка обеспечивается с помощью средств интеллектуального анализа данных (Data Mining) [15].

Фундаментальная проблема при построении интерактивных систем заключается в организации адекватного информационного канала связи между человеком и машиной. Для человека наиболее приемлема зрительная (образная) подача информации, и здесь человек значительно превосходит любую машину, машина может обеспечить лишь черновую предобработку подобной информации.

В целом структура любой платформы агрегатора должна включать следующие ключевые блоки:

- блок базы данных, состоящие из структурированных массивов цифровой и предметно-ориентированной семантической информации;
- блок математических моделей;
- пользовательский интерфейс – средство эффективного управления.

Структуру платформы-агрегатора в общем виде можно представить как процесс взаимодействия описанных блоков между собой (рис. 7).

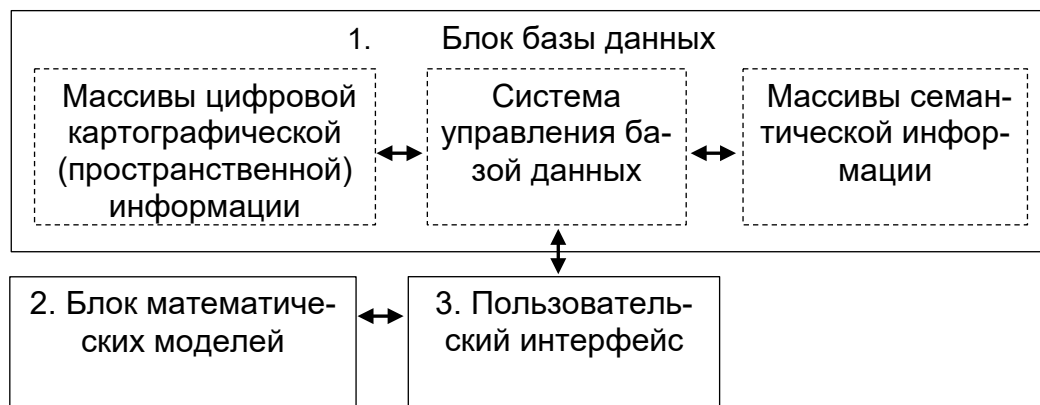


Рисунок 7 – Элементы платформы-агрегатора

Для работы с платформой на уровне клиента с помощью технологий WEB-доступа обеспечивается взаимодействие пользователя через «тонкий» клиент. Платформа имеет возможность использования на различных платформах, операционных системах и устройствах, включая мобильные устройства и SMART-технику. Разработка интерфейса платформы осуществлялась стандартными средствами программирования (PHP, JS, и пр.). Тонкий клиент взаимодействует с сервером приложений, на котором располагается набор программных модулей и компонентов, позволяющих объединить разнородные данные и функции сторонних сервисов. Объединение и агрегирование данных осуществлялось с помощью внешних интерфейсов API, а также путём миграции данных от различных источников. С помощью разработанных моделей производится обработка данных, после чего пользователю отправляется результат в виде набора данных, которой визуализируется с помощью браузера, на устройстве пользователя.

В рамках данной статьи описаны подходы к созданию платформы по поиску компетенций в области управления процессами ИТ-услуг и ремонта техники, описаны алгоритмы и методы реализации. Для программной реализации методов создан внешний вид интерфейса платформы. На рисунке 8 показано главное окно созданного прототипа платформы-агрегатора.

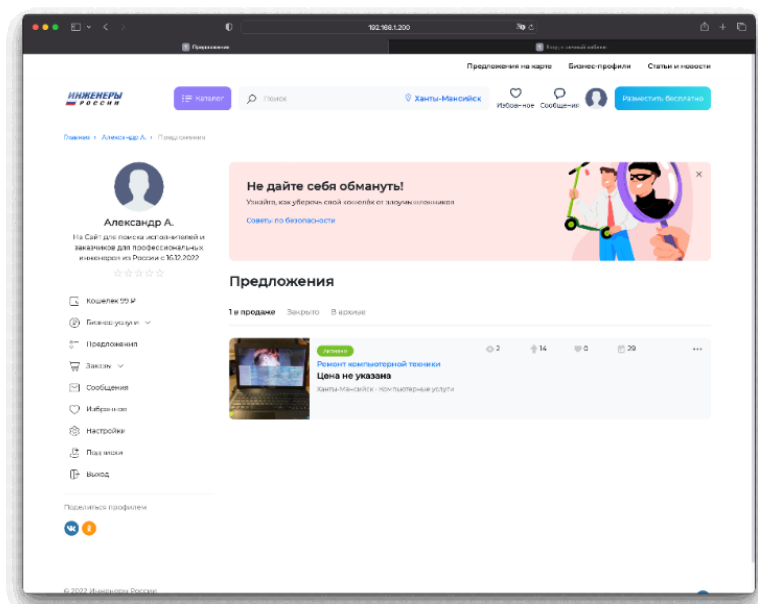


Рисунок 8 – Фрагмент главного экрана платформы-агрегатора в области управления процессами ИТ-услуг и ремонта техники

Заключение и выводы

В исследовании описано создание моделей и алгоритмов прототипа платформы-агрегатора, отражающего услуги в сфере ИТ и ремонта техники, разработана архитектура системы, определены наиболее подходящие средства разработки, реализован удобный интерфейс взаимодействия с пользователем и интеллектуальная связь системы и социальными сетями. Описана программная реализация интерактивной платформы-агрегатора в области управления процессами ИТ-услуг и ремонта техники.

Разработка позволяет обеспечить цифровизацию процессов, связанных с ремонтом техники, реализацию проектов в сфере информационных технологий, обеспечит организаторов услуг новыми клиентами и автоматизирует процессы обработки заявки клиента, а также позволит создать новые рабочие места, в том числе для инвалидов. За счет внедрения платформы решается проблема формирования информационного пространства в области оказания услуг по ремонту техники, информационных технологий и иных задач, связанных с инженерной деятельностью, что позволит организациям, представляющим сервисные услуги, автоматизировать процесс взаимодействия с заказчиком, а также обеспечит качественным сервисом в области информационных технологий граждан различных социальных групп. Полезна для использования органами управления при разработке различных программ информационно-технической среды, принятия решений о развитии задач цифровой экономики.

Литература

1. Digital 2022 Global Overview Report, 2022. – Текст : электронный. – URL : <https://wearesocial.com/uk/blog/2022/01/digital-2022-another-year-of-bumper-growth-2/>
2. Владимирцев, А. В. Использование документа ISO/TC 76/SC 2/N 630R2 «Руководство по применению процессов аутсорсинга» в организациях, внедряющих системы менеджмента качества на соответствие ИСО 9001–2000 / А. В. Владимирцев, О. А. Марцынковский, Ю. Ф. Шеханов и др. – Текст : электронный. – URL: <http://www.quality.eup.ru>
3. Спарроу, Э. Успешный ИТ-аутсорсинг / Элизабет Спарроу ; [пер с англ.]. – М. : КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. – 288 с. – Текст : непосредственный.
4. Рожков, И. В. Информационные технологии в финансовом маркетинге: реалии цифровой экономики / И. В. Рожков. – Текст : непосредственный // В сборнике: Взгляд молодых ученых на проблемы устойчивого развития: сборник научных статей по результатам III Меж-

дународного конгресса молодых ученых по проблемам устойчивого развития: в 10 томах. – 2017. – С. 52–57.

5. Hahsler, M. Recommenderlab: A Framework for Developing and Testing Recommendation Algorithms: Technical Report / M. Hahsler // Texas: Southern Methodist University. – 2011.

6. Черкасов, Ю. М. Информационные технологии управления / Ю. М. Черкасов. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 216 с. – Текст : непосредственный.

7. Чмыхова, Д. И. Управление процессом подбора персонала в цифровой экономике / Д. И. Чмыхова. – Текст : электронный. – URL : <http://ekonomika.snauka.ru/2018/01/15658>.

8. Готтшальк, П. ИТ-аутсорсинг: построение взаимовыгодного сотрудничества / Петер Готтшальк, Ханс Солли-Сетер ; [пер. с англ.] – М. : Альпина Бизнес Бук, 2007. – 390 с. – Текст : непосредственный.

9. Грэхэм, Х. Т. Управление человеческими ресурсами : учеб. пособие / Т. Грэхем ; [пер. с англ.] : Е. Э. Лалаян ; под ред. Т. Ю. Базарова, Б. Л. Еремина. – Москва : ЮНИТИ, 2003. – С. 292. – Текст : непосредственный.

10. Новиков, Д. А. Механизмы управления – конструктор для управленцев. Управленческое консультирование / Д. А. Новиков. – 2011 – №. 3 – С. 5–16. – Текст : непосредственный.

11. Rakesh, K. Sharma, Durga Prasad Sharma. Review of spatial decision support systems in resource management / K. Rakesh // Review of Business and Technology Research. – 2012. – Vol. 6, No. 1. – P. 167–174.

12. Burkov, V. N. Introduction to theory of control in organizations / V. N. Burkov, N. A. Korgyn, D. A. Novikov, M. V. Gubko. – USA, Boca Raton : CRC Press, 2015. – 346 p.

13. Губко, М. В. Управление организационными системами: современные научные направления / М. В. Губко, Н. А. Коргин, Д. А. Новиков. – Текст : непосредственный // Проблемы теории и практики управления. – 2011. – № 12. – С. 62–71.

14. Tashkin, A. O., Development of a decision support system of city's social infrastructure accessibility based on GIS-technologies / A. O. Tashkin, A. V. Hollay/ – Текст : непосредственный // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 122–131. – DOI: 10.14529/ctcr220211

15. Hollay, A. V. The Intellectual Support Efficiency Methods Evaluation in the Sphere of Social Infrastructure Accessibility Managing for Low-Mobile Population Groups / A. V. Hollay, A. O. Tashkin. – Текст : непосредственный // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2022. – Т. 22, № 3. – С. 151–162. – DOI: 10.14529/ctcr220314

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ОДНОМЕРНОЙ МЕР МОДЕЛИ
ПЕРЕНОСА ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ**

Шевченко Алеся Сергеевна

кандидат физико-математических наук, доцент,
Рубцовский индустриальный институт (филиал),
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
Рубцовск, Россия
E-mail: ibragimova.a.s@mail.ru

Предмет исследования: гидродинамическая модель, описывающая перенос заряда в полупроводниковых устройствах в одномерном случае.

Цель исследования: разработать вычислительные алгоритмы для нахождения численного решения задачи о баллистическом диоде.

Методы и объекты исследования: объектом исследования является задача о баллистическом диоде. Разработанные вычислительные алгоритмы основаны на использовании метода прямых, метода установления, различных нестационарных регуляризаций и схем без насыщения.

Основные результаты исследования: разработаны вычислительные схемы, построенные на использовании техники сплайн-функции, на сведении задачи к интегральным уравнениям и использовании схемы предиктор-корректор.

Ключевые слова: баллистический диод, регуляризации, интерполяция сплайнами, метод установления, интегральные уравнения.

**COMPUTATIONAL ALGORITHMS FOR A ONE-DIMENSIONAL MEP MODEL OF
CHARGE TRANSFER IN SEMICONDUCTORS**

Alesya S. Shevchenko

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Rubtsovsk Industrial Institute (branch),
Altai State Technical University named after I. I. Polzunov
Rubtsovsk, Russia
E-mail: ibragimova.a.s@mail.ru.ru

Subject of research: hydrodynamic model describing charge transfer in semiconductor devices in the one-dimensional case.

Purpose of research: to develop computational algorithms for finding a numerical solution of a ballistic diode problem.

Methods and objects of research: the object of research is the ballistic diode problem. The developed computational algorithms are based on the use of the method of lines, the method of establishment, various non-stationary regularizations and schemes without saturation.

Main results of the research: computational schemes were developed based on the use of the spline function technique, on reducing the problem to integral equations and using the predictor-corrector scheme.

Keywords: ballistic diode, regularizations, spline interpolation, settling method, integral equations.

Введение

В настоящий момент существует огромное число математических моделей, предназначенных для описания физических явлений в полупроводниковых устройствах. Поскольку поиск приближенных решений затруднителен, то встает вопрос о разработке численных алгоритмов нахождения приближенных решений. В работе рассматривается одномерный вариант МЕР (Maximum Entropy Principle) модели [1].

Безразмерная математическая модель, описывающая перенос заряда в полупроводнике имеет следующий вид [2]:

$$\left. \begin{aligned} R_t + J_x &= 0, \\ J_t + \left(\frac{2}{3} RE \right)_x &= RQ + c_{11}J + c_{12}I, \\ (RE)_t + I_x &= JQ + cP, \\ I_t + \left(\frac{10}{9} RE^2 \right)_x &= \frac{5}{3} REQ + c_{21}J + c_{22}I, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\varepsilon \varphi_{xx} = R - \rho. \quad (2)$$

Где R – плотность электронов, u – скорость электронов, q – поток энергии, $J = Ru$, $I = Rq$, φ – электрический потенциал, $Q = \varphi_x$, E – энергия электронов, $\sigma = \frac{2}{3}E - 1$, $P = R\sigma$, $\varepsilon > 0$ –

константа, $\rho = \rho(x)$, $c, c_{11}, c_{12}, c_{21}, c_{22}$ – коэффициенты, зависящие от энергии E [2,3].

Системе уравнений (1) задали граничные условия (3), начальные данные (4), а уравнению Пуассона (2) поставили краевые условия (5):

$$\left. \begin{aligned} R(t, 0) &= R(t, 1) = 1, \\ E(t, 0) &= E(t, 1) = \frac{3}{2}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} R(0, x) &= R_0(x), \\ J(0, x) &= J_0(x), \\ E(0, x) &= E_0(x), \\ I(0, x) &= I_0(x), \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\varphi(t, 0) = 0, \quad \varphi(t, 1) = B, \quad (5)$$

$$B > 0, \quad R_0(x) > 0, \quad E_0(x) > 0.$$

Сформулированная задача (1) – (5) является одномерной задачей о баллистическом диоде. Это полупроводниковый прибор, состоящий из трех областей. Первую и третью области называют n^+ -зонами. Они имеют высокую концентрацию легирования. Средняя область имеет низкую концентрацию легирования и называется n -зоной.

Безразмерная величина ρ имеет следующий вид:

$$\rho = \begin{cases} 1, & \text{если } x \text{ принадлежит } n^+ \text{ - зоне,} \\ \delta = \frac{N^+}{N}, & \text{если } x \text{ принадлежит } n \text{ - зоне,} \end{cases}$$

N, N^+ являются плотностями легирования в n -зоне, n^+ -зоне. График $\rho(x)$ изображен на рисунке 1.

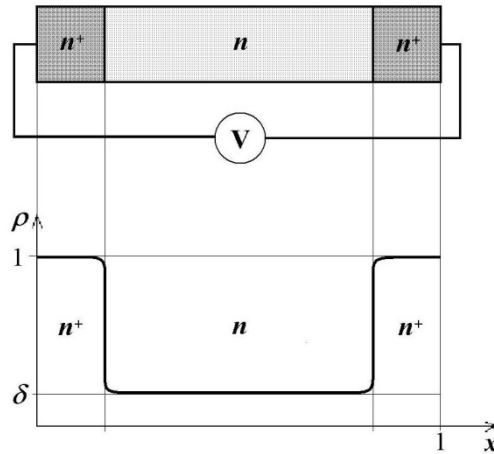


Рисунок 1 – Схематическое изображение $n^+ - n - n^+$ баллистического диода

При осуществлении поиска приближенных решений в данной задаче возникли вычислительные проблемы, связанные с тем, что уравнения модели являются нелинейными уравнениями и содержат очень малые параметры. В задаче не удалось найти приближенные решения с помощью разностных схем. Основные проблемы возникли с нахождением энергии электронов. Энергия электронов очень сильно увеличивалась, и происходило переполнение системы.

Результаты и обсуждение

Для нахождения приближенных решений задачу (1) – (5) в стационарном случае удалось свести к системе из трех уравнений Пуассона [4]:

$$\begin{cases} \frac{d^2 \varphi}{dx^2} = \mathcal{F}^{(\varphi)}(\chi, \rho) = \beta(e^\chi - \rho), \\ \frac{d^2 \sigma}{dx^2} = \mathcal{F}^{(\sigma)}(\Sigma, X, Q, \sigma) = a_1 \Sigma^2 + a_2 \Sigma X + a_3 \Sigma Q + a_4 X Q + a_5 Q^2 + bc\sigma, \\ \frac{d^2 \chi}{dx^2} = \mathcal{F}^{(\chi)}(\Sigma, X, Q, \sigma, X, \rho) = -X^2 + b_1 \Sigma^2 + b_2 \Sigma X + b_3 \Sigma Q + b_4 X Q + \\ + b_5 Q^2 + \frac{\beta}{1+\sigma}(e^\chi - \rho) + nc\sigma, \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} \chi = \sigma = 0 \text{ при } x = 0, 1, \\ \varphi = 0 \text{ при } x = 0, \\ \varphi = B \text{ при } x = 1, \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} u &= F(E) \{ Q - (1 + \sigma) X - F_0(E) \Sigma \}, \\ q &= G(E) \{ -Q + (1 + \sigma) X + G_0(E) \Sigma \}. \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Здесь } \beta = \frac{1}{\varepsilon}, \quad \chi = \ln R, \quad \Sigma = \frac{d\sigma}{dx}, \quad X = \frac{d\chi}{dx}, \quad a_1 = -a'F(E)F_0(E) + b'G(E)G_0(E), \\
 &a_2 = -1 + (1 + \sigma)\{b'G(E) - a'F(E)\}, \quad a_3 = a'F(E) - b'G(E) - bF(E)F_0(E), \\
 &a_4 = -b(1 + \sigma)F(E), \quad a_5 = bF(E), \quad b_1 = -m'F(E)F_0(E) + n'G(E)G_0(E), \\
 &b_2 = (1 + \sigma)\{n'G(E) - m'F(E)\}, \quad b_3 = -\frac{1}{(1 + \sigma)^2} + m'F(E) - n'G(E) - nF(E)F_0(E), \\
 &b_4 = \frac{1}{1 + \sigma} + bF(E)F_0(E), \quad b_5 = nF(E), \quad a = a(E) = \frac{2}{5} \frac{c_{21}}{1 + \sigma} - c_{11}, \\
 &b = b(E) = \frac{2}{5} \frac{c_{22}}{1 + \sigma} - c_{12}, \quad m = m(E) = \frac{c_{11} - a}{1 + \sigma}, \quad n = n(E) = \frac{c_{12} - b}{1 + \sigma}, \quad F(E) = -\frac{c_{22} - \frac{5}{3}Ec_{12}}{\det}, \\
 &G(E) = -\frac{c_{21} - \frac{5}{3}Ec_{11}}{\det}, \quad F_0(E) = 1 - \frac{\frac{5}{3}Ec_{12}}{c_{22} - \frac{5}{3}Ec_{12}}, \quad G_0(E) = 1 - \frac{\frac{5}{3}Ec_{11}}{c_{21} - \frac{5}{3}Ec_{11}}, \\
 &\det = c_{11}c_{22} - c_{21}c_{12}, \quad a' = \frac{da}{d\sigma} = \frac{3}{2} \frac{da}{dE} \text{ и т.д.}
 \end{aligned}$$

Для поиска стационарных решений задачи (1) – (5) необходимо осуществить:

1. Задание начальных данных:

$$\varphi, E, \sigma = \frac{2}{3}E - 1.$$

2. Расчет необходимых коэффициентов:

$$\begin{aligned}
 &c, c_{11}, c_{12}, c_{21}, c_{22}, \quad K(x) = \int_0^x \rho c \sigma d\tau, \quad a_{11}(x) = \int_0^x \frac{c_{11} + c_{12}\varphi}{\rho} d\tau, \quad a_{12}(x) = \int_0^x \frac{c_{12}}{\rho} d\tau, \\
 &a_{21}(x) = \int_0^x \frac{c_{21} + c_{22}\varphi}{\rho(1 + \sigma)} d\tau, \quad a_{22}(x) = \int_0^x \frac{c_{22}}{\rho(1 + \sigma)} d\tau, \quad d_1(x) = \int_0^x \left\{ (1 + \sigma) \frac{\rho'}{\rho} - \frac{c_{12}}{\rho} K \right\} d\tau, \\
 &d_2(x) = \int_0^x \left\{ \frac{5}{2} (1 + \sigma) \frac{\rho'}{\rho} - \frac{c_{22}}{\rho(1 + \sigma)} K \right\} d\tau, \quad \det = a_{11}(1)a_{22}(1) - a_{12}(1)a_{21}(1).
 \end{aligned}$$

3. Вычисление промежуточных величин:

$$\begin{aligned}
 &J = \frac{1}{\det} \left\{ a_{22}(1)(d_1(1) - B) - a_{12}(1) \left(d_2(1) - \frac{5}{2}B \right) \right\}, \\
 &I_0 = \frac{1}{\det} \left\{ -a_{21}(1)(d_1(1) - B) + a_{11}(1) \left(d_2(1) - \frac{5}{2}B \right) \right\}.
 \end{aligned}$$

4. Пересчет φ, σ :

$$\omega(x) = d_1(x) - a_{11}(x)J - a_{12}(x)I_0,$$

$$\sigma(x) = \omega(x) - \frac{2}{5}d_2(x) + \frac{2}{5}a_{21}(x)J + \frac{2}{5}a_{22}(x)I_0, \quad \varphi(x) = \omega(x) + \sigma(x),$$

$$E(x) = \frac{3(\sigma(x) + 1)}{2}.$$

В цикле организуется вычисление шагов 2–4. Цикл прекращает работу в тот момент, когда значения неизвестных найдены с заданной точностью.

Поиск приближенного решения задачи (6)–(7) осуществлялся с помощью метода установления [5]. Для этого рассматривали параболическую, гиперболическую и Соболевскую регуляризацию [6,7]. Было проведено огромное число экспериментов, которые показали, что скорость сходимости метода зависит от выбора регуляризации. Поскольку Соболевская регуляризация дает самую высокую скорость сходимости, то для построения численных алгоритмов используем следующую систему:

$$\begin{cases} (1 - \xi^2)\tau\varphi = \xi^2\varphi - \mathcal{F}^{(\varphi)}(\chi, \rho), \\ (1 - \xi^2)\tau\sigma = \xi^2\sigma - \mathcal{F}^{(\sigma)}(\xi\sigma, \xi\chi, \xi\varphi, \sigma), \\ (1 - \xi^2)\tau\chi = \xi^2\chi - \mathcal{F}^{(\chi)}(\xi\sigma, \xi\chi, \xi\varphi, \sigma, \chi, \rho), \end{cases} \quad (9)$$

$$\tau = \frac{\partial}{\partial t}, \quad \xi = \frac{\partial}{\partial x}, \quad t - \text{переменная по времени.}$$

Начальные данные для систем уравнений (7), (9) при $t > 0$ и $0 < x < 1$ примут следующий вид:

$$\begin{cases} \varphi(0, x) = \varphi_0(x), \\ \sigma(0, x) = \sigma_0(x) = \frac{2}{3}E_0(x) - 1, \\ \chi(0, x) = \chi_0(x) = \ln R_0(x). \end{cases} \quad (10)$$

Далее для поиска численного решения задачи (7), (9) – (10) были сконструированы алгоритмы. В этих алгоритмах использовались кубические сплайны класса C^2 [8], интегральные уравнения и схема предиктор – корректор. Разработанные алгоритмы будем описывать на модельной задаче.

Система уравнений (9) состоит из трех одинаковых уравнений, которые отличаются друг от друга только правыми частями. Поэтому далее рассматриваем только одно из трех уравнений:

$$\begin{cases} (1 - \xi^2)\tau y = \xi^2 y - f^{(y)}, \quad t > 0, \quad 0 < x < 1; \\ y = 0 \text{ при } x = 0, 1, \quad t > 0; \\ y = y_0(x) \text{ при } t = 0, \quad 0 < x < 1. \end{cases} \quad (11)$$

При подстановке функций $\mathcal{F}^{(\varphi)}$, $\mathcal{F}^{(\sigma)}$, $\mathcal{F}^{(\chi)}$ в правую часть $f^{(y)}$, а при подстановке φ , σ , χ в функцию y , будет получена исходная система (9).

Также нам понадобится и другая запись полученной задачи (11), которая нужна для сведения этой задачи к интегральным уравнениям:

$$\begin{cases} \tau\theta_y + \theta_y = \tilde{f}^{(y)}, & t > 0, \quad 0 < x < 1; \\ \theta_y = \theta_{y_0}(x) = y_0(x) - \xi^2 y_0(x) & \text{при } t = 0, \quad 0 < x < 1, \end{cases} \quad (12)$$

$$\theta_y = \theta_y(t, x) = y(t, x) - \xi^2 y(t, x), \quad \tilde{f}^{(y)} = \tilde{f}^{(y)}(t, x) = y(t, x) - \tilde{f}^{(y)}(t, x).$$

Далее в уравнении $(1 - \xi^2)\tau y = \xi^2 y - f^{(y)}$ системы (11) провели дискретизацию по переменной t . Производную τy аппроксимировали выражением $\frac{Y - y}{\Delta}$:

$$\xi^2 Y = \mathfrak{B}Y + \mathfrak{F}, \quad \mathfrak{B} = \frac{1}{1 + \Delta}, \quad \mathfrak{F} = \frac{\xi^2 y - y + \Delta f^{(y)}}{1 + \Delta}, \quad (13)$$

Δ является шагом разностной сетки по времени t , $y^n(x) = y(n\Delta, x) = y$, $n = 0, 1, \dots$, $Y = y^{n+1}(x)$.

Приближённое решение задачи (11) искали в виде кубического интерполяционного сплайна класса C^2 (см. [8]):

$$\mathbf{S}(x) = (1 - \bar{\tau})Y_k + \bar{\tau}Y_{k+1} - \frac{h^2}{6}\bar{\tau}(1 - \bar{\tau})[(2 - \bar{\tau})m_k + (1 + \bar{\tau})m_{k+1}], \quad (14)$$

$$\bar{\tau} = \frac{x - x_k}{h}, \quad x \in [x_k, x_{k+1}], \quad k = \overline{0, N-1}, \quad x_k = k \cdot h, \quad N \cdot h = 1, \quad Y_k = Y(x_k),$$

$$m_k = \xi^2 Y(x_k).$$

$$\text{Поскольку } \xi \mathbf{S}(x) = \frac{Y_{k+1} - Y_k}{h} - \frac{h}{6}[(2 - 6\bar{\tau} + 3\bar{\tau}^2)m_k + (1 - 3\bar{\tau}^2)m_{k+1}], \quad x \in [x_k, x_{k+1}],$$

$$k = \overline{0, N-1}, \quad \text{то вычисляя} \quad \xi \mathbf{S}(x_k + 0) = \frac{Y_{k+1} - Y_k}{h} - \frac{h}{6}[2m_k + m_{k+1}],$$

$$\xi \mathbf{S}(x_k - 0) = \frac{Y_k - Y_{k-1}}{h} - \frac{h}{6}[m_{k-1} + 2m_k] \text{ и приравнявая их, получили}$$

$$\frac{1}{2}m_{k-1} + 2m_k + \frac{1}{2}m_{k+1} = \frac{3}{h^2}(\eta Y_k - \bar{\eta} Y_k), \quad k = \overline{1, N-1}, \quad (15)$$

$\eta = \psi - 1$, $\bar{\eta} = 1 - \psi^{-1}$, $\psi^{\pm 1} Y_k = Y_{k \pm 1}$ ($\psi^{\pm 1} = \psi$) являются разностными операторами и операторами сдвига, соответственно.

Полагая в (13) $x = x_k$ и подставляя $\xi^2 Y_k$ в (15), переходим к следующей разностной схеме, которая является трехслойной:

$$\begin{aligned} \left\{1 - \frac{h^2}{6}\mathfrak{B}\right\}Y_{k-1} - 2\left\{1 + \frac{h^2}{3}\mathfrak{B}\right\}Y_k + \left\{1 - \frac{h^2}{6}\mathfrak{B}\right\}Y_{k+1} = \\ = \frac{h^2}{6}\{\mathfrak{F}_{k-1} + 4\mathfrak{F}_k + \mathfrak{F}_{k+1}\}, \quad k = \overline{1, N-1}, \quad \mathfrak{F}_k = \mathfrak{F}(x_k). \end{aligned} \quad (16)$$

Для (16) задаем краевые условия:

$$Y_0 = 0, \quad Y_N = 0. \quad (17)$$

Решая трехдиагональную систему уравнений (16) – (17) с помощью метода прогонки [5], находим функции Y_k , $k = \overline{0, N}$.

Для вычисления производной ξy также использовались кубические сплайны (14). Из $\xi S(x) = \frac{Y_{k+1} - Y_k}{h} - \frac{h}{6} \left[(2 - 6\bar{\tau} + 3\bar{\tau}^2)m_k + (1 - 3\bar{\tau}^2)m_{k+1} \right]$, $x \in [x_k, x_{k+1}]$, $k = \overline{0, N-1}$, следует:

$$\begin{aligned} \xi S(x_{k+1}) &= \frac{Y_{k+1} - Y_k}{h} - \frac{h}{6} [m_k + 2m_{k+1}], \quad x \in [x_k, x_{k+1}], \quad k = \overline{0, N-1}, \\ \xi S(0) &= \frac{Y_1 - Y_0}{h} + \frac{h}{6} [2m_0 + m_1]. \end{aligned}$$

Другой вычислительный алгоритм основывается на сведение модельной задачи (12) к системе интегральных уравнений. Решая дифференциальное уравнение (12), получили:

$$\theta_y(t, x) = e^{-t} \theta_{y_0}(x) + \int_0^t e^{-(t-\zeta)} \left[y(\zeta, x) - f^{(y)}(\zeta, x) \right] d\zeta, \quad (18)$$

где $\theta_{y_0}(x) = y_0(x) - \xi^2 y_0(x)$.

Добавляя к выражению $\theta_y(t, x) = y(t, x) - \xi^2 y(t, x)$ условие $y = 0$ ($x = 0, x = 1, t > 0$), пришли к задаче, зависящей от параметра t :

$$\begin{cases} \xi^2 y(t, x) - y(t, x) = -\theta_y(t, x), \\ y(t, 0) = y(t, 1) = 0. \end{cases} \quad (19)$$

Решение, которой представлено в виде интегрального уравнения (20):

$$y(t, x) = - \int_0^1 G(x, s) \theta_y(t, s) ds, \quad (20)$$

$$G(x, s) = \begin{cases} \frac{\text{sh } s \text{ sh}(x-1)}{\text{sh } 1}, & 0 < s \leq x, \\ \frac{\text{sh } x \text{ sh}(s-1)}{\text{sh } 1}, & x < s \leq 1. \end{cases}$$

$$\xi y(t, x) = - \int_0^x ch(x-s) \theta_\varphi(t, s) ds - \frac{chx}{sh1} \int_0^1 ch(s-1) \theta_\varphi(t, s) ds. \quad (21)$$

Проведя дискретизацию по переменной t в (18), (20), (21) и считая, что $(\theta_y)_i^n = \theta_y(n\Delta, x_i)$, $y_i^n = y(n\Delta, x_i)$, получили систему:

$$\begin{cases} y_i^n = -\int_0^1 G(x_i, s) \theta_y((n-1)\Delta, s) ds, \\ \xi y(n\Delta, x_i) = -\int_0^{x_i} ch(x_i - s) \theta_\varphi((n-1)\Delta, s) ds - \frac{chx_i}{sh1} \int_0^1 ch(s-1) \theta_\varphi((n-1)\Delta, s) ds, \\ (\theta_y)_i^n = e^{-n\Delta} \left(\theta(0, x_i) + \int_0^{n\Delta} e^\zeta [y(\zeta, x_i) - f^{(y)}(\zeta, x_i)] d\zeta \right), \\ \theta_y(0, x) = y_0(x) - \xi^2 y_0(x), \quad n = 1, 2, \dots \end{cases} \quad (22)$$

Расчет интегралов в (22) осуществлялся с помощью метода трапеции [9] с переменным шагом $h_i = x_{i+1} - x_i$, $i = \overline{0, N-1}$ на сетке по x .

Переходим к рассмотрению последнего вычислительного алгоритма, который связан с использованием схемы предиктор–корректор. Для этого, в уравнении (12) и интегральных соотношениях провели дискретизацию по переменной t . В результате уравнение (12) записалось так:

$$\frac{\theta_y^* - \theta_y^n}{\Delta/2} + \theta_y^* = \left(\tilde{f}^{(y)} \right)^n, \quad \frac{\theta_y^{n+1} - \theta_y^n}{\Delta} + \theta_y^{n+1} = \left(\tilde{f}^{(y)} \right)^*.$$

Из полученных уравнений выражаем θ_y^* , θ_y^{n+1} :

$$\theta_y^* = \frac{\theta_y^n + \frac{\Delta}{2} \left(\tilde{f}^{(y)} \right)^n}{1 + \frac{\Delta}{2}}, \quad \theta_y^{n+1} = \frac{\Delta \left(\tilde{f}^{(y)} \right)^* + \theta_y^n}{1 + \Delta}.$$

Используя интегральные уравнения (20) – (21), удалось перейти к следующей системе последовательных выражений:

$$\begin{cases} \left(\tilde{f}^{(y)} \right)_i^n = y_i^n - \tilde{f}^{(y)}(n\Delta, x_i), \quad (\theta_y^*)_i = \frac{(\theta_y)_i^n + \frac{\Delta}{2} \left(\tilde{f}^{(y)} \right)_i^n}{1 + \frac{\Delta}{2}}, \\ y_i^* = -\int_0^1 G(x_i, s) \theta_y^*(s) ds, \\ \left(\tilde{f}^{(y)} \right)_i^* = y_i^* - \tilde{f}^{(y)}(n\Delta, x_i), \quad (\theta_y)_{i+1}^{n+1} = \frac{\Delta \left(\tilde{f}^{(y)} \right)_i^* + (\theta_y)_i^n}{1 + \Delta}, \\ y_i^{n+1} = -\int_0^1 G(x_i, s) \theta_y((n+1)\Delta, s) ds, \\ \xi y((n+1)\Delta, x_i) = -\int_0^{x_i} ch(x_i - s) \theta_\varphi((n+1)\Delta, s) ds - \\ - \frac{chx_i}{sh1} \int_0^1 ch(s-1) \theta_\varphi((n+1)\Delta, s) ds. \end{cases} \quad (23)$$

Расчет интегралов в (23) осуществлялся с помощью метода трапеции или метода Симпсона [9].

Таким образом, чтобы найти решение на следующем временном слое, необходимо задать начальные данные для E , R , φ , и последовательно осуществить действия:

1. Рассчитать правую часть $\mathcal{F}^{(\varphi)}(\chi(n\Delta, x), \rho)$ для первого уравнения в (9), где значение χ берется с n -го (предыдущего) слоя. Найти решение для электрического потенциала $\varphi^{n+1} = \varphi((n+1)\Delta, x)$ и вычислить производную $\xi\varphi^{n+1}$.
2. Рассчитать правую часть для второго уравнения в (9) $\mathcal{F}^{(\sigma)}(\xi\sigma(n\Delta, x), \xi\chi(n\Delta, x), \xi\varphi((n+1)\Delta, x) + B, \sigma^n)$, где σ , χ берутся с n -го слоя, а φ – с $(n+1)$ -го слоя. Найти решение $\sigma^{n+1} = \sigma((n+1)\Delta, x)$ и вычислить производную $\xi\sigma^{n+1}$.
3. Рассчитать правую часть для третьего уравнения в (9) $\mathcal{F}^{(\chi)}(\xi\sigma((n+1)\Delta, x), \xi\chi(n\Delta, x), \xi\varphi((n+1)\Delta, x) + B, \sigma^{n+1}, \chi^n, \rho)$, где значение χ берется с n -го слоя, а φ , σ – с $(n+1)$ -го слоя. Найти решение $\chi^{n+1} = \chi((n+1)\Delta, x)$ и вычислить производную $\xi\chi^{n+1}$.

Данные действия осуществляются в цикле. Цикл прекращает свою работу в тот момент, когда численное решение найдено с заданной точностью.

Для реализации и тестирования описанных вычислительных схем, разработана система «Численный анализ задачи о баллистическом диоде». Меню системы представлено на рисунке 2.

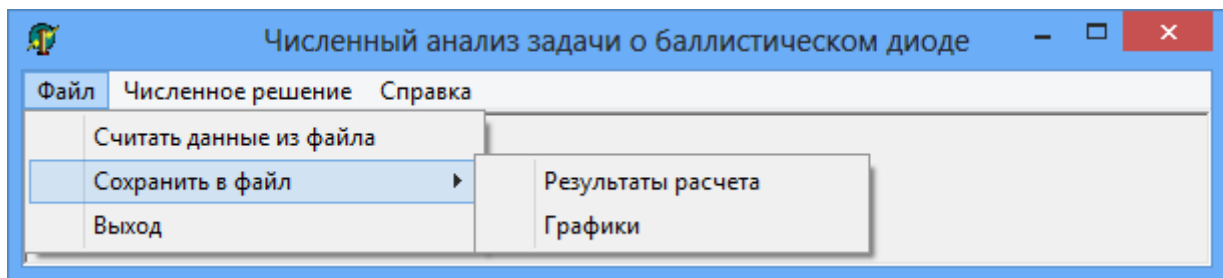


Рисунок 2 – Меню системы

В окне «Численное решение задачи о баллистическом диоде» (рисунок 3) необходимо задать физические и численные параметры, утвердить начальные данные или считать данные из файла, указать количество итераций, выбрать алгоритм решения задачи. Только после этого можно будет получить решение задачи и сохранить в файл. Более того, в системе возможно следить за поведением графика зависимости энергии от времени.

Расчеты показали, что разработанные вычислительные алгоритмы имеют разные скорости сходимости. Алгоритм, использующий кубические сплайны, имеет более высокую скорость, чем алгоритм, использующий схему предиктор-корректор.

Хорошие результаты при $\sigma = 0.004$ можно получить с помощью системы интегральных уравнений (рисунок 4). При небольших σ лучше использовать другие алгоритмы.

Проверку правильности работы разработанных алгоритмов осуществили с помощью метода ортогональной прогонки. Данный метод позволяет проводить расчеты с заданной точностью. На рисунке 5 представлены результаты метода ортогональной прогонки и разработанных алгоритмов. Из рисунка видно, что результаты практически совпадают, т.е. графики, построенные для плотности, потенциала и энергии электронов разными алгоритмами совпали. Есть небольшие расхождения только для скорости электронов.

Численное решение задачи о баллистическом диоде

Физические параметры

Длина канала $L = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ $d = 1/6$

Плотность легирования n^+ области $N = 5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$

Плотность легирования n области $N = 2 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

$\beta = 10749,32277$ $\delta = 0,0040$

Напряжение смещения $V = 1$

Численные параметры

Количество узлов сетки по x $N = 100$

Шаг разностной сетки по x $h_x = 0,0100$

Шаг разностной сетки по t $\Delta t = 0,1$

Количество итераций по нелинейности $M = 10$

Точность $\text{EPS} = 10^{-8}$

$\Delta l = 1/12 = 0,004$

Начальные данные

Эл. потенциал $\varphi = 0$ Энергия электронов $E = 1,5$

Электронная плотность $R = 1$

Потоки $I = 0$ $J = 0$

Безразмерное $B = 38,6473$

✓ Утвердить начальные данные

Схематическое представление баллистического диода

Количество итераций 0

Считать данные из файла

Сохранить результаты расчета в файл

Сохранение графиков

Потенциал	Энергия E	Электронная плотность R
I	J	u и q
		Скорректированное u

Алгоритмы решения:

1. Интегральные уравнения 2. Модификация интегральных уравнений

3. Схемы предиктор-корректор

4. Техника сайзин-функций 5. Приближенная математическая модель

Данные расчета График плотности График зависимости энергии E от t

График приближенного решения для потенциала

График приближенного решение для энергии E

График приближенного решения для электронной плотности R

График приближенного решения для I

График приближенного решения для J

График приближенного решения для u График скорректированного u

График зависимости энергии E от t

Начать расчет Прервать расчет

Рисунок 3 – Окно «Численное решение задачи о баллистическом диоде»

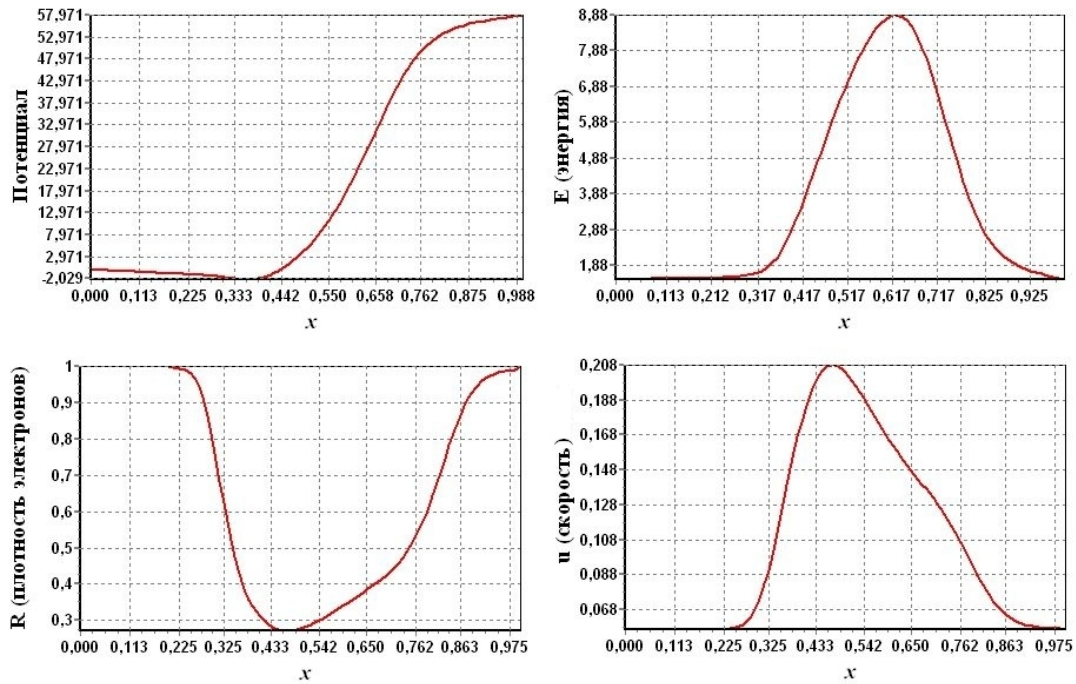


Рисунок 4 – $V = 1.5 \text{ Volt}$, $\sigma = 0.004$, $L = 3 \times 10^{-7} \text{ m}$, $N = 100$, $\Delta_1 = \frac{1}{12}$, $\varepsilon_1 = 10^{-6}$

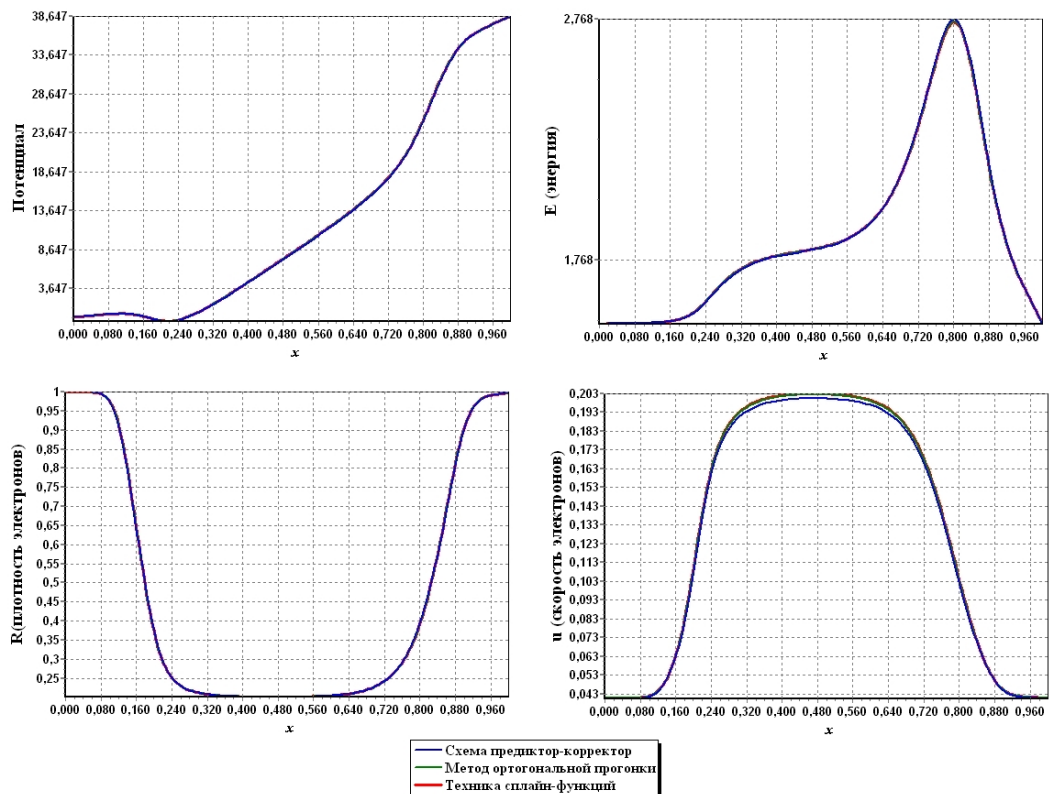


Рисунок 5 – Расчеты четырех методов:

$V = 1 \text{ Volt}$, $\sigma = 0.2$, $L = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$, $N = 200$, $\Delta_1 = \frac{1}{12}$, $\varepsilon_1 = 10^{-6}$

Заключение и выводы

С помощью разработанной системы осуществлено огромное число расчетов при разных параметрах. Расчеты показали, что разработанные вычислительные алгоритмы дают физически правдоподобные результаты, которые совпадают с результатами других авторов. Материалы данной работы могут быть интересны специалистам, занимающихся моделированием различных физических процессов в полупроводниковых приборах.

Литература

1. Muscato, O. Simulation of submicron silicon diode with a non-parabolic hydrodynamical model based on the maximum entropy principle / Muscato O. Romano // VLSI Design. – 2001. – V.13. – P. 273–279.
2. Blokhin, A. M. Nonlinear asymptotic stability of the equilibrium state for the MEP model of charge transport in semiconductors / A. M. Blokhin, R. S. Bushmanov, V. Romano // Nonlinear Analysis. – 2006. – V. 65. – P. 2169–2191.
3. Blokhin, A. M. Numerical method for 2D Simulation of a Silicon MESFET with a Hydrodynamical Model Based on the Maximum Entropy Principle / A. M. Blokhin, A. S. Ibragimova // SIAM Journal on Scientific Computing. – 2009. – V. 31. – Issue 3. – P. 2015–2046.
4. Blokhin, A. M. 1D Numerical Simulation of the MEP Mathematical Model in ballistic diode problem / A. M. Blokhin, A. S. Ibragimova // Journal of Kinetic and Related Models. – 2009. – V. 2. – № 1. – P. 81–107.
5. Бабенко, К. И. Основы численного анализа / К. И. Бабенко. – Москва–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», – 2002. – 848 с. – Текст : непосредственный.
6. Блохин, А. М. Численный анализ задач переноса заряда в полупроводниковых устройствах / А. М. Блохин, А. С. Ибрагимова, Б. В. Семисалов. – Saarbrücken, Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 209 с. – Текст : непосредственный.
7. Шевченко, А. С. Алгоритм поиска приближенных решений уравнения Пуассона / А. С. Шевченко. – Текст : непосредственный // Молодой ученый, 2015. – № 3. – С. 18–23.
8. Завьялов, Ю. С. Методы сплайн-функций / Ю. С. Завьялов, Б. И. Квасов, В. Л. Мирошниченко; под ред. Н. Н. Яненко. – М. : Наука, 1980. – 352 с. – Текст : непосредственный.
9. Шевченко, А. С. Численные методы : учеб. пособие / А. С. Шевченко. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 381 с. – Текст : непосредственный.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

**ВЛИЯНИЕ НЕПРЕРЫВНЫХ ИОННЫХ ПУЧКОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИИ
ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЁВ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
БЕЗВОЛЬФРАМОВОГО ТВЕРДОГО СПЛАВА МАРКИ КНТ16**

Бадамшин Артем Маратович

*ассистент кафедры «Машиностроение и материаловедение»,
ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет»*

Омск, Россия

E-mail: Artembadamschin@mail.ru

Поворознюк Сергей Николаевич

*кандидат технических наук,
доцент кафедры «Машиностроение и материаловедение»
ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет»*

Омск, Россия

E-mail: Povorozn@mail.ru

Крутько Андрей Александрович

*кандидат технических наук,
доцент кафедры «Машиностроение и материаловедение»
ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет»*

Омск, Россия

E-mail: Andrey_904@mail.ru

Бургонова Оксана Юрьевна

*кандидат технических наук,
доцент кафедры «Машиностроение и материаловедение»
ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет»*

Омск, Россия

E-mail: Oksbourg@mail.ru

Предмет исследования: в статье проводится исследование влияния непрерывных ионных пучков составов $Ar^+ + Zr^+$ и $N^+ + Ti^+$, с энергией ионов $E = 20$ кэВ и дозой облучения $D = 5 \cdot 10^{17}$ ион/см² на изменение морфологии, микротвёрдости и износостойкости при чистовой токарной обработке металлорежущих пластин из безвольфрамового твердого сплава марки КНТ16 (TiCN-Ni-Mo).

