

ISSN 1816-9228 (Print)  
ISSN 2078-9114 (Online)



# ВЕСТНИК

## Югорского государственного университета

Основан  
в 2005 году

# 2(65) 2022

### Основные материалы номера:

- Информационное обеспечение правоприменительной политики
- Уголовно-правовое противодействие специальным организованным формам экстремистской деятельности: законодательно-интерпретационные аспекты
- Мехатронная система контроля высокотемпературного синтеза материалов на основе интеллектуальных измерительных модулей
- Решение задачи теплопроводности в двухмерной постановке на графическом процессоре с использованием параллельных вычислений

г. Ханты-Мансийск



ВЕСТНИК  
ЮГОРСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

ВЫПУСК 2(65)/2022

---

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

г. Ханты-Мансийск  
2022 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);

**Бурундукова Елена Михайловна** – ответственный редактор по направлению 1.2 Компьютерные науки и информатика по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки); по направлению 5.2 Экономика по специальности 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика (экономические науки), кандидат экономических наук, доцент, директор Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Зеленский Владимир Иванович** – ответственный редактор по направлению 2.6 Химические технологии, науки о материалах, металлургия по специальности 2.6.17 Материаловедение (технические науки); по направлению 2.4 Энергетика и электротехника по специальности 2.4.3 Электроэнергетика (технические науки), кандидат физико-математических наук, доцент, директор Института нефти и газа ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Мионов Андрей Валерьевич** – ответственный редактор по направлению 5.3 Психология по специальности 5.3.4 Педагогическая психология, психодиагностика цифровых образовательных сред (психологические науки), кандидат психологических наук, доцент, директор Гуманитарного института ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Розенко Станислав Васильевич** – ответственный редактор по направлению 12.00.00 Юридические науки по специальности 12.00.08 Уголовное право и криминология; уголовно-исполнительное (юридические науки), кандидат юридических наук, директор Юридического института 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 ФГБУН «Институт математики имени С. Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук»;

**Кутышкин Андрей Валентинович** – доктор технических наук, профессор Института цифровой экономики 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 Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет».

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

**Альмов 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 Высшей инженеринговой школы Института нефти и газа 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 Института нефти и газа 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).

#### **12.00.00 Юридические науки по специальности 12.00.08 Уголовное право и криминология; уголовно-исполнительное (юридические науки):**

**Авдеев Вадим Авдеевич** – доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права и уголовного процесса Юридического института ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Анисимов Валерий Филиппович** – доктор юридических наук, профессор кафедры правоохранительной деятельности и адвокатуры Юридического института 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».

#### **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 Высшей инженеринговой школы Института нефти и газа ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Новожилев 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 Высшей инженеринговой школы Института нефти и газа 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»;

#### **5.2 Экономика по специальности 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика (экономические науки):**

**Грошев Александр Романович** – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Научно-образовательного центра Института экономики и управления БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»;

**Дорошенко Светлана Викторовна** – доктор экономических наук, доцент, заведующий сектором исследований адаптации региональных систем ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения РАН»;

**Исламутдинов Вадим Фаруарович** – доктор экономических наук, профессор кафедры экономической теории ЧОУ ВО «Казанский инновационный университет им. В. Г. Тимирязева» (ИЭУП);

**Каратаева Галина Евгеньевна** – доктор экономических наук, профессор кафедры финансов, денежного обращения и кредита БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»;

**Куриков Владимир Михайлович** – доктор экономических наук, профессор кафедры бизнеса и экономики Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», Советник Председателя Думы ХМАО-Югры;

**Попова Лариса Витальевна** – доктор экономических наук, профессор кафедры экономической безопасности ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»;

**Родионов Алексей Владимирович** – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономики и менеджмента Экономического факультета ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний»;

**Хромцова Лина Сергеевна** – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой бизнеса и экономики Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Шеломенцев Андрей Геннадьевич** – доктор экономических наук, профессор, заведующий отделом исследований региональных социально-экономических систем ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения РАН».