Цель исследования: разработка технологических режимов ионно-лучевой обработки, направленных на совершенствование эксплуатационных характеристик металлорежущих инструментов из безвольфрамовых твердых сплавов системы TiCN-Ni-Mo.

Методы и объекты исследования: объектом исследования являлись металлорежущие пластины из безвольфрамового твердого сплава марки КНТ16 в исходном состоянии и после модификации их поверхностных слоёв непрерывными ионными пучками $Ar^+ + Zr^+$ и $N^+ + Ti^+$. Изменение износостойкости режущих пластин после ионной модификации оценивалось методом построения кинетических кривых изнашивания задних поверхностей пластин при чистовой токарной обработке прутков из стали марки 40ХН. Определение микротвёрдости образцов проводилось с использованием микротвердомера Shimadzu HNV-2 методом Виккерса. Оценка изменения морфологии поверхности проводилось с использованием атомно-силовой микроскопии на сканирующем зондовом микроскопе Ntegra prima.

Результаты исследования: с использованием метода атомно-силовой микроскопии, на примере воздействия пучка $N^+ + Ti^+$ показано, что ионно-лучевая обработка приводит к селективному распылению связующей фазы в тонком поверхностном слое облучаемого твердого сплава. Экспериментально определено, что ионное модифицирование способствует увеличению среднего ресурса работы режущих пластин на 40-60% в сравнении с исходными при чистой токарной обработке стали 40ХН в нормализованном состоянии. Установлено, что ионное облучение пучком $Ar^+ + Zr^+$ приводит к увеличению среднего значения микротвердости сплава КНТ16 ~ на 20%, пучком $N^+ + Ti^+$ ~ на 10%. Предложены физико-химические процессы, отвечающие за изменения свойств металлорежущих пластин из безвольфрамового твердого сплава КНТ16 в результате модифицирования его поверхностных слоёв ионными пучками.

Ключевые слова: безвольфрамовые твердые сплавы, непрерывные ионные пучки, ионно-лучевое модифицирование, поверхность, обработка металлов резанием.

**INFLUENCE OF CONTINUOUS ION BEAMS ON THE CHANGES
IN THE MORPHOLOGY OF SURFACE LAYERS AND PERFORMANCE PROPERTIES
OF A TUNGSTEN-FREE HARD ALLOY OF KNT16 GRADE**

Artem M. Badamshin

*Assistant of the Department of Mechanical Engineering and Materials Science,
Omsk State Technical University
Omsk, Russia
E-mail: Artembadamschin@mail.ru*

Sergey N. Povoroznyuk

*Candidate of Technical Sciences
Docent of the Department of Mechanical Engineering and Materials Science,
Omsk State Technical University
Omsk, Russia
E-mail: Povorozn@mail.ru*

Andrey A. Krutko

*Candidate of Technical Sciences
Docent of the Department of Mechanical Engineering and Materials Science,
Omsk State Technical University
Omsk, Russia
E-mail: Andrey_904@mail.ru*

Oksana Yu. Burgonova

*Candidate of Technical Sciences
Docent of the Department of Mechanical Engineering and Materials Science,
Omsk State Technical University
Omsk, Russia
E-mail: Oksbourg@mail.ru*

Subject of research: the article studies the effect of continuous ion beams of $Ar^+ + Zr^+$ and $N^+ + Ti^+$ compositions, with ion energy $E = 20$ keV and radiation dose $D = 5 \cdot 10^{17}$ ion/cm², on the change in morphology, microhardness and wear resistance during finishing turning processing of metal-cutting plates made of tungsten-free hard alloy grade KNT16 (TiCN-Ni-Mo).

The purpose of the study: the development of technological modes of ion-beam processing aimed at improving the operational characteristics of metal-cutting tools from tungsten-free hard alloys of the TiCN-Ni-Mo system.

Methods and objects of research: the object of research was metal-cutting plates made of tungsten-free hard alloy grade KNT16 in the initial state and after modification of their surface layers by continuous ion beams of $Ar^+ + Zr^+$ and $N^+ + Ti^+$. The change in the wear resistance of cutting inserts after ion modification was estimated by constructing kinetic curves of wear of the rear surfaces of the inserts during finishing turning of bars made of 40KhN steel. The microhardness of the samples was determined using a Shimadzu HMV-2 microhardness tester using the Vickers method. The change in surface morphology was assessed using atomic force microscopy on an Ntegra prima scanning probe microscope.

Research results: using the method of atomic force microscopy, using the $N^+ + Ti^+$ beam as an example, it was shown that ion-beam treatment leads to selective sputtering of the binder phase in a thin surface layer of the irradiated hard alloy. It has been experimentally determined that ion modification contributes to an increase in the average service life of cutting inserts by 40–60% compared to the initial ones during finishing turning of 40KhN steel in the normalized state. It has been established that ion irradiation with an $Ar^+ + Zr^+$ beam leads to an increase in the average value of the microhardness of the KNT16 alloy by ~ 20%, and with an $N^+ + Ti^+$ beam by ~ 10%. Physicochemical processes are proposed that are responsible for changes in the properties of metal-cutting inserts made of tungsten-free hard alloy KNT16 as a result of modifying its surface layers with ion beams.

Keywords. tungsten-free hard alloys, continuous ion beams, ion-beam modification, surface, metal cutting.

Введение

Безвольфрамовые твердые сплавы (БВТС) на основе карбида (карбонитрида) титана и различных металлических связующих фаз нашли свое применение для изготовления металлорежущих инструментов [1-2]. Их основное преимущество перед более распространенными вольфрамокобальтовыми (WC-Co) твердыми сплавами заключается в существенно меньшей стоимости и распространенности применяемых для их изготовления компонентов [3]. Несмотря на это, широкому внедрению данных материалов в производство металлорежущих пластин препятствует ряд факторов: более низкое чем у сплавов WC-Co значение прочностных характеристик, ударной вязкости и твердости. Ввиду данных недостатков БВТС на основе TiC[TiCN] применяются лишь при токарной и фрезерной обработке углеродистых и низколегированных сталей и ряда других легкообрабатываемых сплавов. Для решения данной проблемы существует несколько исследовательских направлений. Во-первых – это разработка принципиально новых составов безвольфрамовых твердых сплавов [4-5] и совершенствование технологии изготовления уже существующих. Последнее заключается в разработке оптимальных режимов прессования и спекания БВТС [6-7], выборе составов пластификаторов [8], фракции [9] и стехиометрии исходных порошкообразных частиц [10].

Наряду с этим, существует и ряд альтернативных методов, подразумевающих совершенствование свойств поверхностных слоёв уже изготовленных твердосплавных инструментов. К данной группе методов относятся, например: нанесение износостойких покрытий, алмазная заточка, обработка высокоэнергетическим лазерным излучением, модификация поверхности ионными пучками и. др. К преимуществам последнего из перечисленных методов (ионно-лучевая модификация) можно отнести большую площадь генерируемых потоков ионов, что позволяет проводить обработку сразу нескольких образцов и сравнительно с большинством других технологий – низкую стоимость процесса.

Стоит отметить, что технология ионно-лучевой модификации (ИЛМ) показала хорошие результаты для повышения износостойкости традиционных вольфрамокобальтовых твердых сплавов групп: ВК и ТТК. В ряде работ [11-13] отмечается повышение ресурса работы модифицированных металлорежущих пластин в 2-4 раза в сравнении с исходными. Столь значительных эффект авторы данных работ связывают с процессами деформационного упрочнения компонентов твердых сплавов и образованием твердых химических соединений в тон-

ких поверхностных слоях модифицированных материалов. При этом, в настоящее время, прослеживается явный дефицит полученных результатов в области модификации безвольфрамовых твердых сплавов, наличие которых может иметь большой научно-практический потенциал.

Целью данной работы является исследование изменения морфологии, микротвердости и износостойкости при токарной обработке углеродистых сталей БВТС марки КНТ16 («TiCN–Ni–Mo») в результате модифицирования непрерывными ионными пучками (НПИ) составов $Ar^+ + Zr^+$ и $N^+ + Ti^+$ с энергией ионов $E = 20$ кэВ и дозой облучения $D = 5 \cdot 10^{17}$ ион/см².

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлены результаты исследования кинетики изнашивания модифицированных НПИ и исходных трёхгранных пластин БВТС марки КНТ16 при чистовом точении стали 40ХН. Токарная обработка прутков проводилась при следующих режимах: скорость резания $v = 106$ м/мин, подача $S = 0,15$ мм/об., глубина резания $t = 0,15$ мм. Критерием изменения износостойкости служила зависимость величины фаски по задней поверхности пластин от пройденного пути точения.

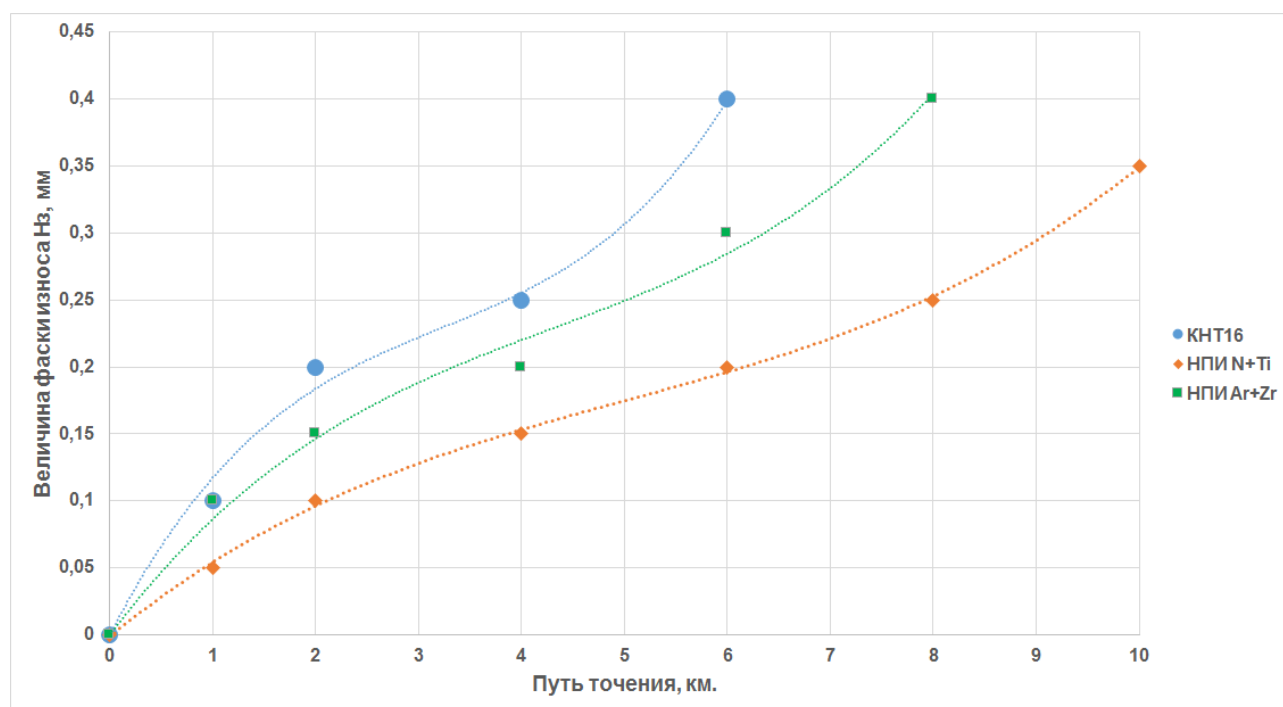


Рисунок 1 – Кинетические кривые изнашивания исходных и модифицированных ионными пучками пластин из БВТС марки КНТ16 при чистовом точении стали 40ХН

Полученные результаты свидетельствуют о том, что кинетическая кривая изнашивания для не облученной пластины имеет традиционную форму [14] с ярко выраженным участком приработки (~ первые 2 км пути точения) после чего наблюдается некоторое снижение скорости изнашивания (2-4 км точения). При этом, при достижении пути точения = 6 км наблюдается существенное увеличение значения фаски износа, величина которой к этому времени достигает 0,4 мм. Кинетические зависимости пластин облученных ионными пучками имеют схожий характер, однако их скорость изнашивания несколько ниже. Так, при анализе полученных результатов, было установлено, что наиболее оптимальным составом пучка для достижения максимального ресурса является $N^+ + Ti^+$. При данном режиме облучения значение фаски износа задней поверхности после 10 км. чистового точения составляет ~ 0,35 мм, что свидетельствует о повышении износостойкости облученных пластин ~ на 40-50% в сравнении с исходными.

Ниже на рисунке 2 представлены микрофотографии задних поверхностей исходной и модифицированных пластин, снятых на одной из серий испытания после прохождения 4 км точения.

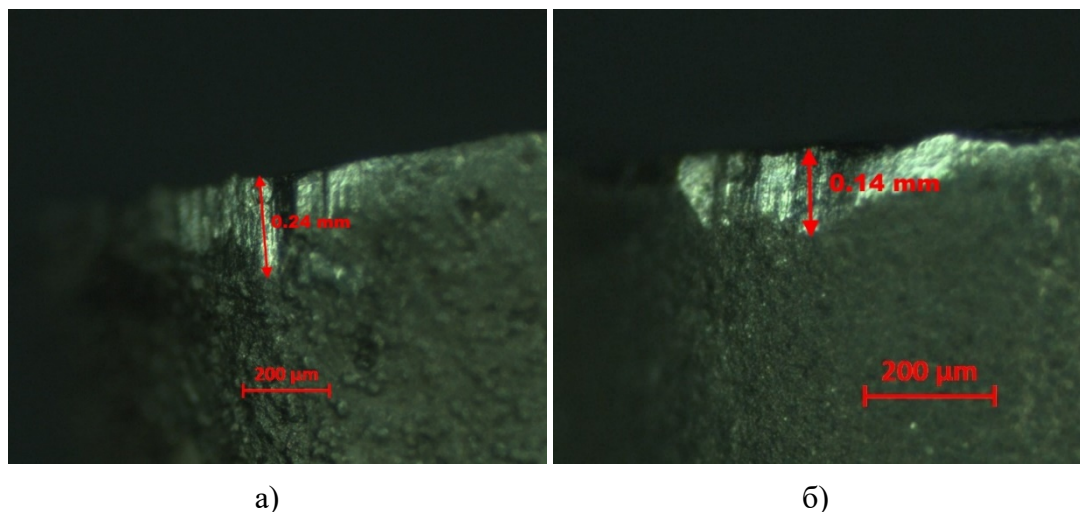


Рисунок 2 – Фаска износа задних поверхностей после 4 км. точения: (а) исходная пластина КНТ16, (б) после обработки НПИ $N^{+}+Ti^{+}$ (б).

Таким образом, можно сделать заключение, что наиболее оптимальным режимом облучения для повышения ресурса работы пластин из БВТС КНТ16 при точении среднеуглеродистых низколегированных сталей является облучения непрерывным ионным пучком состава: $N^{+}+Ti^{+}$, энергией $E = 20$ кэВ, и дозой облучения $D = 5 \cdot 10^{17}$ ион/см².

В таблице 1 приведены данные измерения микротвердости исходного и облученных образцов твердого сплава. Определение микротвердости проводилось методом Виккерса на микротвердоме Shimadzu HNV-2 при нагрузке на индентор 1.961 Н.

Таблица 1

Изменение микротвердости БВТС КНТ16 после ионного модифицирования

Микротвердость исходного образца образцов HV, ед.									
μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6	μ_7	μ_8	μ_9	$\mu_{ср.}$
1172	1336	1254	1351	1197	1294	1366	1215	1397	1286
Микротвердость после облучения НПИ $Ar^{+}+Zr^{+}$ HV, ед.									
μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6	μ_7	μ_8	μ_9	$\mu_{ср.}$
1785	1593	1618	1539	1388	1724	1307	1513	1776	1582
Микротвердость после облучения НПИ $N^{+}+Ti^{+}$ HV, ед.									
μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6	μ_7	μ_8	μ_9	$\mu_{ср.}$
1415	1368	1589	1219	1337	1422	1305	1661	1208	1391

Из данных таблицы видно, что воздействие непрерывного ионного пучка $Ar^{+}+Zr^{+}$ приводит увеличению среднего значения микротвердости пластин (~ на 20-25%) Воздействие НПИ $N^{+}+Ti^{+}$ способствуют незначительному увеличению микротвердости (~ на 10%), что можно считать погрешностью измерения. Более существенное повышение микротвердости поверхности при облучении пучком сравнительно «тяжелых» ионов $Ar^{+}+Zr^{+}$ может свидетельствовать о том, что основным процессом, отвечающим за упрочнение является – деформационный (повышение деффектности кристаллической структуры компонентов твердых сплавов, при их взаимодействии с пучком ионов) [15].

Исследование изменения морфологии поверхности проводилось с использованием метода атомно-силовой микроскопии (АСМ) на сканирующем зондовом микроскопе Ntegra prima. На рисунке 3 представлены АСМ- изображения поверхности исходного твердого сплава. Среднее значение шероховатости поверхности Sa , измеренное по полю 10 мкм². составило

234,9 нм. Номинальная площадь поверхности 129,8 мкм². На всей поверхности наблюдается наличие большого количества равномерно распределенных макрозёрен (TiCN) диаметр которых составляет ~ 0,5-1 мкм, а их усредненная высота выступа относительно поверхности составляла ~ 0,3-0,4 мкм.

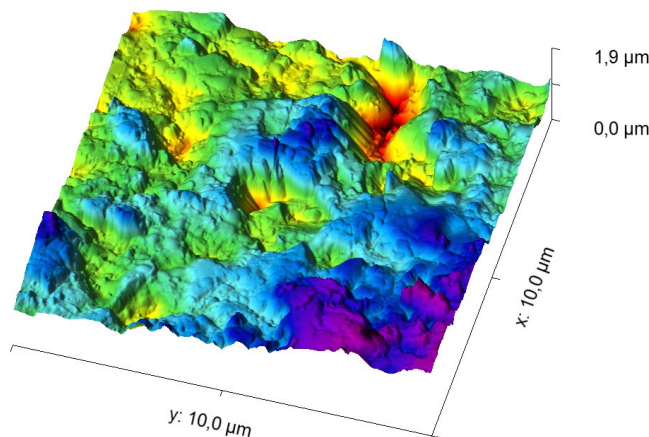


Рисунок 3 – АСМ- изображение поверхности безвольфрамового твердого сплава КНТ16 в исходном состоянии.

После модификации непрерывным ионным пучком N^+Ti^+ (рисунок 4) наблюдалось существенное повышение количества зёрен TiCN на поверхности твердого сплава. При этом, средние значения их диаметра и выступа относительно поверхности было ниже, чем у зёрен исходного образца и составляют ~ 0,3 и 0,2 мкм соответственно.

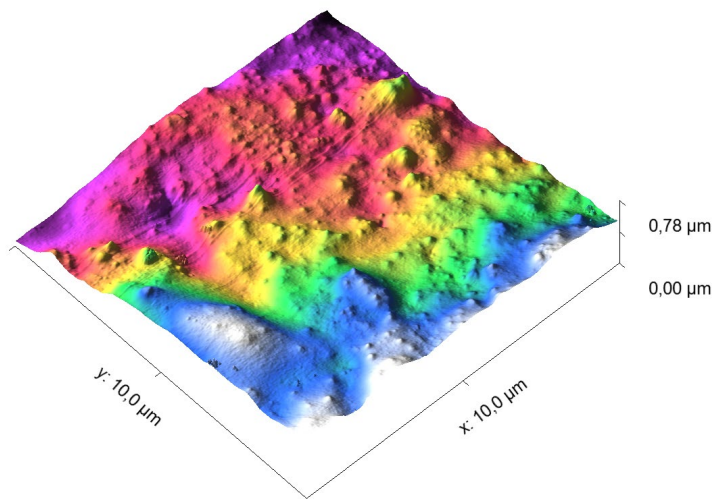


Рисунок 4 – АСМ- изображение поверхности безвольфрамового твердого сплава КНТ16 после обработки НПИ $N^{++}Ti^+$

«Оголение» зёрненной фазы связано с процессом селективного ионного распыления никель-молибденовой при воздействии непрерывного ионного пучка.

Заключение и выводы

Таким образом, в данной работе проведено исследование изменения морфологии, износостойкости при токарной обработке и микротвердости металлорежущих пластин из безвольфрамового твердого сплава марки КНТ16, подвергнутого воздействию непрерывных га-

зометаллических ионных пучков. Установлено, что воздействие НПИ состава $N^{+}+Ti^{+}$, энергией ионов $E = 20$ кэВ и дозой облучения $D = 5 \cdot 10^{17}$ ион/см² приводит к увеличению ресурса работы режущих пластин при чистовом точении среднеуглеродистой низколегированной стали 40ХН на 40-60%. Воздействие НПИ состава $Ag^{+}+Zr^{+}$ с идентичными параметрами облучения способствует увеличению значения микротвердости БВТС ~ на 20%, что, предположительно, может быть связано с деформационным упрочнением компонентов твердого сплава при облучении. Полученные результаты свидетельствуют о перспективе проведения дальнейших исследований в области ионно-лучевого модифицирования безвольфрамовых твердых сплавов с целью изучения физико-химических процессов, происходящих при воздействии ионных пучков на поверхности материалов данной группы и разработке рациональных режимов упрочнения режущих инструментов.

Литература

1. Наумова, О. Г. Пути развития и проблемы создания безвольфрамовых твердых сплавов / О. Г. Наумова, К. В. Сопин, А. С. Янюшкин. – Текст : непосредственный // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки – развитию регионов. – 2005. – Т. 2. – С. 209-212.
2. Верещака, А. А. Повышение эксплуатационных характеристик инструмента из безвольфрамовых твердых сплавов с помощью наноструктурированных многослойно-композиционных покрытий / А. А. Верещака, О. Хожаев. – Текст : непосредственный // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – № 3(43). – С. 20-25.
3. Бадамшин, А.М. Влияние ионного облучения на морфологию, элементный и химический состав поверхностных слоев безвольфрамовых твердых сплавов / А. М. Бадамшин, С. Н. Несов, В. С. Ковивчак [и др.]. – Текст: непосредственный // Письма в Журнал технической физики. – 2021. – № 15(47). – С. 19-22.
4. Акимов, В. В. Исследование микротвердости безвольфрамовых твердых сплавов на основе карбида титана / В. В. Акимов. – Текст : непосредственный // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2005. – № 3-1(23). – С. 121-124.
5. Панов, В. С. Основные направления усовершенствования состава и свойств твердых сплавов (аналитический обзор) / В. С. Панов. – Текст : непосредственный // Материаловедение. – 2020. – № 4. – С. 37-41.
6. Бурков, П. В. Оптимизация режимов горячего прессования сплавов TiC-NiTi / П. В. Бурков, С. Н. Кульков. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2004. – № 6(43). – С. 71-75.
7. Акимов, В. В. Механизм жидкофазного спекания твердосплавных композитов TiC-TiNi / В. В. Акимов. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2006. – № 6. – С. 33-35.
8. Влияние пластификатора на микроструктуру сплава на основе карбонитрида и никелида титана / И. Г. Григоров, В. А. Жилиев, А. Н. Ермаков, Ю. Г. Зайнулин. – Текст : непосредственный // Конструкции из композиционных материалов. – 2006. – № 4. – С. 46-49.
9. Гуревич, Л. М. Оценка размеров карбидных частиц и степени их деформации при взрывном плакировании заготовок порошковыми твердыми сплавами / Л. М. Гуревич, Ю. П. Трыков, Р. Е. Новиков. – Текст : непосредственный // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2015. – № 10(170). – С. 38-43.
10. Бурков, П. В. Исследование твердых сплавов на основе карбида титана с никелидом титана / П. В. Бурков. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2008. – № 6(70). – С. 40-44.
11. Калистратова, Н. П. Модификация твердых сплавов мощными ионными пучками и послерадиационной термической обработкой / Н. П. Калистратова, К. Н. Полещенко, Г. И. Геринг [и др.]. – Текст : непосредственный // Физика и химия обработки материалов. – 1999. – № 1. – С. 10-14.

12. Патент № 2119551 С1 Российская Федерация, МПК С23С 14/48. Способ обработки твердосплавного режущего инструмента : № 97117329/02 : заявл. 21.10.1997 : опубл. 27.09.1998 / Г. И. Геринг, К. Н. Полещенко, С. Н. Поворожнюк, П. В. Орлов ; заявитель Омский государственный университет.

13. Полещенко, К. Н. Влияние миграции имплантированной примеси на износоустойчивость модифицированных твердых сплавов / К. Н. Полещенко, С. Н. Поворожнюк, Г. А. Вершинин [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник Омского университета. – 1997. – № 2. – С. 23-25.

14. Белашова, И. С. Режущие свойства инструментальных сталей после лазерного поверхностного легирования / И. С. Белашова, Т. В. Тарасова, Д. В. Бологов. – Текст : непосредственный // Промышленный сервис. – 2018. – № 4(69). – С. 9-13.

15. Бадамшин, А. М. Модификация металлорежущих пластин из безвольфрамового твердого сплава марки КНТ16 непрерывными ионными пучками / А. М. Бадамшин, С. Н. Поворожнюк, В. В. Акимов [и др.]. – Текст : непосредственный // Омский научный вестник. – 2023. – № 1(185). – С. 31-36.

**ПОЛУЧЕНИЕ ТВЕРДОГО СПЛАВА WC-10мас. %Со
МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ
МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ**

Буравлева Анастасия Александровна

старший преподаватель

Департамента промышленной безопасности

Политехнического института (школы),

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

Владивосток, Россия

E-mail: bouy@mail.ru

Коростелин Роман Ильич

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

Владивосток, Россия

E-mail: korostelin-ri@students.dyfu.ru

Буравлев Игорь Юрьевич

кандидат химических наук,

доцент Департамента промышленной безопасности

Политехнического института (школы),

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

Владивосток, Россия

E-mail: buravlev.i@gmail.ru

Чуклинов Сергей Владимирович

Директор центра «Научно-образовательный центр

развития технологий двигателестроения»,

Института №2 «Авиационные, ракетные двигатели

и энергетические установки»

Московского авиационного института

(национального исследовательского центра)

Москва, Россия

E-mail: chuklinoff@mail.ru

Предмет исследования: метод получения твердого сплава по технологии искрового плазменного спекания, реализованный для механически активированных порошков смесевых композиций WC с 10 мас. % Со.

Методы и объекты исследования: механическая активация порошков осуществлена в шаровой планетарной мельнице методом мокрого размола / перемешивания в безводной среде изопропанола с использованием размольного контейнера и шаров, выполненных из WC.

Основные результаты исследования: в работе представлены экспериментальные данные по динамике уплотнения (кинетика и стадийность спекания) в процессе искрового плазменного спекания при температурах 1000, 1100, 1150 и 1200 °С. Приводятся результаты исследования фазового состава, микроструктурной организации и физико-механических свойств твердого сплава WC-10мас.%Со. Определены оптимальные параметры спекания (1200 °С, 9 мин). Твердость и механическая прочность образцов твердого сплава WC-10мас.%Со увеличиваются по мере роста температуры выдержки с достижением плотно-

сти 99,6 % от теоретического значения. Показано, что с повышением температуры от 1000 до 1200 °С средний размер зерна WC незначительно увеличивается от 3,3 мкм до 3,9 мкм с возрастающим вкладом доли более крупных зерен с размером > 4 мкм.

Ключевые слова: карбид вольфрама (WC), твердый сплав, WC-Co, искровое плазменное спекание, размер зерна.

WC-10wt.%Co HARD ALLOY FABRICATION VIA SPARK PLASMA SINTERING OF MECHANICALLY ACTIVATED POWDERS

Anastasia A. Buravleva

*Senior Lecturer of the Department of Industrial Safety
of the Polytechnic Institute (School),
Far Eastern Federal University
Vladivostok, Russia
E-mail: bouy@mail.ru*

Roman I. Korostelin

*Far Eastern Federal University
Vladivostok, Russia
E-mail: korostelin-ri@students.dvfu.ru*

Igor Yu. Buravlev

*Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
Department of Industrial Safety of the Polytechnic Institute (School),
Far Eastern Federal University
Vladivostok, Russia
E-mail: buravlev.i@gmail.ru*

Sergey V. Chuklinov

*Director of the Center "Scientific and Educational Center
for the Development of Engine Building Technologies",
Institute No. 2 "Aircraft, Rocket Engines and Power Plants"
of the Moscow Aviation Institute (National Research Center)
Moscow, Russia
E-mail: chuklinoff@mail.ru*

Subject of research: the paper presents a method of hard alloy fabrication via spark plasma sintering technology performed for mechanically activated powders of mixed WC compositions with 10 wt % Co.

Methods and objects of research: mechanical activation of the powders was carried out in a ball planetary mill by wet milling/stirring in anhydrous isopropanol medium using a milling container and balls made of WC.

Main results of research: the paper presents experimental data on the densification dynamics (kinetics and sintering stages) during spark plasma sintering at temperatures of 1000, 1100, 1150 and 1200 °C. The results of studies of the phase composition, microstructural organization and physical and mechanical properties of WC-10wt.%Co hard alloy are given. Optimal sintering parameters (1200 °C, 9 min) are determined. Hardness and mechanical strength of WC-10wt.%Co hard alloy samples increase as the sintering temperature increases with reaching the density of 99.6 % of the theoretical value. It is shown that with increasing temperature from 1000 to 1200 °C the average WC grain size slightly increases from 3.3 μm to 3.9 μm with increasing contribution of the share of larger grains with size > 4 μm.

Keywords: tungsten carbide (WC), hard alloy, WC-Co, spark plasma sintering, grain size.

Введение

Твердые сплавы (ТС) на основе карбида вольфрама (WC) представляют собой важный класс материалов, используемых для различных инженерных приложений [1], в частности, для изготовления инструментов металлообработки [2], а также в композитных покрытиях [3] и покрытиях на высокопрочных сталях [4]. Высокая температура спекания WC обуславливает использование для синтеза ТС на его основе связующих, что придает изделиям прочность на изгиб. Могут использоваться связующие на основе одного [5] или же комбинации нескольких металлов [6, 7]. Известны случаи применения решений на основе связующих с высокой температурой плавления [8], а также упрочненных комбинированных связующих средне- и высокоэнтروпийных составов [9]. Однако более 90 % всей номенклатуры ТС из WC изготавливается с использованием связующего на основе кобальта (Co) [10].

Производство WC и продуктов на его основе стремятся к созданию новых и совершенствованию существующих технологий при упрощении и удешевлении процессов изготовления. Одним из способов улучшения свойств ТС по праву считается сочетание процесса спекания с давлением прессования, что возможно с применением термомеханической консолидации порошков по технологии искрового плазменного спекания (ИПС) [11]. ИПС зарекомендовал себя как эффективный метод для консолидации различных материалов, включая ТС, высокотемпературные материалы, а также покрытия. Значительное уплотнение в процессе ИПС достигается с высокой скоростью нагрева при более низкой температуре выдержки [12]. Как следствие, для ТС, полученных методом ИПС, характерны малый рост зерна, высокая твердость, малая вязкость разрушения [13].

Результаты и обсуждение

Целью настоящей работы являлось изучение кинетики и стадийности спекания при ИПС синтезе ТС на основе WC в составе с 10 масс. % кобальтового связующего, с дальнейшим исследованием структурных особенностей полученного материала, и его физико-механических свойств.

Материал и методы исследования

Для подготовки стартовой порошковой смеси использованы порошки WC и Co с массовой долей 99,9 %.

Методика механической активации порошковой смеси

Подготовка смеси порошковой композиции WC-10масс.%Со проведена методом механической активации (МА) на планетарной мельнице Tencap XQM-0.4A с использованием размольных контейнеров и шаров, выполненных из WC. 50 г порошка (WC – 45 г; Со – 5 г) измельчали в присутствии 15 шаров общей массой 125 г. Измельчение проводили при 700 об/мин в течение 7 циклов; каждый цикл состоял из 15 мин измельчения с последующим 15 мин охлаждением размольного контейнера. Измельчение проводили мокрым методом в среде безводного изопропанола (50 мл). Для предотвращения окисления порошковых материалов изопропанол предварительно обрабатывали аргоном для удаления растворенного кислорода. Аргон дополнительно закачивали в размольный контейнер для вытеснения воздуха. После завершения измельчения контейнер разгерметизировали и помещали в сушильный шкаф (80 °C) для удаления изопропанола.

Методика ИПС

ИПС образцов проводилось на установке SPS-515S (Dr. Sinter LAB™, Япония) при постоянном давлении прессования 57,3 МПа со скоростью нагрева 87 °C/мин до температур выдержки 1000, 1100, 1150 и 1200 °C. Спекание проводили по следующей схеме: 8 г порошка помещали в графитовую форму (диаметр 10,5 мм), затем прессовали (20 МПа) и помещали в камеру спекания, камеру вакуумировали (10^{-5} атм.), далее порошок спекали. Температуру процесса ИПС контролировали оптическим пирометром Hitachi IR-AHS (Япония).

Характеристика методов исследования

Гранулометрический состав порошков определяли на лазерном анализаторе частиц Analysette-22 NanoTec/MicroTec/XT (Fritsch, Германия). Каждый образец измерялся три раза, затем результаты усреднялись.

Образцы ТС исследовались с предварительно отполированной поверхности поперечного сечения. Образцы распиливались алмазным диском при охлаждении водно-эмульсионным раствором на автоматическом высокоскоростном прецизионном отрезном станке Metkon Micracut 201 со скоростью реза 2 мм/мин. Автоматическая полировка образцов в соответствии со стандартами подготовки образцов для исследования микроструктуры проводилась на автоматической шлифовально-полировальной станции PRESI MECATECH 234 (Франция).

Элементный состав исследуемых образцов определяли методом энергодисперсионной рентгеновской флуоресценции на приборе Shimadzu EDX 7000 HS (Япония). Рентгенофазовый анализ (РФА) исходных порошков и ТС проводили на рентгеновском дифрактометре D8 Advance Bruker AXS (Германия). Микроструктуру изучали с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) Carl Zeiss Ultra 55 (Германия) с приставкой для энергодисперсионного рентгеновского микроанализа (ЭДС) Bruker (Германия). Гранулометрический состав и средний размер зерен образцов рассчитывали методом линейного перехвата [14]. Для каждого измерения анализировали не менее 300 зерен.

Удельный вес спеченных образцов измеряли методом гидростатического взвешивания на весах Adventurer™ OHAUS Corporation (США). Расчет относительной плотности из теоретических образцов сплава проводили по формуле (RD):

$$RD(\%) = 100 / \left(\frac{\omega_1}{\rho_1} + \frac{\omega_2}{\rho_2} \right)$$

где ω – массовая доля компонента, ρ – теоретическая плотность компонента.

Микротвердость полученных образцов измеряли при нагрузке HV0,5 (4,903 Н) на микротвердометре Shimadzu HNMV-G-FA-D (Япония).

Механическая активация стартовой порошковой смеси WC-10масс.%Со

Установлено, что МА смеси порошков WC и 10 масс.% Со приводит к образованию порошка с гранулометрическим составом частиц в размерном диапазоне 0,1–10 мкм. В процессе МА размер частиц WC уменьшается на 30 % от исходного. Более 95 % порошка после МА представлена частицами в размерном диапазоне 1–10 мкм, остальной объем занимают частицы 100–200 нм (рис. 1).

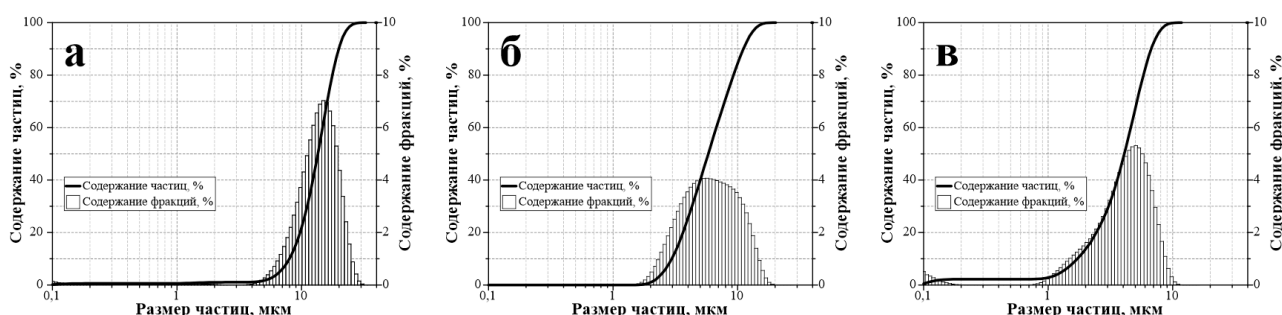


Рисунок 1 – Гранулометрический состав исходных порошков (а) WC и (б) Со до МА и (в) в составе готовой смеси WC-10масс.%Со после МА

Кинетика и стадийность спекания ИПС порошковой смеси WC-10масс.%Со

Кинетика усадки смеси механоактивированного порошка WC-10масс.%Со при спекании под постоянным давлением прессования 57,3 МПа изучалась по динамике консолидации при нагреве до 1000, 1100, 1150 и 1200 °С. Измерение температуры начиналось со 110 секунды процесса спекания, что связано со спецификой работы лазерного пирометра. Анализ кривых зависимости скорости усадки от времени (рис. 2) позволил установить, что уплотнение порошкового компакта на начальной стадии имело одинаковый характер для всех образцов.

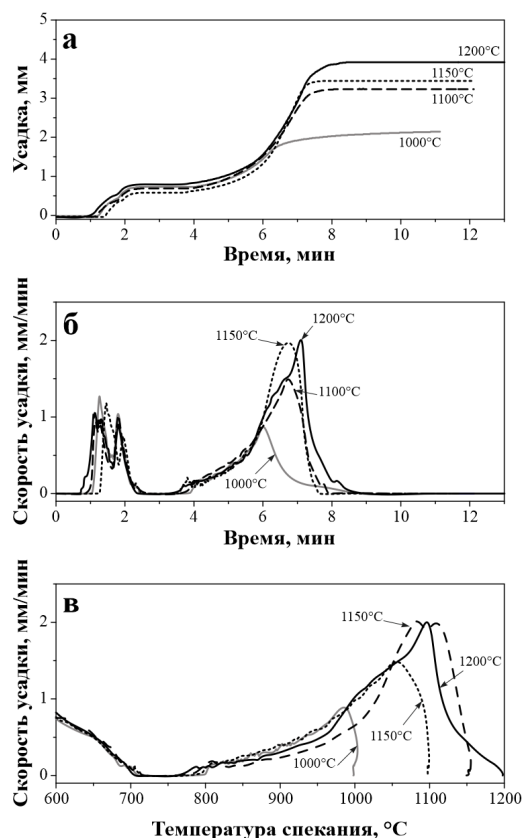


Рисунок 2 – Уплотнение порошка смешевой композиции WC с 10мас. %Со при температурах ИПС 1000, 1100, 1150 и 1200 °C: а – уплотнение (усадка) / время; б – скорость уплотнения / температура; в – скорость уплотнения / время

В течение первых двух минут процесса спекания происходит механическое уплотнение порошка в результате разрушения и перегруппировки частиц WC. Начало интенсивного уплотнения и спекания порошка для всех образцов происходит при температуре 780 ± 2 °C и переходит в активную стадию в диапазоне 900–1060 °C на 5–6,5 минуте процесса. Динамическое уплотнение при нагреве в этом диапазоне связано с интенсификацией пластических и ползучих течений в спекаемом порошке, а начальная температура активной стадии спекания зависит от скорости нагрева. После прекращения нагрева усадка образца замедляется.

Заметное увеличение плотности образцов происходит с повышением температуры спекания в диапазоне значений от 1000 °C до 1150 °C (табл. 1). При этом значительное уплотнение порошковой смеси при спекании происходит в диапазоне 1150–1200 °C с достижением наиболее плотной упаковки при 1200 °C. Неизменность фазового состава консолидированных образцов во всем диапазоне значений температуры подтверждается результатами РФА (рис. 3).

Таблица 1

Плотность образцов ТС композиции WC-10мас.%Со,
полученных ИПС при 1000, 1100, 1150 и 1200 °C.

Образец, №	Температура выдержки, °C	Относительная плотность, % от теоретической
1	1000	71,73
2	1100	79,97
3	1150	93,32
4	1200	99,81

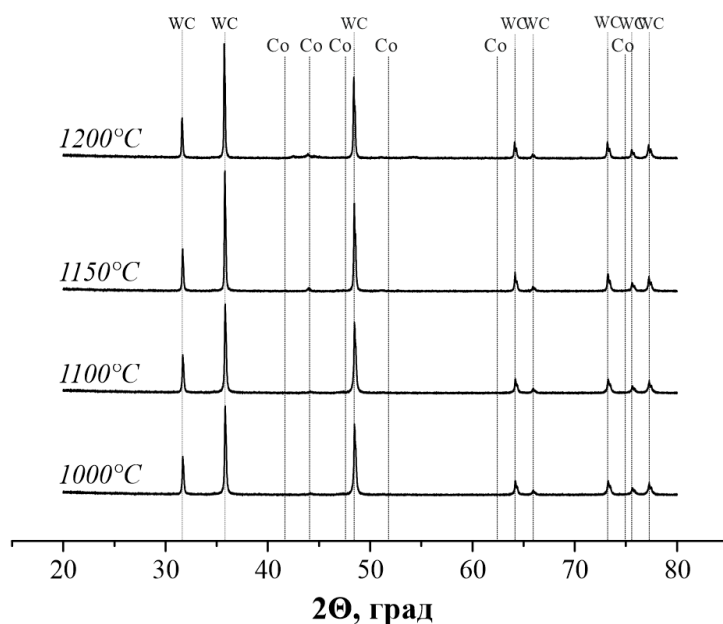


Рисунок 3– Фазовый состав твердых сплавов WC-10мас.%Co, полученных методом ИПС при температурах 1000, 1100, 1150 и 1200 °С и постоянном давлении прессования 57,3 МПа

РЭМ изображения поверхности поперечного среза спеченного образца ТС WC-10мас.%Co свидетельствуют о значительном влиянии температуры спекания в процессе консолидации на плотность упаковки WC и особенно на качество распределения кобальтового связующего (рис. 4). Самая низкая из выбранных температур спекания (1000 °С) приводит к недостаточному уплотнению спеченной смеси, о чем свидетельствуют остаточные дефекты структуры в виде значительных пор и пустот размером до нескольких микрон. Недостаточная способность кобальта растекаться в образце ограничивает ее попадание в тупиковые области межзеренного пространства между частицами WC, одновременно с этим на РЭМ изображениях наблюдаются области повышенной концентрации кобальтового связующего (рис. 4).

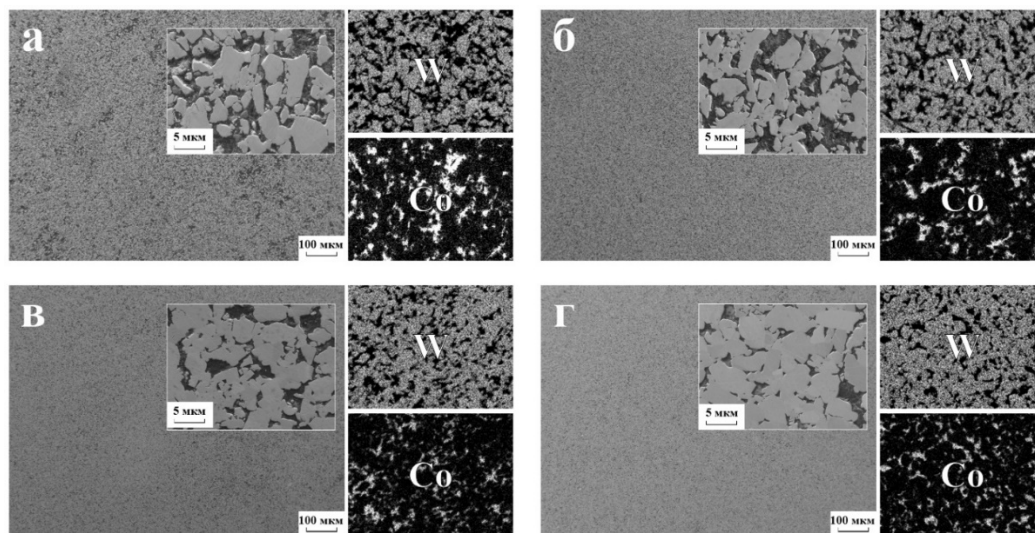


Рисунок 4 – РЭМ изображения и ЭДС карты распределения элементов в ТС композиции WC-10мас.%Co, полученных ИПС при температурах спекания (а) 1000 °С, (б) 1100 °С, (в) 1150 °С и (г) 1200 °С

В интервале температур 1100–1200 °С разогрев связующего интенсифицируется, за счет чего оно приобретает лучшую способность растекаться, заполняя тупиковые области межзеренного пространства WC, а также способствуя перераспределению частиц WC в объеме матрицы под дополнительным эффектом воздействия постоянного внешнего давления пресс-

сования. Как следствие, уменьшается пористость компакта (рис. 4) с достижением наиболее высокой плотности образца при температуре выдержки 1200 °С (рис. 4а,а*).

Анализ морфологии сплавов WC-10мас.%Со показывает, что при увеличении температуры выдержки с 1000 до 1200 °С средний размер зерен незначительно увеличивается с 3,3 мкм до 3,9 мкм, при этом отмечается вклад более крупной фракции зерен с размером > 4 мкм. Однако максимальный размер не превышает ~ 11 мкм (рис. 5а). Полученный результат связан с тем, что термически активированные процессы массопереноса направлены на снижение энергии системы за счет уменьшения межзеренных границ [15]. В этом случае рост зерен WC будет ограничен количеством и разветвленностью сетей каналов кобальтового связующего в объеме WC (рис. 4). В связи с этим, дополнительное разделение за счет увеличения текучести фазы Со позволило избежать неконтролируемого роста зерен WC даже при относительно высоких температурах ИПС (в контексте системы WC-10мас.%Со).