### **5.3 Психология по специальности 5.3.4 Педагогическая психология, психодиагностика цифровых образовательных сред (психологические науки):**

**Григорьева Марина Владимировна** – доктор психологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Педагогическая психология и психодиагностика» ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»;

**Духновский Сергей Витальевич** – доктор психологических наук, доцент, профессор Высшей психолого-педагогической школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Забелина Екатерина Вячеславовна** – доктор психологических наук, доцент кафедры специальной и клинической психологии ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет»;

**Исаев Евгений Иванович** – доктор психологических наук, профессор кафедры «Педагогическая психология имени профессора В. А. Гуружапова» ФГБОУ ВО «Московский государственный психологопедагогический университет»;

**Микляева Анастасия Владимировна** – доктор психологических наук, доцент, профессора кафедры психологии человека ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена»;

**Мищенко Владимир Александрович** – доктор педагогических наук, доцент, профессор Высшей психолого-педагогической школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

**Смирнов Александр Васильевич** – доктор психологических наук, доцент, профессор кафедры общей психологии и конфликтологии ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет»;

**Темнова Лариса Витальевна** – доктор психологических наук, профессор кафедры современной социологии ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова».

**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», 2022



## СОДЕРЖАНИЕ

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ .....	9
<i>Долматов А. В.</i> Мехатронная система контроля высокотемпературного синтеза материалов на основе интеллектуальных измерительных модулей.....	11
<i>Кожанова М. Ю., Бороненко М. П., Зеленский В. И.</i> Получение коррозионностойкого сплава методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза .....	22
<i>Павлова С. С.</i> Взаимосвязь дисперсности и свойств оксидной бронзы титана .....	30
<i>Снитовский Ю. П.</i> Структурно-морфологические свойства контактов к подложке из монокремния ориентации (111) на основе алюминия с барьерным слоем Ti и W – 10 %Ti .....	36
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА .....	59
<i>Попов Д. И.</i> Математическое моделирование электроэнергетических процессов в интегрированных испытательных стендах с машинами постоянного тока, работающими по принципу взаимной нагрузки.....	61
<i>Шепелев А. О., Шепелева Е. Ю.</i> Исследование несинусоидальных режимов работы электрооборудования в системе электроснабжения с б-пульсным преобразователем.....	68
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	79
<i>Кривобокова С. Е.</i> Алгоритм выявления влияния частотных при оптимальной комплектации технических средств охраны.....	81
<i>Носков С. И.</i> Построение кусочно-линейной авторегрессионной модели произвольного порядка .....	89
<i>Полухин П. В.</i> Разработка вероятностных подходов к оптимизации процедуры обучения параметров моделей тестирования на основе метода ожидания-максимизации .....	95



<i>Сеченов П. А.</i> Решение задачи теплопроводности в двухмерной постановке на графическом процессоре с использованием параллельных вычислений .....	104
<i>Пьянков О. В., Смышников Д. О.</i> Единый метод моделирования и оптимизации охранной деятельности.....	113
ЭКОНОМИКА СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ .....	125
<i>Плучевская Э. В., Шерешовец Е. В., Аладко О. И.</i> Концепция создания межотраслевых бенчмаркинг-площадок.....	127
<i>Слободян М. Л.</i> Особенности развития горнопромышленного комплекса нефтегазодобывающего региона (на примере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры).....	134
УГОЛОВНОЕ ПРАВО РОССИИ И ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН: ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ .....	145
<i>Корнеев С. А.</i> Уголовно-правовое воздействие: опыт теоретического осмысления.....	147
<i>Магнутов Ю. С.</i> Уголовно-правовое противодействие специальным организованным формам экстремистской деятельности: законодательно-интерпретационные аспекты .....	155
<i>Назаренко Г. В.</i> Информационное обеспечение правоприменительной политики .....	165
<i>Сиряков А. Н.</i> Дисциплинарные проступки осужденных по законодательству Испании.....	170
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ ОБРАЗОВАНИЯ.....	181
<i>Подымова Л. С., Чуприянова О. М.</i> Молодой учитель в зеркале перемен.....	183
<i>Смирнов А. В.</i> Рисковое поведение школьников: формы, этиология, последствия.....	190

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
И ТЕХНОЛОГИИ

---



**МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО  
СИНТЕЗА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ**

**Долматов Алексей Викторович**

*кандидат технических наук,*

*доцент кафедры информационных технологий*

*ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»*

*Ханты-Мансийск, Россия*

*E-mail: adolmatov@bk.ru*

*Предмет исследования: статья посвящена измерительному комплексу для экспериментального исследования явления СВС.*

*Цель исследования: цель разработки заключалась в одновременном наблюдении микрогетерогенных процессов и макрокинетики высокотемпературного синтеза.*

*Методы и объекты исследования: для организации скоростной многозонной регистрации тепловизионных и спектральных данных задействованы встраиваемые вычислительные платформы с поддержкой средств искусственного интеллекта.*

*Основные результаты и выводы: в рамках комплекса разработана группа интеллектуальных модулей с автономным анализом данных в режиме реального времени. Пирометрический модуль комплекса выявляет в процессе синтеза материалов структурные фазовые переходы и измеряет характерные температуры. Тепловизионный модуль определяет положение фронта волны СВС и строит распределение фаз материала и температуры на поверхности образца. Мехатронный модуль прогнозирует расположения новой области наблюдения, опираясь на измеренные параметры процесса СВС, и выполняет перемещение туда средств оптического контроля при выходе волны горения за пределы текущей зоны регистрации. Взаимодействие интеллектуальных модулей мехатронной системы реализовано посредством сообщений в беспроводной сети, а их синхронизация по протоколу NTP имеет погрешность около 40 мкс.*

*Ключевые слова: СВС, встроенный, мехатроника, слежение, спектрометр, тепловидение, искусственный интеллект, система.*

**MECHATRONIC CONTROL SYSTEM FOR HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS OF  
MATERIALS BASED ON INTELLIGENT MEASURING MODULES**

**Alexey V. Dolmatov**

*Candidate of Technical Sciences,*

*Associate Professor of the Department of Information Technology,*

*Yugra State University*

*Khanty-Mansiysk, Russia*

*E-mail: adolmatov@bk.ru*

*The subject of research: The article is devoted to the measuring complex for the experimental study of the SHS phenomenon.*

*The purpose of the development was to simultaneously observe microheterogeneous processes and macrokinetics of high-temperature synthesis.*

*Methods and objects of research: Embedded computing platforms with support for artificial intelligence tools are used to organize high-speed multi-zone registration of thermal imaging and spectral data.*

*Results of research: Within the framework of the complex, a group of intelligent modules with autonomous data analysis in real time has been developed. The pyrometric module of the complex reveals structural phase transitions in the process of high-temperature synthesis of materials and measures characteristic temperatures. The thermal imaging module determines the position of the SHS wave front and plots the material and temperature phase distributions on the sample surface. The mechatronic module predicts the location of a new observation area, based on the measured parameters of the SHS process, and moves the optical control means there when the combustion wave leaves the current registration area. The interaction of intelligent modules of the mechatronic system is implemented through messages in a wireless network, and their synchronization via the NTP protocol has an error of about 40  $\mu$ s.*

*Keywords: SHS, Embedded, Mechatronics, Tracking, Spectrometer, Thermal imaging, Artificial intelligence, System.*

---

## Введение

Современный уровень интеграции механических, электрических и информационных узлов в измерительных и мехатронных системах позволяет создавать интеллектуальные приборы, специализирующиеся на выполнении конкретной задачи [1, 2]. Это дает значительный синергетический эффект при взаимной адаптации сенсоров, способов обработки данных, управляющих сигналов и средств исполнения внутри автономного устройства – модуля [3–5]. Робототехнические и мехатронные комплексы строятся из нескольких модулей, что требует координации действий отдельных членов в подобном сообществе. Следовательно, каждый модуль должен поддерживать протоколы соседства, синхронизации часов, обмена сообщениями с результатами выполнения отдельных операций и обработки зарегистрированных данных [6, 7]. Применение мощных встраиваемых микроконтроллеров позволяет локализовать внутри модуля сложный анализ первичных данных и на несколько порядков сократить количество информации, передаваемое по внутренним каналам связи комплекса, за счет использования высокоуровневого языка сообщений [8, 9]. Сокращение трафика служебных сообщений способствует унификации внутренней коммуникационной среды и повышению быстродействия комплекса либо позволяет усложнить его структуру [10].

Цель настоящей работы – посредством беспроводных сетевых технологий организовать интеллектуальные информационно-измерительные и мехатронные модули в быстродействующую систему оптического контроля высокотемпературного синтеза материалов.

## Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлена структурная схема экспериментального комплекса, состоящего из четырех автономных устройств: специализированного пирометрического модуля, интеллектуального тепловизионного модуля, мехатронного модуля, реализующего функцию слежения за процессом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) материалов, и модуля инициации реакции [11, 12].