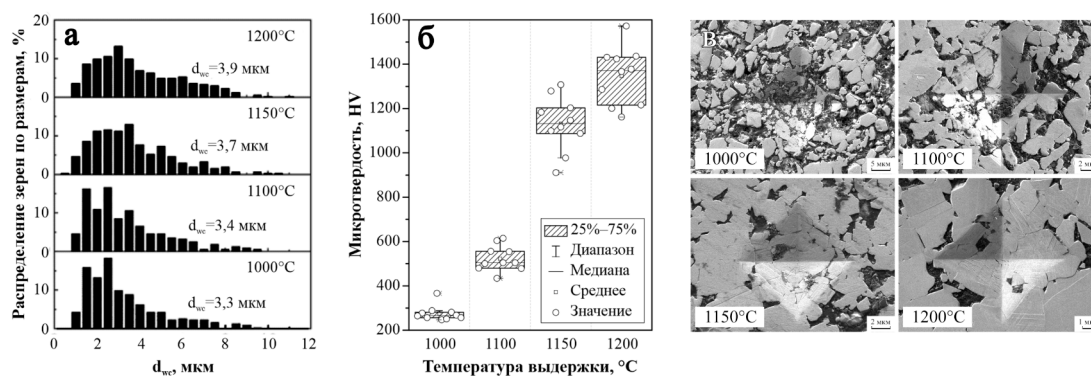


Рисунок 5 – Характеристики ТС WC-10мас.%Со, полученных ИПС при 1000, 1100, 1150 и 1200 °С: (а) гранулометрический состав зерна; (б) дисперсия значений микротвердости по Виккерсу и (в) микрофотографии отпечатков индентора микротвердости при HV0,5 на поверхности исследуемых образцов

Оценка косвенной прочностной гетерогенности ТС WC-10мас.%Со проведена на основе анализа дисперсии значений микротвердости построением диаграммы размаха (рис. 5б). Полученные данные показывают, что твердость материалов растет от 200 до 1585 HV с увеличением температуры спекания. Неравномерный разброс значений твердости можно сравнить с ростом зерна (рис. 5а). Например, до 1100 °С разброс значений уменьшается и соответствует 500 HV, а при повышении температуры до 1200 °С наряду с образованием монофазы WC-Со происходит активный рост агломератов, выявленный РЭМ (рис. 4), что приводит к анизотропии характеристик в локальных областях объема материала. При этом, изображения поверхности с отпечатками индентора микротвердомера при HV0.5 показывают отсутствие у ТС WC-10мас.%Со тенденции к трещинообразованию независимо от температуры выдержки (рис. 5в). Микротвердость WC-10мас.%Со, полученного ИПС при 1200 °С, сравнима с коммерческими среднезернистыми ТС состава WC-Со.

Заключение и выводы

В работе представлен эффективный метод изготовления сплава WC-10мас.%Со из механоактивированных порошков методом ИПС. Экспериментально доказано, что ИПС обеспечивает получение твердого сплава композиции WC-10мас.%Со при температурах 1000, 1100, 1150 и 1200 °С с коротким временем нагрева и выдержки не более 10 мин. Определены оптимальные параметры ИПС: 1200 °С, 9 мин. Показано, что твердость и механическая прочность образцов сплава WC-10мас.%Со увеличиваются по мере роста температуры выдержки с достижением плотности 99,6 % от теоретического значения. Анализ морфологии твердых сплавов WC-10мас.%Со показывает, что с повышением температуры от 1000 до 1200 °С

средний размер зерна WC незначительно увеличивается от 3,3 мкм до 3,9 мкм с возрастающим вкладом доли более крупных зерен с размером > 4 мкм.

Литература

1. Ettmayer, P. History of Hardmetals Elsevier, 2014. – P. 3–27.
2. Rizzo, A. The critical raw materials in cutting tools for machining applications: A review / A. Rizzo, S. Goel, M. L. Grilli, R. Iglesias, L. Jaworska, V. Lapkovskis, P. Novak, B. O. Postolnyi, D. Valerini // *Materials* – 2020. – V. 13 – № 6, 1377.
3. Krylova, T. A. Microstructure and properties of WC-Ni₃Al composite coatings fabricated by non-vacuum electron beam cladding / T. A. Krylova, Y. A. Chumakov, M. P. Vasilyeva // *Materials Letters* – 2022. – V. 308. – 131117.
4. Hasan, M. Effects of Holding Time on the Sintering of Cemented Tungsten Carbide Powder and Bonding with High-Strength Steel Wire / M. Hasan, J. Zhao, Z. Huang, H. Wu, F. Jia, Z. Jiang // *Journal of Materials Engineering and Performance* – 2019. – V. 28 – № 7. – P.4074–4085.
5. Mostajeran, A. Evaluation of the mechanical properties of WC-FeAl composite coating fabricated by laser cladding method / A. Mostajeran, R. Shoja-Razavi, M. Hadi, M. Erfanmanesh, M. Barekat, M. Savaghebi Firouzabadi // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* – 2020. – V. 88 – 105199.
6. Peng, Y. Effect of bimodal WC particle size and binder composition on the morphology of WC grains in WC-Co-Ni₃Al cemented carbides / Y. Peng, T. Li, J. Long, H. Li, B. Lu, F. Chen, Y. Du // *Journal of Materials Research and Technology* – 2021. – V. 12. – P. 1747–1754.
7. Shichalin, O. O. SPS hard metal alloy WC-8Ni-8Fe fabrication based on mechanochemical synthetic tungsten carbide powder / O. O. Shichalin, I. Y. Buravlev, A. S. Portnyagin, M. I. Dvornik, E. A. Mikhailenko, A. V. Golub, A. M. Zakharenko, A. E. Sukhorada, K. Y. Talskikh, A. A. Buravleva, A. N. Fedorets, V. O. Glavinskaya, A. D. Nomerovskiy, E. K. Papynov // *Journal of Alloys and Compounds* – 2020. – V. 816. – 152547.
8. Shichalin, O. O. Comparative study of WC-based hard alloys fabrication via spark plasma sintering using Co, Fe, Ni, Cr, and Ti binders / Shichalin O.O., I. Y. Buravlev, E. K. Papynov, A. V. Golub, A. A. Belov, A. A. Buravleva, V. N. Sakhnevich, M. I. Dvornik, N. M. Vlasova, A. V. Gerasimenko, V. P. Reva, A. A. Yudakov // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* – 2022. – V. 102. – 105725.
9. Edtmaier, C. Effect of nickel on the formation of γ/γ' microstructures in WC/Co-Ni-Al-W / C. Edtmaier, M. Wolf, R. de Oro Calderon, W.-D. Schubert // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* – 2021. – V. 100. – 105652.
10. Fernandes, C. M. Cemented carbide phase diagrams: A review / C. M. Fernandes, A. M. R. Senos // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* – 2011. – V. 29. – № 4. – P. 405–418.
11. Raihanuzzaman, R. M. Microstructure and mechanical properties and of pulse plasma compacted WC – Co / R. M. Raihanuzzaman, M. Rosinski, Z. Xie, R. Ghomashchi // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* – 2016. – V. 60. – P. 58–67.
12. Guillon, O. Field-assisted sintering technology/spark plasma sintering: Mechanisms, materials, and technology developments / O. Guillon, J. Gonzalez-Julian, B. Dargatz, T. Kessel, G. Shierning, J. Räthel, M. Herrmann // *Advanced eng* – 2014. – V. 16. – № 7. – P. 830–849.
13. Panov, V. S. Nanostructured Sintered WC-Co Hard Metals (Review) / V. S. Panov // *Powder Metallurgy and Metal Ceramics* – 2015. – V. 53 – P.643–654.
14. Mendelson, M. I. Average Grain Size in Polycrystalline Ceramics / M. I. Mendelson // *Journal of the American Ceramic Society* – 1969. – V. 52. – № 8. – P. 443–446.
15. Rahaman, M. N. Ceramic Processing and Sintering / M. N. Rahaman – CRC Press, 2017. – 875 P.

**НАНОТЕХНОЛОГИИ В КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ
НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ:
АНАЛИЗ РЫНКА, СУЩЕСТВУЮЩИЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Татлыев Радик Джиганшевич

кандидат технических наук, доцент

заведующий кафедрой «Нефтегазовое дело»,

Сургутского института нефти и газа (филиал),

Тюменский индустриальный университет (филиал ТИУ в г. Сургуте)

Сургут, Россия

E-mail: tatlyevrd@tyuiu.ru

Белов Дмитрий Александрович

Сургутский институт нефти и газа (филиал),

Тюменский индустриальный университет (филиал ТИУ в г. Сургуте)

Сургут, Россия

E-mail: bda_2001@mail.ru

Предмет исследования: возможность повышения эффективности каталитических процессов на производстве при использовании наночастиц.

Объект исследования: нанотехнологии в каталитических процессах нефтепереработки и нефтехимии российского рынка.

Цель исследования: рассмотрение особенностей использования нанотехнологий в каталитических процессах нефтепереработки и нефтехимии.

Методы исследования: статистический и сравнительный анализ, аналитический обзор научно-исследовательской литературы, были использованы как аналитические материалы исследований нефтегазовой промышленности, так и последние наработки по результатам публикации конференций; статей из интернет-источников.

Основные результаты исследования: Описаны специфические свойства и эффекты применения нанокатализаторов, по сравнению с массивными аналогами. Приведены особенности организации нанокаталитических процессов. Проанализированы нанотехнологии, используемые на российских нефтеперерабатывающих заводах в рамках процессов каталитического крекинга, каталитического риформинга, гидроочистки. Дано общее представление о рынке нанокатализаторов, его объеме, тенденциях и перспективы дальнейшего развития. Определены проблемные вопросы, связанные с использованием нанотехнологий, поставками оборудования из-за рубежа, особенностями синтеза наночастиц. Проведенный в статье анализ позволяет сделать выводы о стратегических направлениях развития нанотехнологий в России. По результатам исследования были выявлены и недостатки технологии применения наночастиц, к ним относятся большие финансовые и временные затраты, необходимость импорта некоторых видов оборудования и технологий, отставание от наиболее продвинутых стран по глубине нефтепереработки.

Ключевые слова нанотехнологии, нанокатализатор, цеолиты, гидроочистка топлива, каталитический крекинг, каталитический риформинг, гидрокрекинг.

**NANOTECHNOLOGIES IN CATALYTIC PROCESSES
OF OIL REFINING AND PETROCHEMISTRY:
MARKET ANALYSIS, EXISTING EXPERIENCE AND PROSPECTS**

Radik D. Tatlyev

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Oil and Gas Business,
Surgut Institute of Oil and Gas (branch),
Tyumen Industrial University (TIU branch in Surgut)
Surgut, Russia
E-mail: tatlyevrd@tyuiu.ru*

Dmitry A. Belov

*Surgut Institute of Oil and Gas (branch),
Tyumen Industrial University (TIU branch in Surgut)
Surgut, Russia
E-mail: bda_2001@mail.ru*

Purpose of research: is to consider the features of the use of nanotechnology in the catalytic processes of oil refining and petrochemistry.

Subject of research: the possibility of increasing the efficiency of catalytic processes in production using nanoparticles.

Object of research: nanotechnologies in catalytic processes of oil refining and petrochemistry of the Russian market.

Methods of research: statistical and comparative analysis, an analytical review of research literature, both analytical materials of oil and gas industry research and the latest developments based on the results of conference publications were used; articles from online sources.

Main results of research: the specific properties and effects of the use of nanocatalysts, compared with massive analogues, are described. The features of the organization of nanocatalytic processes are given. Nanotechnologies used at Russian oil refineries as part of the processes of catalytic cracking, catalytic reforming, and hydrotreating are analyzed. A general idea of the market of nanocatalysts, its volume, trends and prospects for further development is given. The problematic issues related to the use of nanotechnology, the supply of equipment from abroad, the peculiarities of the synthesis of nanoparticles are identified. The analysis carried out in the article allows us to draw conclusions about the strategic directions for the development of nanotechnologies in Russia. According to the results of the study, the shortcomings of the technology for the use of nanoparticles were also identified, these include large financial and time costs, the need to import certain types of equipment and technologies, lagging behind the most advanced countries in terms of the depth of oil refining.

Keywords nanotechnology, nanocatalyst, zeolites, fuel hydrotreating, catalytic cracking, catalytic reforming, hydrocracking.

Введение

Актуальность темы обусловлена важностью применения катализаторов в химических процессах подготовки и переработки нефти. Переход к наноразмерному состоянию катализаторов приводит к появлению уникальных свойств катализаторов и технологий, называемых, соответственно, нанокатализаторами и нанотехнологиями. Тесная связь этого процесса с другими с целью получения более чистого продукта на выходе обуславливает актуальность изучения и применения нанокаталитических технологий.

Результаты и обсуждение

Катализаторы применяются во многих технологических процессах нефтеперерабатывающем и химических секторах. Объем мирового рынка катализаторов нефтепереработки оценивается в 3,7 млрд. долл. в 2021 г. Ежегодно прирост ожидается порядка 3% и к 2026 г. рынок вырастет до 4,3 млрд. долл. [1] Оценка динамики российского рынка катализаторов до 2030 г. представлена на рисунке 1.

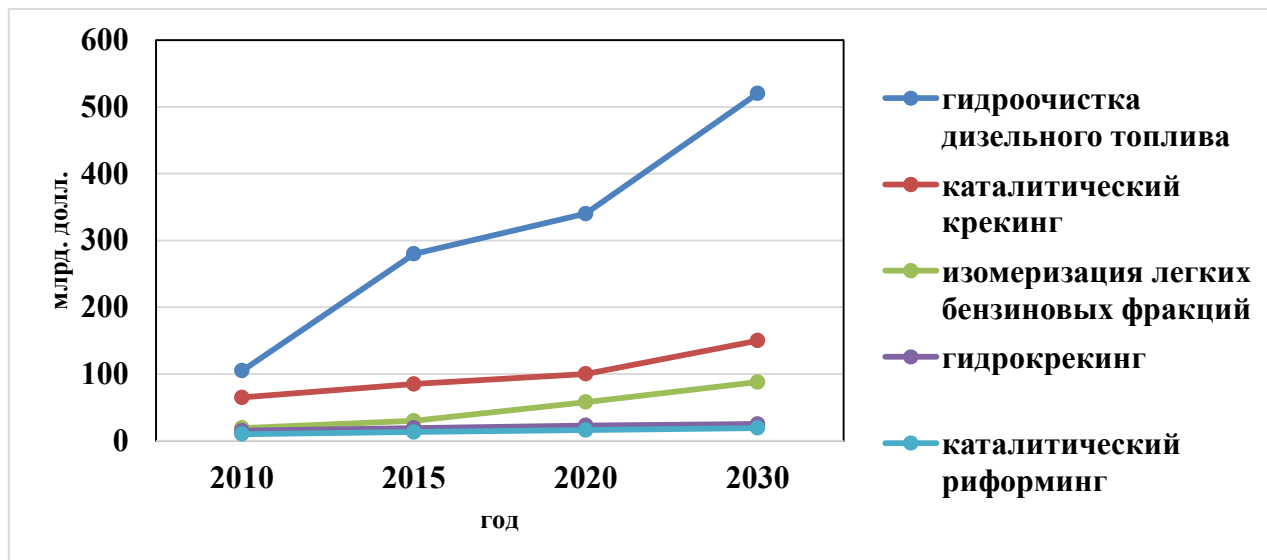


Рисунок 1 – Диаграмма «Оценка российского рынка катализаторов нефтепереработки до 2030 г., млрд. долл.» [1]

Смещение акцента на нанокатализаторы открывает новые возможности роста рынка. В начале исследования необходимо выявить ключевые отличия понятий «катализатор» и «нанокатализатор».

Катализатором, как известно, является вещество, при участии которого происходит ускорение химической реакции, не расходуемое в итоге. Химические реакции с использованием катализаторов называются каталитическими, а сам процесс – катализом.

Первым отличием «нанокатализатора» от «катализатора» является наноразмерность частиц. Наноразмерностью считается одиночный размер частиц меньше 100 нанометров (миллиардных долей метра). С уменьшением размеров частицы увеличивается доля поверхностных атомов. Наночастицы состоят из сравнительно небольшого количества атомов – 106 и менее. У наночастиц почти все атомы находятся на поверхности, поэтому их химическая активность очень велика. Наночастицы могут существовать как нульмерные (0Д) объекты – наноточки, или квантовые точки. Однако существование наночастиц более устойчиво в объединениях. Это могут быть 3Д объединения – кластеры размером 10 нм, в которых содержится до 1000 атомов, плоские двумерные (2Д) объекты – нанопленки; линейные одномерные (1Д) объекты – нанонити, или нанопроволоки. Сложное ячеистое строение характерно для нанотрубок и нанопористых материалов. В любом случае, поверхностная площадь наночастиц или их объединений в гораздо больше, чем у массивного аналога, в котором большая часть атомов находится в объеме и недоступна реагирующим молекулам [2].

Повышенная каталитическая активность наночастиц связана не только с долей поверхностных атомов, но и с низко координированным состоянием частиц, в котором они проявляют максимальную каталитическую активность. Рост активности также связывают с увеличением доли наиболее каталитически активных атомов на ребрах, узлах, ступеньках кристаллических плоскостей по отношению к доле атомов на плоских гранях, т.к. они имеют избыточную поверхностную энергию и больший химический потенциал [2]. В наночастицах электроны ведут себя как квантовые объекты, а происходящие эффекты называют квантово-

размерными, например, квантовые микрочастицы могут преодолеть потенциальный барьер даже с энергией меньшей высоты барьера, тем самым демонстрируют туннельный эффект. Поэтому нанокатализаторы обладают физическими и химическими свойствами, которыми не обладают их массивные аналоги. Наночастицы многих веществ демонстрируют удивительные свойства, нарушая многие законы макроскопической физики.

Организация нанокаталитических процессов также имеет отличия. Благодаря свойствам структурности и агрегатности, нанокатализ технологически приобретает специфические свойства позволяющие удерживать наночастицы от слипания и потери их уникальных свойств, что особенно актуально для технологий очистки нефти для производства нефтепродуктов с более высокими экологическими свойствами [3].

Можно выделить следующие преимущества нанокатализаторов:

- высокая селективность и активность нанокатализаторов;
- большая экономическая эффективность благодаря замене массивных аналогов катализаторов на специально изготовленные наноразмерные катализаторы, улучшающие химическую активность и способствующие снижению затрат на процесс;
- свойства каталитических мембран, способствующие очищению и удалению нежелательных молекул из углеводородов, которые поддаются контролю путем изменения размера пор и мембранных характеристик [4].

Преимущества нанокатализаторов стимулируют обновление продуктов на рынке. Ежегодно обновляется порядка 5% ассортимента катализаторов с использованием нанотехнологий. Рост рынка также стимулирует увеличение инвестиций в нефтеперерабатывающие заводы и увеличение спроса на топливо с более высоким октановым числом. Лидерами на рынке являются США, Китай, Япония, Канада, Германия. Наибольшим потреблением отличается Азиатско-Тихоокеанский регион, в котором доминируют Китай и Индия. Если рассматривать рынок с позиции технологических процессов, то структура мирового рынка катализаторов представлена на рисунке 2.

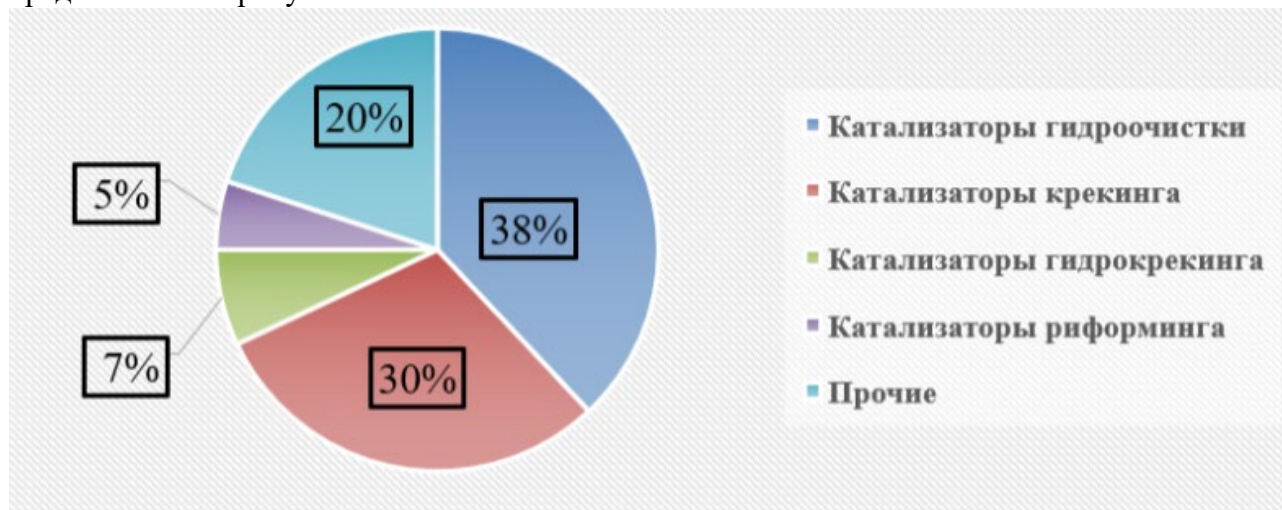


Рисунок 2 – Диаграмма «Структура мирового рынка катализаторов»

Если рассматривать рынок по ингредиентам, то на сегмент цеолитов приходится 52% рынка. Это связано с тем, что они используются в наиболее распространенных процессах нефтепереработки (рис. 3).

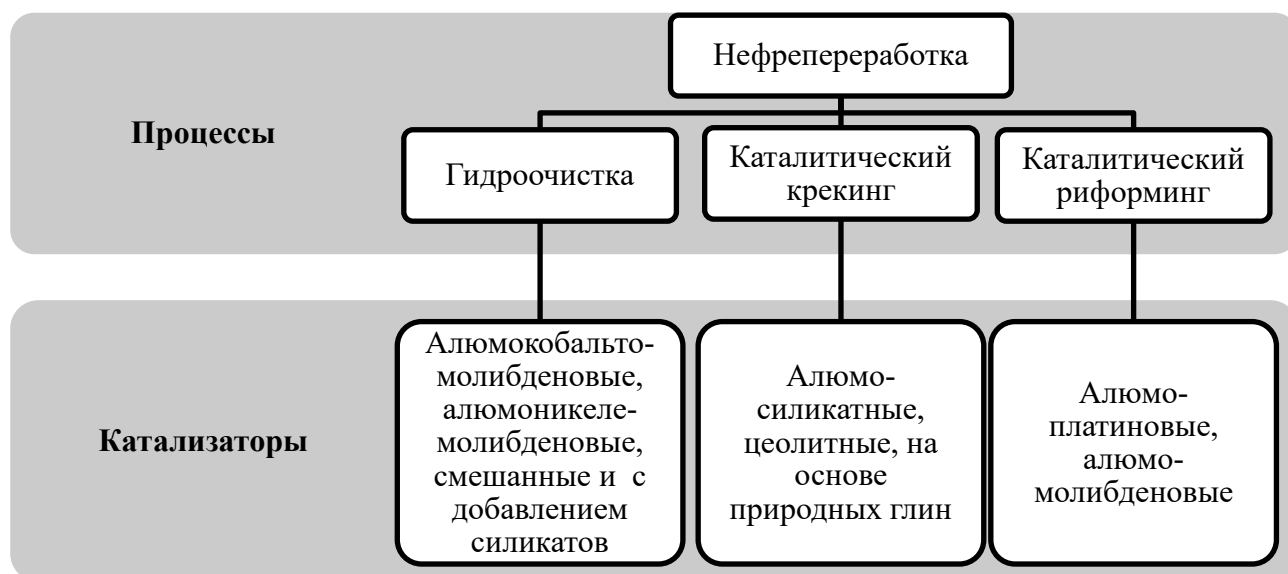


Рисунок 3 – Катализаторы процессов нефтепереработки

Для оптимизации катализаторов используют нанотехнологии. Важное направление повышения эффективности каталитических свойств – модификация наночастицами металлов. Их используют в различных процессах нефтепереработки. Например, в катализаторах гидрогенизационных процессов нефтепереработки применяются:

- наночастицы металлов VIII группы: никеля, кобальта, платины, палладия обладающие дегидрирующими свойствами;
- оксиды или сульфиды VI группы: молибден, вольфрам, иногда хром способствуют адсорбции, хемосорбции, гомолитическому распаду;
- термостойкие носители с развитой удельной поверхностью и высокой механической прочностью могут быть нейтральными (оксиды алюминия, кремния, магния и др.) или обладать кислотными свойствами (синтетические аморфные и кристаллические алюмосиликаты и цеолиты, магний- и цирконийсиликаты, фосфаты) с дополнительными изомеризующими и расщепляющими (крекирующими) свойствами.

Модификация нанопорошков металлов для промотирования цеолитсодержащих катализаторов позволяет более эффективно их использовать в процессах каталитического крекинга. Оптимальные условия соблюдаются, когда кристаллический цеолитовый компонент равномерно распределен виде тонко диспергированных кристаллов (менее 10 мкм) в алюмосиликатной матрице, которая способствует отведению тепла.

Цеолиты могут модифицироваться наночастицами из металлоорганических солей (например, из 2-этилгексаноата цинка или никеля). Оптимизируется такой катализатор использованием макропористых цеолитов и интеркалированных глин с оптимизированным соотношением числа сильных протонов и мягких кислот Льюиса и введением в матрицу «ловушек» для присутствующих в сырье ионов никеля, ванадия, серы [5].

Наноструктурированные гибридные материалы на основе пористых полимеров (резолы, полиароматические каркасы) легки в модификации поверхности и введении дополнительных функциональных групп, стабильны при температуре до 400°C, с регулируемой пористостью перспективны для иммобилизации наночастиц металлов, сульфидов и их комплексов.

В широком круге процессов: реакциях гидрирования, дегидрирования, карбонилирования, диспропорционирования, гидродегаллоидирования и пр. значительную роль играют катализаторы с нанесенными платиновыми и палладиевыми системами, благодаря эффективному применению при относительно низких температурах и в широком диапазоне значений pH. Содержание активного компонента в таких катализаторах, не превышает 5% массовой доли. В настоящее время известны и появляются все новые методики приготовления низкопро-

центных катализаторов, позволяющие целенаправленно управлять размером, микроструктурой и характером распределения наночастиц благородных металлов по величине зерна [6].

Специальными нанотехнологическими приемами при синтезе многих катализаторов удастся оптимизировать их морфологию и текстуру. Например, синтезируя цеолиты с ребрышками толщиной около 50 нм можно увеличить активность и срок межрегенерационного пробега цеолитных катализаторов, применяемых для переработки попутного газа – наиболее перспективной сырьевой базы отечественной нефтехимии. Недоиспользование данного ресурса оценивается ежегодными потерями в 180 млрд.руб. и увеличением выбросов в атмосферу CO₂ примерно 50 млн.т. [7].

Таблица 1

Анализ процессов нефтепереработки и нефтехимии в России

Процессы	Существующие нанотехнологии	Проблемы	Возможности	Угрозы
Гидроочистка ДТ	Методы по управлению пористой структурой носителей, технологии синтеза активного компонента, технологии окислительной сероочистки	Импортируемое оборудование	Введение в эксплуатацию новой технологии производства катализаторов путем окисления; появление новых типов носителей, (наноструктурированной двуокиси титана)	Недостаток инвестиций, санкции
Каталитический крекинг	Катализаторы, имеющие стойкость к отравлению металлами для переработки мазута, синтез цеолитов разных типов (с широкими мезопорами, для крекинга тяжелого сырья и цеолитов для процесса типа «мили-секонд»), модификация матрицы	Необходимость обновления оборудования, зависимость от импортного оборудования	Увеличение мощностей, за счет распространения микросферических алюмооилкатных цеолитсодержащих катализаторов со средним диаметром частиц от 10 до 150 мкм	Недостаток инвестиций, санкции на импорт оборудования
Каталитический риформинг	Нанокатализаторы для установок с движущимся слоем катализатора, нанокатализаторы для получения высокооктанового числа на мягких режимах проведения процесса, катализаторы для получения водорода	необходимость обновления оборудования, зависимость от импортного оборудования	Масштабная замена действующих установок на более современные комплексы; увеличение мощностей связано с ростом числа установок на окисдных катализаторах	Недостаток инвестиций, санкции на импорт оборудования
Гидрокрекинг	Технологии по формированию в растворе биметаллических комплексных соединений около 1 нм	импорт оборудования	Рост количества установок	Недостаток инвестиций, санкции на импорт оборудования
Переработка попутного газа	Нанотехнологии по оптимизации морфологии и текстуры цеолитов, использование процесса Фишера-Тропша для получения синтез-газа и др. ценных продуктов	Удаленные, малодебитные месторождения, отсутствие инфраструктуры	Внедрение дешевых малогабаритных установок	Недостаток инвестиций, санкции на импорт оборудования

Для синтеза нанокатализаторов необходимо получение нанопорошков с узким гранулометрическим составом (т.е. с узкой функцией распределения по размерам), а также в предотвращении возможной агломерации образующихся частиц. Для этого необходимы соответствующие технологии. Производство наночастиц может быть организовано сухим синтезом, мокрым синтезом и химическим размолом. В первых двух методах наночастицы

создаются из атомных прекурсоров (веществ предшественников) восходящим способом. Химический разлом производится за счет дробления и измельчения более крупных. Мокрый синтез включает в себя преципитацию и методику золь-гель, а сухой синтез – получение наночастиц горением, печным синтезом, плазмохимией. Анализ существующих российских технологий, их перспектив и проблем представлен в таблице 1 [8].

Заключение и выводы

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что Россия обладает потенциалом в нанотехнологиях нефтепереработки и нефтехимии, который в ближайшие несколько лет будет развиваться каждый год все большими темпами. Кроме того, она обладает собственным научно-исследовательским потенциалом, способствующим не только перенимать чужой опыт, но и получить собственные инновационные решения. К недостаткам относятся большие финансовые и временные затраты, необходимость импорта некоторых видов оборудования и технологий, отставание от наиболее продвинутых стран по глубине нефтепереработки. В настоящее время по программам импортозамещения в РФ сотрудники производств нефтепереработки совместно с ведущими вузами страны разрабатывают возможные технологические решения по использованию нанотехнологий в каталитических процессах нефтехимии без применения зарубежного оборудования. Приоритет делается на потенциал развития Западно-Сибирского района.

Стратегические цели нефтепереработки заключаются в наращивании собственного потенциала, увеличению установок переработки и обновлению парка оборудования. Угрозы могут быть связаны с недостатком инвестиций и санкциями.

Литература

1. The Refinery Catalysts – Global Market Trajectory & Analytics report to Research and Markets – Direct text // PRNewswire – 2022.
2. Чижков, М. Ф. Классификация нанокластеров. Наночастицы / М. Ф. Чижков. – Текст : электронный. – URL : <https://pandia.ru/text/80/170/57969.php> (дата обращения: 20.02.2023).
3. Солодова, Н. Л. Наноматериалы и нанотехнологии в нефтепереработке / Н. Л. Солодова, Н. А. Терентьева. – Текст: непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. – 2018. – С. 209-216.
4. Ершов, Д. С. Современное состояние и тенденции развития процесса каталитического крекинга / Д. С. Ершов, А. Р. Хафизов, И. А. Мустафин, К. Е. Станкевич, А. В. Ганцев, Г. М. Сидоров. – Текст: непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 12-2. – С. 282-286.
5. Яковлев, В. А. III Российский конгресс по катализу РОСКАТАЛИЗ-2017 / В. А. Яковлев, В. В. Каичев, М. А. Ключа. – Текст: непосредственный // Каталитический бюллетень. – 2017. – №. 83. – С. 3-48.
6. Зейналов, Э. Б. Нанокатализ. Акценты / Э. Б. Зейналов, Э. Р. Гусейнов. – Текст : электронный // Азербайджанский химический журнал. – 2018. – № 2. – С. 15-17. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/nanokataliz-aktsenty> (дата обращения: 20.02.2023).
7. Принц, В. А. Анализ существующих технологий, технических решений по утилизации нефтяного газа / В. А. Принц, А. Е. Принц. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 52 (342). – С. 88-91.
8. Дорожная карта «Использование нанотехнологий в каталитических процессах нефтепереработки». – Текст : электронный. – URL : <https://www.nanonewsnet.ru/articles/2010/dorozhnaya-karta-ispolzovanie-nanotekhnologii-v-kataliticheskikh-protsessakh-neftepere> (дата обращения: 20.02.2023).

**КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ И ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ДАННЫХ,
ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗМЕРЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ
ПОСЛЕ ВИБРОУДАРНОГО УПРОЧНЕНИЯ ОБРАЗЦОВ**

Галимов Энгель Рафикович

*доктор технических наук, профессор
заведующий кафедрой материаловедения,
сварки, и производственной безопасности,
Институт авиации, наземного транспорта и энергетики,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева–КАИ»
Казань, Россия
E-mail: 89871726737@mail.ru*

Тюрин Андрей Викторович

*аспирант, ассистент кафедры материаловедения,
сварки, и производственной безопасности,
Институт авиации, наземного транспорта и энергетики,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева–КАИ»
E-mail: kai.tyurin@gmail.com*

Гимбицкий Артур Вячеславович

*доцент кафедры теплотехники и энергетического машиностроения,
Институт авиации, наземного транспорта и энергетики,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева–КАИ»
Казань, Россия
E-mail: avgimbitskiy@kai.ru*

Предмет исследования: применение компьютерного анализа при измерении остаточных напряжений.

Цель исследования: создание программы для оценки и кластеризации числовых данных, получаемых в ходе измерения остаточных напряжений.

Объект исследования: компьютерная модель обработки экспериментальных данных. Данная модель использует измененный порядок аппроксимации данных, получаемых с датчиков.

Основные результаты исследования: разработана программа компьютерного анализа и экспресс-оценки числовых данных. С помощью программного продукта, на языке программирования R, в автоматическом режиме обработаны расчетные и экспериментальные данные. В структуре математической модели вычисления остаточных напряжений введен принцип иного порядка аппроксимации, который аппроксимирует не результат многоступенчатых вычислений, а данные, полученные с датчиков. Данное решение позволяет снизить погрешность вычислений и повысить адекватность модели в целом, а разработанная программа дает возможность быстро оценить результаты измерений.

Ключевые слова: компьютерный анализ, остаточные напряжения, кластеризация, математическая модель, лонжерон, алгоритм, сортировка данных, язык программирования R, программное обеспечение, эпюра аппроксимированных значений, поверхностный слой, глубина упрочнения.

**COMPUTER ANALYSIS AND RAPID ASSESSMENT
OF DATA OBTAINED BY MEASURING RESIDUAL STRESSES
AFTER VIBRATION-HARDENING OF SAMPLES**

Engel R. Galimov

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of Materials Science,
Welding and Industrial Safety,
Institute of Aviation, Ground Transport and Energy,
Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI
Kazan, Russia
E-mail: 89871726737@mail.ru*

Andrey V. Tyurin

*Postgraduate Student,
Assistant of the Department of Materials Science,
Welding and Industrial Safety,
Institute of Aviation, Ground Transport and Energy,
Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI
Kazan, Russia
E-mail: kai.tyurin@gmail.com*

Artur V. Gimbitsky

*Associate Professor of the Department
of Heat Engineering and Power Engineering,
Institute of Aviation, Ground Transport and Energy,
Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI
Kazan, Russia
E-mail: avgimbitskiy@kai.ru*

Subject of research: is the use of computer analysis in measuring residual stresses. The purpose of the study is to create a program for evaluating and clustering numerical data obtained during the measurement of residual stresses.

Object of research: is a computer model of experimental data processing. This model uses a modified order of approximation of data received from sensors.

Main results of research: a program of computer analysis and rapid evaluation of numerical data has been developed. With the help of a software product, in the R programming language, calculated and experimental data are processed automatically. In the structure of the mathematical model for calculating residual stresses, a principle of a different order of approximation is introduced, which approximates not the result of multi-stage calculations, but the data obtained from sensors. This solution makes it possible to reduce the error of calculations and increase the adequacy of the model as a whole, and the developed program makes it possible to quickly evaluate the measurement results.

Keywords: computer analysis, residual stresses, clustering, mathematical model, spar, algorithm, data sorting, programming language R, software, plot of approximated values, surface layer, hardening depth.

Введение

В результате упрочнения поверхностного слоя металлов поверхностным наклепом (виброударным методом) возникают технологические остаточные напряжения. Остаточными технологическими напряжениями называют напряжения, которые существуют в деталях при отсутствии внешних воздействий. Основой в определении остаточных напряжений является метод, разработанный Давиденковым Н.Н. и Биргером И.А. [1, 2].

Программа компьютерного анализа, рассматриваемая в данной работе, построена на языке R. Язык R является языком программирования, который используется в целях статистической обработки данных и работой с графическим компонентом. Данный язык является свободной программной средой вычисления с открытым исходным кодом.

Результаты и обсуждение

Представленная методика компьютерного анализа и экспресс-оценки данных регламентирует процесс определения остаточных напряжений в образцах, вырезанных из лонжерона, после виброударного упрочнения. Лонжерон должен иметь технологический паспорт с отметкой БТК о приемке его по операциям механической обработки и результатов испытаний образцов, изготовленных из сплава АВ-Т1.

В современной среде промышленным предприятиям необходимо внедрять информационные системы, которые способны обеспечить запросы сотрудников, занимающихся как решением текущих вопросов при работе с оборудованием, так и определением путей стратегического развития деятельности организации. Работа элементов такой системы должна направляться на структурирование фундамента для быстрого реагирования на изменение условий, а также для оперативного и стратегического планирования.

Недостаток подобных систем ведёт к снижению конкурентоспособности, а иногда может оказаться фактором выживания на рынке. При постановке стратегических задач, организации испытывают острую необходимость в комплексном представлении процесса обеспечения формирования и развития программных продуктов организации.

Вопросы измерения и анализа остаточных напряжений были изучены И.А. Биргером, Н.Н. Давиденковым, С.П. Буркиным, Н.Е. Jaramillo S, F.J. Belzunce и другими учеными [1, 2, 4–7].

Анализ экспериментальных данных, а также цифровизация и автоматизация процессов были рассмотрены С.Д. Бодруновым и другими учеными [3].

В настоящее время существует множество программных пакетов для компьютерного анализа, среди которых выделяются SPSS, SAS и MatLab. Однако, наряду с высокой конкуренцией, R стал одним из самых используемых программных продуктов в статистическом анализе среди научных публикаций.

Одним из вариантов сортировки информации является кластерный анализ. Кластерный анализ представляет собой набор разнообразных алгоритмов классификации. Техника кластеризации применяется в самых разнообразных областях науки и техники.

Рассмотрим применение языка программирования R для компьютерного анализа остаточных напряжений в образцах из сплава АВ-Т1. R – это специальная среда вычислений, разработанная для обработки данных, математического моделирования, а также работы с графикой.

Разработанный нами алгоритм на языке программирования R позволяет производить компьютерный экспресс-анализ числовых массивов информации. В рамках компьютерного анализа программа в автоматическом режиме работает с числовыми значениями количественной информации по всему массиву (рисунок 1), а также строит эпюру остаточных напряжений в разных вариантах визуализации, с функцией кластерного анализа.

На рисунке 1 представлен фрагмент рабочей области программы, в котором реализован экспресс-анализ массива данных. Программа определяет минимальные, средние, максимальные значения из любых массивов количественной информации, и средние квадратичные отклонения результатов.

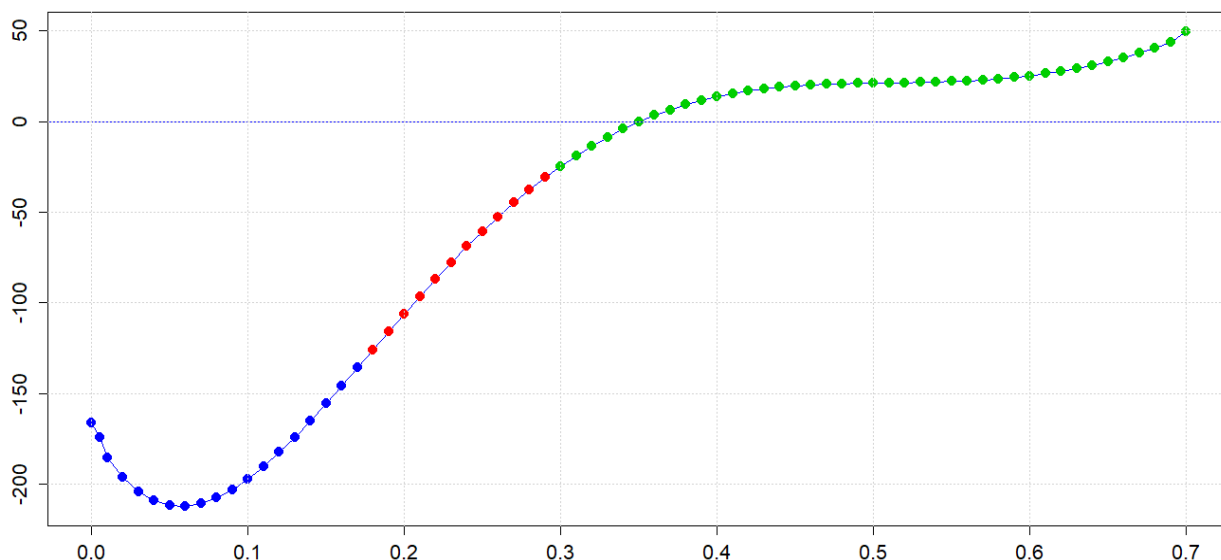


Рисунок 3 – Кластеризация результатов измерения остаточных напряжений

В качестве альтернативного варианта визуализации эпюры остаточных напряжений мы предлагаем вариант гистограммы, изображенной на рисунке 4. В данном случае выбор цвета осуществляется программой автоматически, однако при необходимости мы можем задать необходимые нам цвета, и/или их оттенки.

Следует заметить, что алгоритм обработки данных универсален, и применим для других вариантов количественной информации. При изменении технического задания, программа может подлежать корректировке и отладке для другого спектра задач.

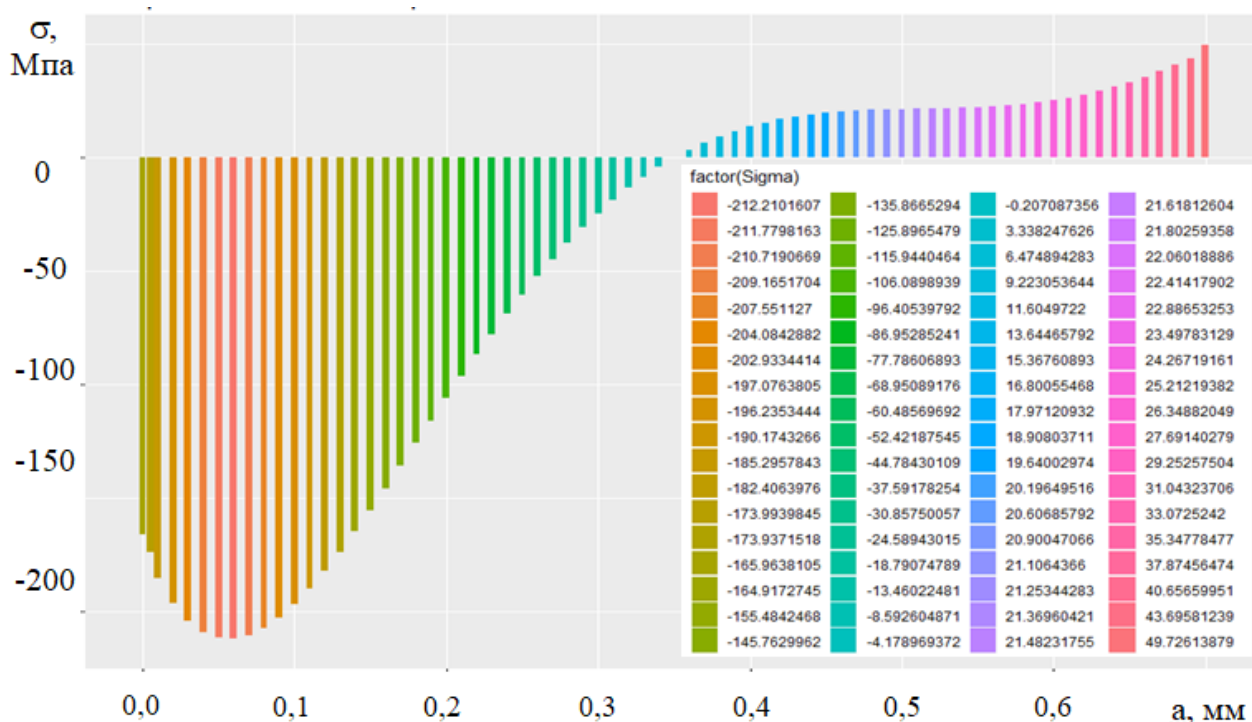


Рисунок 4 – Альтернативная визуализация эпюры напряжений

Заключение и выводы

В исследовании разработана программа компьютерного анализа и экспресс-оценки числовых данных. С помощью программного продукта, на языке программирования R, в автоматическом режиме обработаны расчетные и экспериментальные данные. В структуре математической модели вычисления остаточных напряжений введен принцип иного порядка аппроксимации, который аппроксимирует не результат многоступенчатых вычислений, а данные, полученные с датчиков. Данное решение позволяет снизить погрешность вычислений и повысить адекватность модели в целом, а разработанная программа дает возможность быстро оценить результаты измерений.

Программа позволяет производить компьютерный анализ данных (рисунок 1), построение необходимых графиков (рисунки 2, 4), кластеризацию (рисунок 3) и сортировку числовых данных по требуемым критериям. В данном эксперименте глубина упрочненного слоя была определена как $a_n = 0,355$ мм. Анализ серии проведенных экспериментов позволяет сделать заключение о том, что погрешность при вычислении остаточных напряжений и построении эпюры снижается в среднем своем значении на 8,4%. На данный момент осуществляется работа над усовершенствованием алгоритма, с добавлением компонента глубокого анализа данных, а также стратегического анализа поведения требуемых параметров от компонентного состава материала, параметров тока, состава электролита, а также других параметров системы, необходимых в решении конкретных задач.

Литература

1. Биргер, И. А. Остаточные напряжения / И. А. Биргер. – М. : Машгиз, 1963. – 232 с. – Текст : непосредственный.
2. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин: справочник / И. А. Биргер, Б. Ф. Шор, Г. Б. Иосилевич. – М. : Машиностроение, 1993. – 640 с. – Текст : непосредственный.
3. Бодрунов, С. Д. Интеграция производства, науки и образования как основа реиндустриализации российской экономики / С. Д. Бодрунов. – Текст : непосредственный // Экономическое возрождение России. – 2015. – № 1 (43). – С. 7-22.
4. Буркин, С. П. Остаточные напряжения в металлопродукции / С. П. Буркин, Г. В. Шимов., Е. А. Андрюкова. – Текст : непосредственный // Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2015. – 239 с.
5. Давиденков, Н. Н. К вопросу о классификации и проявлении остаточных напряжений / Н. Н. Давиденков. – Текст : непосредственный // Заводская лаборатория. – 1959. – № 3. – С. 318–319.
6. Jaramillo S, H. E.; de Sánchez, N.A.; Avila D, J.A. Effect of the shot peening process on the fatigue strength of SAE 5160 steel. Proc. Inst. Mech. Eng. Part C J. Mech. Eng. Sci. 2018, 0954406218816349 [CrossRef].
7. Segurado, E. Effects of low intensity shot peening treatments applied with different types of shots on the fatigue performance of a high-strength steel / F. J. Belzunce, I. F. Pariente // Surf. Coat. Technol. – 2018, 340, pp. 25–35. [CrossRef].
8. Кирпичёв, В. А. Конечно-элементное моделирование поверхностного слоя деталей, подвергаемых упрочнению методами поверхностного пластического деформирования / В. А. Кирпичёв, А. С. Букатый, В. К. Шадрин, Н. И. Яковенко. – Текст : непосредственный // Математическое моделирование и краевые задачи: МЗЗ 4.1: Математические модели механики, прочности и надёжности элементов конструкций. – Самара : СамГТУ, 2009. – С. 121-122.
9. Кирпичёв, В. А. Исследование степени наклёпа и сопротивления усталости сплава ЭИ 968 после упрочнения стеклянными и стальными микрошариками / В. А. Кирпичёв, А. А. Иванов, А. С. Букатый, О. Ю. Семёнова. – Текст : непосредственный // Международная научно-техническая конференция «Проблемы и перспективы развития двигателестроения» : в 2-х ч. – Самара: СГАУ, 2009. – Ч. 2. – С. 180-181.

10. Букатый, С. А. Автоматизированный прибор для определения остаточных напряжений / С. А. Букатый, А. С. Букатый. – Текст : непосредственный // Ташкент, «Янгиасравлоди». Республика Узбекистан. Сб. научных статей Международной научно-практ. конференции «Инновация-2008», 2008. – С. 275-276.

11. Макаров, В. Ф. Применение методов ППД при обработке деталей ГТД / В. Ф. Макаров, А. С. Горбунов. – Текст : непосредственный // Материалы Всеросс. Научно-практической конференции «Наукоемкие технологии в машиностроении», Ишимбай, 10-12 июня 2012 г., с. 12-13.

12. Лабутин, А. Ю. Исследование изменения шероховатости поверхности лопаток авиадвигателей в ходе её модификации при пневмогидроструйной обработке в среде жидкости / А. Ю. Лабутин, А. В. Тюрин. – Текст : непосредственный. // Тезисы докл. АКТО – 2014.

13. Лабутин, А. Ю. Патент RU 2211755 С2 МПК 7 В 24С 5/04, опуб. 10.09.2003 бюл. № 25. Эжектор для пневмогидроструйной обработки деталей.

14. Лабутин Ю. П., Устройство для упрочнения контрольных пластин / Р. М. Халимулин, В. И. Горинов, А. Ю. Лабутин // Патент РФ № 2068333 С1. Кл. 6 В 24 С 3/00. Опубл. 27.10.96 бюл. № 30.

УГОЛОВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОЕ
ПРАВО

УДК 343.241

DOI: 10.18822/byusu20230277-82

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ НАКАЗАНИЯ

Мелюханова Евгения Евгеньевна

кандидат юридических наук,

доцент кафедры уголовного права,

Уральский государственный юридический университет

имени В.Ф. Яковлева

Екатеринбург, Россия

E-mail: melyukhanova@list.ru

ORCID ID 0000-0002-0905-0480

Предмет исследования: нормы уголовного закона, посвященные целям уголовного наказания.

Цель исследования – определить цель и задачи наказания, а также необходимость их законодательного закрепления.

Методы исследования: в силу специфики исследования, в качестве основных используются методы системно-структурного и функционального анализа.

Основные результаты исследования: поскольку наказание является следствием совершения преступления, самодостаточно и не нуждается в сущностном целеполагании, в результате проведенного исследования считаем, что следует отказаться от формулирования цели наказания в УК РФ.

Ключевые слова: уголовное право, уголовное наказание, цель наказания, задачи наказания, цель назначения наказания, правила назначения наказания.

PURPOSE AND TASKS OF PUNISHMENT

Evgeniya E. Melyukhanova

Candidate of Law Sciences, Assistant Professor,

Criminal Law Department,

Ural State Law University named after V. F. Yakovlev,

Yekaterinburg, Russia

E-mail: melyukhanova@list.ru

ORCID ID 0000-0002-0905-0480

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

Purpose of the study is to determine the purpose and objectives of punishment, as well as the need for their legislative consolidation.

Methods of research: due to the specifics of the study, the methods of system-structural and functional analysis are used as the main ones.

Main results of research: since punishment is a consequence of the commission of a crime, it is self-sufficient and does not need an essential goal-setting, as a result of the conducted research, we believe that it is necessary to abandon the formulation of the purpose of punishment in the Criminal Code of the Russian Federation.

Keywords: criminal law, criminal punishment, purpose of punishment, tasks of punishment, purpose of sentencing, rules of sentencing.

Введение

Любая сознательная человеческая деятельность является целенаправленной. Как известно, цель определяет средства. Цель должна быть одна. При этом, для достижения цели, как правило, следует выполнить несколько задач.

Из определения цели, содержащейся в философском энциклопедическом словаре, следует, что цель – это один из элементов поведения и сознательной деятельности человека, который характеризует предвосхищение в мышлении результата деятельности и пути его реализации с помощью определенных средств. Цель выступает как способ интеграции различных действий человека в некоторую последовательность или систему [16, с. 763].

Таким образом, цель взаимосвязана с результатом. Невозможно сформулировать цель, не имея представления об итоговом эффекте сознательной деятельности человека. Стремление к достижению поставленной цели предполагает активную деятельность, которая должна быть последовательной, иметь определенные этапы и подчиняться определенным правилам.

В этом смысле не является исключением деятельность, связанная с назначением наказания. Чтобы проанализировать этот вид деятельности, нельзя обойтись без рассмотрения цели этой деятельности.

Результаты и обсуждение

В уголовном законе отсутствует цель назначения наказания, как определенного вида деятельности, сформулированы лишь цели наказания, как такового, причем их несколько. Многочисленные дискуссии о целях наказания [5, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17] продолжаются и вряд ли в скором времени прекратятся.

Согласно ч.2 ст.43 УК РФ, наказание применяется в целях восстановления социальной справедливости, а также в целях исправления осужденного и предупреждения совершения новых преступлений. Следовательно, законодатель сформулировал три цели:

1. восстановление социальной справедливости;
2. исправление осужденного;
3. предупреждение совершения новых преступлений.

То есть, в результате назначения и исполнения наказания, во-первых, должна быть восстановлена социальная справедливость, во-вторых, исправлен осужденный, и, в-третьих, предупреждено совершение новых преступлений.

Большее количество дискуссий о целях наказания сводится к проблемам точного определения их содержания, а также проблемам их достижения [10, 15].

К вопросу о количестве целей наказания, которые определяют средства, следует привести критику Роберта Винера. Он указывает на то, что «право рассматривает наказание то как угрозу для устрашения других возможных преступников, то как обрядовый акт искупления виновным вины, то как способ изоляции его от общества и защиты последнего от опасности повторного дурного поведения, то как средство социального и морального воспитания индивидуума. Эти четыре различные задачи можно выполнить четырьмя различными методами, и если мы не знаем точного способа их градации, то все наше отношение к преступнику будет основано на недопонимании. В настоящее время уголовное право пользуется то одним языком, то другим. До тех пор, пока общество не установит, чего же оно действительно хочет: искупления, изоляции, воспитания или устрашения потенциальных преступников, – у нас не будет ни искупления, ни изоляции, ни воспитания, ни устрашения, а только путаница, где одно преступление порождает другие преступления» [3, с. 116-117].

Вышеприведенная критика не теряет своей актуальности спустя многие годы и вполне относима к уголовному праву России. Указанные в ч.2 ст.43 УК РФ цели наказания предполагают их достижение различными способами.

Вероятно, проблема целей наказания обусловлена, среди прочего, их множественностью, разным содержанием и разными способами достижения каждой конкретной цели наказания.

Поскольку цель по своей сути является предвосхищением результата определенной деятельности, цель наказания должна быть одна и представлять собой нечто конкретное, реальное и вполне достижимое, что поддается фиксации в качестве результата.

Цель наказания – это то будущее состояние общественных отношений, составляющих предмет уголовно-правового регулирования, которое необходимо достичь вследствие наказания.

Не вдаваясь в дискуссию относительно предмета уголовно-правового регулирования, укажем наиболее согласующуюся с нашей позицией точку зрения, согласно которой «общественные отношения, связанные с удержанием лица от преступного посягательства посредством угрозы наказания, составляют предмет уголовно-правового регулирования, который в свою очередь является частью правового воздействия» [1, с. 170].

Следовательно, будущее состояние общественных отношений, связанных с удержанием лица от преступного посягательства посредством угрозы наказания, является реализация указанной угрозы в отношении лица, совершившего преступление.

Замыкается круг: цель наказания заключается в реализации наказания, а именно его назначении и исполнении.

Следует заключить, что сущностной целью наказания является его реализация посредством назначения и исполнения в отношении лица, совершившего преступление. Данная цель представляет собой нечто конкретное, реальное и вполне достижимое, что поддается фиксации в качестве результата.

В действительности такая логика изложения цели наказания не содержит противоречия. Так, «для выяснения сущности наказания следует обратиться к этимологии слова, его обозначающего. В русском языке имя существительное наказание производно от глагола наказывать, значение которого В.И. Даль трактует как «давать наказ, приказ, приказывать строго, повелевать, предписывать, велеть». Применительно к ответственности за совершенный поступок глагол наказывать означает «подвергать кого-то наказанию, налагать взыскание, взыскивать за вину» [4]. В этом и видится цель наказания.

В соответствии с ч.1 ст.43 УК РФ, наказание применяется к лицу, признанному виновным в совершении преступления. Именно совершение преступления является предпосылкой назначения наказания.

Наказание – это своеобразное следствие совершенного преступления. Преступление и наказание соотносятся между собой именно таким образом: как причина и следствие. При таком понимании наказания, как следствия преступления, бессмысленно пытаться найти, либо сформулировать цель (цели) наказания. Тем более безосновательна и бесперспективна цель предупреждения преступности. Справедливо отмечается, что «эта позиция неверна с методологической точки зрения, ее сторонники переоценивают возможности наказания. По отношению к преступности оно (имеется в виду наказание – уточнение наше – Е.М.) вторично, связано не с причинами, порождающими ее, а со следствием – результатом действия этих причин. Поэтому наказание не может ликвидировать преступность» [14, с. 52].

Само по себе наказание самодостаточно. Наказание представляет собой так называемую «реакцию общества» в ответ на совершенное преступление, нарушающее установленные в обществе наиболее значимые запреты.

Поэтому цель наказания – наказать (повелевать, предписывать, велеть, налагать взыскание) за совершение преступления.

Следовательно, наиболее точная содержательная «цель» наказания как такового была сформулирована в УК РСФСР 1960 года, в статье 20 которого было указано, что наказание является карой за совершенное преступление.

«Кара – это принуждение государственного характера к страданию осужденного, объем которого определяется характером и степенью общественной опасности преступления, обстоятельствам его совершения и личностью виновного» [6, с. 11].

Некоторые исследователи и в настоящее время полагают, что именно кара сущностно характеризует наказание. В частности, В.К. Дуюнов считает, что кара есть «реакция на проступок определенного лица, носящая характер упрека, осуждения, порицания этого лица и совершенного им проступка, имеющая целью оказание на виновное лицо и его поведение необходимого воспитательно-психологического иного предупредительного воздействия» [2, с. 24].

По сути, ч.1 ст.43 УК РФ содержит описание именно кары, не употребляя самого этого слова. Примечательно, что систему уголовно-правового воздействия характеризуют однокоренным словосочетанием – карательной системой.

Как бы ни пытались «сгладить» карательную сущность наказания, она никуда не исчезает. Обращая внимание на тот факт, что наказание не преследует цели причинения физических страданий или унижения человеческого достоинства, оно не превращается в нечто позитивное для осужденного. В любом случае наказание содержит в себе лишения или ограничения прав и свобод осужденного, которые причиняют ему определенные «неудобства». Как только такие лишения или ограничения прав и свобод осужденного исчезнут из содержания наказания, оно перестанет быть таковым.

Поэтому, возвращаясь к положениям абсолютных теорий уголовного наказания, современные исследователи института наказания предлагают сформулировать следующее предположение: уголовное наказание в его современном понимании не может обеспечить достижения каких-либо социально полезных целей; правоограничения и принуждение не могут породить социальное благо и оказать положительное воздействие на мировоззрение осужденного. В этой связи было бы целесообразным рассмотреть вопрос об отказе от возложения на институт наказания несвойственных для него функций: исправление, воспитание, частное предупреждение, а ограничиться соразмерным воздаянием преступнику за вред, который был им причинен в результате нарушения требований уголовного закона» [12, с. 123].

Все сформулированные в УК РФ цели наказания не могут признаваться целями наказания как такового. Нельзя не согласиться с тем, что «анализ предусмотренных действующим законодательством целей уголовного наказания свидетельствует о том, что ни одна из них не соответствует предложенным критериям оценки. Сопоставление различных данных о реальности достижения официально заявленных целей уголовного наказания позволяет предположить, что все они представляют собой правовую утопию» [7, с. 83].

Стремление представить наказание в свете максимально положительного и все более гуманного средства противодействия преступности ничего в корне не меняет, и изменить не может. Наказание не способно восстановить социальную справедливость, исправить осужденного, предупредить совершение новых преступлений.

Наказание – это кара преступника за совершенное им преступление. Какие бы «благие» цели наказания ни провозглашались, оно не способно по определению их достичь.

Закрепление в уголовном законе и активное обсуждение целей наказания абсолютно ни к чему не приводят. До сих пор нет единообразного понимания сущности этих целей, способов их достижения, а самое главное критериев их достижения.

Суд, принимая решение о назначении конкретного наказания подсудимому, лишь вероятностно указывает в приговоре свое мнение относительно возможности достижения декларативных целей наказания посредством назначенного им наказания. Этим «целеполаганием» все и ограничивается.

При этом, лицо, совершившее преступление, принципиально задается вопросом о том, какое наказание ему будет назначено, а не с какой целью. Однако, принимая во внимание существующие в уголовном законе правила назначения наказания, ответить на этот вопрос

не представляется возможным. Даже профессиональный адвокат не сможет этого сделать, не говоря уже о самом подсудимом.

В научной литературе предпринимаются попытки сформулировать ясную и достижимую цель наказания. В частности, по мнению В.Ф. Лапшина, действительная цель уголовного наказания сводится к определению общественной опасности деяния, за совершение которого оно предусматривается уголовным законом. Автор предлагает следующую редакцию ч.2 ст.43 УК РФ: «Вид и размер (срок) уголовного наказания устанавливаются с целью определения характера и степени общественной опасности деяния, предусмотренного настоящим Кодексом» [7, с. 84].

Иными словами, назначение определенного вида и размера (срока) уголовного наказания, соответствующего характеру и степени общественной опасности деяния и есть цель уголовного наказания.

Заключение и выводы

Поскольку наказание является следствием совершения преступления, самодостаточно и не нуждается в сущностном целеполагании, считаем, что необходимо прекратить дискуссии относительно целей наказания. Оригинальных идей высказано множество, однако это ничего не меняет в процессе и результате деятельности по назначению и исполнению наказания.

Отсутствие сформулированной в законе цели наказания не превращает деятельность по назначению наказания бессмысленной. Закрепленное в законе целеполагание отсутствует в абсолютном большинстве институтов уголовного права. В связи с этим, по нашему мнению, следует отказаться от формулирования цели (целей) наказания в УК РФ, и, вместо благоприятной почвы для не имеющих практического значения дискуссий, привести в надлежащий и понятный вид для всех участников уголовного судопроизводства правила назначения наказания.

Цель наказания заключается в том, чтобы лицу, виновному в совершении преступления, было назначено наказание за совершение этого преступления. Закрепление в уголовном законе указанной цели наказания представляется абсолютно избыточным.

Для достижения указанной цели в уголовном законе сформулированы определенные правила (задачи). Задачи наказания – это то, каким образом должен действовать суд, чтобы достичь поставленной цели наказания.

В соответствии с УК РФ, эти задачи сводятся к следующим:

- применить общие начала назначения наказания;
- определить пределы наказания, предусмотренные соответствующей статьей Особенной части УК РФ;
- учесть при назначении наказания положения Общей части УК РФ;
- назначить окончательное наказание (определить меру наказания).

Задачи наказания не подменяют его цели. Однако, правоприменитель нуждается именно в том, что обеспечит результат – назначение наказания. Определенная последовательность действий при назначении наказания представляет собой решение вышеперечисленных задач.

Стремление к достижению поставленной цели наказания предполагает активную деятельность по назначению, а в дальнейшем, и по исполнению назначенного наказания. Эта деятельность должна быть последовательной, иметь определенные вышеперечисленные этапы и подчиняться определенным в уголовном законе правилам.

Литература

1. Грачева, Ю. В. Предмет уголовно-правового регулирования / Ю. В. Грачева. – Текст : электронный // Актуальные проблемы российского права. – 2008. – № 2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/predmet-ugolovno-pravovogo-regulirovaniya> (дата обращения: 12.07.2022).

2. Дуюнов, В. К. Уголовно-правовое воздействие: теория и практика / В. К. Дуюнов. – М. : Научная книга, 2003. – 520 с. – Текст : непосредственный.
3. Кибернетика и общество / Норберт Винер, проф.; Перевод Е. Г. Панфилова; Общая ред. и предисл. Э. Я. Кольмана. – М. : Изд-во иностр. лит., 1958. – 200 с. – Текст : непосредственный.
4. Климович О. В. Фразеологизмы со значением «преступление» и «наказание» в русской языковой картине мира / О. В. Климович, Ф. Г. Фаткуллина. – Текст : электронный // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-26. – С. 5963-5967. – URL : <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38539> (дата обращения: 12.07.2022).
5. Курдюков, С. И. Цели уголовного наказания: теоретические и правоприменительные проблемы / С. И. Курдюков, Ч. М. Токтоназарова. – М. : Международный институт системной организации науки, 2007. – 125 с. – Текст : непосредственный.
6. Курочка, Е. В. Проблемы наказания в уголовном праве России: автореф. дисс. ... канд. юрид. Наук / Е. В. Курочка. – Саратов, 2000. – 21 с. – Текст : непосредственный.
7. Лапшин, В. Ф. Истинная цель уголовного наказания и критерии ее достижимости / В. Ф. Лапшин. – Текст : непосредственный // Журнал российского права. – 2018. – № 5(257). – С. 75-85.
8. Мацкевич, А. Ф. Уголовное наказание: понятие, цели и механизмы действия / А. Ф. Мацкевич. – СПб. : Юридический центр Пресс, 2006. – 329 с. – Текст : непосредственный.
9. Орлов, В. Н. Уголовное наказание: понятие, цели, состав исполнения / В. Н. Орлов. – М. : МГЮУ имени О. Е. Кутафина (МГЮА); Юстиция, 2013. – 416 с. – Текст : непосредственный.
10. Палий, А. А. Сущность и цели наказания в российском уголовном праве и средства их достижения: дисс. ... канд. юрид. наук / А. А. Палий. – Ростов-на-Дону, 2001. – 216 с. – Текст : непосредственный.
11. Полубинская, С. В. Цели уголовного наказания / С. В. Полубинская. – М. : Наука, 1990. – 142 с. – Текст : непосредственный.
12. Сыч, К. А. Состоятельность абсолютных теорий уголовного наказания: проверка временем / К. А. Сыч, В. Ф. Лапшин. – Текст : непосредственный // Юридическая наука и практика: Вестник Нижегородской академии МВД России. – 2017. – № 2(38). – С. 120-123.
13. Темирханов, М. А. Цели наказания и процесса наказывания: дисс. ... канд. юрид. Наук / М. А. Темирханов. – Рязань, 2014. – 181 с. – Текст : непосредственный.
14. Уголовное право. Общая часть. Наказание. Академический курс : в 10 т. Т. 1 Понятие, цели уголовного наказания. Система уголовного наказания. Кн. 2. Цели, система и эффективность уголовного наказания / под ред. докт. юрид. наук, проф. Н.А. Лопашенко – М. : Юрлитинформ, 2021. – 760 с. – Текст : непосредственный.
15. Фатхутдинов, А. И. Цели наказания и правовое регулирование механизма их достижения по УК РФ: дисс. ... канд. юрид. Наук / А. И. Фатхутдинов. – Казань, 2003. – 185 с. – Текст : непосредственный.
16. Философский энциклопедический словарь / гл. ред. Л. Ф. Ильичев и др. – М. : Сов. энциклопедия, 1983. – 839 с. – Текст : непосредственный.
17. Чучаев, А. И. Цели наказания в советском уголовном праве: учеб. Пособие / А. И. Чучаев. – Саратов-М., 1989. – 160 с. – Текст : непосредственный.

**КУРЬЁЗЫ ТОЛКОВАНИЯ УГОЛОВНО-ПРАВОВЫХ НОРМ,
ПРЕДУСМАТРИВАЮЩИХ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА КРАЖУ**

Назаренко Геннадий Васильевич

доктор юридических наук, профессор,
профессор кафедры уголовного права,
Юго-Западный государственный университет
Курск, Россия
E-mail: nazarenkogen@gmail.com

Предмет исследования: эрратологический аспект толкования уголовно-правовых норм, предусматривающих уголовную ответственность за кражу, то есть интерпретационные ошибки ст. 158 Уголовного кодекса Российской Федерации. В связи с этим в данной работе рассмотрен ряд современных публикаций, посвященных квалификации краж, в которых допущены курьёзные (нелепые) ошибки признаков хищения, объективных и субъективных признаков кражи и квалифицирующих признаков тайного хищения имущества.

Цель исследования: предложение путей устранения ошибок, допускаемых при толковании ст. 158 УК РФ.

Методы исследования: использован диалектически метод познания в сочетании с системным подходом и инструментальными методами.

Основные результаты исследования: проведённое исследование показывает, что современные публикации о квалификации краж содержат множество курьёзных ошибок, которые свидетельствуют о наличии доктринальных пробелов и необходимости их ликвидации за счёт системного толкования.

Ключевые слова: дефиниция кражи, квалифицированные составы, квалифицирующие признаки, ненасильственный характер кражи, курьёзы толкования.

**CURIOUS INTERPRETATION OF CRIMINAL LEGAL RULES,
INCLUDING LIABILITY FOR THEFT**

Gennady V. Nazarenko

Doctor of Law, Professor,
Professor of the Department of Criminal Law,
South-Western State University
Kursk, Russia
E-mail: nazarenkogen@gmail.com

Subject of research: the erratological aspect of the interpretation of criminal law norms that provide for criminal liability for theft, that is, interpretive errors of Art. 158 of the Criminal Code of the Russian Federation. In this regard, this paper considers a number of modern publications devoted to the qualification of thefts, in which curious (ridiculous) errors of signs of theft, objective and subjective signs of theft and qualifying signs of secret theft of property were made.

Purpose of research: to identify the most serious errors in the interpretation of Art. 158 of the Criminal Code of the Russian Federation and the possibility of their elimination.

Methods of research: the dialectical method of cognition was used in combination with a systematic approach and instrumental methods.

Main results of research: the study shows that modern publications on the classification of thefts contain many curious errors that indicate the presence of doctrinal gaps and the need to eliminate them through a systemic interpretation.

Keywords: definition of theft, qualified compositions, qualifying signs, non-violent nature of theft, oddities of interpretation.

Введение

В юридической литературе отмечается, что актуальными проблемами уголовного права являются такие отличительные признаки кражи, как характер и способ завладения чужим имуществом, предмет хищения, противоправность и субъективные признаки этой формы хищения, характеризующие умысел и цель, поскольку эти признаки трактуются в доктрине и понимаются на практике неоднозначно, особенно в нестандартных случаях, которые требуют толкования уголовно-правовых норм, предусматривающих ответственность за хищения [2, с. 69-73]. Однако анализ журнальных публикаций, размещённых в Интернете, показывает, что наиболее актуальными проблемами при квалификации краж являются курьёзные ошибки, которые допускают неопытные исследователи при толковании уголовно-правовых норм, предусматривающих ответственность за кражу. Цель настоящего исследования заключается в выявлении и описании такого рода довольно распространённых курьёзов толкования, которые ведут к правоприменительным ошибкам. Задача проведённого исследования состоит в том, чтобы показать возможность устранения интерпретационных ошибок путем системного толкования уголовно-правовых норм, характеризующих различные формы хищений. Методологическая основа данного исследования включает в себя диалектический метод и апробированные в уголовном праве инструментальные методы познания. Научная новизна исследования состоит в рассмотрении эрзатовского аспекта толкования уголовно-правовых норм, авторской интерпретации признаков хищения и ошибочно трактуемых отличительных признаков кражи и ее квалифицированных составов.

Результаты и обсуждение

Законодательная дефиниция хищения дана в первом примечании к ст.158 УК РФ, предусматривающей ответственность за кражу. Факт дефинирования термина «хищение» не вызывает сомнений. Тем не менее, Л.В. Сотникова и Т.В. Давыдова в одной из публикаций на тему квалификации краж примечание к ст.158 УК РФ позиционируют как «общую концепцию хищения» [5, с.52]. Очевидно, авторы недостаточно различают такие понятия как «дефиниция» и «концепция». Вдобавок, выделение «общей концепции» предполагает наличие некой «особенной или единичной концепции», что само по себе неверно. В данном случае более корректно вести речь об общей дефиниции всех форм хищений.

При определении понятия кражи указанные лица воспроизводят признаки хищения, указанные в примечании к ст.158 УК РФ без учёта признаков кражи, которые фигурируют в тексте указанной статьи. Дефиниция кражи должна включать в себя не только противоправное изъятие тайным способом чужого имущества, в том числе с банковского счёта, а равно электронных денежных средств (при отсутствии признаков мошенничества), и обращение его в пользу виновного или других лиц, но и причинение значительного ущерба гражданину, крупного или особо крупного ущерба иному собственнику либо владельцу. Последнее обстоятельство особенно важно, так как размер ущерба отграничивает уголовно-наказуемую кражу от мелкого хищения, предусмотренного ч.2 ст.7.27 КоАП РФ.

Обращает на себя внимание, что посягательства на правомочия собственника в форме кражи, указанные авторы некорректно трактуются как «нападение на права собственности» [5, с.52], в то время как имеет место посягательство на чужую собственность иным способом. Кража исключает нападение как таковое, так как совершается тайным способом, исключаящим какое-либо силовое воздействие на объект и предмет посягательства. Кража в отличие от грабежа и разбоя не сочетается с применением насилия к потерпевшему, в том числе и в тех случаях, когда похищение совершается в присутствии собственника или владельца имущества. Тайный способ похищения исключает применения насильственного воздействия к потерпевшему, так как этот способ заключается в незаметном изъятии чужого имущества. Этимологически термин «кража» восходит к таким родственным словам, как «крадучись» и «украдкой».

А.В.Сидорова ошибочно считает, что хищение является тайным, если имущество изымается в присутствии собственника, который не осознаёт смысл и значение действий, совершаемых преступником, так как находится без сознания под воздействием клофелина. Указанный автор исходит из того, что приоритет при решении вопроса о тайном способе хищения в данном случае должен отдаваться субъективному критерию кражи, то есть фактически неверному *восприятию субъекта* совершаемых им действий [4, с.109]. Правоприменительная практика показывает, что в отдельных случаях виновный может *искаженно воспринимать* характер своих действий и в силу этого отрицать насильственный способ завладения чужим имуществом. В таких ситуациях предпочтение всегда отдается объективным признакам корыстного преступления, и содеянное с признаками насилия в зависимости от характера и степени его опасности квалифицируется как грабёж или разбой. На эти обстоятельства прямо указывает пункт 23 постановления Пленума Верховного Суда РФ от 27 декабря 2002 г. №29 «О судебной практике по делам о краже, грабеже и разбое (с последующими изменениями и дополнениями). Данное постановление рекомендует квалифицировать содеянное как грабёж или разбой в случае введения против воли потерпевшего в его организм сильнодействующих, ядовитых или одурманивающих веществ для приведения его в беспомощное состояние в целях хищения имущества. При этом характер воздействия указанных веществ определяется экспертным путём. К сожалению, А.В. Сидорова не указывает, каким образом клофелин в завышенной дозе оказался в организме потерпевшего (по собственной инициативе или в силу криминального умысла), и тем самым моделирует ситуацию недостаточно конкретно и двусмысленно. Однако судебная практика свидетельствует о том, что все случаи хищений, связанные с использованием этого медицинского препарата, осуществлялись в результате введения клофелина в организм потерпевшего против его воли, и квалифицировались как грабеж либо разбой.

Абсолютно некорректной является трактовка кражи в качестве родового понятия в результате отнесения к формам кражи таких видов хищения как грабёж, разбой, мошенничество, присвоение и растрата [5, с.53]. Родовым понятием для всех форм и видов незаконного изъятия чужого имущества является понятие хищения, дефиниция которого дана в первом примечании к ст. 158 УК РФ. Соответственно, формами хищения выступают кража, грабеж, разбой, присвоение и растрата, которые отличаются друг от друга способом отчуждения (изъятия и (или) завладения) чужим имуществом.

Стремление молодых учёных к оригинальности изложения признаков хищения нередко ведёт к неудачному использованию иноязычных терминов, в результате чего «актор» (действующий субъект) смешивается с автором и банальные опечатки типа «повреждение» вместо «похищение» лишают текст какого-либо смысла. Чтобы не быть голословным, приведу соответствующий фрагмент текста: «... момент, когда происходит *повреждение* (выделено Н.Г.) имущества, совпадает с моментом, когда *автор* (выделено Н.Г.) имеет реальную возможность использовать и распоряжаться чужим имуществом ...» [5, с.53].

Не лучшим образом дело обстоит и при анализе частей 2,3,4 ст.158 УК РФ, в которых задействованы квалифицирующие признаки квалифицированных составов кражи: Л.В. Сотникова, Т.В. Давыдова ошибочно именуют квалифицирующие, то естьотягчающие признаки «квалифицированными обстоятельствами». Далее указанные авторы сообщают, что «при применении этих обстоятельств возникают проблемы», поскольку правоприменитель принимает во внимание только минимальную стоимость похищенного имущества без учёта причинения значительного ущерба гражданину [5, с.53-54]. В действительности, правоприменитель применяет не «обстоятельства», а уголовно-правовые нормы, причём при квалификации краж учитываются все квалифицирующие признаки, указанные в ст.158 УК РФ, а не только причинение значительного ущерба гражданину, на который обратили внимание интерпретаторы.

В неопытные авторы недостаточно владеют уголовно-правовой терминологией и основами юридических знаний, поскольку путают наиболее распространённые доктринальные понятия, такие как «квалификация» и «классификация». Свою статью они заканчивают вы-

водом: «Поскольку кража является одним из наиболее распространённых преступлений в Российской Федерации, важно правильно *классифицировать* (выделено Н.Г.) преступление» [5, с.54]. Но не менее важно для начала усвоить разницу между классификацией преступлений (ст.15 УК) и квалификацией преступлений, правила которой изложены в нормах действующего Уголовного кодекса РФ, постановлениях Пленумов Верховного Суда РФ, учебниках, учебных пособиях и монографиях по соответствующей тематике [1, с.18-24;3, с.63-91].

В трактовке М.В. Степанова ст.158 УК РФ содержит единственный состав кражи, в котором даны признаки этой формы хищения. (6, с.126). Однако, в действительности, ст.158 УК РФ включает в себя основной состав кражи (без квалифицирующих признаков – ч. 1) и три квалифицированных состава (с квалифицирующими и особо квалифицирующими признаками – ч. 2, 3, 4), в которых в зависимости от размера похищенного указаны такие виды хищений, как кража, причинившая значительный ущерб гражданину (п. «в» ч.2 ст.158 УК), кража имущества в крупном размере (п. «в» ч.3 ст.158 УК), кража имущества в особо крупном размере (п. «б» ч.4 ст.158 УК). Соответственно, состав хищения без квалифицирующих признаков (ч.1 ст.158 УК) представляет собой кражу, размер которой не является значительным, крупным или особо крупным. В качестве самостоятельной разновидности хищения закон (ст.164 УК) предусматривает хищение предметов (в том числе в форме кражи), имеющих особую ценность.

Кроме того, указанный автор вместо квалифицированного состава, предусмотренного ч.2 ст.158 УК РФ, выделяет отягчающие признаки кражи как «отдельные квалифицирующие признаки» [6, с.127]. При этом без внимания оставляет п. «г» ч.2 ст.158 УК РФ, в котором в качестве квалифицирующего признака обозначена кража имущества, находящегося при потерпевшем. Данный признак «не вписывается» в упрощенную концепцию состава кражи с отдельными квалифицирующими признаками, предложенную автором в ходе трактовки кражи, которая явно не соответствует законодательному тексту. Указанный вид квалифицированной кражи выделен законодателем в силу повышенной общественной опасности, поскольку так называемые «карманные кражи» совершаются преступниками-профессионалами в публичных местах, в том числе в транспорте, магазинах и других местах массового присутствия людей, и, как правило, причиняют гражданам значительный ущерб. Кражи этого вида отличает дерзкий характер, так как незаконное изъятие денег и вещей осуществляется в присутствии потерпевшего и других лиц изощрёнными методами, которые незаметны для окружающих и самой жертвы.

В нестандартных ситуациях кража может быть осуществлена денег и вещей, которые находятся при умершем. В таких случаях отсутствие живого лица, по смыслу закона, исключает квалификацию содеянного по п. «г» ч.2 ст. 158 УК РФ. Равным образом квалифицирующий признак кражи отсутствует, если кража денег или имущества совершается из одежды, сумки или другой ручной клади, которые не находятся при потерпевшем, то есть из одежды, которая не находится при нём, как и сумка или ручная кладь, оставленная без присмотра в месте, где отсутствует потерпевший.

Согласно п. 23.1 постановления Пленума Верховного Суда РФ от 27 декабря 2002 г. № 29 «О судебной практике по делам о краже, грабеже, разбое» (с изм. и доп. от 15 декабря 2022 г.) кража имущества из одежды и ручной клади потерпевшего, который находится в состоянии сна, опьянения, потери сознания либо психического расстройства, подлежит квалификации по п. «г» ч. 2 ст. 158 УК РФ, так как действия виновного свидетельствуют о намерении совершить хищение тайным способом, воспользовавшись психическим состоянием потерпевшего.

Игнорирование указанного квалифицирующего признака кражи, допускаемое отдельными авторами, свидетельствует о серьёзном упущении, которое на практике ведёт к ошибкам квалификации хищений чужого имущества, совершённых не только ворами-карманниками, но и лицами, совершившими убийство либо неосторожное причинение смерти, а затем с корыстной целью завладевшими имуществом потерпевших.

А.С.Туманов, рассматривая квалифицированный состав кражи (п. «б» ч.3 ст. 158 УК), который ошибочно называет квалифицирующим, утверждает, что «виновный должен проникнуть внутрь трубопровода», так как имущество должно изыматься изнутри, на что указы-

вает предлог «из», используемый законодателем применительно к трубопроводам, из которых совершается кража [7, с.127]. Фактически речь в данном случае идёт о физическом проникновении виновного лица внутрь трубопровода. К столь курьёзному выводу автор приходит путём ошибочного толкования квалифицирующего признака, который предусматривает кражу из нефтепровода, нефтепродуктопровода, газопровода.

По смыслу закона, речь должна идти о незаконном подключении путём криминальной врезки в трубопровод, чтобы совершить кражу углеводородов в режиме продолжаемого хищения, а не о проникновении как таковом, которое предполагает совершение разовой кражи чужого имущества. Предлог «из», используемый законодателем, показывает, что отбор нефти или газа ведётся из трубопровода и не требует проникновения виновного внутрь, как это утверждает автор публикации. Незаконная врезка в трубопровод представляет собой тайное просверливание стенки трубопровода с последующим несанкционированным присоединением отводного устройства, посредством которого совершается хищение углеводородного топлива.

Наглядным примером криминальной врезки в газопровод является преступление, совершённое Матюшиным, проживающим в пос. Хотынец Орловской области. Указанный гражданин ручной дрелью просверлил отверстие в газопроводе и прикрепил к трубе штуцер, одел на него резиновый шланг и с его помощью подключил газовую плиту в своём доме. В результате незаконного подключения к газопроводу ему удалось похитить 6 тысяч кубометров газа на сумму более 26 тысяч рублей. Хотынецкий районный суд признал Матюшина виновным в совершении преступления, предусмотренного п. «б» ч. 3 ст. 158 УК РФ [8].

Кроме того, А.С.Туманов, толкуя признаки хищений из трубопроводов, допустил ещё одну ошибку, поскольку фактически связал продолжаемые хищения с «моментом совершения преступного деяния» [7, с.129]. Указание на момент совершения преступления представляет собой довольно распространённую ошибку, однако действующий Уголовный Кодекс РФ не предусматривает одномоментных преступлений. Соответственно, ряд уголовно-правовых предписаний, характеризующих субъекта уголовно-правовых отношений, связывает его признаки *со временем, а не с моментом* совершения запрещённых (общественно опасных и преступных) деяний (ч.3 ст.20, ч.1 ст.21, ч.1 ст.22 УК). Со всей очевидностью, указанный автор упустил из виду существование продолжаемых краж, которые представляют собой незаконное изъятие чужого имущества из одного и того же источника за счет совершения тождественных действий, объединённых единым умыслом. В данном случае таким источником является нефтепровод, нефтепродуктопровод либо газопровод, из которого раз за разом совершается безвозмездный отбор углеводородов, то есть продолжаемое хищение.

Заключение и выводы

Проведенное исследование показывает, что современные публикации, авторами которых являются молодые исследователи, пестрят ошибками толкования, свидетельствующими о недостаточном усвоении понятийно-категориального аппарата уголовного права и актов прецедентного толкования Пленума Верховного Суда РФ уголовно-правовых норм, предусматривающих ответственность за такие формы хищения, как кража, грабёж и разбой, а также о бессистемном подходе к толкованию признаков законодательной дефиниции хищения и наиболее распространённой формы хищения – кражи.

В целях устранения и недопущения ошибок интерпретации, указанных в представленной статье, рассмотрены наиболее типичные и распространённые ошибки использования уголовно-правовых терминов, показаны результаты бессистемного толкования объективных и субъективных признаков «простых» и квалифицированных краж, а также дано теоретическое обоснование научному толкованию системных признаков кражи, то есть такой интерпретации уголовно-правовых предписаний, которая способствует их правильному пониманию и применению.

Литература

1. Назаренко, Г. В. Преступления против собственности: научное издание / Г. В. Назаренко, А. И. Ситникова. – М. : Юрлитинформ, 2020. – 168 с. – Текст: непосредственный.
2. Рубцова, А. С. Актуальные проблемы уголовного права: учебное пособие / А.С. Рубцова. – М. : Проспект, 2017. – 112 с. – Текст : непосредственный.
3. Севрюков, А. П. Хищение имущества: учебное пособие / А. П. Севрюков. – М. : Экзамен, 2004. – 352 с. – Текст : непосредственный.
4. Сидорова, А. В. Объективные признаки кражи / А. В. Сидорова. – Текст : непосредственный // Вестник Челябинского государственного университета, 2013. – № 11(302) ; Сер. Право. – Вып. 6. – С.106-110.
5. Сотникова, Л. В. Проблемы квалификации краж как разновидности хищений / Л. В. Сотникова, Т. В. Давыдова. – Текст: непосредственный // Вестник совета молодых ученых. – Челябинск, 2020. – № 1(28). – Т. 1. – С. 51-55.
6. Степанов, М. В. Некоторые вопросы квалификации краж и мошенничества / М. В. Степанов. – Текст : непосредственный // Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. – 2017. – Т. 2, № 11. – С. 157-162.
7. Туманов, А. С. Квалификация кражи из трубопровода, сопряжённой с приведением его в негодное состояние / А. С. Туманов. – Текст : непосредственный // Юридический вестник Самарского университета. – 2021. – Т. 7, № 1. – С. 126 – 130.
8. Приговор Хотынецкого районного суда Орловской области от 18 августа 2015 г. по делу 1-37 / 2015 // Архив указанного суда.

**КВАЛИФИКАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ПРЕСТУПЛЕНИЙ ПРОТИВ ЛИЧНОСТИ:
ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ**

Перина Анжела Сергеевна

*аспирант кафедры уголовного права,
криминологии и уголовно-исполнительного права
Санкт-Петербургского юридического института (филиала),
Университет прокуратуры Российской Федерации
Санкт-Петербург, Россия
E-mail: anzhela.perina@yandex.ru*

Предмет исследования: нормы уголовного закона, устанавливающие ответственность за преступления против личности, а также разъяснения, отраженные в Постановлениях Пленума ВС РФ от 24.12.2019 № 58, от 25.12.2018 № 46, от 04.12.2014 № 16.

Цель исследования: поиск оптимальных уголовно-правовых инструментов совершенствования уголовного закона и правоприменительной практики в части квалификации новых способов совершения «традиционных» преступлений против личности (убийства, похищения человека, торговли людьми, развратных действий, нарушения неприкосновенности жилища), а также общественно опасных деяний, ответственность за которые прямо не закреплена в уголовном законе, но обладающих способностью причинения вреда правам и свободам личности в условиях цифровизации (дипфейки, stalking, кибербуллинг).

Методы и объекты исследования: в основу работы положены формально-логический метод, методы аналогии, обобщения, дифференциации, а также сравнительно-правовой и формально-юридический методы исследования общественных отношений в сфере охраны прав и свобод личности.

Результаты исследования: сформулированы предложения по квалификации действий, направленных на причинение вреда личности посредством использования современных технологий, а также по совершенствованию норм действующего уголовного закона и положений Постановлений Пленума ВС РФ в части, способной оказывать влияние на уголовно-правовую оценку деяния в условиях преступного использования цифровых технологий против личности.

Ключевые слова: преступления против личности, квалификация преступлений, цифровые преступления, новые угрозы личности, цифровизация.

QUALIFICATION OF DIGITAL CRIMES AGAINST PERSON: PROBLEMATIC ISSUES

Anzhela S. Perina

*Postgraduate Student of the Department of Criminal Law,
Criminology and Penal Enforcement Law,
St. Petersburg Law Institute (branch),
University of the Prosecutor's Office of the Russian Federation,
Saint Petersburg, Russia
E-mail: anzhela.perina@yandex.ru*

Subject of the research is the norms of the criminal law establishing responsibility for crimes against the person, as well as explanations reflected in the Resolutions of the Plenum of the Supreme Court of the Russian Federation No. 58 of December 24, 2019, No. 46 of December 25, 2018, No. 16 of December 04, 2014.

Purpose of the research is to improve the criminal law and law enforcement practice in terms of the qualification of new ways of committing «traditional» crimes against the person (murder, kidnapping, human trafficking, depraved acts, violations of the inviolability of the home), as well as socially dangerous acts, responsibility for which is not directly enshrined in the criminal law, but having the ability to harm human rights and personal freedoms in the conditions of digitalization (deepfakes, stalking, cyberbullying).

Methods and objects of research: one of the methods used was the formal logical approach to the cognition of legal phenomena; also, the methods used were methods of analogy, generalization, differentiation, comparative-legal and formal-legal methods of research of public relations in the field of protection of individual rights and freedoms.

Main results of research: is proposals have been formulated for the qualification of actions aimed at harming the individual through the use of modern technologies, as well as for improving the norms of the current criminal law and the provisions of the Resolutions of the Plenum of the Supreme Court of the Russian Federation in terms can influence the criminal legal assessment of the act in the conditions of criminal use of digital technologies against the individual.

Keywords: crimes against person, qualification of crimes, digital crimes, new threats to person, digitalization.

Введение

Проблема использования компьютерных технологий при посягательствах на охраняемые уголовным законом общественные отношения становится объектом научных исследований с момента совершения первого такого посягательства (Примечание 1. Первое преступление с использованием компьютера в СССР было зарегистрировано в 1979 г. в Вильнюсе. Ущерб государству от хищения составил 78,5 тыс. рублей. Случай был занесен в международный реестр правонарушений подобного рода и явился своего рода отправной точкой в развитии нового вида преступлений в нашей стране).

Научно-технический прогресс способствует стремительному развитию технологий различного рода. И, если компьютерные технологии начинали использоваться для совершения преступлений против собственности, то на сегодняшний день актуальной становится проблема посягательств на личность, ее права и свободы с помощью современных цифровых устройств.

Значимость исследования вопросов уголовно-правовой оценки общественно опасных деяний против личности, совершенных с использованием компьютерных технологий, обусловлено приоритетностью охраны прав и свобод человека и гражданина, закрепленной в Конституции Российской Федерации (ст. 2), а также особым структурированием норм одного из основных инструментов ее обеспечения – Уголовного кодекса Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 28.04.2023) (далее – УК РФ), в котором ответственность за посягательства на личность закреплена в первую очередь (раздел VII).

Распространение «цифрового» способа совершения преступлений на уже имеющиеся составы, направленные против личности, становится актуальнее с каждым днем: появляются возможности дистанционного убийства, доведения до самоубийства, совершения торговли людьми онлайн, нарушения неприкосновенности частной жизни и пр. Кроме того, появляются новые угрозы личности, за которые в настоящее время уголовная ответственность не предусмотрена или закреплена лишь в той или иной части общественно опасного деяния.

Научные исследования в области преступного использования компьютерных технологий при совершении преступлений посвящены различным аспектам соответствующего феномена: преступлениям в сфере компьютерной информации, поиска обобщающего понятия, криминологическим аспектам, отдельным составам преступлений, хищению информации с компьютерных устройств, использованию робототехники в преступной деятельности, совершению мошенничества с помощью технологий. Однако проблема использования современных

достижений науки и техники при посягательствах на личность недостаточно изучена. Попытка сфокусировать внимание именно на этом и отражает научную новизну исследования.

Настоящее научное исследование посвящено вопросам квалификации цифровых преступлений против личности в следующих аспектах. Во-первых, кратко рассмотрены проблемные вопросы квалификации «традиционных» преступлений против личности, закрепленных уголовным законом, которые совершаются с использованием технологий, и способы их решения. Во-вторых, обозначены новые появляющиеся угрозы личности и предложены варианты их квалификации.

В действующем уголовном законе обозначено 9 составов преступлений, в которых присутствует признак использования информационно-телекоммуникационных сетей (включая сеть «Интернет»): п. «д» ч. 2 ст. 110, п. «д» ч. 3 ст. 110.1, ч. 2 ст. 110.2, ч. 2 ст. 128.1, ч. 3 ст. 133, ч. 3 ст. 137, ч. 1 ст. 138, ст. 138.1, ч. 2 ст. 151.2 УК РФ. Вместе с тем цифровые технологии внедряются злоумышленниками в механизм совершения и иных посягательств на личность, нормы об ответственности за которые не включают обозначенный квалифицирующий признак (убийства, похищения человека, торговли людьми, развратных действия, нарушения неприкосновенности жилища). Более того, появляются новые способы причинения вреда личности, ответственность за которые не предусмотрена напрямую ни в одной статье УК РФ (дипфейки, stalking, кибербуллинг).

Однако указанные деяния нуждаются в правовой оценке ввиду возникновения сложностей при их квалификации в правоприменении в условиях отсутствия разъяснений Пленума Верховного Суда Российской Федерации по этому вопросу или их недостаточности.

В связи с вышеизложенным целью исследования является научно обоснованное установление особенностей уголовно-правовой оценки «цифровых» преступлений против личности. Для достижения соответствующей цели проведен анализ проблем квалификации общественно опасных посягательств на личность в условиях цифровизации, на основе которого предложены рекомендации по совершенствованию уголовного законодательства об ответственности за преступления против личности, совершаемых с использованием компьютерных технологий.

Поскольку в доктрине уголовного права отсутствует единство мнений относительно аспекта использования современных технологий при совершении преступлений, а также относительно содержательной составляющей понятия «технологии», а их выработка не является частью настоящего исследования, то в ходе изложения результатов исследования различные технологии будут пониматься как равнозначные, а группа преступлений будет обозначена понятием «цифровые» преступлений против личности.

Результаты и обсуждение

Общественно опасное поведение злоумышленника, которым причиняется вред личности, в зависимости от особенностей его уголовно-правовой оценки можно условно разделить на две группы: I – преступления, ответственность за которые уже закреплена в УК РФ, но в информационную эпоху все чаще при их совершении используются различные возможности цифровых технологий, повышающие их общественную опасность и II – деяния, связанные с посягательством на права и свободы личности, совершение которых обусловлено стремительным распространением цифровых технологий, но ответственность за которые отдельно не предусмотрена нормами УК РФ.

При этом в теории уголовного права существуют различные подходы исследователей к их уголовно-правовой оценке.

I. В рамках первой из обозначенных групп анализу подвергался ряд составов преступлений против личности, в которых объективная сторона потенциально все чаще предполагает возможность включенности в нее современных технологичных решений. Однако ограниченность в числе рассматриваемых в рамках исследования составов не означает их исключительность. Перспективы включенности цифровых технологий в признаки составов и иных преступлений раздела VII УК РФ достаточно велики. Распространенность использования современных технологий

злоумышленниками при посягательствах на личность обусловлена рядом факторов, в числе которых их доступность, предоставление возможности действовать анонимно, обеспечения удаленного характера воздействия и др., обуславливающие принятие решения в их пользу при выборе средств и способов совершения преступлений против личности.

1. Убийство. С учетом развития цифровых технологий стало возможным совершенное «цифровым способом» причинение смерти другому лицу, уголовная ответственность за которое в рамках действующего законодательства предусмотрена ст. 105 УК РФ.

В контексте использования информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» для совершения посягательств на жизнь и здоровье личности высказывается точка зрения о том, что умышленное вовлечение лица, который в силу возраста или психического расстройства потерпевший не понимает характер и значение совершаемых с собой действий (при осознании соответствующего фактора виновным), в такое поведение, связанное с причинением себе смерти, должно квалифицироваться как убийство (покушение на убийство) малолетнего или лица, заведомо для виновного находящегося в беспомощном состоянии [26, с. 355]. В данном случае речь может идти о случаях оказания воздействия на лицо через общение в социальных сетях с целью вовлечения его в опасное для жизни поведение.

Вместе с тем именно удаленный характер общения обуславливает наличие временного интервала, позволяющего отказаться потерпевшему от подобных действий, причиняющих вред собственному здоровью, оставляя выбор и возможность обратиться за помощью к другим лицам для разъяснения характера воздействия. При таких обстоятельствах говорить об убийстве не приходится, поскольку воля жертвы не подавляется окончательно и достижение цели злоумышленником на лишение себя жизни потерпевшим может быть квалифицировано по соответствующей статье УК РФ, предусматривающей склонение к совершению самоубийства или п. «в» ч. 2 ст. 151.2 УК РФ при отсутствии умысла, направленного на формирование желания уйти из жизни.