Взаимодействие модулей экспериментального комплекса производится только посредством сетевых коммуникаций и обмена сообщениями. Для построения экспериментального комплекса любой модуль может иницировать создание сообщества. Сообщество представляет собой логическую схему взаимодействия интеллектуальных модулей и строится на ограниченном отрезке времени, в течение которого предполагаемые члены не должны входить в другие информационно-измерительные и мехатронные комплексы. Физическая организация интеллектуальных модулей лежит на пользователе, организующем работу комплекса. В процессе создания сообщества иницирующий модуль использует процедуру установления соседства, с помощью которой определяет для других модулей GUID сообщества и IP-

адрес группового вещания, а также назначает каждому из них программу действий, привязанную к наборам входящих и исходящих сообщений [13, 14].

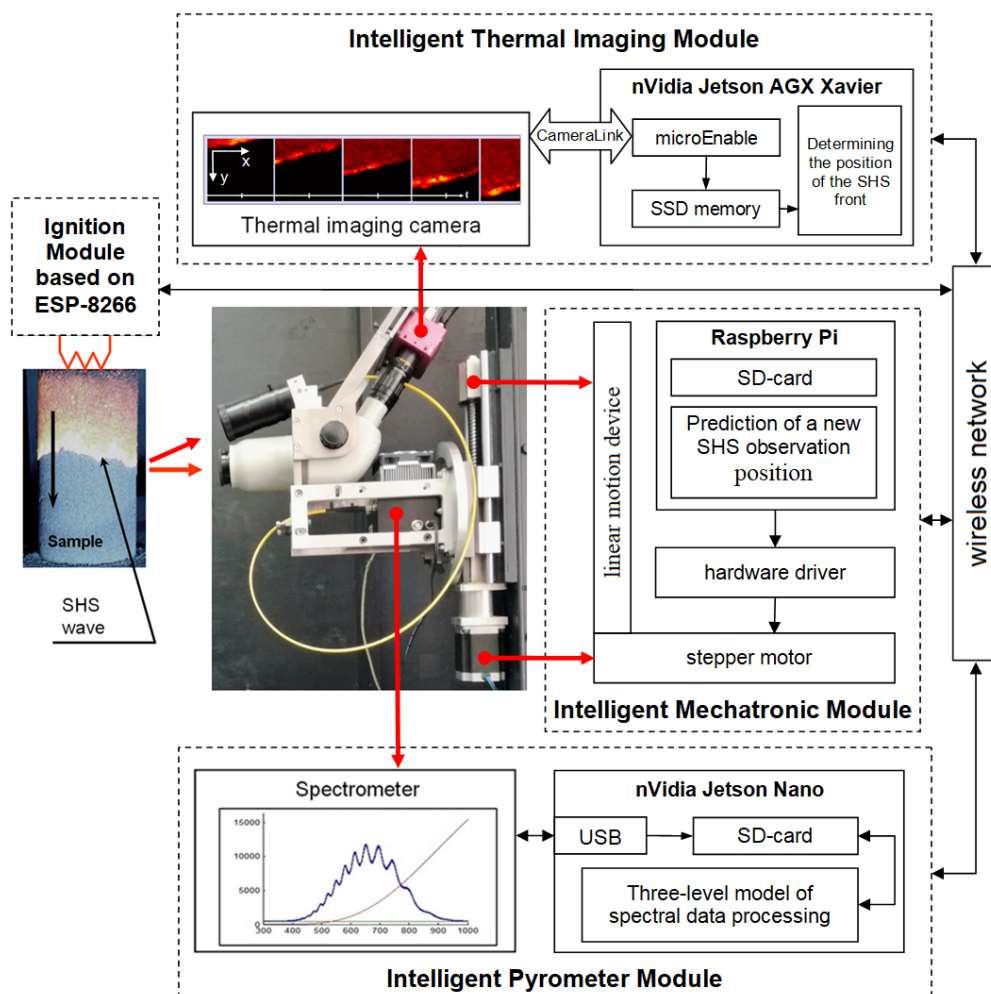


Рисунок 1 – Структурная схема экспериментального комплекса на базе информационно-измерительных и мехатронных модулей

Входящие сообщения используются модулями для синхронизации шагов их индивидуальной программы, а исходящие инициируют действия соседей по экспериментальному комплексу. В процессе работы сообщества каждый модуль комплекса сохраняет в собственной базе данных специфичную для него информацию. Однако при идентификации данных в базе применяются GUID сообщества и временные отметки собственных часов реального времени. Синхронизация часов модулей комплекса выполняется по протоколу NTP или RTP [15]. Выбор протокола зависит от требования к погрешности часов в эксперименте. Идентификация записей в базах данных интеллектуальных модулей дает возможность внешнему субъекту восстановить логическую структуру работы сообщества и объединить все сведения, полученные экспериментальным комплексом, для собственного анализа и обработки.