Появление несколько иных случаев использования технологий для причинения смерти можно обозначить как «удаленное убийство». Такое деяние совершается без непосредственного физического воздействия одного человека на другого, которое стало возможным в виду дистанционного управления современным медицинским оборудованием, все чаще оснащенное беспроводным интерфейсом доступа. Например, когда происходят манипуляции с оборудованием, обеспечивающим поддержание жизни жертвы [31]. Такая «комфортность» лишения жизни другого человека посредством использования технологий придает уверенности в своих действиях и уменьшает шансы на отказ от их совершения.

Кроме того, использование искусственного интеллекта или робототехники в медицине приводят к риску неправомерного доступа к программному обеспечению. Так, в 2016 г. было совершено одно из первых целенаправленных убийств с использованием робота: пациент отделения интенсивной терапии погиб от подачи в капельницу смертоносного состава вместо предписанного лекарства [17, с. 153].

Описанные ситуации свидетельствуют о воздействии на оборудование в целях лишения жизни другого лица умышленно, осознании этого факта и желании наступления преступных последствий. При этом такое использование технологий может рассматриваться как особый «цифровой» способ лишения жизни и состоит в прямой причинно-следственной связи с наступлением преступного результата – смерти лица.

Уголовно-правовая оценка таких деяний в настоящее время не отражает специфики такого способа в силу отсутствия их распространённости. В связи с чем квалификация сводится к ч. 1 ст. 105 УК РФ, охватывающей все иные способы совершения преступления, не обозначенные в ч. 2 указанной статьи. При этом при описании признаков состава преступлений правоприменителями может быть учтен не только способ совершения деяния, но и характеристику субъекта преступления, которая наряду с общими признаками, свойственными субъекту «простого» убийства, будет содержать высокий уровень компетентности в применении

цифровых технологий, их возможностях и противоправный обход системы информационной безопасности медицинского учреждения, оказывающее влияние на опасность деяния.

В некоторых случаях, когда используются компьютерные программы, заведомо предназначенные для несанкционированной нейтрализации средств защиты компьютерной информации, возможна дополнительная квалификация по ч. 1 ст. 273 УК РФ.

2. Торговля людьми. Существование проблемы использования компьютерных технологий при совершении торговли людьми и связанные с ней сексуальная и иная эксплуатация людей, особенно женщин и детей, было обозначено на международном уровне [1]. В частности, в Глобальном докладе Управления ООН по наркотикам и преступности (UNODC) о торговле людьми за 2020 год [29] отмечается адаптация методов торговцев людьми для киберпространства, выраженную в использовании преимуществ цифровых платформ для рекламы, вербовки и эксплуатации жертв, общению с ними без личных встреч, воздействия на них с использованием общедоступной информации и пр. Расширились и формы эксплуатации, поскольку веб-камеры и прямые трансляции сократили потребность в транспортировке и передаче жертв.

Действующий УК РФ в соответствии со ст. 127.1 УК РФ закрепляет ответственность за торговлю людьми без указания специального квалифицирующего признака использования компьютерных технологий при ее совершении.

Исходя из анализа судебных решений о привлечении к уголовной ответственности за торговлю людьми действительно размещение рекламы намерения совершить сделку в отношении человека все чаще осуществляется в социальных сетях. Например, приговор Таганского районного суда г. Москвы № 1–27/2015 от 12.03.2015 о признании виновным по ч. 2 ст. 127.1 УК РФ, содержит указание на размещение объявления о продаже интимных услуг и передаче двух девушек в подневольное состояние в социальной сети «ВКонтакте», а также осуществление переписок онлайн по этому вопросу. В соответствии с приговором Люберецкого городского суда Московской области № 1–37/2017 от 31.01.2017 женщина разместила в сети «Интернет» объявление о продаже своего неродившегося ребенка сразу после рождения и вела переписку и телефонные разговоры об этом с покупателем.

Таким образом, использование цифровых технологий позволяет осуществлять взаимодействие дистанционно с человеком, находящимся даже в других странах или регионах, размещать объявления о намерении совершения таких действий в целях получения наибольшего охвата потенциальных покупателей и т.д. Общение может происходить без личных встреч через мессенджеры. Торговцы людьми могут связаться с потенциальными жертвами в открытых группах в социальных сетях, а затем перевести общение в зашифрованные или анонимные сервисы, такие как обмен сообщениями WhatsApp на мобильных телефонах.

Наглядная демонстрация возможностей интернет-технологий по устранению необходимости в физическом взаимодействии между торговцами людьми и жертвами обуславливает аргументированность в позиции представителей научного сообщества о наличии повышенной общественной опасности таких деяний. При этом отмечается, что в рамках такого способа нельзя игнорировать факты направленности на воздействие психики большого круга лиц, затруднением работы правоохранительных органов по обнаружению лиц, вербующих потерпевших и пр. [6, с. 67].

Ученые отмечают, что в контексте рассматриваемого деяния на практике могут возникнуть затруднения с определением момента «фактической передачи и получения потерпевшего» в тех случаях, когда, например, продавец сообщает покупателю место, где находится потерпевший; или момента «получения согласия потерпевшего на осуществление деятельности, для которой совершается вербовка», при осуществлении вербовки посредством размещения виновным в сети «Интернет» объявления с предложением об устройстве на работу [14, с. 18; 23].

В соответствии с Постановлением Пленума Верховного Суда Российской Федерации от 24.12.2019 № 58 «О судебной практике по делам о похищении человека, незаконном лишении свободы и торговле людьми» (далее – Постановление Пленума ВС РФ от 24.12.2019 № 58) указано, что при совершении иных действий, образующих торговлю людьми, содеянное

квалифицируется как оконченное преступление при передаче или получении человека либо с момента начала его перевозки или укрывательства с целью эксплуатации. При этом действия по передаче означают предоставление потерпевшего другому лицу, в том числе для осуществления перевозки, укрывательства, эксплуатации потерпевшего, а действия по получению – принятие потерпевшего от лица, его передающего, в частности, для перевозки или укрывательства, а равно для его эксплуатации.

Определение момента фактической передачи-приема человека при совершении сделки может не вызвать трудности при выполнении физического обмена: покупатель – деньги, продавец – человека (как в случае с продажей младенца в указанном выше примере). Однако случаи отсутствия такого «традиционного» для совершения сделок обмена и физического сопровождения потерпевшего, например, при его самостоятельном перелете в другую страну для работы, о которой злоумышленник ввел в заблуждение жертву, и прибытии к месту «работы», могут вызывать затруднения при квалификации.

Представляется, что в целях единообразия правоприменительной практики в подобных случаях целесообразно дополнить п. 14 Постановления Пленума ВС РФ от 24.12.2019 № 58 следующими разъяснениями: «Преступление, предусмотренное ст. 127.1 УК РФ, окончено также в момент передачи человека (договоренность о которой достигнута заранее с использованием цифровых технологий и сообщения инструкций по дальнейшим действиям, данным в сетевом общении) посредством предоставления проездных документов для перевозки и прохождения регистрации человека для ее осуществления с последующим его принятием в пункте назначения и началом сопровождения». Такой подход обусловлен необходимостью зафиксировать момент совершения сделки в отношении человека в тех случаях, когда потерпевший внешне самостоятельно, но в соответствии с удаленным контролем своих действий со стороны злоумышленника совершает действия, входящие в объективную сторону состава торговли людьми.

3. Похищение человека. Действующим уголовным законом ответственность за незаконные захват, перемещение и последующее удержание человека предусмотрена ст. 126 УК РФ.

Исследователи обращали внимание и на уязвимости разрабатываемых беспилотных автомобилей, как то ненадежность программного обеспечения, которое может быть подвержено взлому, слежке, потере приватности, возможности злоумышленников изменить направление движения и т.д. [12, с. 17]. Обозначенные угрозы могут привести к совершению такого общественно опасного деяния как похищение человека.

Представляется, что такие действия как подключение к системам обеспечения движения высокоавтоматизированного транспортного средства, принудительное изменение маршрута, блокировка дверей беспилотного транспортного средства с перемещением и последующим удержанием против воли пассажира, находящегося внутри такого автомобиля необходимо квалифицировать как похищение человека.

Беспилотные транспортные средства функционируют не абсолютно самостоятельно, они входят в соответствующий комплекс, имеющий в своем составе другие беспилотные транспортные средства, центр управления, диспетчерские пункты, ретрансляционные узлы, станции подзарядки и т.д. [12, с. 22]. В принятом 25.03.2020 г. Распоряжении Правительства Российской Федерации № 724-р «О Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования» указано на необходимость убедиться в защите от перехвата управления высокоавтоматизированного транспортного средства при его эксплуатации. Вместе с тем именно наличие подобной функции автономного управления автомобилем позволяет злоумышленникам использовать уязвимости или неисправности системы для причинения вреда личности в виде нарушения права на свободу перемещения.

Целесообразно п. 2 Постановления Пленума ВС РФ от 24.12.2019 № 58 дополнить указанным предложением, обозначив, что «В случае совершения похищения человека посредством использования беспилотного автомобиля, в котором находится потерпевший, преступление считается оконченным с момента подключения к системам беспилотного автомобиля,

получения доступа к программе управления им и начала принудительного перемещения по маршруту, не запланированному потерпевшим».

4. Нарушение неприкосновенности жилища. В рамках группы преступлений против конституционных прав и свобод человека и гражданина, угрозы использования «цифрового» способа могут возникнуть при нарушении неприкосновенности жилища (ст. 139 УК РФ). Так, соответствующий состав преступления может быть совершен против воли проживающего в нем лица способом, предполагающим подключение к системам умного дома.

Обозначенная угроза уже осознана с учетом анализа судебной практики. Так, не смотря на отсутствие прямого указания в уголовном законе признака использования компьютерных технологий при осуществлении незаконного проникновения в жилище, положениями Постановления Пленума Верховного суда Российской Федерации от 25.12.2018 № 46 «О некоторых вопросах судебной практики по делам о преступлениях против конституционных прав и свобод человека и гражданина (статьи 137, 138, 138.1, 139, 144.1, 145, 145.1 Уголовного кодекса Российской Федерации)» (далее – Постановление Пленума ВС РФ № 46) даны разъяснения относительно новых угроз: так, по смыслу статьи 139 УК РФ незаконное проникновение в жилище может иметь место и без вхождения в него, но с применением технических или иных средств, когда такие средства используются в целях нарушения неприкосновенности жилища (например, для незаконного установления прослушивающего устройства или прибора видеонаблюдения).

В данном контексте возникает вопрос о моменте окончания такого преступления. В случае физического проникновения в жилище преступление признается оконченным с момента незаконного проникновения в пределы жилища, независимо от продолжительности нахождения в нем. Представляется, что п. 12 Постановления Пленума ВС РФ от 25.12.2018 № 46 целесообразно дополнить следующим положением: «Моментом окончания незаконного проникновения в жилище с использованием технических средств является момент получения доступа к визуальному или звуковому восприятию пространства внутри границ жилища, а также получения доступа к системе, позволяющей обеспечить открытие дверей и пр. запирающих устройств, устранение таким образом препятствий для входа и последующее физическое проникновение».

Также при квалификации такого общественно опасного деяния необходимо учитывать, что применение технических средств для нарушения неприкосновенности жилища возможно не только против воли проживающего в нем лица, но и помимо его воли, то есть в том случае, когда проникновение осуществляется неочевидно для проживающего в нем, однако с учетом всех обстоятельств имеются основания для однозначного нежелания присутствия в нем других лиц у проживающего (например, запирающие замки, установление пароля для доступа к системам умного дома и пр.).

При этом при последующем незаконном лишении свободы, действия виновного следует квалифицировать также в соответствии со ст. 127 УК РФ, в случае когда потерпевший остается в месте его нахождения и ограничивается в передвижении без законных на то оснований посредством запирающих замков умного дома, смены паролей для доступа к открытию двери и т.д.

5. Развратные действия. Современной угрозой в сфере совершения половых преступлений, о которой пишут ученые, можно обозначить совершение развратных действий (ст. 135 УК РФ) с использованием информационно-телекоммуникационных средств, включая сеть «Интернет».

Несмотря на отсутствие такого признака в конструкции статьи 135 УК РФ, указание на такой способ есть в Постановлении Пленума Верховного суда Российской Федерации от 04.12.2014 № 16 «О судебной практике по делам о преступлениях против половой неприкосновенности и половой свободы личности» (далее – Постановление Пленума ВС РФ от 04.12.2014 № 16): «Развратными могут признаваться и такие действия, при которых непосредственный физический контакт с телом потерпевшего лица отсутствовал, включая действия, совершенные с использованием сети Интернет, иных информационно-телекоммуникационных сетей».

В доктрине уголовного права выделяют два вида развратных действий: физические (обнажение половых органов, различного рода прикосновения к половым органам как самим

преступником к своим, так и склонение к этому потерпевшего; демонстрация полового акта или иных действий сексуального характера несовершеннолетнему; онанизм, мастурбация или склонение к ним потерпевшего и т.п.) и интеллектуальные (показ материалов порнографического содержания; чтение порнографической литературы; ведение бесед на сексуальные темы циничного характера). При этом указанные действия совершаются именно с целью пробудить интерес к сексуальным отношениям у потерпевшего. Развитие цифровых технологий обусловило возможность выполнения не только интеллектуальных, но и ряда физических развратных действий при трансляции онлайн в личной беседе или в видеочатах, в том числе с количеством собеседников более одного. Стал возможен сбор из различных источников и распространение чужих «произведений» на своей странице в социальных сетях, созданных сайтах, чатах, форумах, в виде комментариев под какими-то записями; размещение на своих информационных ресурсах в сети интернет-ссылок на сайты, содержащие порнографические изображения несовершеннолетних (рекламирование) [2].

Цифровые технологии используются и для онлайн общения с последующей личной встречей с потерпевшими. В литературе их называют кибергруминг, означающий выполнение действий совершеннолетнего лица, направленных на установление в Интернете доверительного контакта с ребенком с целью склонить его к вступлению в сексуальную связь или даже сексуальную эксплуатацию. Типичный механизм кибергруминга заключается в том, что злоумышленник общается в сети Интернет с ребенком, выдавая себя за ровесника либо ребенка немного старше, знакомится в чате, на форуме или в социальной сети с жертвой, пытается установить с ней дружеские отношения и перейти на личную переписку [2]. В данном случае, отмечают авторы [24, с. 5], имеет место «удаленный» характер совершения развратных действий в сети «Интернете». Интернет используется злоумышленником в качестве наименее ресурсозатратного и одновременно удобного, легкодоступного инструмента, для поиска и склонения будущей жертвы к действиям полового характера в реальной жизни.

Преступление при использовании информационно-телекоммуникационных сетей может быть совершено с использованием подменных ников, обеспечивающих возможность анонимности, выдачи себя за другого человека, изменив возраст, имя, пол и прочие характеристики, обеспечивающие снижение бдительности у подростка.

В случае, если такие действия сопровождаются применением психологического насилия в отношении жертвы, то согласно разъяснениям Постановления Пленума ВС РФ от 04.12.2014 № 16, их следует квалифицировать в соответствии с ч. 3 или 4 ст. 132 УК РФ (в зависимости от возраста потерпевшего) (п. 21).

Относительно непосредственно развратных действий, ученые отмечают, что на сегодняшний день наиболее частыми цифровыми технологиями, используемыми для бесконтактного развращения подростков, выступают социальные сети, мобильные приложения WhatsApp или Viber, Skype, сайты знакомств, форумы и чаты [3, с. 180].

Стоит обратить внимание на некоторые трудности при квалификации развратных действий, совершаемых в сети «Интернет».

Во-первых, имеющаяся в уголовном законе юридическая фикция, данная в примечании к ст. 131 УК РФ (Примечание 2. В соответствии с указанным примечанием к преступлениям, предусмотренным п. «б» ч. 4 ст. 131 УК РФ, а также п. «б» ч. 4 ст. 132 УК РФ, относятся также деяния, подпадающие под признаки преступлений, предусмотренных ч. 3-5 ст. 134 и ч. 2-4 ст. 135 УК РФ, совершенные в отношении лица, не достигшего двенадцатилетнего возраста, поскольку такое лицо в силу возраста находится в беспомощном состоянии, то есть не может понимать характер и значение совершаемых с ним действий), позволяющая совершенные без признаков насилия развратные действия оценивать как насильственное половое преступление, подлежащее квалификации по п. «б» ч. 4 ст. 132 УК РФ, несколько неоднозначна, поскольку объективная сторона каждого из указанных преступлений может существенно отличаться. В связи с чем справедливо указывается на противоречие принципу запрета применения уголовного закона по аналогии [7, с. 63].

В этом случае «текущая редакция примечания к ст. 131 не оставляет правоприменителю полностью законного варианта решения ситуации: он должен либо пренебречь данным примечанием, квалифицировав деяние по ст. 135 УК РФ; либо применить запрещенную аналогию либо вообще отказаться от уголовной репрессии, что будет противоречить уже принципу гуманизма, декларирующему защиту интересов потерпевших от посягательств» [7, с. 64].

Такой подход обоснованно критикуется учеными [20]. Действительно, предложенная в примечании квалификация развратных действий, снижает возраст субъекта ответственности с 18 до 14 лет (об этом также особо указано в п. 20 Постановления Пленума ВС РФ от 04.12.2014 № 16), и игнорирует возрастные особенности развития несовершеннолетних в части осознанности и возможности умственного понимания лицом смысла, общественной опасности совершаемых им действий, а также вреда для потерпевшего или возможности его причинения [18, с. 227], поскольку осуществление переписки интимного содержания между подростками и обмен такими фотографиями, становится уголовно наказуемой наравне с совершением полового акта с лицом, не достигшим 14-летнего возраста.

Кроме того, п. 1 Постановления Пленума ВС РФ от 04.12.2014 № 16 обозначено, что мотив совершения преступлений, предусмотренных ст. 131 и 132 УК РФ, для квалификации содеянного значения не имеет. Однако ст. 135 предполагает особенности субъективной стороны виновного, обозначенные в п. 17 Постановления: развратные действия должны быть направлены на удовлетворение сексуального влечения виновного, или на вызывание сексуального возбуждения у потерпевшего лица, или на пробуждение у него интереса к сексуальным отношениям. В контексте применения примечания указанная направленность мотивации теряет сущностно-образующий характер, что также является непоследовательным [27, с. 90].

В целях устранения указанных проблем квалификации необходимо в первую очередь определиться с четким содержанием развратных действий и иных действий сексуального характера, позволяющим отграничить их друг от друга. Следует согласиться с позицией ученых, предлагающих сформулировать понятие «развратные действия» по остаточному принципу для квалификации посягательств на половую неприкосновенность, не охватываемых признаками иных составов преступлений, предусмотренных гл. 18 УК РФ [11, с. 39]. При этом п. 17 Постановления дополнить термином «иные действия сексуального характера» с четким указанием его содержания, аналогично понятиям полового сношения, мужеложства и лесбиянства.

Исходя из этого, справедливо предлагается подход об исключении случаев, когда бестелесные формы сексуального воздействия квалифицируются в качестве насильственных действий сексуального характера [15, с. 92], что ограничит объективную сторону ст. 135 УК РФ исключительно совершением действий, состоящих в интеллектуальном бесконтактном воздействии на несовершеннолетнего с указанными в Постановлении Пленума ВС РФ от 04.12.2014 № 16 целями [22, с. 97].

Такой подход обусловлен особенностями своего содержания, выраженными не в совершении сексуального удовлетворения извращенными или сопутствующими половому акту способами, а особенностями воздействия на психическую составляющую формирующейся у подростков личности и восприятия сексуальных отношений [19, с. 19].

Обоснованной представляется и позиция авторов о закреплении в п. 16 Постановления Пленума ВС РФ от 04.12.2014 № 16 положения о необходимости квалифицировать в соответствии со ст. 135 УК РФ совершение бесконтактных развратных действий с угрозой применения насилия [5, с. 199].

Во-вторых, существует неопределённость и при квалификации развратных действий по совокупности преступлений. В соответствии с п. 19 Постановления Пленума ВС РФ от 04.12.2014 № 16 развратные действия, совершенные без применения насилия ил угрозы его применения и без использования беспомощного состояния потерпевшего лица одновременно или в разное время в отношении двух и более лиц, не достигших 16-летнего возраста, в соответствии с положениями ч. 1 ст. 17 УК РФ не образуют совокупности преступлений и под-

лежат квалификации по ч. 3 ст. 135 УК РФ при условии, что ни за одно из этих деяний виновный ранее не был осужден.

Однако использование цифровых технологий позволяет злоумышленнику по вновь возникшему умыслу совершать развратные действия хоть ежедневно в отношении разных лиц или одного и того же ребенка бесконтактным способом. Возможно и совершение развратных действий одновременно в отношении нескольких лиц при онлайн общении. При этом альтернативные цели, указанные в диспозиции статьи могут отличаться. Так, общение в социальной сети с одним ребенком у злоумышленника предполагает достижение его собственного сексуального влечения, а в этой же социальной сети с другим ребёнком в другом чате направлено на вызывание сексуального возбуждения ребенка. Продолжительность общения с каждым из них также может быть разной. Представляется, что единого умысла в данной ситуации нет и необходимо квалифицировать указанные действия как совокупность преступлений, предусмотренных ст. 135 УК РФ.

Другим случаем является, когда виновный совершает развратные действия, например, в общем чате, созданном для общения на сексуальные темы для аналогичных целей, в котором состоит он и еще минимум 2 ребенка; или может возникнуть ситуация, когда общение онлайн происходит с одним ребенком, который в процессе разговора сообщает виновному, что просмотр в их чате фотоматериалов или видео, направление которых было мотивировано побуждением у подростка интереса к сексуальным отношениям, осуществляется ей вместе с ровесницей; или виновный наблюдает, что к подростку присоединяется еще один ребенок для общения в видеочате с виновным, который демонстрирует половые органы, например. В данных случаях, при продолжении совершения развратных действий при осознании увеличения числа несовершеннолетних, с которыми происходит общение, представляется, что преступление охватывается единым умыслом на совершение развратных действий в отношении двух и более лиц.

Таким образом, следует согласиться с профессором Поповым А.Н. об отсутствии совокупности в случае совершения единого продолжаемого преступления в отношении двух и более лиц при установлении обстоятельств, свидетельствующих о наличии единого умысла виновного лица на совершение деяний в отношении нескольких потерпевших [20, с. 20]. Представляется целесообразным дополнить п. 19 Постановления Пленума ВС РФ от 04.12.2014 № 16 следующим положением: «Совершение развратных действий без применения насилия и без использования беспомощного состояния потерпевшего образуют совокупность преступлений в случае установления судом отсутствия единого умысла на совершение таких действий в отношении одного и того же или разных лиц, а также при установлении разных целей даже при одновременности общения с несколькими потерпевшими».

II. В рамках группы деяний, посягающих на личность, ее права и свободы, ставших возможными в процессе стремительной цифровизации, также рассмотрим лишь некоторые из них, наиболее распространенные.

1. Цифровые технологии развиваются в различных направлениях. В современных условиях стало возможным интегрировать то или иное изображение в нужный злоумышленнику контент видео или фото. При этом не всегда искусственность итогового изображения очевидна обычному обозревателю без соответствующей технической подготовки или специальных технических инструментов выявления подделки. Речь идет о технологии Дипфейк (deepfake), которая позволяет имитировать чей-то голос, лицо, обстановку и пр. По своей сути это форма мультимедиа, которая накладывает существующее изображение или видео на контент, созданный искусственным интеллектом, который напоминает чей-то голос или внешний вид [30].

Изображения или видеозаписи, создаваемые предназначенными специально для этого приложениями, могут порочить честь и достоинство потерпевшего и причинять иной ущерб правам и свободам человека. Однако правоприменителям не всегда может удаваться дать верную квалификацию таким действиям. Исследователи отмечают, что «основная проблема

дипфейков на сегодняшний день заключается в том, что сфера искусственного интеллекта слабо охраняется и регулируется законом» [9, с. 62].

Цели, которые преследует злоумышленник, могут быть различными: причинение моральных и психологических страданий; понуждение к тем или иным действиям, выгодным виновному, посредством угрозы распространения подобных дипфейков, оказывая психологическое давление на жертву; месть; преследование развлекательных целей и пр. При этом зачастую потерпевший может находиться в неведении и даже не подозревать о наличии поддельных видео- или фотоизображений и доступе к ним неопределённого круга лиц.

Общественная опасность подобных действий заключается в угрозе причинения вреда личности посредством создания «дипфейков», претендующих на высокую степень реалистичности, через легко доступные любому современному человеку программы даже без специальных знаний, а также высокой скорости распространения информации в сети «Интернет» без возможности остановить такой поток передачи неограниченному числу людей или полностью стереть цифровой след подобных деяний.

Отсутствие конкретной нормы об ответственности за создание и распространение «дипфейков» не означает невозможность привлечения к уголовной ответственности за подобные общественно опасные деяния.

В целях неотвратимости наказания и достижения его целей представляется возможным квалифицировать создание и распространение «дипфейков» в соответствии со ст. 128.1 УК РФ (преимущественно часть 2 указанной статьи) как клевету, то есть распространение заведомо ложных сведений, порочащих честь и достоинство другого лица или подрывающих его репутацию.

Однако в диспозиции ст. 128.1. УК РФ указано, что потерпевшим может выступать только «другое» лицо. Такая формулировка не позволяет относить к указанному преступлению в случае недоказанности причинения вреда именно иному лицу размещение «дипфейка» от имени потерпевшего в сети «Интернет», то есть посредством созданного аккаунта от его имени или путем завладения доступом к существующей странице потерпевшего в социальной сети. В целях исключения безнаказанности подобных деяний Постановление Пленума Верховного суда Российской Федерации от 24.02.2005 № 3 «О судебной практике по делам о защите чести и достоинства граждан, а также деловой репутации граждан и юридических лиц» может быть дополнено следующим разъяснением: «При доказанности неправомерного доступа к аккаунту потерпевшего или использования другим лицом созданной поддельной (фейковой) страницы от имени потерпевшего человека для распространения «дипфейков» подобные случаи следует квалифицировать в соответствии со ст. 128.1 УК РФ».

2. Одной из современных угроз личности ученые называют такое явление как stalking, которое исходя из практики зарубежных стран можно обозначить как длительное систематическое навязчивое преследование какого-либо лица (stalking — преследовать). Ранее подобные действия рассматривались в качестве одного из видов домашнего насилия, поскольку в большинстве случаев они совершаются бывшими супругами или партнерами, но в настоящее время stalking приобрел самые разнообразные формы — харассмент, порноместь (revenge porn), фанатство, моббинг и др. Однако развитие цифровых технологий (появление информационно-телекоммуникационных сетей, оцифровка сведений о личности, размещение данных о местоположении с помощью GPS, появление GPS-трекеров, позволяющих отслеживать перемещение человека в режиме онлайн и пр.) обусловило распространенность такого явления как киберсталкинг (cyberstalking — преследование кого-либо в Интернете одним человеком или группой лиц), который признается одной из угроз информационной безопасности личности [28, с. 54].

Преследователи злоупотребляют знаниями о личной жизни лица, нарушая ее границы и причиняя ущерб принадлежавшим ей правам и свободам [8, с. 515], которое может выражаться в многочисленных звонках, сообщениях в соцсетях и мессенджерах, неправомерном доступе к компьютерной информации, в угрозах применения насилия, оскорблениях, понуждении к действиям сексуального характера, распространении клеветы и сведений конфиден-

циального характера (например, размещение в сети Интернет материалов сексуального характера без согласия потерпевшего), в рассылке анонимных подарков, включая предметы порнографического характера, в уничтожении, повреждении и порче имущества, ожидании около дома или работы, незаконном проникновении в жилище и т.п.

Некоторые авторы выступают с предложением дополнить диспозицию статьи 137 УК РФ признаком систематического преследования потерпевшего или иного вмешательства в его частную жизнь, что предполагает криминализацию stalking [21, с. 390], или даже ввести отдельную норму в уголовный закон, устанавливающую ответственность за stalking [16, с. 55; 4].

Вместе с тем представляется, что подход, выражающийся в криминализации stalking, не поможет решить проблемы ответственности за другие похожие действия, а создает новые проблемы в виде отграничения от других составов, криминализующих отдельный элемент stalking и пр.

В рамках уголовного закона в целях неотвратимости наказания за подобные действия, посягающие на права и свободы личности, представляется целесообразным квалифицировать stalking в рамках имеющихся составов, предусмотренных УК РФ в зависимости от содержания выполняемых им действий. Так, в случае наличия в действиях угроз убийством или причинением тяжкого вреда здоровью – в соответствии со ст. 119 УК РФ. При этом реальность осуществления угроз в данном случае может быть связана именно с навязчивостью преследования и совершения действий, связанных с понуждением к общению помимо воли потерпевшего. В случае признаков понуждения к действиям сексуального характера, в том числе в сети «Интернет», в социальных сетях, смс-сообщениями и пр. по ч. 1 ст. 133 УК РФ или п. «б» ч. 2 ст. 133 К РФ в зависимости от возраста потерпевшей. При собирании сведений о частной жизни лица – в соответствии со ст. 137 УК РФ, при наличии признаков нарушения тайны переписки, телефонных переговоров, почтовых, телеграфных или иных сообщений или неприкосновенности жилища – по ст. 138 УК РФ и ст. 139 УК РФ соответственно.

3. Еще одним явлением современности, несущий в себе угрозу личности, является кибербуллинг (получил свое название от английского слова bull — бык, с родственными значениями: агрессивно нападать, задира́ть, придира́ться, провоцировать, донимать, терроризировать, травить).

По своей сути кибербуллинг представляет собой умышленное, постоянные или систематические агрессивные действия, выполняемые одним человеком или группой лиц и направленные против потерпевшего, с целью причинения ему психологического дискомфорта, вреда, оказание давления на психику подростка и пр. Обычно такие действия осуществляются посредством направления сообщений в личных чатах, по электронной почте, в группе в социальной сети, в комментариях к фотографии, записях, в различных общих чатах, в которых состоит множество людей, форумах и пр.

Авторами выделяются разные виды кибербуллинга. Например, флейминг (воспламенение), троллинг, киберstalking (киберпреследование), секстинг, исключение (игнор), взлом и фейковые страницы [10, с. 53].

При этом злоумышленник не может наблюдать психологических страданий жертвы, расстроенных чувств, злости и других эмоций, обеспеченную удаленностью воздействия и возможностью анонимности, (хотя именно на негативные эмоции и рассчитывается) что создает определённый комфорт для виновного и упрощает выбор средств для проявления онлайн-агрессии. Исследователи пишут о том, что происходит подмена реального на виртуальное, в связи с чем коммуникация может искажаться в обе стороны. Доступность информационно-телекоммуникационных сетей стала практически повсеместной, обеспечивая возможность нахождения в социальных сетях пользователя 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, что дает возможность преследователю ни прерывать основную деятельность, ни отвлекаться от нее [25, с. 54].

В настоящее время отдельный состав преступления, предусматривающий уголовную ответственность за кибербуллинг, отсутствует в уголовном законе. Квалификация кибербуллинга в настоящее время будет осуществляться при наличии признаков имеющихся в уго-

ловном законе иных составов преступлений против личности. Ряд составов преступлений, включающих некоторые действия при проявлении кибербуллинга: ст. 110 УК РФ, 110.1–110.2 УК РФ, 119 УК РФ, 128.1 УК РФ — доведение до самоубийства, склонение к совершению самоубийства, угрозы в отношении личности, клевета.

Вместе с тем в условиях отсутствия признаков совершения указанных преступлений, такая агрессия в сети «Интернет» может не повлечь уголовной ответственности, однако причинить существенный вред потерпевшему в виде психологических травм, нравственных страданий и пр.

Авторами, занимающимися решением указанной проблемы, высказывается точка зрения о необходимости для подобных случаев в виду их распространенности вновь криминализировать состав «Оскорбления», (декриминализованный в 2011 г.), но адаптированный к новым условиям, и изложить следующим образом: «Под оскорблением несовершеннолетнего следует понимать систематическое унижение чести и достоинства несовершеннолетнего лица, выраженное в неприличной форме, с использованием информационно-коммуникационных сетей (включая сеть Интернет)» [13, с. 99]. Представляется, что такой подход может быть оправданным. Вместе с тем представляется целесообразным закрепить указанный состав в УК РФ с условием административной преюдиции, т.е. привлекать к уголовной ответственности за указанное общественно опасное деяние при наличии привлечения в административной ответственности в соответствии со ч. 2 ст. 5.61 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ (ред. от 14.04.2023).

Заключение и выводы

Результаты научного исследования демонстрируют наличие ряда проблемных вопросов, возникающих при квалификации обозначенных общественно опасных деяний, причиняющих вред личности посредством использования цифровых технологий.

Верная, соответствующая духу уголовного закона и научно обоснованная уголовно-правовая оценка «цифровых» преступлений против личности необходима в целях эффективной охраны личности в условиях появления обозначенных «цифровых» признаков, обуславливающих стремительные изменения механизма совершения посягательств. При этом своевременные разъяснения новых явлений преступной деятельности представляют особую важность для правоприменителей в целях формирования единообразия судебной практики и единства применения уголовного закона.

В первую очередь нуждаются в разъяснениях в целях верной уголовно-правовой их оценки деяния, связанные с посягательством на личность, совершение которых обусловлено стремительной цифровизацией, но ответственность за которые прямо не предусмотрена нормами УК РФ. Криминализация таких общественно опасных явлений в виде отдельных норм об ответственности в уголовном законе в целом не представляется целесообразной, поскольку в настоящее время можно обойтись имеющимися уголовно-правовыми инструментами. Так:

- 1) представляется целесообразным осуществлять квалификацию создания и распространения «дипфейков», несущих в себе признак заведомой ложности и порочащих честь и достоинство личности, подрывающих ее репутацию, в соответствии со ст. 128.1 УК РФ;
- 2) такое явление как «сталкинг» или навязчивое преследование лица следует квалифицировать в зависимости от содержания деяния: при собирании сведений о частной жизни лица – в соответствии со ст. 137 УК РФ, при угрозе убийством, при которой потерпевший может реально опасаться за свою жизнь – в соответствии со ст. 119 УК РФ;
- 3) совершение кибербуллинга следует квалифицировать как клевета (128.1 УК РФ), доведение до самоубийства (ст. 110 УК РФ) при наличии соответствующих признаков. Вместе с тем травля в сети «Интернет», носящая систематический характер требует новых решений – введения уголовной ответственности за оскорбление, совершенное с использованием цифровых технологий, при наличии привлечения к ответственности в соответствии с ч. 2 ст. 5.61 КоАП РФ.

Предложенные в результате проведенного научного исследования следующие рекомендации по дополнению разъясняющих положений Постановлений Пленума ВС РФ, позволят выполнить задачи уголовного права и способствовать минимизации правовых пробелов при квалификации цифровых преступлений против личности. Так:

- 1) следует отразить в п. 14 Постановления Пленума ВС РФ от 24.12.2019 № 58 разъяснение, касающееся момента окончания торговли людьми (имеющей важное юридическое значение для квалификации деяния), совершаемой посредством удаленного сопровождения человека из пункта отправления в пункт назначения в виду договоренности совершения в отношении него сделки с использованием цифровых технологий;
- 2) отразить момент, с которого похищение человека посредством беспилотного автомобиля считается оконченным в рамках п. 2 Постановления Пленума ВС РФ от 24.12.2019 № 58;
- 3) дополнить п. 12 Постановления Пленума ВС РФ от 25.12.2018 № 46 положением о моменте окончания незаконного проникновения в жилище с использованием технических средств;
- 4) указать на наличие совокупности преступлений при совершении развратных действий бесконтактным способом в отношении одного несовершеннолетнего неоднократно или нескольких лиц при отсутствии у злоумышленника единого умысла на совершение обозначенного преступления в отношении двух и более лиц, дополнив п. 19 Постановления Пленума ВС РФ от 04.12.2014 № 16;
- 5) закрепить в п. 16 Постановления Пленума ВС РФ от 04.12.2014 № 16 следующее положение: «В соответствии со ст. 135 УК РФ необходимо квалифицировать совершение бесконтактных развратных действий, не включенных в понятие «иные действия сексуального характера», с угрозой применения насилия или без такового».

Представляется, что указанные предложения совершенствования уголовного закона и правоприменительной практики являются в настоящее время оптимальным уголовно-правовым инструментом, способным стать ответом на новые вызовы науке в части использования современных технологий для причинения вреда личности.

Литература

1. Конвенция Совета Европы о защите детей от сексуальной эксплуатации и сексуальных злоупотреблений ETS № 201 (Лансароте, 25 октября 2007 г.). – URL : <https://docs.cntd.ru/document/499039123> (дата обращения: 01.02.2023). – Текст : электронный.
2. Приложение к постановлению Межпарламентской Ассамблеи государств – участников Содружества Независимых Государств от 27.11.2020 № 51-24 «Рекомендательные типологии новых преступлений, совершаемых с использованием информационных технологий». – URL : <https://iacis.ru/public/upload/files/1/917.pdf> (дата обращения: 01.02.2023). – Текст : электронный.
3. Алиева, Е. А. Сеть интернет как средство совершения развратных действий / Е. А. Алиева. – Текст : непосредственный // Пробелы в российском законодательстве. – 2017. – № 4. – С. 180-182.
4. Барышева, К. А. Киберсталкинг как новый вид уголовно-наказуемого деяния / К. А. Барышева. – Текст : непосредственный // Союз криминалистов и криминологов. – 2017. – № 1-4. – С. 63-66. – EDN YPMCWЕ.
5. Бимбинов, А. А. Практика применения норм об ответственности за половые преступления (статьи 131-135 Уголовного кодекса РФ) и способы ее совершенствования / А. А. Бимбинов. – Текст : непосредственный // Правоприменение. – 2022. – Т. 6, № 1. – С. 191-204. – DOI 10.52468/2542-1514.2022.6(1).191-204.
6. Бухоризода, Б. Р. Социальные сети и Интернет: новая форма совершения торговли людьми / Б. Р. Бухоризода. – Текст : непосредственный // Академическая мысль. – 2019. – №2 (7). – С. 65-67.

7. Гребеньков, А. А. Проблемы квалификации ненасильственных сексуальных посягательств на лиц в возрасте до 12 лет / А. А. Гребеньков, А. А. Байбарин. – Текст : непосредственный // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: История и право. – 2013. – № 4. – С. 61-66.
8. Даниелян, А. Л. К вопросу о введении уголовной ответственности за преследование (сталкинг) / А. Л. Даниелян. – Текст : непосредственный // Научное образование. – 2020. – № 2(7). – С. 515-519.
9. Киселев, А. С. О необходимости правового регулирования в сфере искусственного интеллекта: дипфейк как угроза национальной безопасности / А. С. Киселев. – Текст : непосредственный // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Юриспруденция. – 2021. – № 3. – С. 54-64. – DOI 10.18384/2310-6794-2021-3-54-64.
10. Колодезникова, М. В. Кибербуллинг и его психологические последствия / М. В. Колодезникова, Е. В. Николаев. – Текст : непосредственный // The Scientific Heritage. – 2020. – № 56-5(56). – С. 52-54. – DOI 10.24412/9215-0365-2020-56-5-52-54.
11. Коняхин, В. П. Квалификация развратных действий в условиях применения к потерпевшему насилия или использования его беспомощного состояния / В. П. Коняхин, А. Д. Оберемченко. – Текст : непосредственный // Уголовное право. – 2014. – № 2. – С. 37-41.
12. Коробеев, А. И. Беспилотные транспортные средства: новые вызовы общественной безопасности / А. И. Коробеев, А. И. Чучаев. – Текст : непосредственный // Lex Russica (Русский закон). – 2019. – № 2(147). – С. 9-28. – DOI 10.17803/1729-5920.2019.147.2.009-028.
13. Мальцева, В. А. Защита детей от кибербуллинга. Вопросы уголовноправового регулирования / В. А. Мальцева. – Текст : непосредственный // Закон и право. – 2019. – № 10. – С. 95-99. – DOI 10.24411/2073-3313-2019-10463.
14. Морозова, Ю. В. Уголовно-правовая характеристика преступлений, связанных с сексуальной эксплуатацией несовершеннолетних : учебное пособие / Ю. В. Морозова. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский юридический институт (филиал) Университета прокуратуры Российской Федерации, 2021. — 51, [1] с. – Текст : непосредственный.
15. Мотин, А.В. Квалификация половых преступлений: монография / А.В. Мотин; под науч. ред. Ю.Е. Пудовочкина, – М. : Изд-во Триумф, Лучшие книги, 2019. – 231 с. табл. ISBN 978-5-93673-253-9. – Текст : непосредственный.
16. Мясникова, А. М. Криминализация сталкинга / А. М. Мясникова, Е. Г. Цуканова. – Текст : непосредственный // Виктимология. – 2016. – № 3(9). – С. 53-56.
17. Овчинский, В. С. Криминология цифрового мира: учебник для магистратуры / В. С. Овчинский. – М. : Норма : ИНФРА-М, 2018. – 352 с. – Текст : непосредственный.
18. Пантюхина, И. В. Роль сочетания несовершеннолетнего возраста субъекта и потерпевшего в половых преступлениях / И. В. Пантюхина. – Текст : непосредственный // Вестник Костромского государственного университета. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 225-228.
19. Перина, А. С. Проблемные вопросы квалификации развратных действий, совершаемых с использованием информационно-телекоммуникационных сетей / А. С. Перина. – Текст : непосредственный // Криминалистика. – 2022. – № 4 (41). – С. 16—22.
20. Попов, А. Н. Комментарий к постановлению Пленума Верховного Суда Российской Федерации «О судебной практике по делам о преступлениях против половой неприкосновенности и половой свободы личности» от 4 декабря 2014 года № 16 / А. Н. Попов. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский юридический институт (филиал) Академии Генеральной прокуратуры Российской Федерации, 2016. – 40 с. – Текст : непосредственный.
21. Сапранкова, Т. Ю. К вопросу о совершенствовании направлений уголовно-правовой охраны неприкосновенности частной жизни / Т. Ю. Сапранкова. – Текст : непосредственный // Пробелы в российском законодательстве. – 2018. – № 3. – С. 389-391.
22. Сичкаренко, А. Ю. Старые проблемы норм о сексуальных преступлениях в новой редакции уголовного закона / А. Ю. Сичкаренко // Общество и право. – 2014. – № 1(47). – С. 95-97. – Текст : непосредственный.

23. Скрипченко, Н. Ю. Уголовная ответственность за похищение человека, незаконное лишение свободы и торговлю людьми: законодательное регулирование и практика применения / Н. Ю. Скрипченко. – Текст : непосредственный // Российская юстиция. – 2020. – № 11. – С. 21-24.
24. Туркулец, В. А. Секстинг в отношении несовершеннолетних: уголовно-правовой и виктимологический аспекты / В. А. Туркулец. – Текст : непосредственный // Юридические исследования. – 2020. – № 5. – С. 1-11.
25. Черкасенко, О. С. Феномен кибербуллинга в подростковом возрасте / О.С. Черкасенко // Личность, семья и общество: вопросы педагогики и психологии. – 2015. – № 6. – С. 52-54.
26. Шарапов, Р. Д. Новые основания уголовной ответственности за вовлечение в самоубийство и иное опасное для жизни поведение / Р. Д. Шарапов, Е. В. Смахтин. – Текст : непосредственный // Всероссийский криминологический журнал. – 2018. – Т. 12, № 3. – С. 349-357. – DOI 10.17150/2500-4255.2018.12(3).349-357.
27. Энгельгардт, А. А. Система половых преступлений (в контексте примечания к статье 131 УК РФ) / А. А. Энгельгардт. – Текст : непосредственный // Lex russica (Русский закон). – 2017. – № 12(133). – С. 84-94. DOI 10.17803/1729-5920.2017.133.12.084-094.
28. Юрченко, И. А. Сталкер как субъект уголовной ответственности / И. А. Юрченко. – Текст : непосредственный // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина (МГЮА). – 2018. – № 12(52). – С. 53-61. – DOI 10.17803/2311-5998.2018.52.12.053-061.
29. Collection of Court Case Summaries// Global Report on Trafficking in Persons. 2020. – URL: https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/tip/2021/GLOTIP_2020_Court_Cases_Summaries.pdf (дата обращения: 15.08.2022). – Текст : электронный.
30. Аферы с дипфейками: какие угрозы скрываются за искусственными лицами. 12.08.2021. – URL : <https://www.securitylab.ru/blog/company/PandaSecurityRus/351217.php> (дата обращения: 24.04.2022). – Текст : электронный.
31. Кардиостимулятор можно удаленно заставить убить пациента. – URL : <http://hitech.newsru.com/article/17Oct2012/cardio> (дата обращения: 22.01.2021). – Текст : электронный.

**СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ОСУЖДЕННЫХ ЗА ПРЕСТУПНУЮ РУБКУ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ
НА ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ**

Шапошников Алексей Сергеевич

аспирант,

Югорский государственный университет

Ханты-Мансийск, Россия

E-mail: ShaposhnikovAS@ugra86.ru

Предмет исследования: социально-демографические особенности осужденного за деяние, предусмотренное ст. 260 УК РФ.

Цель исследования: на основе анализа судебной практики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры по делам о незаконной рубке лесных насаждений (ст. 260 УК РФ) предложить общую социально-демографическую характеристику осужденных.

Методы и объекты исследования: методологическая основа представлена диалектическим методом научного познания. В процессе исследования использовались частнонаучные методы познания. Так, при изложении эмпирического материала, формулировании результатов и выводов исследования применялись методы формальной логики. При составлении социально-демографической характеристики осужденных лиц использованы анализ, синтез, а также сравнительно-правовой метод.

Основные результаты и выводы по результатам исследования: осужденные за совершение преступной рубки лесных насаждений – это лица мужского пола возрастной группы от 50 лет и старше, имеющие среднее общее образование, неработающие.

Ключевые слова: личность преступника, социально-демографическая характеристика преступника, экосистема, лесные насаждения, незаконная рубка лесных насаждений.

**SOCIO-DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THOSE CONVICTED
OF CRIMINAL LOGGING OF FOREST PLANTATIONS ON THE TERRITORY
OF THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA**

Alexey S. Shaposhnikov

Postgraduate Student,

Yugra State University

E-mail: ShaposhnikovAS@ugra86.ru

Subject of research: socio-demographic characteristics of a criminal convicted of an act provided for in Article 260 of the Criminal Code of the Russian Federation.

The purpose of the study: based on the analysis of the judicial practice of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra in cases of illegal logging (Article 260 of the Criminal Code of the Russian Federation), to propose a socio-demographic characteristic of convicted persons in the autonomous district.

Methods and objects of research: the methodological basis is represented by the dialectical method of scientific cognition. In the process of research, specialized methods of cognition were used. Thus, when presenting the empirical material, formulating the results, and drawing conclusions of the research, methods of formal logic were applied. In compiling the socio-demographic characteristic of convicted persons, analysis, synthesis, as well as the comparative legal method were used.

The main results and conclusions based on the results of the study: convicted persons for committing illegal logging are male individuals aged 50 years and older, with a secondary education, and currently unemployed.

Keywords: identity of the criminal, socio-demographic characteristics of the criminal, ecosystem, forest plantations, illegal logging of forest plantations.

Введение

В сложившихся условиях вопросы изменения климата имеют исключительно важное значение как для нашей страны, так и в большинстве стран мирового сообщества. Отмечено, что среднегодовая температура в России растет быстрее общемировой более, чем в 2,5 раза. Так, за 10 лет она увеличилась более, чем на полградуса [20], что создает условия для развития негативных процессов в окружающей среде. Закономерно, что сохранение природных ресурсов, рациональное природопользование и адаптация к изменениям климата нормативно отнесены к национальным интересам Российской Федерации [3].

Леса относятся к части экосистемы, имеющей существенное влияние на изменение климата на планете. В силу своих свойств они способны естественным образом поглощать углерод, что приводит к снижению концентрации в воздухе парниковых газов, следовательно, к минимизации темпов изменения климата [12, с. 252]. В России земли лесного фонда занимают 65,9% от совокупной площади земельного фонда (1 127 915,4 тыс. га) [17]. Учитывая колоссальный природный базис, охрана лесных отношений имеет стратегическое значение для безопасности населения не только России, но и всего мирового сообщества. Отдельными нормами главы 26 УК РФ предусмотрен запрет на совершение незаконной рубки лесных насаждений (ст. 260 УК РФ) и уничтожение или повреждение лесных насаждений (ст. 261 УК РФ) [1]. Таким образом, обеспечение экологической безопасности в части использования лесных ресурсов обеспечено, в том числе уголовно-правовыми средствами защиты.

Верховный Суд Российской Федерации отмечает, что незаконная рубка лесных насаждений является наиболее распространенным экологическим преступлением. Так, в 2019-2021 гг. 49,2% от всех осужденных за экологические преступления составили лица (8 580), признанные виновными в незаконной рубке лесных насаждений [4]. Изложенное свидетельствует о необходимости концентрации мер по предупреждению незаконной рубки лесных насаждений в регионах нашей страны, в которых леса занимают значительную площадь.

Так, в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре леса расположены на землях, занимающих 93% от площади региона (49 708,4 тыс. га) [18]. Данная особенность, а также слабо развитая инфраструктура в совокупности с относительно небольшой плотностью населения, по нашему мнению, создают условия для совершения незаконной рубки лесных насаждений в масштабах, которые превышают показатели ряда других субъектов Российской Федерации. В связи с этим изучение личности преступника, совершившего деяние, предусмотренное ст. 261 УК РФ, на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, имеет высокую значимость для последующей разработки и реализации мер, связанных с предупреждением указанного преступного деяния как на территории Югры, так и других субъектов России.

Необходимо отметить, что данная проблема активно обсуждается в научной литературе. Так, отдельные вопросы, связанные с незаконной рубкой лесных насаждений на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, исследовались в работах Д.С. Дядькина, которым рассмотрены основные проблемы защиты прав коренных малочисленных народов севера (ханты и манси), ведущих традиционный образ жизни, совершивших преступления, предусмотренные ст.ст. 222, 222.1, 260 УК РФ [9], Н.К. Прядилиной, И.С. Зиновьевой, Н.С. Нечухиной, раскрывших причинный комплекс незаконных рубок лесных насаждений в Уральском Федеральном округе, в который входит исследуемый регион [14], А.В. Якимчука в части опи-

сания возможностей применения нейронных сетей для совершенствования контрольной (надзорной) деятельности, связанной с предупреждением рубок лесных насаждений [15].

Для достижения заявленной цели исследования были проанализированы имеющиеся судебные акты, вынесенные судами Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в период 2012-2022 гг., по уголовным делам о незаконной рубке лесных насаждений, а также использовались результаты новейших научных исследований в области предупреждения экологической преступности.

Результаты и обсуждение

Социально-демографическая характеристика преступника входит в структуру криминологического учения о личности преступника. В сущности, она может включать в себя возраст, пол, национальность, образование, профессию, место жительства и другие особенности личности [13, с. 64]. Цель раскрытия социально-демографической характеристики осужденных лиц по какой-либо категории преступлений заключается в формировании понимания того, какие социальные, экономические и культурные факторы могут влиять на преступную деятельность людей и, соответственно, на уровень криминализации в обществе, а также определению социальных групп, наиболее подверженных риску совершения преступлений.

Накопленные знания в данной сфере направлены на их теоретическое и практическое применение исследователями и представителями публичной власти с целью выявления общественных проблем, которые могут приводить к нарушениям уголовного закона. Устранение этих проблем в конечном итоге способствует эффективной борьбе с преступностью.

Методология составления социально-демографической характеристики преступника сводится к различным вариантам сбора данных о его личности, в том числе:

- 1) использование опросников, анкет и других инструментов для сбора информации от преступников и их близких, свидетелей, правоохранительных органов и других источников;
- 2) применение статистических методов для анализа данных и определения значимости социально-демографических факторов в совершении преступлений;
- 3) использование данных, содержащихся в судебных актах и других официальных документов, которые могут содержать информацию о социально-демографических характеристиках преступника.

Использование данных методов в гармоничном сочетании позволяет сформировать наиболее полную и точную социально-демографическую характеристику преступника.

В рамках же настоящего исследования применяется тот вариант сбора данных, который позволяет сформировать социально-демографическую характеристику преступника на основе установленных в процессе производства по уголовному делу данных, зафиксированных в обвинительных приговорах. Такой способ имеет ряд преимуществ: во-первых, судебные акты являются объективными и проверяемыми источниками информации. Полученные таким образом данные могут использоваться для подтверждения гипотез и выводов, сделанных на основе других источников информации.

Во-вторых, судебные акты и официальные документы могут содержать информацию о различных социально-демографических характеристиках преступника, включая возраст, пол, национальность, образование, занятость, место проживания и др. Это позволяет получить более полную и точную картину профиля преступника и его характеристик.

В-третьих, данные из судебных актов могут быть использованы в различных областях исследований, таких как криминология, уголовное право, уголовно-процессуальное право и др. Это делает такие данные универсальными и позволяет использовать их для решения различных проблем и задач в разных областях знания.

Вышеизложенное предопределило характер настоящего исследования. Вместе с тем следует согласиться и с утверждением, что личность преступника следует рассматривать в совокупности

с совершенным им преступлением [11, с. 16]. Более того, сущность преступного деяния сама по себе дает возможность сформировать гипотезу о некоторых чертах личности преступника.

Так, субъект составов незаконной (преступной) рубки лесных насаждений, как правило, общий – вменяемое физическое лицо, достигшее 16 лет. Предметом незаконной рубки лесных насаждений, как следует из наименования уголовной нормы, является такой компонент природной среды, как лесные насаждения, под которыми природоохранное законодательство определяет деревья, кустарники, лианы в лесах [2].

Вместе с тем диспозиция ст. 260 УК РФ охватывает и такую категорию, как «не отнесенные к лесным насаждениям деревья, кустарники, лианы», а также такое незаконное действие в отношении таких компонентов природной среды, как их повреждение.

Из этого следует вывод о несоответствии между наименованием уголовной нормы и ее диспозицией. Данное обстоятельство свидетельствует о несовершенстве действующего законодательства, которое является одной из причин правового нигилизма у лиц, совершивших преступное деяние.

М.А. Васильева, предлагая типовой портрет экологического преступника, характеризует преступников нигилизмом по отношению к охране природы и соблюдению соответствующих норм административного и уголовно-правового законодательства [8, с. 17].

Соглашаясь с данным утверждением, полагаем возможным в рамках настоящего исследования затронуть вопрос преодоления данной проблемы, которая видится нам как нарушение юридической техники при изложении уголовно-правовой нормы. Так, по нашему мнению, требуется внести изменения в наименование ст. 260 УК РФ, которое должно быть сконструировано следующим образом: «Незаконная рубка или повреждение лесных насаждений, а равно не отнесенных к лесным насаждениям деревьев, кустарников, лиан». Данный подход исключает обозначенное противоречие, провозглашает уникальный характер защищаемых компонентов природной среды, а также обеспечивает четкое и понятное изложение нормы, сохраняя присущее действующей редакции закона лаконично-краткое свойство [7, с. 20]. Кроме того, отметим, что подобным образом схожую уголовную норму изложил законодатель Республики Казахстан в ст. 340 УК РК.: «Незаконная порубка, уничтожение или повреждение деревьев и кустарников» [5].

В рамках настоящего исследования всего нами было проанализировано 66 приговоров, вынесенных судами Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в период 2012-2022 гг. [19]. Официальные статистические данные не дают представления о количестве дел, рассмотренных судами по ст. 260 УК РФ в указанный период. В связи с этим представить генеральную совокупность приговоров не представляется возможным. Вместе с тем полагаем, что указанное обстоятельство не повлияет на объективность полученных результатов.

С целью выявления особенностей личности преступника, совершившего незаконную рубку лесных насаждений на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, полагаем возможным провести сравнительный анализ полученных данных о поле, возрасте, уровне образования и роде занятий с общероссийскими показателями по данному составу преступления [16]. При этом необходимо отметить, что не во всех рассмотренных приговорах, вынесенных судами Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, содержатся необходимые для целей настоящего исследования данные, что предопределило использование имеющихся. В свою очередь, для раскрытия общероссийских показателей использованы официальные данные за 2021 г., что обусловлено их актуальностью и устойчивым по сравнению с предыдущими годами характером.

Таблица 1

Сводные социально-демографические показатели осужденных
за незаконную рубку лесных насаждений
в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре и в Российской Федерации, %

Осужденные за незаконную рубку лесных насаждений в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (2012-2022 гг.)					Осужденные за незаконную рубку лесных насаждений в Российской Федерации (2021 г.)					
Пол										
Мужской				Женский		Мужской			Женский	
100				0		99,2			0,8	
Возраст, лет										
14-17	18-24	25-29	30-49	50 и старше		14-17	18-24	25-29	30-49	50 и старше
0	12,5	0	37,5	50		0,3	7,7	10,8	56,8	24,4
Уровень образования										
Высшее профессиональное		Среднее профессиональное		Среднее общее	Основное общее, начальное или отсутствует	Высшее профессиональное		Среднее профессиональное	Среднее общее	Основное общее, начальное или отсутствует
0		12,5		62,5	25	7,3		28,2	36,2	28,3
Род занятий										
Рабочие		Лица, участвующие в предпринимательской деятельности		Неработающие	Иное	Рабочие		Лица, участвующие в предпринимательской деятельности	Неработающие	Иное
0		40		60	0	19		7,6	70,4	3

По результатам сравнительного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Совершение незаконной рубки лесных насаждений (ст. 260 УК РФ) как на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, так и России присуще лицам мужского пола, при этом отсутствуют данные, что на территории автономного округа преступные действия совершались лицами женского пола; обусловленность приведенного показателя нам видится в характере объективной стороны состава преступления, а именно в техническом процессе рубки (валка лесных отношений и связанные с этим процессы), что относится к такому виду экономической деятельности, как добыча полезных ископаемых, являющейся традиционно «мужской» отраслью экономики [6, с. 2].

При этом Е.А. Криворучкина полагает, что женщины могут участвовать в совершении преступления, предусмотренного ст. 260 УК РФ, осуществляя деятельность, связанную сведением «черной бухгалтерии», приемкой леса выполнением других видов деятельности, не связанных с тяжелым физическим трудом [10, с. 86].

2. Согласно общероссийскому показателю преступная рубка лесных насаждений осуществляется людьми в возрасте 30-49 лет, тогда как на территории исследуемого региона такие преступления совершаются в основном лицами от 50 лет и старше.

3. Уровень образования лиц, совершивших незаконную рубку лесных насаждений (ст. 260 УК РФ), по России практически в равной пропорции распределяется между средним профессиональным (28,2%) и основным общим, начальным или отсутствием таковых (28,3%), но преимущественно рассматриваемое преступление совершается лицами со средним общим образованием (36,2%), что соотносится с показателем по автономному округу, но последний имеет более высокий удельный вес (62,5%).

4. Данные по роду занятий преступников в исследуемом регионе и России свидетельствуют, что преступную рубку лесных насаждений в большинстве своём совершается неработающими лицами (60% и 70,4% соответственно), что, думается, указывает на то, что при совершении преступления лица не вовлечены в какую-либо хозяйственную деятельность, т.е. реализуют преступный умысел для личных нужд либо реализации соответствующего природного ресурса в небольших масштабах.

Данный вывод находит свое подтверждение в исследовании Е.И. Майоровой, А.В. Зубач, Е.Е. Томилиной, согласно которому бытовая незаконная рубка лесных насаждений чаще всего производится с целью заготовки дров, строительства, ремонта, бартерного обмена и пр. При этом у преступников имеются навыки, использование которых позволяет удовлетворять материальные и иные потребности. Кроме того, исследователи выделяют у преступников данной категории пренебрежительное отношение к природе и преувеличенное представление о неисчерпаемости ее ресурсов, что становится психологическим фактором, снимающим моральные запреты на совершение преступления [11, с. 16].

Следует отметить, что бытовые цели, на наш взгляд, предусматривают корыстную направленность преступления, поскольку лицо в итоге сохраняет свое материальное положение, используя экономию денежных средств, которые в противном случае пришлось бы потратить.

Заключение и выводы

Нами предложена социально-демографическая характеристика осужденного в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре за совершение преступления, предусмотренного ст. 260 Уголовного закона России.

Кроме того, отмечено несоответствие между наименованием ст. 260 УК РФ и ее диспозицией, что, по нашему мнению, является нарушением юридической техники, требующей внесения изменений в Уголовный закон России. С учетом этого наименование ст. 260 УК РФ предлагается сконструировать следующим образом: «Незаконная рубка или повреждение лесных насаждений, а равно не отнесенных к лесным насаждениям деревьев, кустарников, лиан». Данный подход реализован, например, в уголовном законодательстве Республики Казахстан, исключает указанное нами противоречие, справедливо провозглашает уникальный характер защищаемых компонентов природной среды, а также обеспечивает четкое и понятное изложение нормы, сохраняя присущее действующей редакции закона лаконично-краткое свойство.

Проведенный сравнительный анализ социально-демографических характеристик осужденных за незаконную рубку лесных насаждений в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре и в Российской Федерации позволяет составить их обобщенный портрет. Осужденные за совершения данного преступления – это лица мужского пола возрастной группы от 50 лет и старше, имеющие среднее общее образование, неработающие.

Данные о личности преступника позволяют более эффективно принимать меры по противодействию незаконным рубкам лесных насаждений, планировать расследование, а также проводить отдельные следственные действия.

Литература

1. Уголовный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 13.06.1996 № 63-ФЗ. – Текст : непосредственный // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1996. – № 25. – Ст. 2954.
2. Лесной кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 04.12.2006 № 200-ФЗ. – Текст : непосредственный // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 50. – Ст. 5278.

3. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации : указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 № 400. – Текст : непосредственный // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2001. – № 27 (часть II). – Ст. 5351.
4. Обзор практики применения судами положений главы 26 Уголовного кодекса Российской Федерации об экологических преступлениях : утвержден Президиумом Верховного Суда Российской Федерации 24.06.2022 – Текст : непосредственный // Бюллетень Верховного Суда РФ. – 2022. – № 11.
5. Уголовный кодекс Республики Казахстан: закон от 03.07.2014 № 226-V. – Текст : электронный // ИС «Параграф». – URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31575252&show_di=1&pos=5;-106#pos=5;-106&sel_link=1004276154 (дата обращения: 09.12.2022).
6. Алферова, Т. В. Гендерная специфика российского рынка труда / Т. В. Алферова, А. А. Семейкина. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы современной экономики. – 2018. – № 2. – С. 30-35.
7. Болдырев, С. Н. Актуальность понимания юридической техники в теоретической науке / С. Н. Болдырев. – Текст : непосредственный // Право и государство: теория и практика. – 2022. – № 8(212). – С. 18-20.
8. Васильева, М. А. Концептуальные основы методики расследования экологических преступлений: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора юридических наук / М. А. Васильева. – М, 2021. – 54 с. – Текст : непосредственный.
9. Дядькин, Д. С. Привлечение к уголовной ответственности лиц, ведущих традиционный образ жизни в условиях Севера, за преступления, предусмотренные статьями 260 и 222, 222.1 Уголовного кодекса Российской Федерации / Д. С. Дядькин. – Текст : непосредственный // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. – 2020. – Т. 6. – № 1. – С. 86-109.
10. Криворучкина, Е. А. Сведения о личности вероятного преступника, совершающего незаконную рубку лесных насаждений / Е. А. Криворучкина. – Текст : непосредственный // Криминалистика: вчера, сегодня, завтра. – 2022. – №2. С. 81-93.
11. Майорова, Е. И., Зубач, А. В., Томилина, Е. Е. Незаконная рубка лесных насаждений: криминалистическая характеристика личности преступника / Е. И. Майорова, А. В. Зубач, Е. Е. Томилина. – Текст : непосредственный // Криминологический журнал. – 2022. – №3. – С. 14-19.
12. Куликова, О. В., Абанина Е.Н. Правовое регулирование механизма сдерживания изменения климата в лесном хозяйстве / О. В. Куликова, Е.Н. Абанина. – Текст : непосредственный // Вестник СГЮА. – 2022. – №5 (148). – С. 251-256.
13. Павловская, Н. В. Социально-демографическая характеристика личности преступника в России / Н. В. Павловская, А. А. Литвинов. – Текст : непосредственный // Вестник Московской академии Следственного Комитета Российской Федерации. – 2020. – № 3(25). – С. 63-67.
14. Прядилина, Н. К. О незаконных рубках в Уральском федеральном округе / Н. К. Прядилина, И. С. Зиновьева, Н. С. Нечехина. – Текст : непосредственный // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2022. – № 3-1. – С. 106-113.
15. Якимчук, А. В. Модель оценки и прогнозирования рисков лесных рубок на территории нефтедобывающего региона / А. В. Якимчук. – Текст : непосредственный // Информационные технологии и системы : труды Восьмой Всероссийской научной конференции с международным участием, Ханты-Мансийск, 17–21 марта 2020 года. – Ханты-Мансийск: Автономное учреждение Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий», 2020. – С. 149-152.
16. Судебный департамент при Верховном Суде Российской Федерации. – URL: <http://www.cdep.ru/index.php?id=79&item=6121> (дата обращения: 12.12.2022). – Текст : электронный.
17. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году / Федеральная служба государственной регистрации, ка-

дастра и картографии. – Москва : Росреестр, 2022. – 192 с. – URL: <https://rosreestr.gov.ru/> (дата обращения: 07.02.2022). – Текст : электронный.

18. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2020 году / Служба по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. URL: <https://prirodnadzor.admhmao.ru/doklady-i-otchyety/doklad-ob-ekologicheskoy-situatsii-v-khanty-mansiyskom-avtonomnom-okruge-yugre/5856244/2020-god/> (дата обращения: 07.02.2022). – Текст : электронный.

19. СудАкт: судебные и нормативные акты РФ. – URL: <https://sudact.ru/> (дата обращения: 12.12.2022). – Текст : электронный.

20. «Берём на себя такое обязательство»: Путин рассказал о действиях России по сохранению климата/ RT на русском. – URL: <https://russian.rt.com/world/article/923250-putin-klimat-rossiya-g-20> (дата обращения: 04.12.2022). – Текст : электронный.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
НАГРУЗОК В УЗЛАХ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 6 КВ**

Бигун Александр Ярославович

кандидат технических наук, доцент

Сургутский государственный университет

Сургут, Россия

E-mail: barsbigun@list.ru

Владимиров Леонид Вячеславович

кандидат технических наук, доцент

Сургутский государственный университет

Сургут, Россия

E-mail: leha.vlad86@mail.ru

Предмет исследования: статические характеристики узлов систем электроснабжения 6 кВ с асинхронной нагрузкой.

Цель исследования: экспериментальное определение статических характеристик по активной и реактивной мощности, расчет коэффициента запаса по статической устойчивости узла с асинхронной нагрузкой.

Объект исследования: системы электроснабжения с комплексной нагрузкой, имеющей в своем составе асинхронные двигатели.

Основные результаты исследования: представлены результаты активного эксперимента по определению статических характеристик узла нагрузок. Измерения проводились с применением приборов, регистрирующих показатели качества электроэнергии. Регулировка напряжения проводилась устройством РПН, точкой подключения прибора были выбраны трансформаторы тока на вводном выключателе. С применением инструментов интерполяции и экстраполяции были построены статические характеристики активной и реактивной мощности. Определено критическое напряжение узла нагрузки. Определен коэффициент запаса статической устойчивости.

Ключевые слова: статические характеристики нагрузки, критическое напряжение, устойчивость узлов нагрузки, лавина напряжения.

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF STATIC CHARACTERISTICS
OF LOADS IN NODES OF A 6 KV POWER SUPPLY SYSTEM**

Alexander Ya. Bigun

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor,

Surgut State University

Surgut, Russia

E-mail: barsbigun@list.ru

Leonid V. Vladimirov
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Surgut State University
Surgut, Russia
E-mail: leha.vlad86@mail.ru

Subject of research: static characteristics of nodes of 6 kV power supply systems with asynchronous load.

Purpose of research: experimental determination of static characteristics by active and reactive power, calculation of the reserve coefficient by static stability of a node with asynchronous load.

Object of research: power supply systems with a complex load, which includes asynchronous motors.

Main results of research: the results of an active experiment to determine the static characteristics of the load node are presented. The measurements were carried out using devices that record the quality of electricity. Voltage regulation was carried out by the RPN device, the current transformers on the input switch were selected as the connection point of the device. Static characteristics of active and reactive power were constructed using interpolation and extrapolation tools. The critical voltage of the load node is determined. The coefficient of static stability margin is determined.

Keywords: static load characteristics, critical voltage, load node stability, voltage collapse.

Введение

Значительное количество современных программных продуктов, позволяющих моделировать режимы электроэнергетических систем, в качестве основного способа задания электрических нагрузок используют статические характеристики. Оптимальным способом получения достоверных данных о статических характеристиках нагрузки узлов электроэнергетических систем, являются активные эксперименты. Существует ряд различных алгоритмов для проведения активных экспериментов в зависимости от типа электрических нагрузок.

Вследствие резкопеременного характера электрических нагрузок при проведении активного эксперимента, возникают трудности в интерпретации полученных результатов. В работе [2] предложено при обработке результатов активного эксперимента отказаться от метода наименьших квадратов в пользу применения методов оптимизации. В результате, как отмечают авторы «удается получить единственный набор коэффициентов полинома, достаточно точно моделирующий реальный вид статической характеристики нагрузки» [2, с. 33].

От характеристик узлов нагрузок электроэнергетических систем и от параметров самой энергосистемы зависят условия статической устойчивости нагрузки. В случае увеличения суммарной мощности асинхронных электродвигателей в составе узла комплексной нагрузки, а также в зависимости от удаленности такого узла от генерирующих мощностей, возрастает опасность возникновения лавины напряжения. Нарушение статической устойчивости нагрузки может проявляться как в энергосистемах, содержащих длинные и относительно короткие, но сильно загруженные линии электропередачи, так и в концентрированных энергосистемах, характеризующихся малой удаленностью электрических станций от центров потребления. Задачей настоящей работы является определение критического напряжения, при достижении которого возникает лавина напряжения, на основании экспериментально определенных характеристик узла нагрузок.

Результаты и обсуждение

Статические характеристики нагрузки в расчетах режимов представляются полиномами второй степени [1]:

$$\begin{cases} P(U) = P(U_h) + \frac{\partial P}{\partial U} \Delta U; \\ Q(U) = Q(U_h) + \frac{\partial Q}{\partial U} \Delta U. \end{cases} \quad (1)$$

Для электрических сетей и систем электроснабжения нефтедобывающей отрасли характерна значительная доля несинусоидальной нагрузки, представленной станциями управления погружными электродвигателями. В статье [6, с. 369] предложено учитывать несинусоидальность режима – напряжения высших гармоник U_h и характеристики мощностей (мощность искажения) на высших гармониках ΔS_h :

$$\begin{cases} P_h = P_{0h} \left[p_z \bar{U}_h^2 + p_I \bar{U}_h + p_p \right]; \\ Q_h = Q_{0h} \left[q_z \bar{U}_h^2 + q_I \bar{U}_h + q_p \right]; \\ \Delta S_h \sum_{v=1}^N |U_v|^2 Y_h^v \quad v \neq h. \end{cases} \quad (2)$$

В работе [3] исследуются вопросы статической устойчивости узлов комплексной нагрузки, в состав которой входят асинхронные двигатели. Авторами предложен метод, позволяющий в режиме реального времени, осуществлять контроль ограничений по статической устойчивости.

Авторами предложен метод контроля ограничений по статической устойчивости в режиме реального времени. Для традиционно применяемой в анализе статической устойчивости упрощенной «Г-образной» схемы замещения асинхронного эквивалентного двигателя, система уравнений может быть представлена в следующем виде [3, с. 198]:

$$\begin{cases} P_i = I_{si}^2 \frac{R}{s_i} + I_{cmi}^2 R_{cm} = \left(\frac{U_i}{\sqrt{\left(\frac{R}{s_i}\right)^2 + X_s^2}} \right)^2 \frac{R}{s_i} + \left(\frac{U_i}{\sqrt{R_{cm}^2 + X_s^2}} \right)^2 R_{cm}; \\ Q_i = I_{si}^2 + I_{cmi}^2 X_{cm} + I_{\mu i}^2 X_{\mu} = \left(\frac{U_i}{\sqrt{\left(\frac{R}{s_i}\right)^2 + X_s^2}} \right)^2 X_s + \left(\frac{U_i}{\sqrt{R_{cm}^2 + X_s^2}} \right)^2 X_{cm} + \frac{U_i^2}{X_{\mu}}. \end{cases} \quad (3)$$

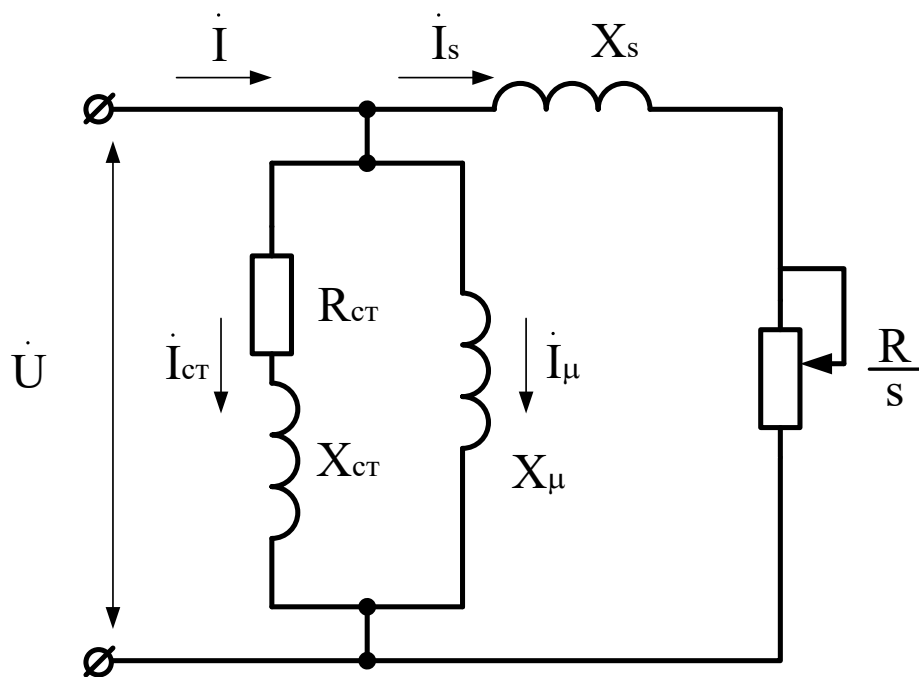


Рисунок 1 – Схема замещения комплексного узла нагрузки с АД, представленного упрощенной Г-образной схемой для анализа статической устойчивости

Параметры схемы замещения (рисунок 1) могут быть определены экспериментально, на основе результатов, представленных в [5]. Для анализа режима работы узла с асинхронной нагрузки, в том числе статической и динамической устойчивости (самозапуска) при наличии высших гармоник, могут применяться методы вейвлет анализа [4].

Для проведения активного эксперимента была выбрана подстанция 35/6 кВ, питающая объекты нефтедобычи в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. Схема исследуемой подстанции и точки подключения приборов представлены на рисунке 2.

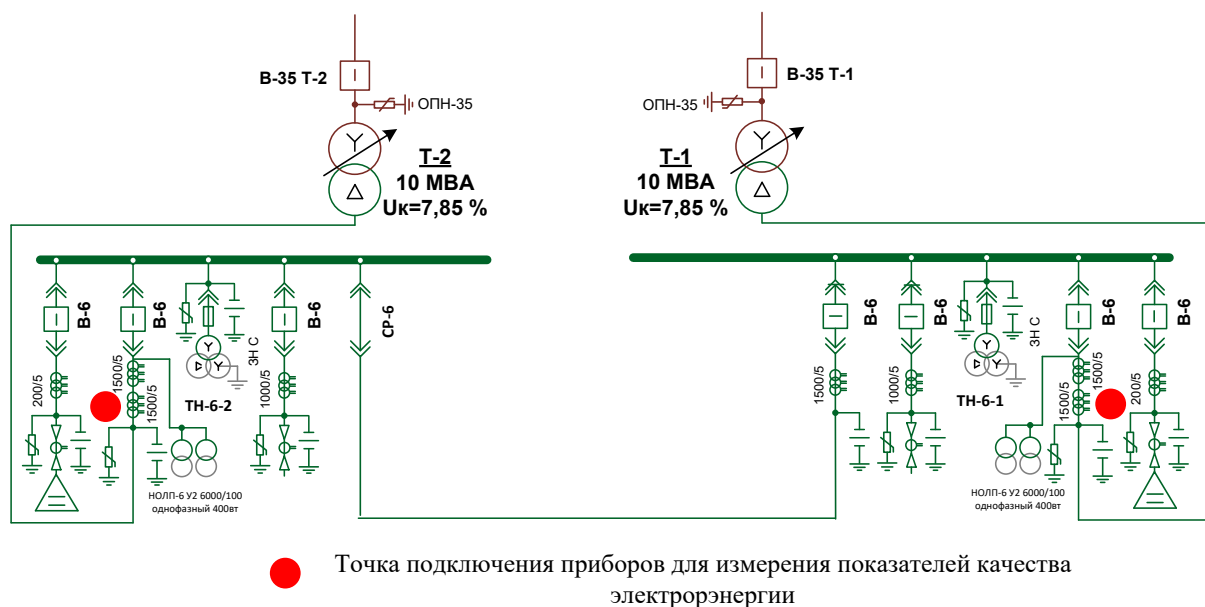


Рисунок 2 – Точки подключения измерительного прибора на подстанции 35/6 кВ

В соответствии с схемой, на подстанции установлены два трансформатора, с диспетчерскими номерами Т-1 и Т2, имеющие паспортные данные, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Паспортные данные трансформаторов

Тип	Мощность $\text{kB}\cdot\text{A}$	Напряжение обмотки, kV		Потери, kВт		$U_k, \%$	$I_{xx}, \%$
		ВН	НН	P_{xx}	P_{kz}		
SFZ9-10000/36,75/6,3	10000	36,75	6,3	11,6	50,5	7,85	0,63

Трансформаторы оснащены устройствами РПН с пределами регулирования напряжения $\pm 8 \times 1,5 \%$. В рамках проводимого эксперимента напряжение регулировалось ступенчато при помощи устройства РПН в диапазоне от 5756 В до 6350 В. График изменения линейных напряжений представлен на рисунке 3.

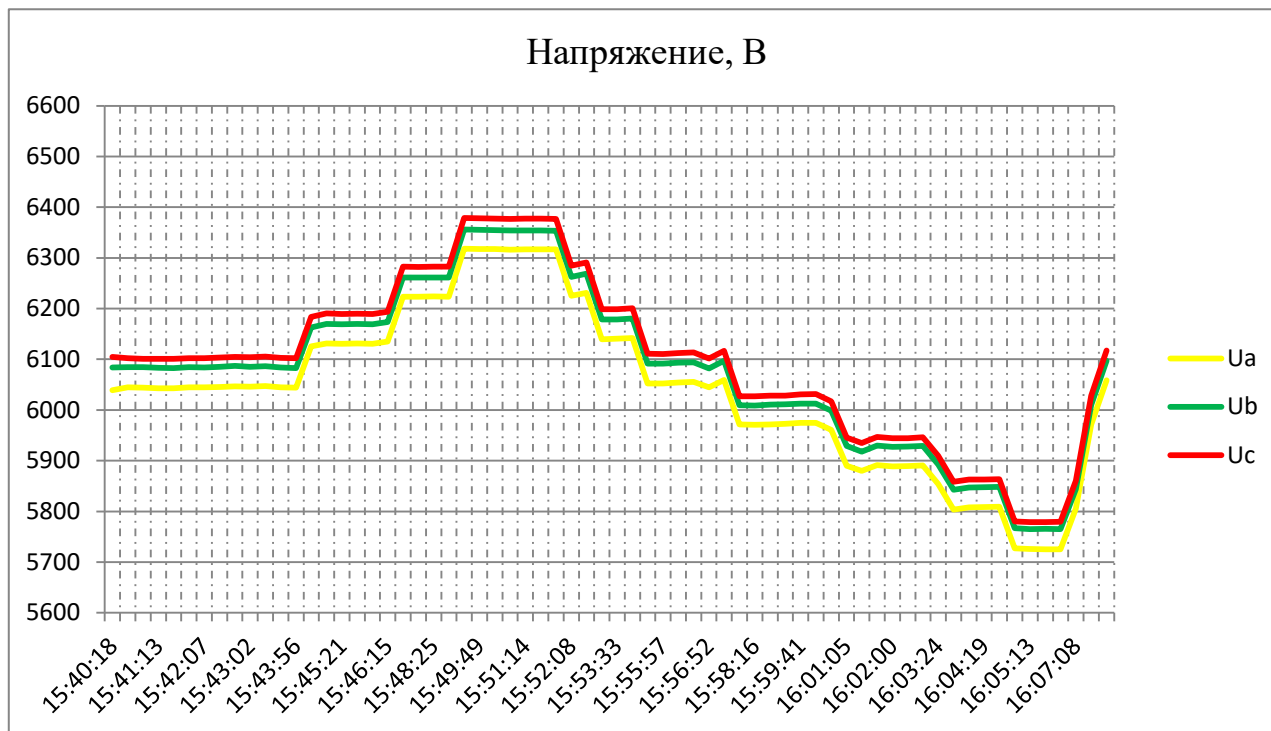


Рисунок 3 – Линейные напряжения $U=f(t)$

Контроль частоты сети при проведении активного эксперимента показал незначительные изменения от 49,96 до 50,03 Гц, что соответствует допустимым пределам, обозначенным в ГОСТ 32144-2013. На рисунке 4 представлен график изменения частоты.

В результате, были получены экспериментальные характеристики активной, реактивной и полной мощности в каждой точке измерения. Графики мощности нагрузки первой секции шин (трансформатора Т1) представлены на рисунке 5.

Для перевода экспериментально полученных характеристик напряжения и мощности в относительные единицы, были приняты следующие базисные величины: $U_6=6002$ В, $P_6=2223$ кВт, $Q_6=713$ квар. Чтобы избежать возможного нарушения технологического процесса, при проведении эксперимента применялся достаточно узкий диапазон изменения напряжения (в относительных единицах от 0,972 о.е. до 1,058 о.е.). Возникла необходимость, используя методы интерполяции и экстраполяции, расширить диапазон от 0,7 о.е. до 1,2 о.е. Для графика активной мощности применялась линейная функция (рисунок 6), а для реактивной мощности – полином второй степени (рисунок 7).

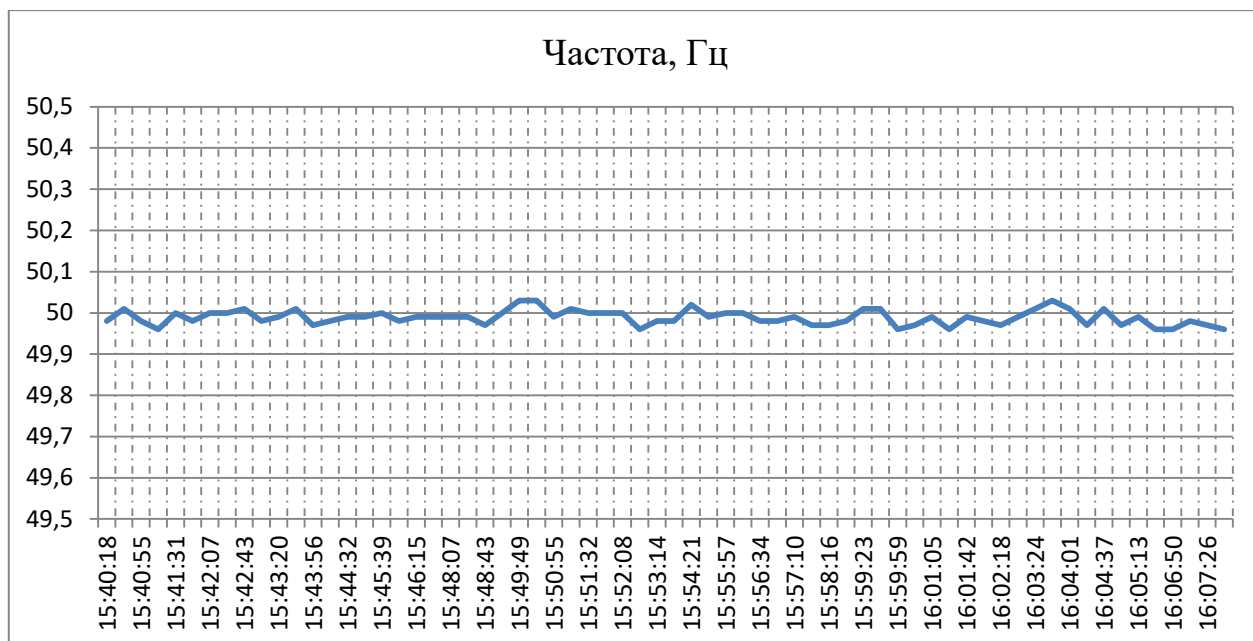


Рисунок 4 – График изменения частоты $f=f(t)$

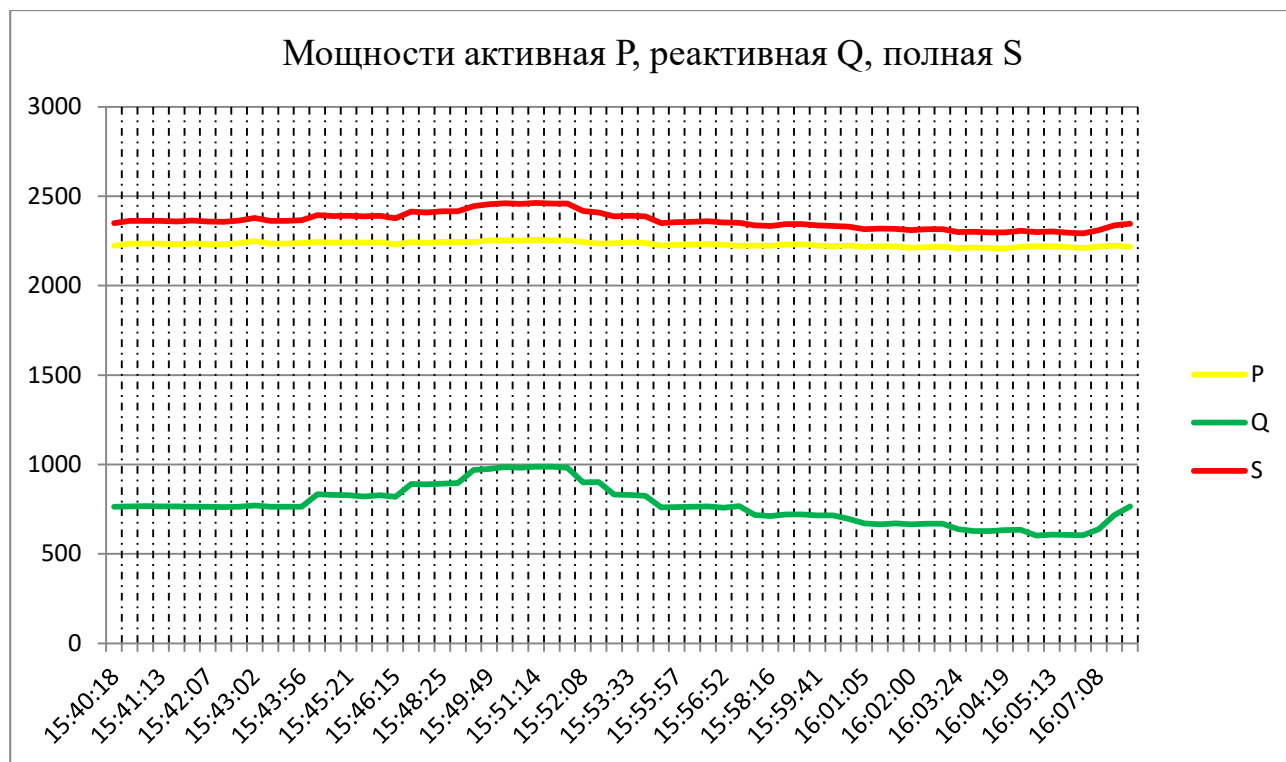


Рисунок 5 – Графики мощности при проведении эксперимента

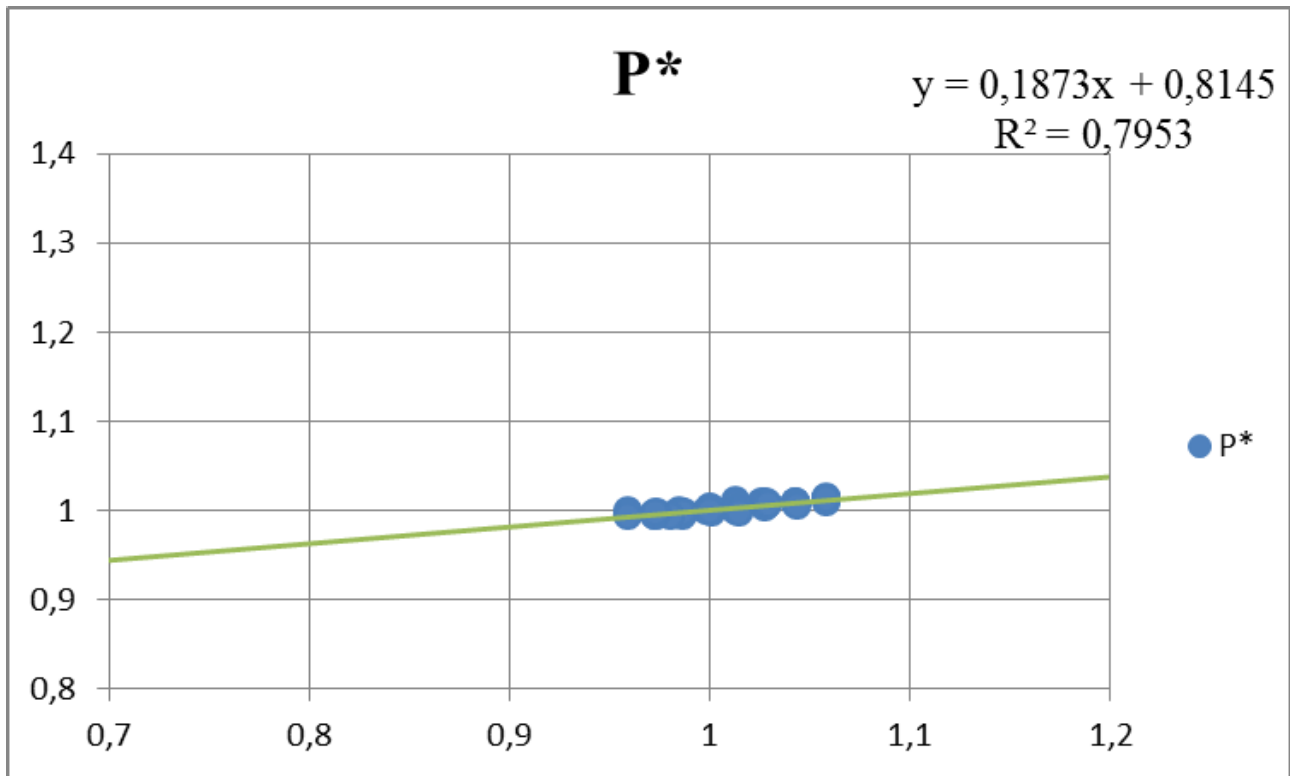


Рисунок 6 – Экстраполяция зависимости $P=f(U)$

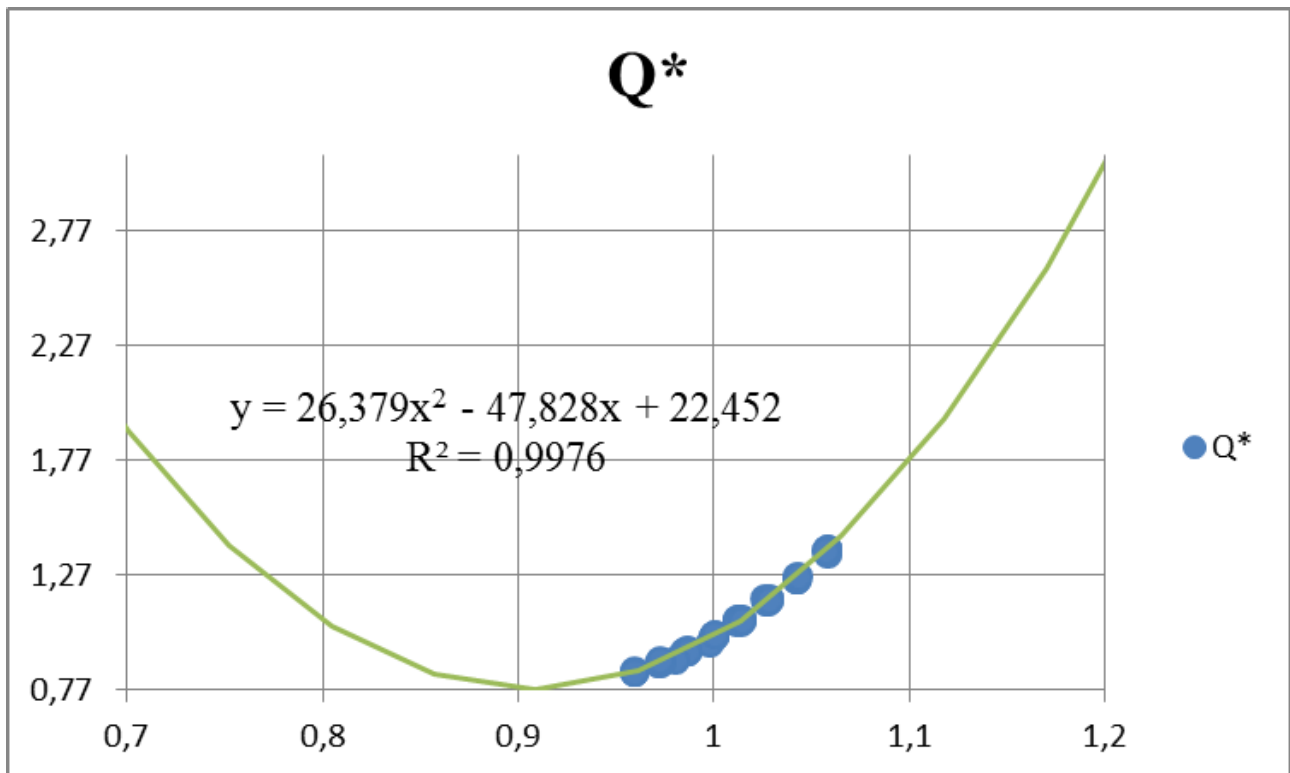


Рисунок 7 – Экстраполяция зависимости $Q=f(U)$

Расчет э.д.с. производим по формуле (3):

$$E = \sqrt{\left(U + \frac{Q \cdot X_{\text{ЭКВ}}}{U}\right)^2 + \left(P \cdot \frac{X_{\text{ЭКВ}}}{U}\right)^2}; \quad (3)$$

Рассчитываем ЭДС для первой точки ($U=0,7$ о.е.)

$$E_1 = \sqrt{\left(U_1 + \frac{Q_1 \cdot X_{\text{ЭКВ}}}{U_1} \right)^2 + \left(P_1 \cdot \frac{X_{\text{ЭКВ}}}{U_1} \right)^2} = \sqrt{\left(0,7 + \frac{1,898 \cdot 0,0959}{0,7} \right)^2 + \left(0,939 \cdot \frac{0,0959}{0,7} \right)^2} = 0,969 \text{ о.е.}$$

Результаты расчета для последующих значений напряжения ($U=0,8-1,2$ о.е.) сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Зависимости активной, реактивной мощности и ЭДС от напряжения

U, о.е.	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
P, о.е.	1,898	1,072	0,774	1,003	1,76	3,044
Q, о.е.	0,939	0,96	0,981	1,001	1,022	1,042
E, о.е.	0,969	0,936	0,988	1,1	1,257	1,446

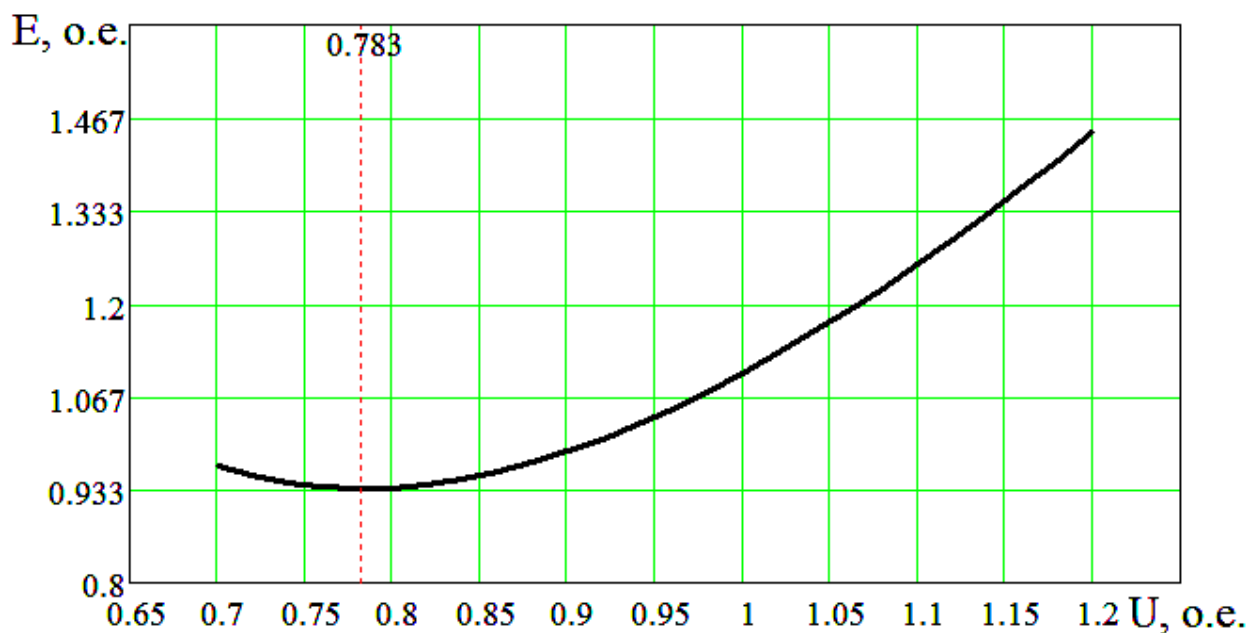


Рисунок 8 – Критическое напряжение

Согласно п. 6.1.2 Методических указаний по определению устойчивости энергосистем (Часть II: РД 34.20.578-79) «расчеты устойчивости нагрузки следует проводить для определения запасов устойчивости в нормальных и послеаварийных режимах, а также проверки устойчивости послеаварийных режимов». Запас устойчивости по напряжению (K_U) определяется может быть определен на основании выражения:

$$K_U = \frac{U_0 - U_{кр}}{U_0} 100\%, \quad (4)$$

где U_0 – нормальное напряжение.