Пирометрический модуль используется в экспериментальном комплексе для измерения температуры и излучательной способности образца, а также определения структурных фазовых переходов в материале. Он состоит из двух функциональных блоков, сопряженных интерфейсом USB 2.0 (рис. 2). Измерительным блоком является цифровой спектрометр LR1-T (Aseq, Канада), работающий в диапазоне от 200 до 1100 нм с дисперсией 0.24 нм [16]. В качестве блока обработки данных выбран микрокомпьютер nVidia Jetson Nano под управлением операционной системы Linux Ubuntu. Аппаратные средства nVidia Jetson Nano включают ARM Cortex A57 с 4 ядрами (1600 МГц), графический процессор Maxwell с 128 ядрами

CUDA, LPDDR4 – 4 ГБ, 4xUSB 3.0, GigabitEthernet, SD (128 GB), DP1.2, M.2 key E для подключения модуля беспроводного сетевого интерфейса [17].

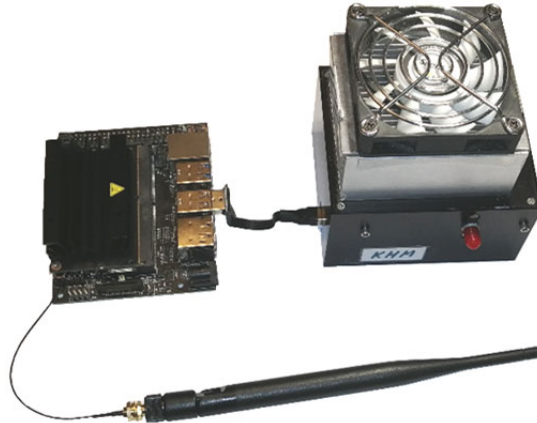


Рисунок 2 – Блок обработки данных и цифровой спектрометр пирометрического модуля

Оптический канал пирометрического модуля построен на базе объектива Computar MLH-10x и световода. Они передают на вход прибора тепловое излучение наблюдаемого объекта в видимом диапазоне спектра. При максимальной производительности ПЗС-сенсора трафик зарегистрированных данных спектрометра составляет 4 Мбит/с. Их обработка в nVidia Jetson Nano выполняется программно на основе трехуровневой информационной модели. На первом уровне осуществляется аддитивная и мультипликативная коррекция цифрового сигнала с использованием поправок, определенных на стадии калибровки пирометрического модуля по спектру абсолютно черного тела и хранящихся в базе данных на SD-карте микрокомпьютера [18]

$$S_i^* = k_i \cdot S_i^o - \delta_i, \quad i = 1, N, \quad (1)$$

где  $S_i^o$ ,  $S_i^*$  – соответственно зарегистрированный и откорректированный сигнал  $i$ -го элемента линейного ПЗС-сенсора;  $\delta_i$ ,  $k_i$  – аддитивная и мультипликативная поправка на длине волны  $\lambda_i$ ;  $N = 3648$  – количество элементов линейного ПЗС-сенсора. На втором уровне сигнал  $S_i^*$  используется для определения условных температур и вычисления оценки спектрального коэффициента излучения наблюдаемого объекта. Яркостная температура  $T_{b_i}$  на длине волны  $\lambda_i$  находится по таблице соответствия множеств

$$\{ S_i^* \} \leftrightarrow \{ T_{b_i} \}, \quad (2)$$

полученной на этапе температурной калибровки пирометрического модуля и хранящейся в базе данных на SD-карте микрокомпьютера. Спектральная температура  $T_{s_i}$  на длине волны  $\lambda_i$  определяется по формуле:

$$T_{s_i} = - \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x_i}^{-1}, \quad (3)$$

где  $x_i = C/\lambda_i$ ,  $y_i = \ln(S_i^* \cdot \lambda^4)$ ,  $C = 14388 \mu\text{m} \cdot \text{K}$ . Оценка спектрального коэффициента излучения наблюдаемого объекта – яркостно-спектральный коэффициент излучения (ЯСКИ)  $\varepsilon_{s_i}$  на длине волны  $\lambda_i$ , рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_{s_i} = \exp \left( \frac{C}{\lambda_i} \left( \frac{1}{T_{s_i}} - \frac{1}{T_{b_i}} \right) \right). \quad (4)$$