В результате проведенных экспериментальных измерений, а также последующей обработки полученных данных с выполнением процедур интерполяции и экстраполяции зависимостей активной и реактивной мощности от напряжения, было определено критическое напряжение, при котором нарушается статическая устойчивость нагрузки. Величина критического напряжения (рисунок 8) составила 0,783 о.е. Таким образом, коэффициент запаса по напряжению в относительных единицах исследуемом узле нагрузке на стороне 6 кВ равен:

$$K_U = \frac{U_{ном}^* - U_{кр}^*}{U_{ном}^*} = \frac{1,0 - 0,783}{1,0} = 0,217$$

Выражая величину коэффициента запаса в процентах – $K_U=21,7\%$.

Заключение и выводы

1. Проведен активный эксперимент по определению статических характеристик комплексного узла нагрузок, в состав которого входят асинхронные двигатели. Особенностью распределительных сетей 6 кВ ХМАО-Югры является наличие нагрузок, искажающих синусоидальность формы кривой напряжения и тока. Высшие гармоники могут быть учтены при построении статических характеристик.

2. В работе применены методы интерполяции и экстраполяции. Для графика активной мощности применялась линейная функция, а для реактивной мощности – полином второй степени.

3. На основе полученных данных определено критическое напряжение (0,783 о.е.) и коэффициент запаса статической устойчивости узла нагрузки по напряжению ($K_U=21,7\%$).

Литература

1. Балдов, С. В. Определение статических характеристик нагрузки по напряжению в электрических сетях с комплексной нагрузкой / С. В. Балдов, О. А. Бушуева, Д. Н. Кормилицын, А. И. Кулешов, Ю. С. Мешкова, А. Ю. Мурзин, А. А. Шульгин. – Текст : непосредственный // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2014. – № 6. – С. 22-30.
2. Дзюба, М. А. Метод определения статических характеристик нагрузки по напряжению с учетом ограничений по режимным параметрам и электробезопасности активного эксперимента / М. А. Дзюба, В. В. Тарасенко, А. В. Коржов. – Текст : непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2018. – Т. 18, № 2. – С. 28-35.
3. Нагайцев, А. Л. Идентификация параметров схемы замещения и контроль устойчивости нагрузки в режиме On-line / А. Л. Нагайцев, А. В. Семенов, Р. В. Федюков, А. Г. Фишов, В. О. Чершова. – Текст : непосредственный // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2015. – № 3. – С. 198-203.
4. Осипов, Д. С. Модели и методы вейвлет анализа несинусоидальных нестационарных режимов электрических сетей 0,4-110 кВ : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.14.02 / Осипов Дмитрий Сергеевич. – Омск, 2019. – 305 с. – Текст : непосредственный.
5. Сивокобыленко, В. Ф. Способ экспериментального определения параметров схем замещения асинхронных двигателей / В. Ф. Сивокобыленко, С. Н. Ткаченко. – Текст : непосредственный // Электрические станции. – 2016. – № 10. – С. 42-47.
6. Brunoro, M. Modeling of loads dependent on harmonic voltages / M. Brunoro, L. F. Encarnação, J. F. Fardin // Electric power systems research. – 2017. – vol. 152, November. – Pp. 367-376. DOI: 10.1016/j.epsr.2017.07.030

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ**

Лютаревич Александр Геннадьевич

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

Исследование проводилось в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема «Разработка моделей вейвлет анализа нестационарных режимов электрических сетей для повышения надежности и эффективности электроснабжения потребителей», код темы: FENG-2023-0005).

Предмет исследования: прогнозная модель нейронной сети для суточного графика нагрузки.

Цель исследования: прогнозирование электропотребления на основе графика электрических нагрузок с помощью гибридной нейронной сети.

Объект исследования: методы прогнозирования параметров системы электроснабжения.

Основные результаты исследования: представлены результаты прогноза параметров системы электроснабжения на основе суточных графиков нагрузки. Моделирование проводилось в программном комплексе MATLAB. В качестве инструмента прогнозирования использовалась нейронная сеть, для обучения которой применялись значения нагрузки, усредненные на часовых интервалах времени и коэффициенты, характеризующие суточные графики нагрузок. Полученные результаты показали, что гибридная сеть дает достаточно точный результат, тем самым подтверждая адекватность применения нейронной сети для прогнозирования мощности или потребления электроэнергии. Результаты исследования могут быть использованы для краткосрочного прогнозирования и других параметров системы электроснабжения.

Ключевые слова. Искусственный интеллект, нейронная сеть, прогнозирование электропотребления, график нагрузки.

**APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR PREDICTION
OF POWER CONSUMPTION PARAMETERS**

Alexander G. Lyutarevich

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

Research was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic “Development of wavelet analysis models for non-stationary modes of electrical networks to improve the reliability and efficiency of power supply to consumers”, topic code: FENG-2023-0005).

Subject of research: predictive neural network model for a daily load schedule.

Purpose of the study: prediction of power consumption based on the graph of electrical loads using a hybrid neural network.

Object of research: methods for predicting the parameters of the power supply system.

Main results of research: the results of forecasting the parameters of the power supply system based on daily load curves are presented. The simulation was carried out in the MATLAB software package. As a forecasting tool, a neural network was used, for the training of which load values averaged over half-hour time intervals and coefficients characterizing daily load schedules were used. The results obtained showed that the hybrid network gives a fairly accurate result, thereby confirming the adequacy of using a neural network to predict power or electricity consumption. The results of the study can be used for short-term forecasting and other parameters of the power supply system.

Keywords: artificial intelligence, neural network, power consumption forecasting, load schedule.

Введение

Искусственный интеллект в последнее время становится источником прогресса в области технологий для различных отраслей народного хозяйства – от автономных транспортных средств до медицинской диагностики и передового производства. Развитие систем искусственного интеллекта и переход их из теоретической плоскости в практическую реализацию объясняется обилием цифровых данных и быстро развивающейся вычислительной мощностью. Использование искусственного интеллекта дает значительный эффект во многих сферах человеческой деятельности: обнаружение закономерностей среди миллиардов, казалось бы, несвязанных точек данных, улучшение прогнозирования погоды, повышение урожайности сельскохозяйственных культур, увеличение эффективности выявления рака, прогнозирование эпидемий и улучшение производительности промышленных предприятий. Не исключением является электроэнергетика: появляются интеллектуальные приборы учета, устройства автоматики и телемеханики, а также построенные на их базе автоматизированные системы. Данные направления развития подкрепляются нормативно-правовой базой, в основе которой лежат Концепция «Цифровая трансформация 2030» [1], МЭК 61850-5-2011 [2] и др.

Одной из отличительных особенностей систем искусственного интеллекта является возможность прогнозирования параметров системы для их последующего анализа. По данному направлению опубликован ряд работ [3-5], в которых делается прогноз параметров с помощью различных методов. Задачей данной работы является оценка адекватности метода прогнозирования с помощью нейронной сети.

Результаты и обсуждение

Несмотря на наличие значительного количества различных методов прогнозирования, таких как методы анализа временных рядов, различные методы машинного обучения и др., которые имеют свои достоинства и недостатки, в данной работе внимание будет уделено нейронным сетям.

Одной из вариаций таких систем являются нечеткие системы, которые предлагают математическое исчисление для перевода субъективных человеческих знаний о реальных процессах.

Нейронные сети и нечеткие системы могут быть объединены, для улучшения работы обеих систем. Нейронные сети вводят свои вычислительные характеристики обучения в нечетких системах и получают от них интерпретацию и четкость представления систем. В общем виде все комбинации методов, основанных на нейронных сетях и нечеткой логике, можно назвать нейро-нечеткими системами.

Современные показатели оценки надежности элементов систем электроснабжения позволяют получить индикаторы для дальнейшего построения моделей, а методы прогнозирования представляют выбор нужного алгоритма для моделирования системы оценки и прогнозирования систем электроснабжения. Особый интерес представляют относительно новые интеллектуальные методы прогнозирования, в основу которых часто положены методы обучения, использование которых стало распространенным с ростом вычислительных мощностей современных компьютерных систем.

Для моделирования поведения нейронной сети в настоящее время можно использовать огромное количество программных комплексов, таких как Microsoft Analysis Services, Oracle

Crystal Ball, MATLAB и др. В данной работе предпочтение будет отдано среде для моделирования MATLAB по причине его простоты в использовании, высокой скорости работы и наличии значительного числа методических материалов.

В данной работе будет проведено несколько опытов с разными моделями нейронной сети. В первом опыте нейронная сеть, реализованная в MATLAB для решения задачи прогнозирования, представляет собой однослойную нейронную сеть. Во втором – двухслойная нейронная сеть с десятью, пятью и одним нейроном на каждый слой соответственно. В третьем – будем использовать гибридную сеть, смоделированную системой ANFIS-редактора.

Обучение нейросети производится методом обратного распространения ошибки. В ходе обучения совершается подстройка весов таким способом, чтобы некое множество входов приводило к требуемому множеству выходов. Каждому входному множеству, отвечает парное ему целевое множество, задающий требуемый выход. Совместно они составляют обучающую пару.

Создание и наладку гибридной нейронной сети осуществим через встроенный в MATLAB редактор ANFIS.

Моделировать нейронную сеть будем для задачи прогнозирования полной мощности в зависимости от графиков нагрузки. Таким образом исходные данные необходимо преобразовать в графики нагрузки с временем снятия показаний в 30 минут. После этого для каждого временного отрезка мы высчитаем коэффициенты, характеризующие графики нагрузок: коэффициент формы k_f , коэффициент максимума k_m , коэффициент заполнения графика $k_{з.г.}$. При использовании данных методов на реальном производстве также можно использовать коэффициенты использования, включения приемника, загрузки приемника (или групповой загрузки), а также коэффициент разновременности максимума активных нагрузок, которые требуют наличия данных по номинальным нагрузкам электроприемников, а также время их включения и время продолжительности цикла. При использовании большого числа коэффициентом нейронная сеть получит большую входную выборку данных и сможет выдавать более точные ответы.

После преобразования данных и расчета коэффициентов получаем значения, представленные в таблицах 1-5.

Таблица 1

Данные первого дня

t	k_f	k_m	$k_{з.г.}$	$P, \text{ кВт}$	$S, \text{ кВА}$
0.00	1,118088	1,003245740	0,99676	107,21	112,85
1.00	1,118113	0,999676837	1,00032	101,00	106,03
2.00	1,118056	0,992946288	1,00710	157,58	161,29
3.00	1,118056	1,006845624	0,99320	115,17	120,63
4.00	1,118047	0,995085650	1,00494	109,97	116,10
5.00	1,118058	1,005696621	0,99434	100,85	105,69
6.00	1,118144	1,004447293	0,99557	113,47	118,21
7.00	1,118093	1,001868540	0,99813	122,42	132,60
8.00	1,118554	1,010023252	0,99008	211,11	231,71
9.00	1,118044	1,005141004	0,99489	188,04	205,91
10.00	1,11831	1,004849692	0,99517	202,92	222,31
11.00	1,118127	1,006956428	0,99309	191,86	217,34
12.00	1,118049	0,998728452	1,00127	186,15	207,46
13.00	1,118392	0,998599561	1,00140	167,27	178,27
14.00	1,118095	0,994250258	1,00578	191,10	215,55
15.00	1,118221	1,001041557	0,99896	168,01	184,43
16.00	1,118454	1,006332815	0,99371	165,55	183,98
17.00	1,118588	0,993868918	1,00617	134,10	158,29
18.00	1,118278	0,993416910	1,00663	144,34	160,95
19.00	1,119792	1,016388884	0,98388	164,34	178,50
20.00	1,11837	0,999758883	1,00024	150,14	164,27
21.00	1,118401	0,999248106	1,00075	193,10	205,31
22.00	1,1182	0,998280750	1,00172	99,86	107,74
23.00	1,119451	0,997798697	1,00221	86,05	91,72

Таблица 2

Данные второго дня

t	k_{ϕ}	k_m	k_{32}	$P, \text{ кВт}$	$S, \text{ кВА}$
0.00	1,118121	0,980722441	1,01966	104,80	110,32
1.00	1,118143	1,022567554	0,97793	103,31	108,75
2.00	1,118052	1,010964083	0,98915	160,44	163,71
3.00	1,118027	1,005769735	0,99426	115,05	121,11
4.00	1,118078	0,996470908	1,00354	110,12	115,92
5.00	1,118044	1,008177104	0,99189	101,10	106,42
6.00	1,11812	1,020801983	0,97962	115,32	120,12
7.00	1,118108	0,982240773	1,01808	120,02	130,46
8.00	1,11858	1,045404526	0,95657	218,50	240,11
9.00	1,118033	1,002833013	0,99717	187,61	206,16
10.00	1,118314	1,037189264	0,96414	209,45	230,16
11.00	1,118154	1,017530048	0,98277	193,87	220,31
12.00	1,118032	0,990557433	1,00953	184,63	205,14
13.00	1,118423	0,955402985	1,04668	160,03	170,24
14.00	1,118067	1,020602466	0,97981	196,17	220,42
15.00	1,118189	1,032590562	0,96844	173,31	190,45
16.00	1,118442	1,043462404	0,95835	171,66	190,73
17.00	1,118565	0,947676573	1,05521	127,87	150,44
18.00	1,118251	1,040399174	0,96117	151,17	167,97
19.00	1,119793	1,084915579	0,92173	175,42	190,67
20.00	1,118342	0,958649620	1,04313	143,97	158,21
21.00	1,118374	1,046985770	0,95512	202,33	215,24
22.00	1,118223	1,031090673	0,96985	103,14	110,90
23.00	1,119449	1,091488868	0,91618	94,13	100,14

Таблица 3

Данные третьего дня

t	k_{ϕ}	k_m	k_{32}	$P, \text{ кВт}$	$S, \text{ кВА}$
0.00	1,118121	1,008983717	0,99110	107,82	113,49
1.00	1,118143	0,988617242	1,01151	99,88	105,14
2.00	1,118052	1,001953371	0,99805	159,01	162,25
3.00	1,118027	0,990383775	1,00971	113,29	119,25
4.00	1,118078	1,008506018	0,99157	111,45	117,32
5.00	1,118044	0,991623454	1,00845	99,44	104,67
6.00	1,11812	0,979286536	1,02115	110,63	115,24
7.00	1,118108	1,013912759	0,98628	123,89	134,66
8.00	1,11858	0,954691163	1,04746	199,54	219,27
9.00	1,118033	0,993478726	1,00656	185,86	204,24
10.00	1,118314	0,970882440	1,02999	196,06	215,45
11.00	1,118154	0,980265575	1,02013	186,77	212,24
12.00	1,118032	1,005901604	0,99413	187,49	208,32
13.00	1,118423	1,032000000	0,96899	172,86	183,89
14.00	1,118067	0,992456168	1,00760	190,76	214,34
15.00	1,118189	0,978372259	1,02211	164,21	180,45
16.00	1,118442	0,961704456	1,03982	158,21	175,79
17.00	1,118565	1,042911139	0,95885	140,72	165,55
18.00	1,118251	0,981348933	1,01901	142,59	158,43
19.00	1,119793	0,917187210	1,09029	148,30	161,20
20.00	1,118342	1,033359968	0,96772	155,19	170,54
21.00	1,118374	0,971694696	1,02913	187,78	199,77
22.00	1,118223	0,980105968	1,02030	98,04	105,42
23.00	1,119449	0,942370130	1,06115	81,27	86,46

Данные четвертого дня

t	k_ϕ	k_m	k_{Σ}	$P, \text{ кВт}$	$S, \text{ кВА}$
0.00	1,118121	1,003275313	0,99674	107,21	112,85
1.00	1,118143	0,997030585	1,00298	100,73	106,03
2.00	1,118052	0,995967234	1,00405	158,06	161,29
3.00	1,118027	1,001835825	0,99817	114,60	120,63
4.00	1,118078	0,998099719	1,00190	110,30	116,10
5.00	1,118044	1,001296370	0,99871	100,41	105,69
6.00	1,11812	1,004514473	0,99551	113,48	118,21
7.00	1,118108	0,998363205	1,00164	121,99	132,60
8.00	1,11858	1,008851251	0,99123	210,86	231,71
9.00	1,118033	1,001603592	0,99840	187,38	205,91
10.00	1,118314	1,001782708	0,99822	202,30	222,31
11.00	1,118154	1,003831418	0,99618	191,26	217,34
12.00	1,118032	1,001716830	0,99829	186,71	207,46
13.00	1,118423	1,000417910	0,99958	167,57	178,27
14.00	1,118067	0,998075022	1,00193	191,84	215,55
15.00	1,118189	0,999940419	1,00006	167,83	184,43
16.00	1,118442	1,006504164	0,99354	165,58	183,98
17.00	1,118565	0,997183725	1,00282	134,55	158,29
18.00	1,118251	0,996971783	1,00304	144,86	160,95
19.00	1,119793	1,015647226	0,98459	164,22	178,50
20.00	1,118342	0,995405513	1,00462	149,49	164,27
21.00	1,118374	0,998654592	1,00135	192,99	205,31
22.00	1,118223	1,001699490	0,99830	100,20	107,74
23.00	1,119449	0,999768089	1,00023	86,22	91,72

Последний, пятый день, мы будем использовать для тестов нейронной сети (таблица 5).

Таблица 5

Данные пятого дня

t	k_ϕ	k_m	k_{Σ}	$P, \text{ кВт}$	$S, \text{ кВА}$
0.00	1,118121	1,003930376	0,996085	107,28	112,93
1.00	1,118143	0,992180540	1,007881	100,24	105,52
2.00	1,118052	0,998172653	1,001831	158,41	161,65
3.00	1,118027	0,995017047	1,005008	113,82	119,82
4.00	1,118078	1,001900281	0,998103	110,72	116,55
5.00	1,118044	0,993218987	1,006827	99,60	104,85
6.00	1,11812	0,990882535	1,009201	111,94	116,61
7.00	1,118108	1,003682789	0,996331	122,64	133,30
8.00	1,11858	0,981149227	1,019213	205,07	225,36
9.00	1,118033	0,996953175	1,003056	186,51	204,96
10.00	1,118314	0,985342181	1,014876	198,98	218,66
11.00	1,118154	0,991497402	1,008576	188,91	214,67
12.00	1,118032	1,003058104	0,996951	186,96	207,73
13.00	1,118423	1,013731343	0,986455	169,80	180,64
14.00	1,118067	0,994485198	1,005545	191,15	214,78
15.00	1,118189	0,987964728	1,012182	165,82	182,22
16.00	1,118442	0,981946386	1,018386	161,54	179,49
17.00	1,118565	1,018305788	0,982023	137,40	161,65
18.00	1,118251	0,987818307	1,012332	143,53	159,48
19.00	1,119793	0,965860597	1,035346	156,17	169,75
20.00	1,118342	1,012718072	0,987442	152,09	167,14
21.00	1,118374	0,983337646	1,016945	190,03	202,16
22.00	1,118223	0,988903329	1,011221	98,92	106,37
23.00	1,119449	0,968576067	1,032443	83,53	88,86

Как можно видеть из таблиц 1-5, выражены часы пиковых нагрузок и часы минимальных нагрузок, которые каждый день совпадают по часам, такое упрощение принимаем из-за небольшого количества обучающих данных.

Таким образом, первые 4 столбца служат входными данными, а 5 – полная мощность – служит выходным сигналом. То есть подаем в нейронную сеть данные, полученные из графиков нагрузки по активной мощности, и получаем на выходе полную потребленную мощность некоего предприятия.

Проверку полученной нейронной сети будем проводить аналогичным образом: подадим на вход данные за пятый день и полученные данные сравним с реальными.

На рисунке 1 показаны параметры смоделированной сети.

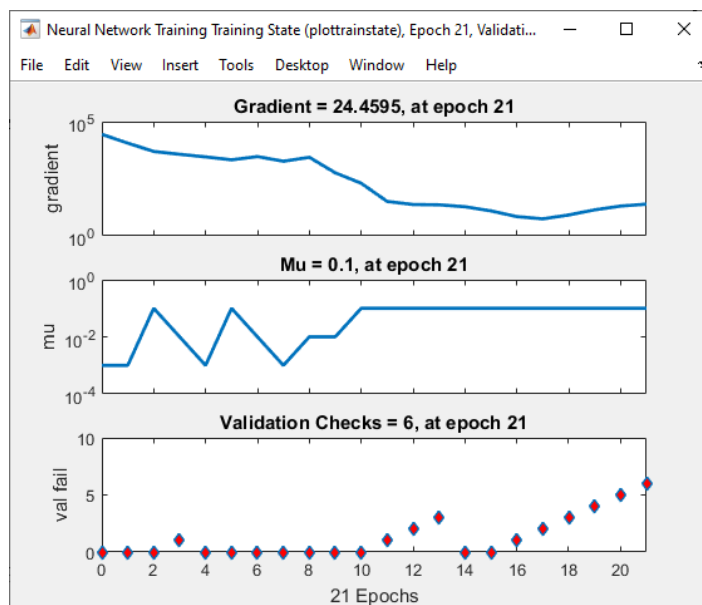


Рисунок 1 – Параметры смоделированной сети

На рисунке 2 приведен график зависимости ошибки тренировочных, данных для измерения обобщения и тестовых данных от количества итераций. По оси абсцисс количество эпох, по оси ординат представлены значения среднеквадратичной ошибки.

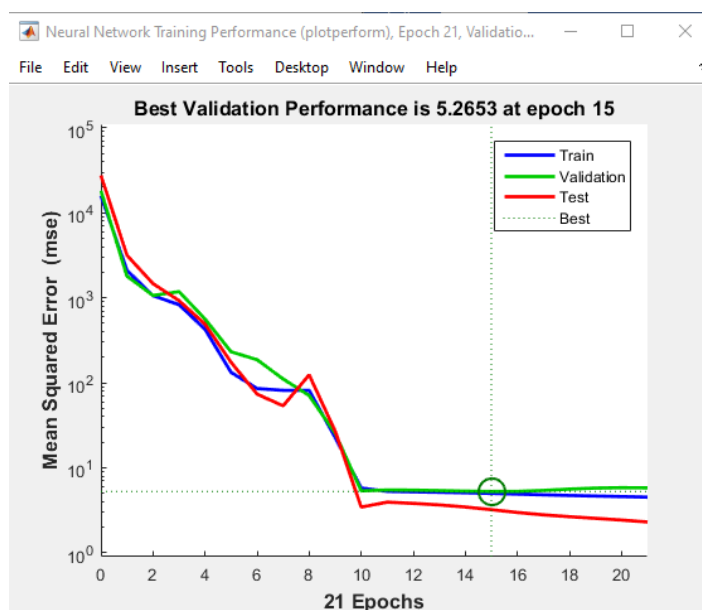


Рисунок 2 – Зависимость квадратичной ошибки от количества эпох

Как мы видим нейронная сеть обучилась за 21 эпоху, дальнейшее обучение было нецелесообразно. Из графика 2 видно, что наилучшее значение валидации было на 15 эпохе.

Далее используем наши тестовые данные, спрогнозируем суточный график по полной мощности (таблица 6).

Таблица 6

Спрогнозированные и исходные данные суточного графика полной мощности

t	$S_{\text{прогн}}, \text{кВА}$	$S_{\text{извес}}, \text{кВА}$
0.00	112,91	112,93
1.00	105,69	105,52
2.00	161,74	161,65
3.00	119,36	119,82
4.00	115,90	116,55
5.00	104,78	104,85
6.00	118,10	116,61
7.00	131,43	133,3
8.00	226,71	225,36
9.00	204,74	204,96
10.00	223,50	218,66
11.00	211,46	214,67
12.00	207,99	207,73
13.00	189,65	180,64
14.00	215,16	214,78
15.00	184,06	182,22
16.00	180,41	179,49
17.00	160,73	161,65
18.00	162,52	159,48
19.00	171,47	169,75
20.00	165,95	167,14
21.00	201,25	202,16
22.00	106,79	106,37
23.00	89,05	88,86

На рисунке 3 представлены результаты прогнозирования.

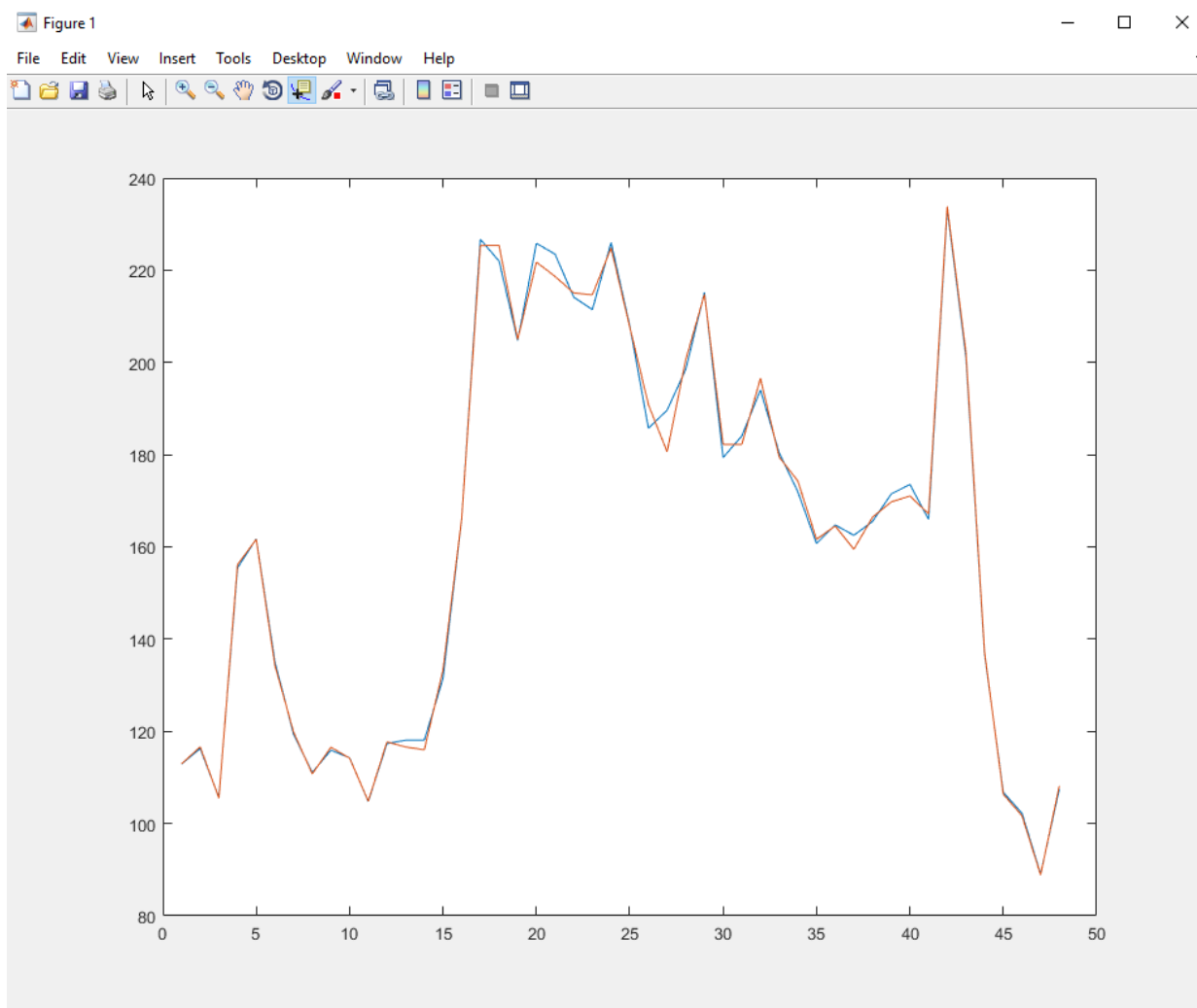


Рисунок 3 – Графики нагрузок: оранжевый – известные данные, синий – спрогнозированный

Как мы видим из таблицы 6 и графика 3, значение ошибки очень мало, наибольшая на 13 часу составляет 5,01%, что может считать приемлемым на данном этапе.

Проведенные дальнейшие опыты показали, что гибридная сеть дает достаточно точный результат, тем самым подтверждая адекватность применения нейронной сети для прогнозирования параметров системы электроснабжения.

Заключение и выводы

1. Проведены опыты по прогнозированию с помощью модели обратного распространения и гибридной нечеткой сети. Проанализировав полученные выше данные, можно сказать, что и гибридная, и сеть обратного распространения неплохо справляется с поставленной задачей прогнозирования мощности по графикам нагрузки предприятия за сутки.

2. В связи с небольшим количеством входных данных были получены довольно хорошие данные прогнозирования, но с редкими случаями, когда значение ошибки могло превышать 10-20 пунктов, что составляет порядка 10% от истинных значений.

3. При реальных задачах прогнозирования входные данные возможно увеличить в несколько раз используя дополнительные коэффициенты графиков нагрузок, описанные ранее, а также с помощью увеличения количества этих самых графиков за разные дни.

Литература

1. Концепция «Цифровая трансформация 2030», утвержденная Указом Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы». – URL : https://www.rossetivolga.ru/i/files/2019/2/7/kontseptsiya_tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf. – Текст : электронный.
2. ГОСТ Р МЭК 61850-5-2011 Сети и системы связи на подстанциях. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200093460>. – Текст : электронный.
3. 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. – Текст : непосредственный. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – 303 с.
4. Алексеева, И. Ю. Краткосрочное прогнозирование электропотребления в электроэнергетических системах с использованием искусственных нейронных сетей : дис. ... кандидата технических наук : 05.14.02 / Алексеева Инна Юрьевна. – Самара, 2013. – 176 с. – Текст : непосредственный.
5. Моргоева, А. Д. Прогнозирование потребления электрической энергии промышленным предприятием с помощью методов машинного обучения / А. Д. Моргоева, И. Д. Моргоев, Р. В. Ключев, О. А. Гаврина. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333, №7. – С.115-125.

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ
ОТ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК**

Третьяков Евгений Александрович

*доктор технических наук, профессор,
профессор Политехнической школы,
Югорский государственный университет
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: eugentr@mail.ru*

Мещеряков Александр Владимирович

*аспирант Политехнической школы,
Югорский государственный университет
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: mesheryakov.1996@mail.ru*

Предмет исследования: обоснование параметров и применения FACTS-устройств типа СТАТКОМ для повышения качества электроэнергии в системах электроснабжения с резервированием от дизель-генераторных установок.

Цель исследования: обоснование технических решений на основе полупроводниковых устройств с генерацией реактивной и активной мощности, направленных на повышение качества электроэнергии в удаленных системах электроснабжения с питанием в режиме резервирования от дизель-генераторных установок.

Методы и объекты исследования: быстрое преобразование Фурье, теория мгновенной мощности, имитационное моделирование в Matlab Simulink. В качестве объекта исследования выступает система электроснабжения с комплектной трансформаторной подстанцией 10/0,4 кВ и резервированием от дизель-генераторных установок.

Основные результаты исследования: представлены особенности обеспечения резервирования рассматриваемой системы электроснабжения с учетом обеспечения качества электроэнергии и обоснование технических решений по его повышению при питании коммунально-бытовых нагрузок поселка в режиме резервирования от ДГУ на основе имитационного моделирования. Выполнен спектральный анализ резкопеременного графика нагрузки. Предложено для обеспечения качества электроэнергии при питании от ДГУ применять трехуровневый СТАТКОМ при напряжении 0,4 кВ с накопителем на суперконденсаторах, требующий меньше энергии хранения, чем буферный накопитель. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о перспективности применения СТАТКОМ с накопителем для повышения качества электроэнергии в сетях низкого напряжения.

Ключевые слова: качество электроэнергии, отклонение, дизель генератор, резервирование, график нагрузки.

**IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRICITY
IN POWER SUPPLY SYSTEMS WITH RESERVATION
FROM DIESEL GENERATOR PLANTS**

Evgeny A. Tretyakov

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of Polytechnic School,
Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: eugentr@mail.ru*

Alexander V. Meshcheryakov

*Posgraduate Student of Polytechnic School,
Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: mesheryakov.1996@mail.ru*

Subject of research: substantiation of the parameters and application of FACTS-devices of the STATCOM type for improving the quality of electricity in power supply systems with redundancy from diesel generator sets.

Purpose of research: is to substantiate technical solutions based on semiconductor devices with reactive and active power generation aimed at improving the quality of electricity in remote power supply systems powered in backup mode from diesel generator sets.

Methods and objects of research: fast Fourier transform, instantaneous power theory, simulation in Matlab Simulink. The object of research is the power supply system with a complete transformer substation 10/0.4 kV and redundancy from diesel generator sets.

Main results of research: the article presents the features of ensuring the redundancy of the considered power supply system, taking into account the quality of electricity and the rationale for technical solutions to improve it when supplying the household loads of the village in the backup mode from the DGU based on simulation modeling. A spectral analysis of a sharply variable load curve was performed. It is proposed to use a three-level STATCOM at a voltage of 0.4 kV with a supercapacitor storage, which requires less storage energy than a buffer storage, to ensure the quality of electricity when powered by a diesel generator set. The results of the studies carried out testify to the prospects of using STATCOM with a storage device to improve the quality of electricity in low-voltage networks.

Keywords: power quality, deviation, diesel generator set, redundancy, load schedule.

Введение

В настоящее время при обеспечении резервного электроснабжения удаленных относительно центров питания потребителей с применением дизель-генераторных установок наблюдается проблема снижения качества электроэнергии (КЭ) [1]. Коммунально-бытовая нагрузка поселков с малым количеством электроприемников является резкопеременной и несимметричной, что приводит, при ее питании от резервного источника, к повышенным потерям мощности в электрических сетях, низкому КЭ, к неэффективным режимам работы дизель-генераторных установок (ДГУ), связанных с повышенным на 30-40 % расходом топлива и снижением срока службы.

В автономном режиме работы ДГУ резкопеременная нагрузка вызывает отклонение напряжения до 35 % и частоты до 30 % от номинальных значений [2]. Пассивные системы стабилизации показателей качества электроэнергии (ПКЭ) (штатные ДГУ и внеш-

ние) не способны обеспечить требуемое КЭ из-за нехватки генерируемой активной и реактивной мощности в системе электроснабжения, работающей изолировано от электроэнергетической системы.

В изолированных системах электроснабжения общего назначения для повышения КЭ и обеспечения энергоэффективности процессов передачи и распределения электроэнергии находят применение системы накопления энергии различных типов, гибридные системы автономного электроснабжения с применением возобновляемых источников энергии (ВИЭ), линейные регуляторы напряжения, устройства компенсации реактивной мощности [3-5]. Кроме этого все большее применение находят дизель-генераторные установки переменной частоты вращения на базе синхронного генератора и преобразователя частоты со звеном постоянного тока и буферным накопителем энергии [6], обеспечивающие минимальный удельный расход топлива при изменяющейся нагрузке.

Результаты и обсуждение

За последние годы принципиального развития в области электрохимических накопителей электроэнергии не произошло и все чаще внимание производителей и проектировщиков направлено на механические накопители, например, на дизель-роторные системы бесперебойного электроснабжения [7].

В рассматриваемой системе электроснабжения применение ДГУ в качестве резервного электроснабжения осуществляется непродолжительное время: не более 20 часов в год (таблица 1).

Таблица 1

Число часов работы ДГУ в году для гарантированного электроснабжения
поселков удаленного энергорайона

№ п/п	Мощность ДГУ	Число часов работы, ч	Примечание
1	200 кВт	6	Тестовые запуски
...	...	...	
23	420 кВт	18	
24	580 кВт	18	

В этих условиях целесообразность обеспечения экономичных режимов работы ДГУ и требуемого качества электроэнергии потребителей с резкопеременной нагрузкой на основе систем накопления активной мощности, гибридных систем электроснабжения с ВИЭ и пр. может отсутствовать. Обеспечение надежности электроснабжения и качества электроэнергии у потребителей является первоочередной задачей.

Системы накопления энергии на основе аккумуляторных батарей имеют достаточно ограниченный срок службы и требовательны к климатическим условиям размещения. В качестве источника энергии для пиков покрытия резкопеременных нагрузок целесообразнее использовать суперконденсаторы в звене постоянного тока полупроводниковых преобразователей, обеспечивающих выдачу не только активной, но и реактивной мощности.

Целью настоящего исследования является обоснование технических решений на основе полупроводниковых устройств генерации реактивной и активной мощности, направленных на повышение качества электроэнергии в удаленных системах электроснабжения с питанием в режиме резервирования от дизель-генераторных установок. Основные решаемые задачи: оценить особенности обеспечения КЭ при резервировании рассматриваемой системы электроснабжения с помощью ДГУ; обоснование технических решений по повышению КЭ при питании коммунально-бытовых нагрузок поселков в режиме резервирования от ДГУ на основе имитационного моделирования.

Типовая схема комплектной трансформаторной подстанции (КТП) с резервированием от ДГУ (ДЭС 200 кВт, фидер 7) представлена на рис. 1. Мощность силового понижающего трансформатора составляет 400 кВ·А.

Пример графика нагрузки по полной мощности на вторичной стороне трансформатора КТП представлен на рисунке 2. Спектральный состав графика нагрузки на основе разложения в ряд Фурье для одного из моментов времени представлен на рисунке 3. Коэффициент мощности изменяется в широких пределах 0,45 – 0,97 и здесь не представлен. Изменение фазного напряжения (фаза А) по времени представлено на рисунке 4.

Указанный график нагрузки получен в результате измерений детерминированной составляющей случайного процесса, поэтому точное вычисление коэффициентов Фурье по формулам Эйлера – Фурье невозможно.

Значения коэффициентов вычисляются по формулам Бесселя [8]:

$$a_0 = \frac{2}{n} \sum_{i=0}^{n-1} S_i; \quad (1)$$

$$a_k = \frac{2}{n} \sum_{i=0}^{n-1} S_i \cos(kt_i); \quad (2)$$

$$b_k = \frac{2}{n} \sum_{i=0}^{n-1} S_i \sin(kt_i). \quad (3)$$

Уравнение разложения графика нагрузки имеет вид:

$$S(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^K (a_k \cos(kt_i) + b_k \sin(kt_i)). \quad (4)$$

Интервал дискретизации по времени должен соответствовать формуле Котельникова [8]:

$$\Delta t = \frac{1}{2f_B}, \quad (5)$$

где $f_B = 1/T_B$ – высшая частота, выделяемая в процессе.

Как известно, медленные изменения напряжения имеют продолжительность более 1 мин, а длительность провалов напряжений, обусловленные изменениями нагрузки электрической сети, оценивается от 0,01 с до 60 с [1].

При этом инерционность систем управления параметрами режима электрической сети на основе полупроводниковых преобразователей, как правило, не превышает 0,02 с. Таким образом, оцениваемая высшая частота графика нагрузки $T_B = 40$ Гц, низшая – 0,016 Гц.

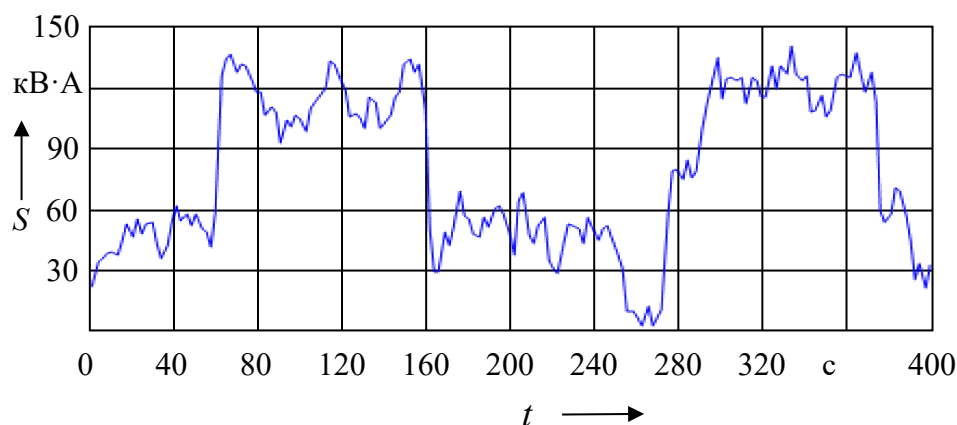


Рисунок 2 – График нагрузки по полной мощности на вторичной стороне трансформатора КТП

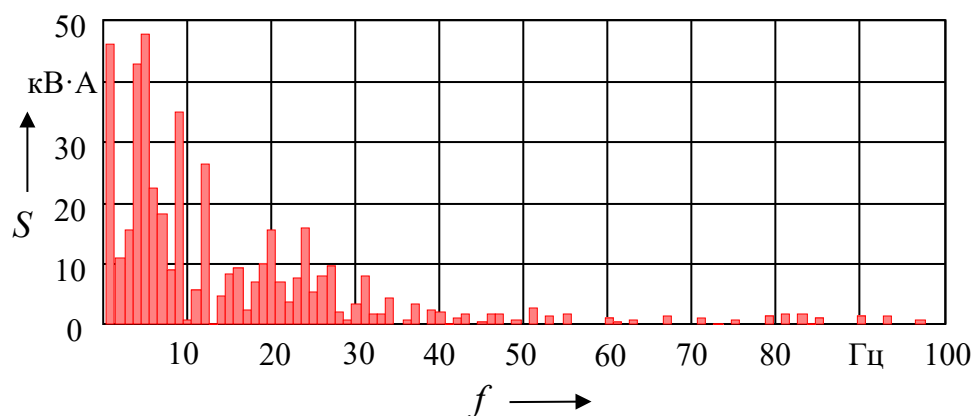


Рисунок 3 – Спектральный состав графика нагрузки на основе разложения в ряд Фурье

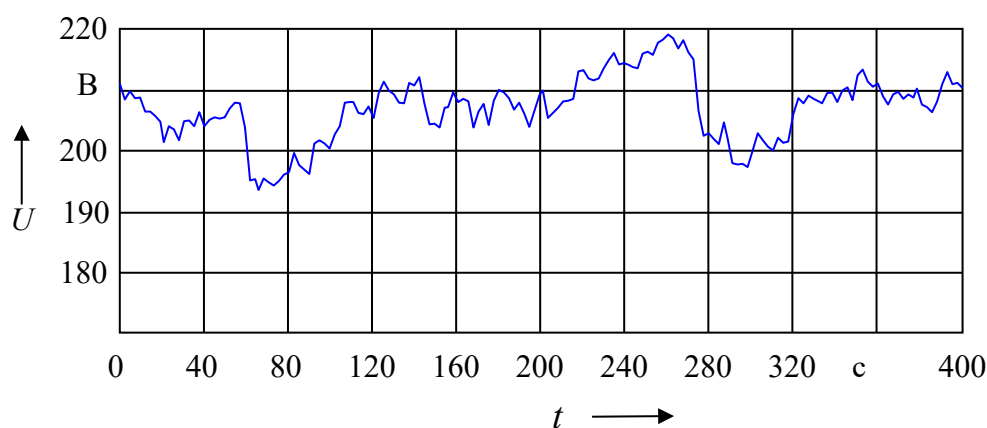


Рисунок 4 – Изменение фазного напряжения (фаза А) по времени

Среди основных используемых и перспективных способов решения указанных проблем с КЭ (по отклонению, колебаниям, несимметрии, несинусоидальности напряжений и отклонению частоты) при резервном питании потребителей от ДГУ можно отнести следующие [3–5]: увеличение установленной мощности ДГУ с большим коэффициентом запаса по отношению к расчетной нагрузке; управление спросом потребителей; применение ДГУ с переменной частотой вращения; применение совместно с ДГУ систем накопления энергии; применение совместно с ДГУ систем накопления энергии, возобновляемых источников энергии, балластных нагрузок; совершенствование методов прогнозирования графиков нагрузок и генерации электроэнергии; совершенствование методов управления ДГУ с системой накопления энергии в переходных и установившихся режимах, в том числе противоаварийного управления; применение полупроводниковых устройств генерации реактивной и активной мощности; совершенствование методов координированного управления преобразователями систем накопления энергии для обеспечения заданного характера переходных процессов, в том числе имитирующих работу синхронных генераторов.

Предлагается для обеспечения качества электроэнергии при питании от ДГУ применять трехуровневый статический компенсатор мощности (СТАТКОМ) при напряжении 0,4 кВ с накопителем на суперконденсаторах, требующий меньше энергии хранения, чем буферный накопитель (система накопления энергии). В настоящее время на отечественном рынке в основном представлены статические генераторы реактивной мощности 0,4 кВ, обеспечивающие генерацию емкостной и индуктивной мощности, активную фильтрацию гармоник, не имеющие накопителя активной мощности. Также представлены преобразователи с системой накопления энергии, обеспечивающие работу нагрузок от источника бесперебойного питания с прерыванием напряжения до 10 – 20 с. В первом случае указанные устройства не смо-

гут обеспечить поддержание частоты и напряжения при резкопеременных нагрузках в условиях изолированной системы электроснабжения с питанием от ДГУ. Во втором случае, имеют чрезмерную емкость накопителей для целей обеспечения напряжения при отключении от основного источника. Надо учитывать, что значительную часть колебаний напряжений, вызванных нагрузкой, может быть компенсировано не только активной, но и реактивной мощностью. В общем виде, например, для напряжения можно записать:

$$dU_i = \sum_{j=1}^N \frac{\partial U_i}{\partial P_j} \cdot dP_j + \sum_{j=1}^N \frac{\partial U_i}{\partial Q_j} \cdot dQ_j \quad (1)$$

где dU_i – дифференциал функции напряжения в i -м узле, вызванный приращениями активной dP_j и реактивной dQ_j мощности в j -м узле электрической сети.

Аналогично может быть записано выражение по частоте. Таким образом, с учетом коэффициента мощности можно оценить необходимую величину генерации реактивной и при необходимости активной мощности (СТАТКОМа) для стабилизации напряжения и частоты при изменении графика нагрузки потребителя.

СТАТКОМ для решения поставленной цели должен, среди прочего, компенсировать мощность искажений и других неактивных составляющих полной мощности, включая несимметрию напряжений. Компенсация токов нулевой и обратной последовательности не требует активной мощности. Реактивная составляющая тока компенсатора, вызванная генерацией реактивной мощности, будет ниже, чем в режиме работы полного компенсатора [9].

В качестве базовой топологии построения указанного статического преобразователя принимаем трехуровневый инвертор напряжения, который имеет ряд известных преимуществ [9]. Упрощенная схема трехуровневого инвертора напряжения с суперконденсаторами представлена на рисунке 5.

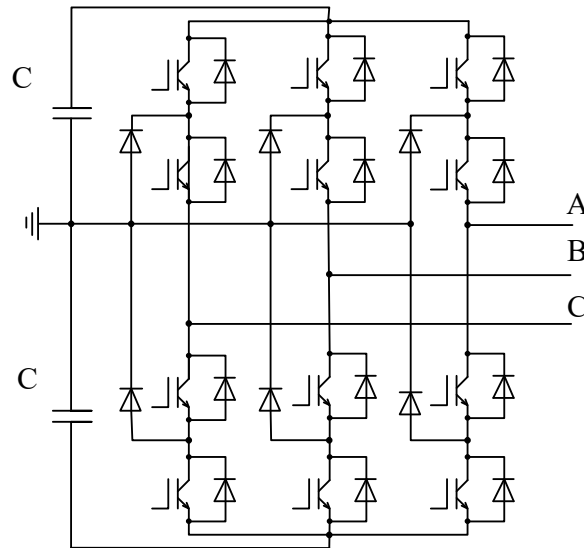


Рисунок 5 – Упрощенная схема трехуровневого инвертора напряжения

Рассмотрим возможности СТАТКОМа, направленные на повышение качества электроэнергии в удаленных системах электроснабжения с питанием в режиме резервирования от дизель-генераторных установок, на основе имитационного моделирования.

Имитационная модель ДГУ с постоянной частотой вращения на базе дизельного двигателя и синхронного генератора с фрагментом участка электрической сети представлена на рисунке 6.

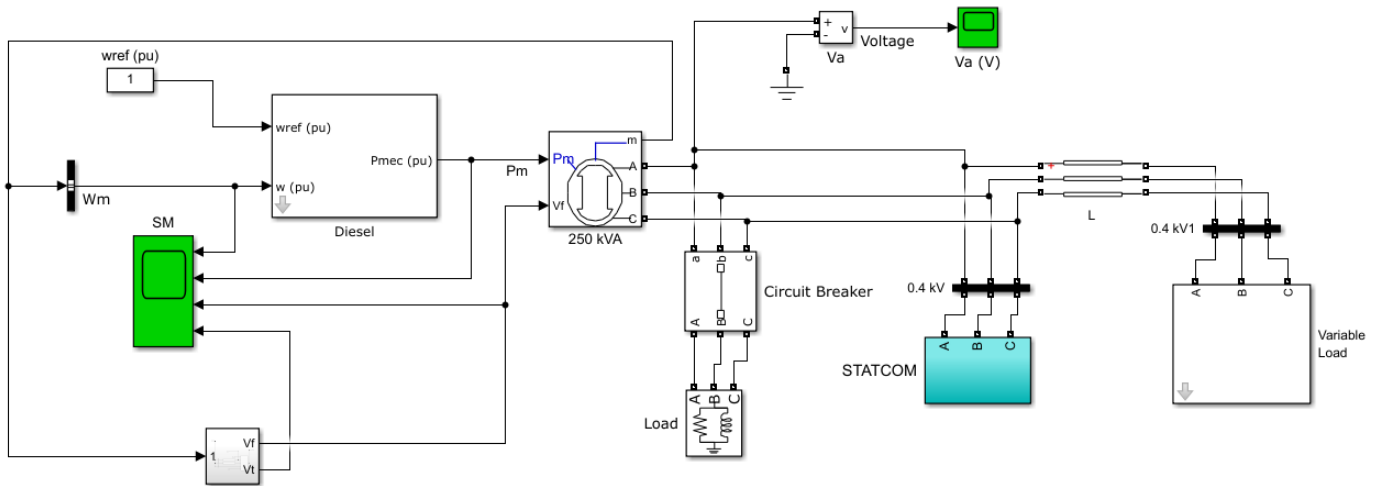


Рисунок 6 – Имитационная модель ДГУ с участком электрической сети

Модель полупроводникового преобразователя с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) представлена на рисунке 7, упрощенная схема замещения силовой части (а) и блок-схема управления (б) СТАТКОМ – на рисунке 8.

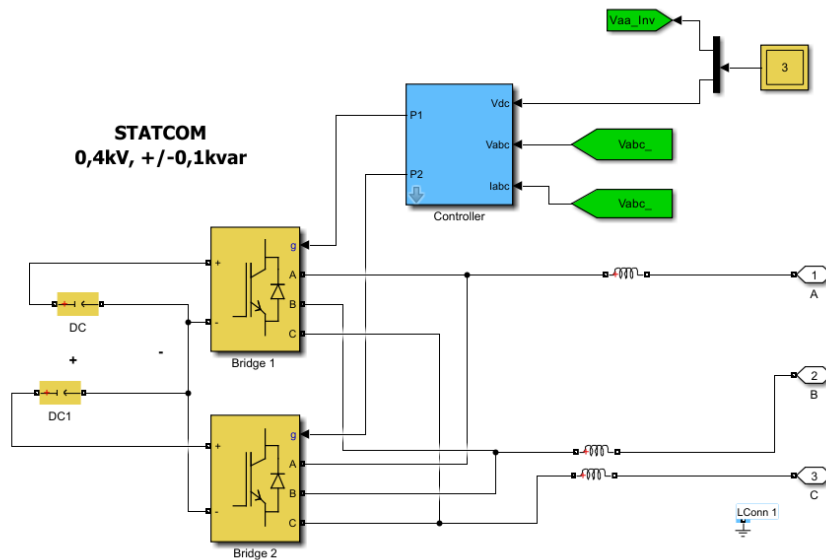
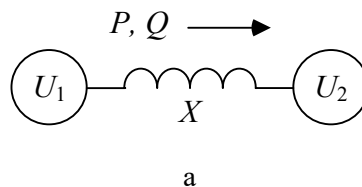


Рисунок 7 – Блок преобразователя



а

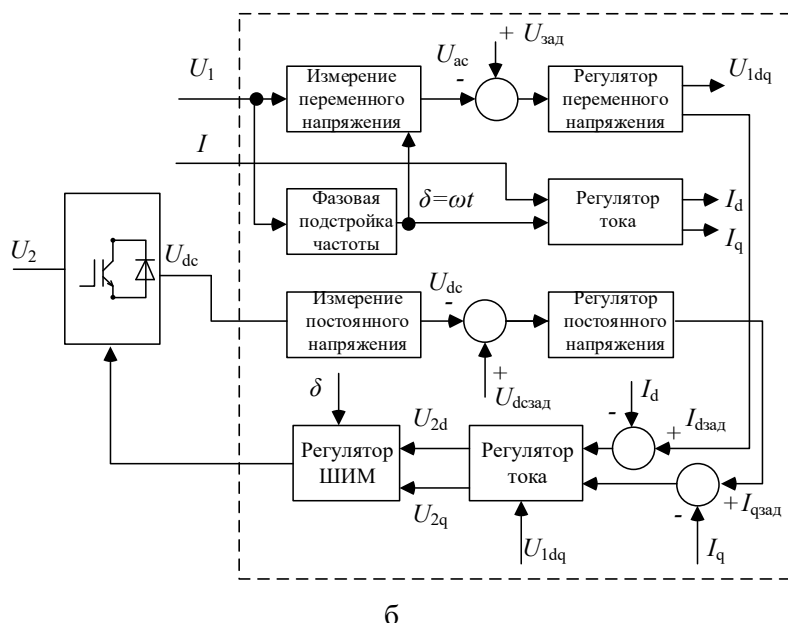


Рисунок 8 – Упрощенная схема замещения силовой части (а) и блок-схема управления (б) СТАТКОМ

В системе управления рассматриваемым преобразователем применяется метод управления по мгновенным значениям токов и напряжений с использованием преобразования трёхфазной системы в двухфазную (преобразования Парка-Горева в координаты d-q). В блоке фазовой подстройки частоты (рисунок 8, б) необходима точная синхронизация угловой частоты вращения ортогональной системы координат d,q и угловой частоты трёхфазной системы. Более подробная информация про принципы генерации токов генерации с учетом активной фильтрации несинусоидальных токов и несимметричных напряжений представлена в [5].

Управление активной и реактивной мощностью (в условиях симметричных токов и напряжений) осуществляется по выражению (обозначение по рис. 6) [10]:

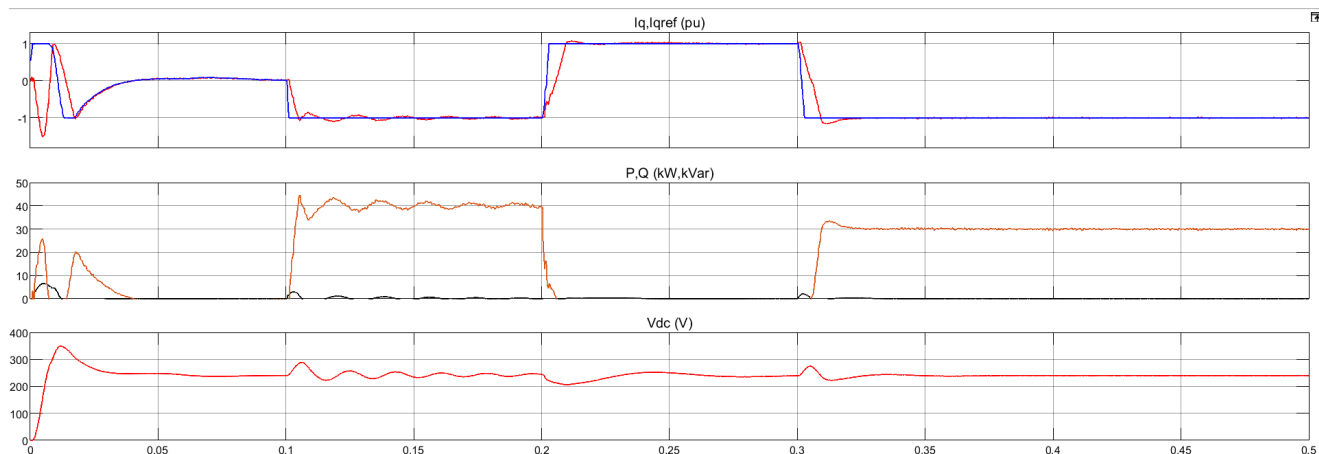
$$P = \frac{U_1 \cdot U_2 \sin \delta}{X}; \quad (2)$$

$$Q = -\frac{U_1 \cdot U_2}{X} \cdot \left(\cos \delta - \frac{U_1}{U_2} \right),$$

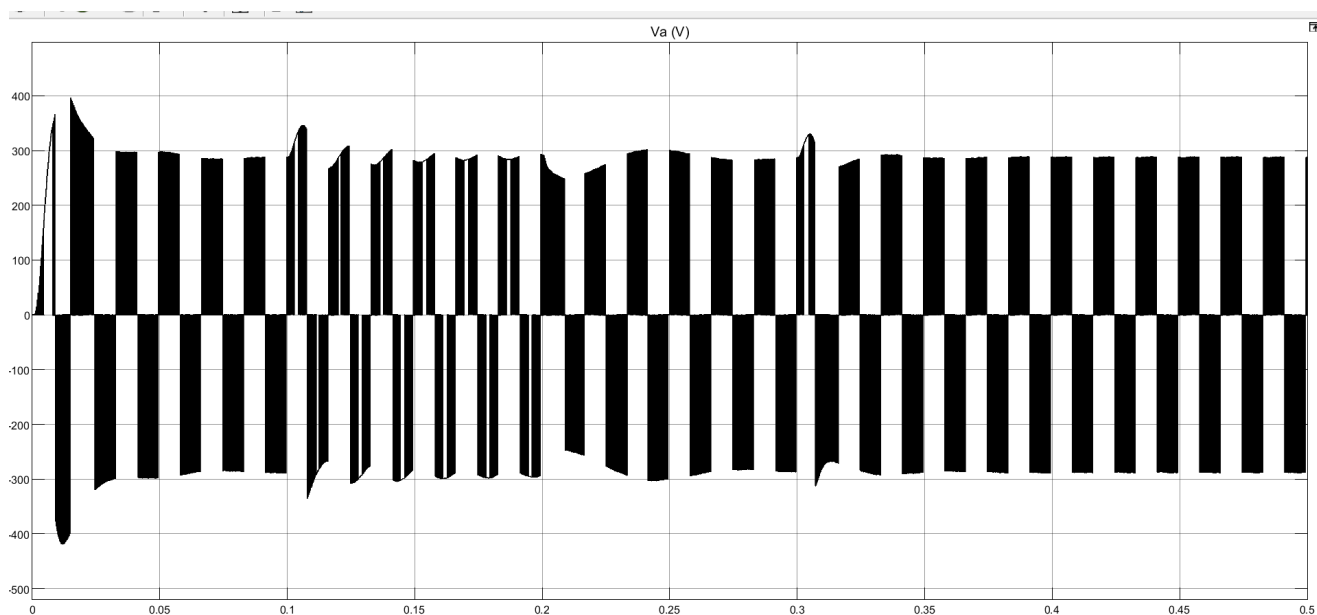
где δ – угол между U_1 и U_2 .

Таким образом, изменяя угол между питающим напряжением U_1 и напряжением U_2 можно регулировать значение выдаваемой (потребляемой) активной мощности, а регулируя коэффициент модуляции (соотношение между U_1 и U_2) можно генерировать (потреблять) реактивную мощность.

Временные диаграммы работы СТАТКОМ по условию стабилизации напряжения (без учета несимметрии) в узле подключения (на уровне 220 В) для первых 0,5 с графика нагрузки представлены на рисунке 9.



а



б

Рисунок 9 – Временные диаграммы работы СТАТКОМ по условию стабилизации напряжения и осциллограмма ШИМ

Заключение и выводы

Результаты моделирования свидетельствуют о том, что для стабилизации напряжения на заданном уровне генерация реактивной мощности составила 30-40 квар, активной 2-3 кВт с накопителем 0,2 кВт·ч.

В представленной имитационной модели не учитывалось отклонение частоты напряжения при дефиците активной мощности, а также не оценивалось оптимальное соотношение генерации активной и реактивной мощности преобразователя с точки зрения массо-габаритных показателей по условию обеспечения качества электроэнергии, что является предметом дальнейших исследований авторов.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о перспективности применения преобразователей типа СТАТКОМ с накопителем для повышения качества электроэнергии в сетях низкого напряжения с комбинированной генерацией активной и реактивной мощности. Эффект от применения подобных устройств по сравнению с преобразователями в составе систем накопления заключается в снижении массо-габаритных показателей за счет учета реактивной составляющей генерируемой мощности и комплексного подхода к повышению качества электроэнергии.

Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Москва : Стандартинформ. – 2014. – 20 с. – Текст : непосредственный.
2. Хватов, О. С. Электростанция на базе дизель-генераторной установки переменной частоты вращения и буферного накопителя энергии. / О. С. Хватов, Д. С. Кобяков, М. Е. Юрлов. – Текст : непосредственный // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2020. – № 3. – С. 71–81.
3. Хватов, О. С. Моделирование переходных процессов в дизель-генераторной установке переменной частоты вращения с буферным накопителем энергии / О. С. Хватов, А. Б. Дарьенков, Д. С. Кобяков [и др.]. – Текст : непосредственный // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2019. – № 1(124). – С. 130–137.
4. Калимуллин, Л. В. Приоритетные направления, ключевые технологии и сценарии развития систем накопления энергии / Л. В. Калимуллин, Д. К. Левченко, Ю. Б. Смирнова, Е. С. Тузикова. – Текст : непосредственный // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2019. – № 1. – С. 42–54.
5. Бык, Ф. Л. Использование систем накопления энергии для функционального резервирования / Ф. Л. Бык, Л. С. Мышкина. – Текст : непосредственный // Релейная защита и автоматизация. – 2020. – № 4(41). – С. 35–39.
6. Бачурин, П. А. Испытания промышленного образца системы накопления энергии СНЭ-10-1200-400 при совместной работе с ГПУ в составе экспериментальной энергосистемы / П. А. Бачурин, Д. С. Гладков, В. М. Зырянов [и др.]. – Текст : непосредственный // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2020. – № 2(59). – С. 18–25.
7. Карагодин, В. В. Структурно-параметрическая оптимизация системы бесперебойного электроснабжения ответственных потребителей / В. В. Карагодин, К. А. Полянский, В. А. Горин. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2017. – Т. 60. – №. 1. – С. 14–24.
8. Осипов, Л. А. Линейно-аппроксимирующее преобразование дискретных сигналов в системах цифровой обработки / Л. А. Осипов. – Текст : непосредственный // Наука и техника транспорта. – 2016. – №. 1. – С. 94–99.
9. Макаров, В. Г. Многоуровневые инверторы напряжения. Обзор топологий и применение / В. Г. Макаров, Р. Н. Хайбрахманов. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19. – №. 22. – С. 134–138.
10. Янгиров, И. Ф. Возможности использования FACTS технологий в энергосистеме и ее приложения / И. Ф. Янгиров, Р. А. Сафиуллин. – Текст : непосредственный // Электротехнические комплексы и системы. – 2021. – С. 416–432.

**МЕТОДИКА И УСТРОЙСТВО АКТУАЛИЗАЦИИ
РЕГУЛИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА НАГРУЗКИ УЗЛА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ**

Шувалова Алена Александровна

*кандидат технических наук, старший преподаватель
кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,
Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова
Барнаул, Россия
E-mail: alena_shuvalova_360@mail.ru*

Полищук Владимир Иосифович

*доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»
Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова
Барнаул, Россия
E-mail: polischuk_vi@mail.ru*

Предмет исследования: методика идентификации СХН в узлах энергосистемы.

Цель исследования: разработка методики мониторинга изменений $K_{рэн}$ в узле энергосистемы.

Методы исследования: имитационное моделирование электрических режимов, цифровая обработка сигналов, метод натурного эксперимента.

Основные результаты исследования: была разработана методика мониторинга $K_{рэн}$ узла энергосистемы, базирующейся на методе цифровой обработки информации, имеющая авторские специфические особенности, также имеет критерии пригодности данных и разработано устройство, реализующее методику. Проведена экспериментальная апробация работы устройства анализирующего данные с технических средств телеизмерения, оперативно-измерительного комплекса или АСУ ТП. Проверка устройства показала, что на диапазоне измерений 0,75...1,2Уном погрешность идентификации $K_{рэн}$ составила 0,2%, что говорит о высокой достоверности предлагаемой методики актуализации $K_{рэн}$.

Ключевые слова: методика мониторинга СХН, коэффициент регулирующего эффекта нагрузки, узел энергосистемы, статическая характеристика нагрузки, пара измерений.

**METHOD AND THE DEVICE OF ACTUALIZATION
OF CONTROLLING EFFECT LOADING OF KNOT
OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM**

Alena A. Shuvalova

*Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer,
Department "Power supply of industrial enterprises"
Altai State Technical University
Barnaul, Russia
E-mail: alena_shuvalova_360@mail.ru*

Vladimir I. Polishchuk

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Department "Power supply of industrial enterprises",
Altai State Technical University
Barnaul, Russia
E-mail: polischuk_vi@mail.ru

Subject of research: is the technique of identification CCL in electric power system knots.

Purpose of research: consists in working out of a technique of monitoring of changes K_{REL} in electric power system knot.

Methods of research: imitating modelling of electric modes, digital processing of signals, method of natural experiment.

Main results of research: the technique of monitoring K_{REL} of knot of an electric power system of digital processing of the information based on a method has been as a result developed, having author's specific features, also has criteria of suitability of data and the device realising a technique is developed. Experimental approbation of work of the device analyzing data from means of a telemetering, an operatively-measuring complex or automated data management system is spent. Device check has shown, that on an indication range 0,75 ... 1,2U_{ном} the error of identification K_{REL} has made 0,2 % that speaks about high reliability of an offered technique of actualisation K_{REL} .

Keywords: a technique of monitoring CCL, factor of regulating effect of loading, electric power system knot, a direct current characteristic of loading, steam of measurements.

Введение

Решение задач оперативно-диспетчерского управления электроэнергетических систем требует актуальных данных описывающих изменение нагрузки. Наиболее полно свойства нагрузки в установившихся режимах описываются их статическими характеристиками (СХН) [1,2]. В тоже время приходится учитывать, что СХН, в особенности в узлах энергосистемы, хоть и медленно, но все-таки, изменяются [3]. Изменения СХН возможны вследствие сезонных изменений характера нагрузок, изменения топологии сети, изменения состава активно реактивных элементов энергосистемы. Для актуализации СХН перспективно использовать методы пассивного эксперимента, основанные на накоплении и обработке данных измерений напряжений и мощностей в конкретных узлах электрической сети [3,4].

Особый интерес вызывает идея использования регулирующего эффекта нагрузки узла энергосистемы для выработки управляющего воздействия направленного на снижения перетоков мощности по перегруженному элементу электрической сети, что позволяет управлять перетоком мощности, не производя коммутационных переключений и не вводя ограничений потребителям [5,6]. Численно регулирующий эффект нагрузки характеризуется коэффициентом ($K_{РЭН}$), представляющим собой тангенс угла касательной к СХН проведенной в точке конкретного напряжения рисунок 1.

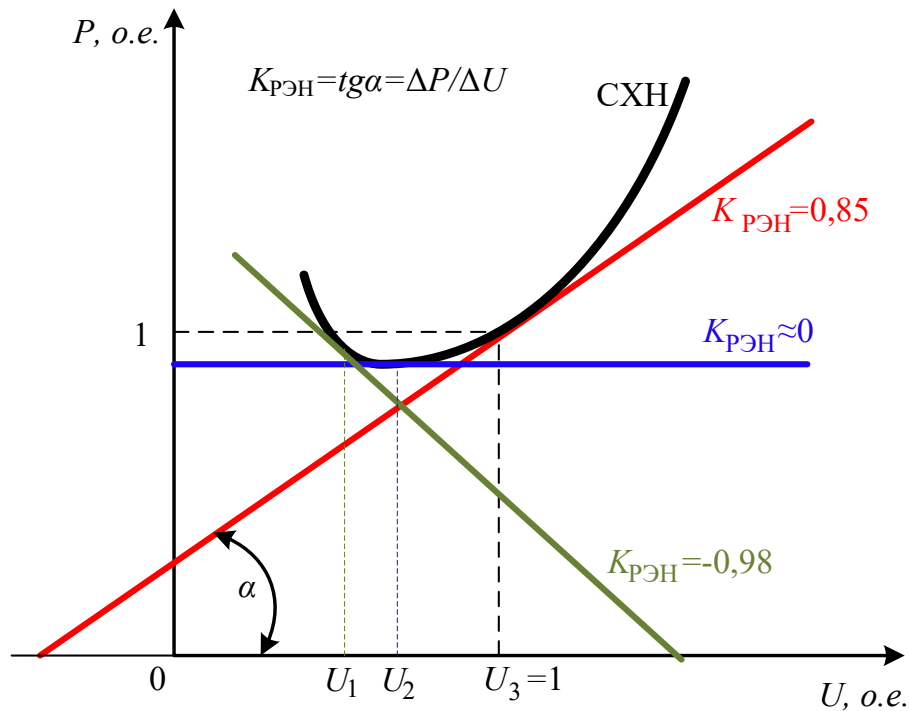


Рисунок 1 – Иллюстрация коэффициента регулиującego эффекта нагрузки

Как видно из рисунка 1 использование регулиującego эффекта нагрузки перспективно для оперативного диспетчерского управления. Зная величину $K_{РЭН}$ можно воздействием на напряжение добиться снижения перетока мощности, что особенно актуально при возникновении перегрузки на элементе энергосистеме [7,8]. Например, если $K_{РЭН} > 0$ снижение перетока мощности производится путем снижения напряжения, если $K_{РЭН} < 0$ снижение перетока мощности производится путем увеличения напряжения, а если $K_{РЭН} \approx 0$, регулирующий эффект нагрузки отсутствует [5].

Очевидно, что для практического использования данной идеи необходима методика актуализации данных о величине $K_{РЭН}$. При этом практический интерес ограничивается возможным диапазоном регулирования напряжения, что в большинстве случаев не превышает $\pm 15\% U_{ном}$.

Безусловно, система актуализации данных не должна строиться на активных принудительных вмешательствах в режим. Методика и устройство актуализации $K_{РЭН}$ строятся на пассивном наблюдении за естественными изменениями режима в энергосистеме [8].

В данной работе ставилась задача по разработке методики актуализации данных $K_{РЭН}$ для участка $\pm 15\% U_{ном}$ СХН по напряжению.

Данная методика имеет авторскую специфическую особенность, которая заключается в разработке основных положений методики, регистрации обоснованного количества пар отклонений, обосновании критериев пригодности данных и разработке алгоритма обработки данных и расчете изменения $K_{РЭН}$.

Результаты и обсуждение

По мнению авторов, при актуализации $K_{РЭН}$ нет необходимости периодического и многократного перерасчета СХН, а надо проводить процедуру актуализации (корректировки) только по мере накопления изменений СХН. Как показал опыт снятия характеристики различными научными группами [9,10,11,12,13] СХН на участке $\pm 15\% U_{ном}$ достаточно достоверно отображает полиномиальная функция СХН второго порядка, получаемая путем адаптивно регрессионной аппроксимации [9,12].

$$P_*(U_*) = a_0 + a_1 U_* + a_2 U_*^2 \quad (1)$$

Имея значения коэффициентов полиномиальной функции, легко определились $K_{РЭН}$ по формуле

$$K_{РЭН,U} = a_1 + 2a_2 U_{*i} \quad (2)$$

Расчет необходимо проводить в относительных единицах. В качестве базисного напряжения берется $U_{ср.}$ Базисное напряжение неизменно на всем протяжении расчетов $U_{BAS} = \text{const.}$ При этом существенное значение имеет качество исходных данных. Как было доказано в [14] к расчету пригодны только приведенные к единой оси времени данные напряжения и мощности, взятые с системы оперативно измерительного комплекса (ОИК), телеизмерения (ТИ) или с АСУ ТП по каналу измерения имеющем отметку качества 100.

Исходя из необходимости регистрировать только изменения, в основе методики положена концепция, используемая научной группой ТПУ [4], а именно для расчета СХН берутся не временные ряды измерений, а пары измерений. Пара – это регистрация одного изменения мощности после одного изменения напряжения. То есть в определенный момент производится измерение напряжения и мощности, а вторая точка измерения пары фиксируется только после изменения напряжения на величину не менее чем $|U_i - U_{i+1}| > \Delta U_{\min}$. При этом исходя из возможной величины изменения напряжения за одну ступень переключения РПН принимаем $\Delta U_{\min} = 0,75\% U_{\text{ном}}$. Следует отметить, что между первым и последующим измерениями пары проходит время и если оно достаточно большое, то возможен дрейф мощности, если же оно не существенно, то дрейфа мощности может и не быть [8].

Пример пар представлен на рисунке 2а. Как видно из рисунка 2,а из пар складывается определенный тренд. Некоторые пары (1,4,5) могут отклоняться от общего тренда вследствие некорректных измерений, дрейфа мощности, случайных колебаний и т.д., поэтому производится корректировка учитывающая дрейф мощности, а случайные измерения надо отфильтровать.

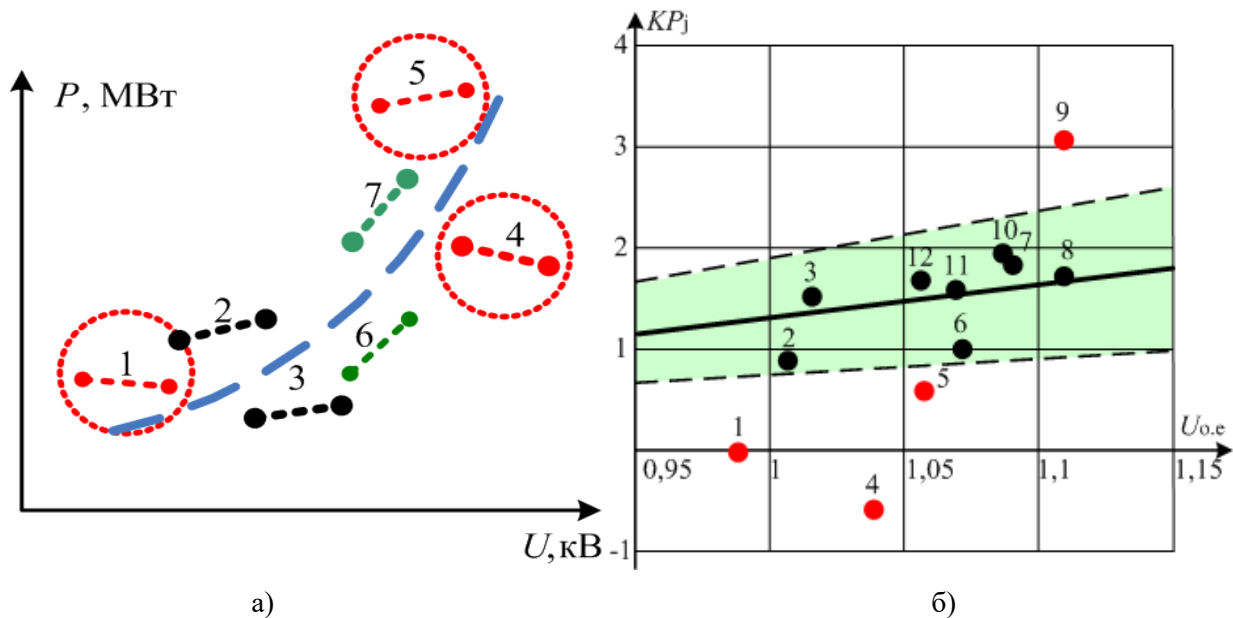


Рисунок 2 – Иллюстрация пары измерений

Как показала практика снятия СХН, для расчета достаточно иметь достоверных пять пар измерений, в тоже время практика показала, что максимально до 40...45% пар может оказаться некорректными. Следовательно, предусмотрев 20% запас по надежности, необходимым и достаточным количеством данных в выборке является $N_{\text{пар}} = 5/0,5 \cdot 1,2 = 12$ пар. Отсев пар отклонившихся от тренда производится за счет исключения пар вышедших за доверительный интервал (рисунок 2,б).

Корректировку учитывающей дрейф мощности предлагается производить путем изменения в процессе расчета базисной мощности [4]. Как видно из формулы (3) определения СХН в именованных единицах:

$$P(U) = P_{BAS}(t_i) \left(a_0 + a_1 \frac{U}{U_{BAS}} + a_2 \left(\frac{U}{U_{BAS}} \right)^2 \right) \quad (3)$$

$P_{BAS}(t_i)$ является следствием колебаний мощности нагрузки, а $\left(a_0 + a_1 \frac{U}{U_{BAS}} + a_2 \left(\frac{U}{U_{BAS}} \right)^2 \right)$ реакция на изменение напряжения. Поскольку дрейф мощности и ее случайные колебания связаны с $P_{BAS}(t_i)$, то возможна корректировка путем ввода масштабирующих коэффициентов. Базисная мощность изменится случайным образом.

Методика актуализации $K_{РЭН}$

Учитывая все вышеизложенное, методика актуализации $K_{РЭН}$ представляет собой последовательность следующих операций:

1. Измеренные значения напряжения переводятся в относительные единицы

$$U_{*i} = \frac{U_i}{U_{BAS}} \quad (4)$$

2. Регистрируются 12 пар измерения исходя из условия образования пары

$$|U_{*i+1} - U_{*i}| > \Delta U_{*min} \quad (5)$$

3. Рассчитываются $K_{РЭН,i}$ для всех 12 пар (пример приведен в таблице 1)

$$K_{РЭН,i} = \frac{P_{*i+1} - P_{*i}}{U_{*i+1} - U_{*i}} \cdot \frac{U_{*i+1} + U_{*i}}{P_{*i+1} + P_{*i}} \quad (6)$$

4. Отфильтровываются $K_{РЭН,i}$ которые не входят в доверительный интервал.

5. Задается первое приближение базисной мощности $P_{BAS,i}$

6. Определяются коэффициенты a_0, a_1, a_2 полиномиальной функции СХН, например, методом наименьших квадратов.

$$\left. \begin{aligned} P_{*1,1} &= a_0 + a_1 U_{*1,1} + a_2 U_{*1,1}^2; \\ P_{*2,1} &= a_0 + a_1 U_{*2,1} + a_2 U_{*2,1}^2; \\ &\dots \\ P_{*1,i} &= a_0 + a_1 U_{*1,i} + a_2 U_{*1,i}^2; \\ P_{*2,i} &= a_0 + a_1 U_{*2,i} + a_2 U_{*2,i}^2. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где $U_{*1,i}$ и $P_{*1,i}$ – напряжение и мощность в о.е. до j -го измерения;

$U_{*2,i}$ и $P_{*2,i}$ – напряжение и мощность в о.е. после j -го измерения.

7. Определяется среднеквадратичное отклонение мощности.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N \left(\left[P_{*1,i} - \left(a_0 + a_1 U_{*1,i} + a_2 U_{*1,i}^2 \right) \right]^2 + \left[P_{*2,i} - \left(a_0 + a_1 U_{*2,i} + a_2 U_{*2,i}^2 \right) \right]^2 \right)} \quad (8)$$

где N – количество пар измерений, оставшихся после фильтрации.

8. Определяется второе приближение базисной мощности

$$P_{BAS,i} = \frac{\frac{P_{*1,i} + P_{*2,i}}{2}}{a_0 + a_1 \left(\frac{U_{*1,i} + U_{*2,i}}{2} \right) + a_2 \left(\frac{U_{*1,i} + U_{*2,i}}{2} \right)^2} \quad (9)$$

9. Расчет повторяется до тех пор, пока среднеквадратичное отклонение уменьшается. После достижения среднеквадратичным отклонением минимального значения расчет заканчивается. В результате получаются коэффициенты a_0, a_1, a_2 полиномиальной функции СХН.

Для экспериментальной проверки основных положений методики на базе микроконтроллера серии 51 производителя atmel AT89S53 по блочной схеме, представленной на рисунке 3 было реализовано устройство актуализации $K_{РЭН}$.

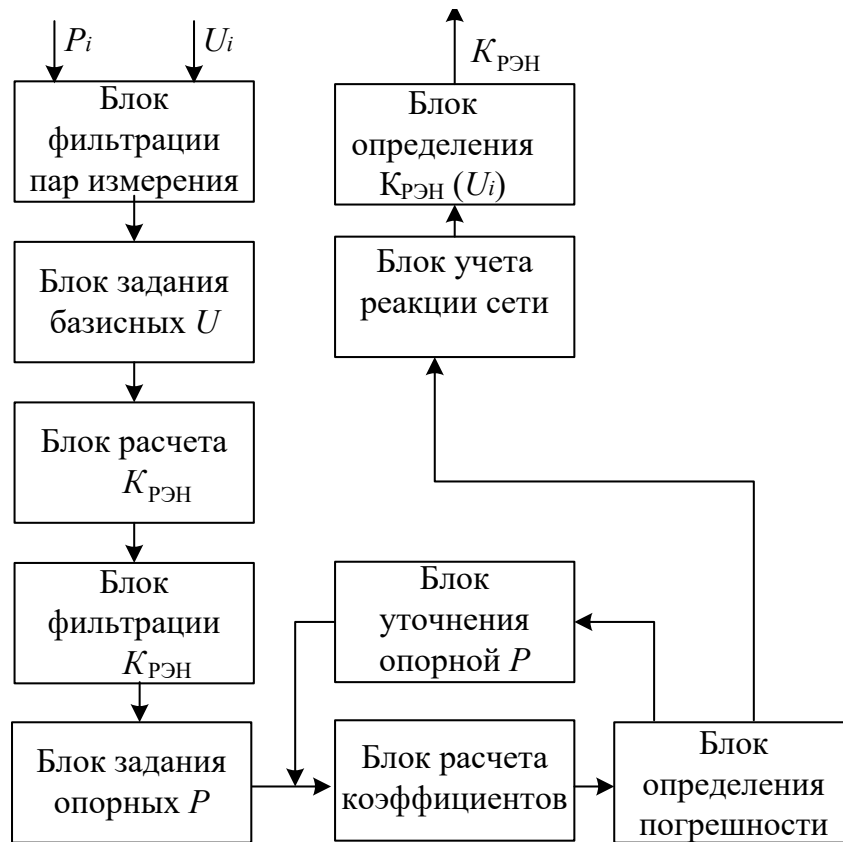


Рисунок 3 – Блок-схема устройства актуализации $K_{РЭН}$

Экспериментальная апробация работы устройства осуществлялась на ОРУ 35/6 кВ Томского завода «Сибкабель» во время пассивного мониторинга в течение одних суток.

Данные поступали с периодичностью 1 раз в 150 сек. К расчету принимались значения пар с разницей по напряжению не менее 45 В при $U_{ном}=6000$ В.. На рисунке 4 и в таблице 1 приведены зарегистрированные 12 пар с рассчитанными $K_{РЭН,i}$.

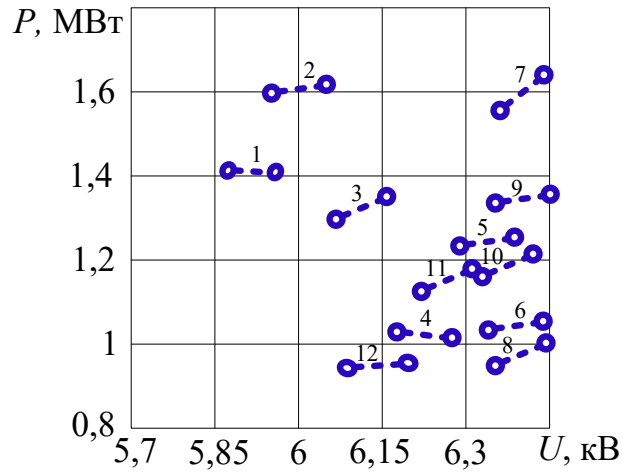


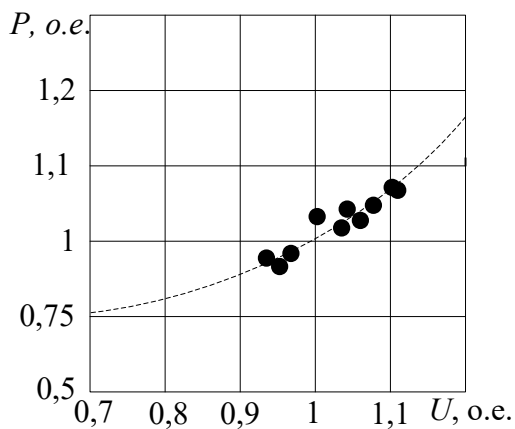
Рисунок 4 – Пример зарегистрированных 12 пар

Таблица 1

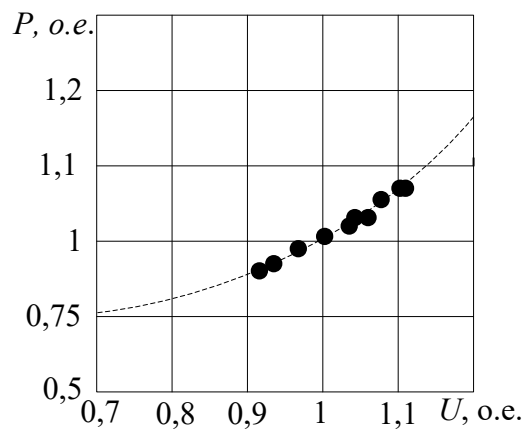
Регистрация 12 пар измерений

i	$U_{1,i}$, кВ	$P_{1,i}$, кВт	$U_{2,i}$, кВ	$P_{2,i}$, кВт	$K_{РЭН,i}$
1	6,09	1,41	6,18	1,4	-0,06
2	6,16	1,61	6,27	1,63	0,92
3	6,26	1,28	6,36	1,31	1,46
4	6,38	1,02	6,48	1,01	-0,76
5	6,48	1,22	6,59	1,23	0,51
6	6,58	1,03	6,68	1,05	0,98
7	6,69	1,05	6,8	1,08	1,78
8	6,79	1,06	6,89	1,09	1,55
9	6,89	1,59	6,79	1,51	3,05
10	6,79	1,01	6,69	0,98	1,85
11	6,70	1,27	6,59	1,24	1,47
12	6,60	1,18	6,49	1,15	1,51

В процессе расчета СХН проводилась итерационная корректировка базисной мощности. На рисунке 5 проиллюстрировано значение мощности на первой итерации рисунок 5,а и последней итерации рисунок 5,б.



а)



б)

Рисунок 5 – Иллюстрация расчета точек СХН после первой – а) и последней – б) итерации

Среднеквадратичное отклонение σ уменьшалось до величины $\sigma = 0,003$. Коэффициенты полиномиальной функции СХН приняли значения $a_0=1,481$, $a_1=-2,277$, $a_2=1,796$. На рисунке показана рассчитанная по этим коэффициентам СХН.

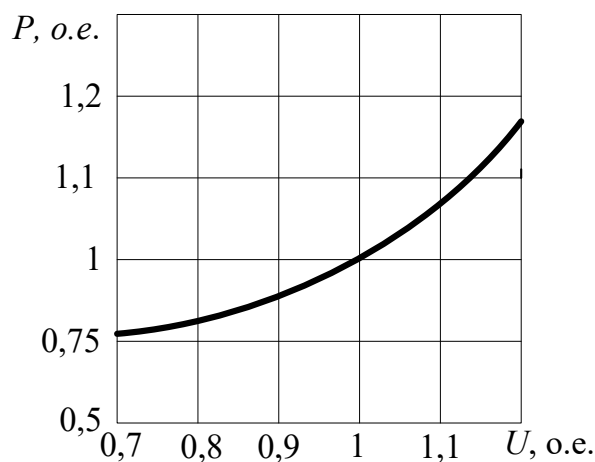


Рисунок 6 – Результирующая СХН

Для определения погрешности актуализации проводилось сравнение результирующей СХН с СХН полученной по данным активного эксперимента. В определяемом диапазоне погрешность составила 0,2%, что доказывает правильность предлагаемой методики.

Численное значение $K_{РЭН}$ в контролируемом диапазоне принимает значения $K_{РЭН}=0,387...1,475$.

Заключение и выводы

Разработана методика и устройство актуализации коэффициента регулирующего эффекта нагрузки узла электроэнергетической системы, позволяющая производить с погрешностью 0,2% определение изменений статической характеристики по напряжению на участке характеристики +15%Уном даже при наличии нерегулярных колебаний нагрузки и дрейфа мощности.

Литература

1. Тавлинцев, А. С. Статистически равновесные состояния нагрузки в задаче идентификации статических характеристик нагрузки / А. С. Тавлинцев, А. А. Суворов. – DOI: 10.14529/power170203. – Текст : непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2017. – Т. 17. – № 2. – С. 23-28.
2. Определение статических характеристик мощности нагрузок узлов сети на основе активного эксперимента / В. Ф. Кравченко, В. И. Нагай, И. Ф. Бураков, Б. П. Золоев. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2015. – № 1(182). – С. 54-59. – DOI 10.17213/0321-2653-2015-1-54-59. – EDN ТКРЕUB.
3. Определение статических характеристик нагрузки по напряжению по данным пассивного эксперимента с учётом реакции сети / А. В. Панкратов, А. К. Жуйков, А. А. Шувалова, В. И. Полищук. – Текст : непосредственный // Электротехнические системы и комплексы. – 2021. – № 2(51). – С. 4-11. – DOI 10.18503/2311-8318-2021-2(51)-4-11. – EDN JQOOPA.
4. Методика идентификации статических характеристик нагрузки по результатам активного эксперимента / Ю. В. Хрущев, А. В. Панкратов, Н. Л. Бацева [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 325. – № 4. – С. 164-175.

5. Петров, В. В. Разработка методики управления транспортом электроэнергии в пределах заданной пропускной способности элементов питания: специальность 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Петров Вячеслав Валерьевич; Самарский государственный технический университет. – Красноярск, 2019. – 157 с. – Библиогр.: с. 134–143. – Текст : непосредственный.
6. Полищук, В. И. Интеллектуальная автоматизированная система управления перетоком активной мощности по линиям электропередач в вынужденном режиме работы / В. И. Полищук, А. А. Шувалова, А. В. Панкратов. – Текст : непосредственный // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 9. – С. 94-99. – DOI 10.17513/snt.38822. – EDN HITRML.
7. Петров, В. В. Анализ влияния уровней напряжения в энергосистеме на значение сальдо-перетока активной мощности в сечении / В. В. Петров, В. И. Полищук, А. А. Альмендеев. – Текст : непосредственный // Электроэнергетика глазами молодежи – 2017: Материалы VIII Международной научно-технической конференции, Самара, 02–06 октября 2017 года. Том 2. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2017. – С. 169-170. – EDN ZIWZGX.
8. Шувалова А. А. Разработка автоматизированной системы управления перетоком активной мощности по линии электропередач в вынужденном режиме работы : специальность 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шувалова Алена Александровна; Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – Омск, 2022. – 153 с. – Библиогр.: с. 113–127. – Текст : непосредственный.
9. Панкратов, А. В. Экспериментальное определение статических характеристик нагрузки электроэнергетических систем / А. В. Панкратов, В. И. Полищук, Н. Л. Бацева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2015. – Т. 15, № 1. – С. 11-20. – DOI 10.14529/power150102. – EDN TKRYSB.
10. Анализ влияния вольт-амперной характеристикой выпрямителей на статические характеристики нагрузки водородного электролизера / Р. А. Уфа, А. С. Васильев, А. В. Панкратов, Я. Ю. Малькова // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2021. – № 1-3(359-361). – С. 113-125. – DOI 10.15518/isjaee.2021.01.008. – EDN BOIOZZ.
11. Кондрашов, М. А. Информационная модель программного обеспечения идентификации статических характеристик нагрузки по напряжению / М. А. Кондрашов, А. Ю. Смирнова, А. В. Панкратов. – Текст : непосредственный // Электроэнергетика глазами молодежи – 2018: Материалы IX Международной молодежной научно-технической конференции. В 3-х томах, Казань, 01–05 октября 2018 года / Ответственный редактор Э.В. Шамсутдинов. Том 2. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 203-206. – EDN YZKXJ.
12. Load Model Identification using Steady-state Measurements for Power System Control / A. V. Pankratov, A. K. Zhuykov, V. I. Polishchuk [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : 5, Omsk, 16–17 марта 2021 года. – Omsk, 2021. – P. 012076. – DOI 10.1088/1742-6596/1901/1/012076. – EDN AUIZQL.
13. Кондрашов, М. А. Искажение формы статических характеристик нагрузки в узлах электрической сети / М. А. Кондрашов, А. В. Панкратов. – Текст : непосредственный // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность : Материалы трудов XXI Всероссийской научно-технической конференции. В 2 томах, Томск, 02–04 декабря 2015 года. Том 1. – Томск : ООО «Скан», 2015. – С. 76-79. – EDN VNRAOJ.
14. Методика обработки телеизмерений оперативно-информационного комплекса при определении статических характеристик нагрузки методом активного эксперимента / А. В. Панкратов, Н. Л. Бацева, А. А. Шувалова [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2021. – № 39. – С. 5-33. – DOI 10.15593/2224-9397/2021.3.01

Научное издание

ВЕСТНИК ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Выпуск 2 (69)/2023

Цена свободная

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 ПИ № ФС 77-73606 от 31 августа 2018 г.

Подписано в печать: 30.06.2023

Дата выхода в свет: 07.07.2023

Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 17,8. Тираж 1000 экз. Заказ № 275.

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

Отпечатано в секторе редакционно-издательской работы
Научной библиотеки ФГБОУ ВО ЮГУ:
628012, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра,
г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16

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