В работе [19] показано, что ЯСКИ  $\varepsilon_{s_i}$  связан со спектральной степенью черноты материала  $\varepsilon_{o_i}$  на длине волны измерения условных температур  $\lambda_i$  формулой:

$$\frac{\varepsilon_{s_i}}{\varepsilon_{o_i}} = \exp\left(\lambda_i \cdot \left(\frac{d(\ln \varepsilon_o)}{d\lambda}\right)_{\lambda_i}\right). \quad (5)$$

Когда описание радиационных свойств материала возможно на основе модели серого тела, его ЯСКИ и спектральная излучательная способность равны. Для многих реальных материалов возможен выбор такой  $\lambda_i$ , что

$$\left|1 - \varepsilon_{s_i}/\varepsilon_{o_i}\right| \cdot 100 < 5\% \quad (6)$$

Например, у нагретого до 1400–2600 К вольфрама условие (6) выполняется в спектральном диапазоне от 300 до 400 нм. Метод ЯСКИ имеет высокую температурную чувствительность ( $\sim d\varepsilon/dT$ ) и временную разрешающую способность ( $\sim d\varepsilon/dt$ ), а также позволяет использовать бесконтактный и неразрушающий подход для измерения оптического свойства материала, связанного с его макро- и микроструктурой.

После обработки спектральных данных на втором уровне информационной модели при условии определения температуры и ЯСКИ на единственной длине волны трафик пирометрического модуля, генерируемый им во внешнюю среду, сокращается на 3 порядка и ограничивается уровнем 4 кбит/с (модуль передает данные только об измеренных температурах).

В основе обработки сигнала на третьем уровне информационной модели лежит ряд экспериментальных работ [20, 21], где показано, что при фазовых переходах первого рода зависимость спектральной степени черноты материала от температуры испытывает скачок, а при фазовых переходах второго рода на ней можно обнаружить излом, и скачком меняется первая производная. Например, в экспериментах с молибденовой фольгой образец в среде аргона нагревался электрическим током, последовательно проходя ряд состояний, в которых на его поверхности наблюдались стационарные распределения температуры и ЯСКИ ( $\lambda=725$  нм). Измерения осуществлялись в нескольких зонах диаметром 100 мкм на продольной оси образца. В результате выявлено, что скачку ЯСКИ в разных зонах соответствует уникальная мощность тепловыделения в образце, но одинаковый уровень температуры, равный температуре кипения MoO<sub>3</sub> [22] (рис. 3).

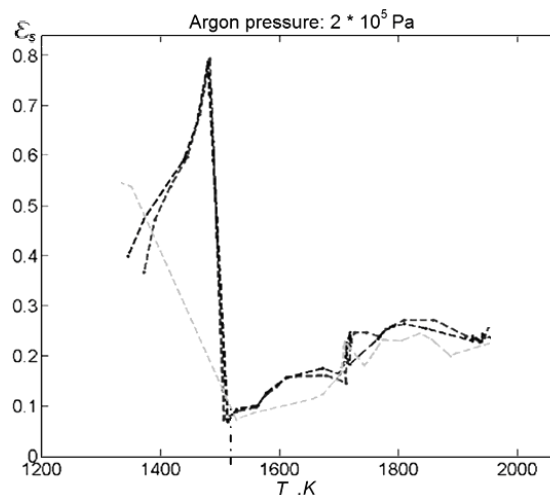


Рисунок 3 – Температурная зависимость коэффициента излучения («черноты») поверхности молибденового образца в зонах со смещением 0, 5, 10 мм

Аналогичные результаты получены в опытах с вольфрамовыми и танталовыми пленочными материалами [20, 21]. Кроме возможности ЯСКИ к обнаружению фазовых переходов,



опыты на танталовых образцах выявили дополнительные особенности данного метода. Он оказался чувствителен к изотермическому горению и изменениям фазового состава в поверхностном слое объекта. Это демонстрирует следующий пример. С помощью анализа фазовых диаграмм (Ta-O и Ta-C), исследований микроструктуры и микроэлементного состава фаз замороженных образцов удалось идентифицировать фазовые переходы, построить вероятный механизм изменения концентрации примесных атомов на поверхности танталовой фольги и последовательность смены фазовых состояний (рис. 4).

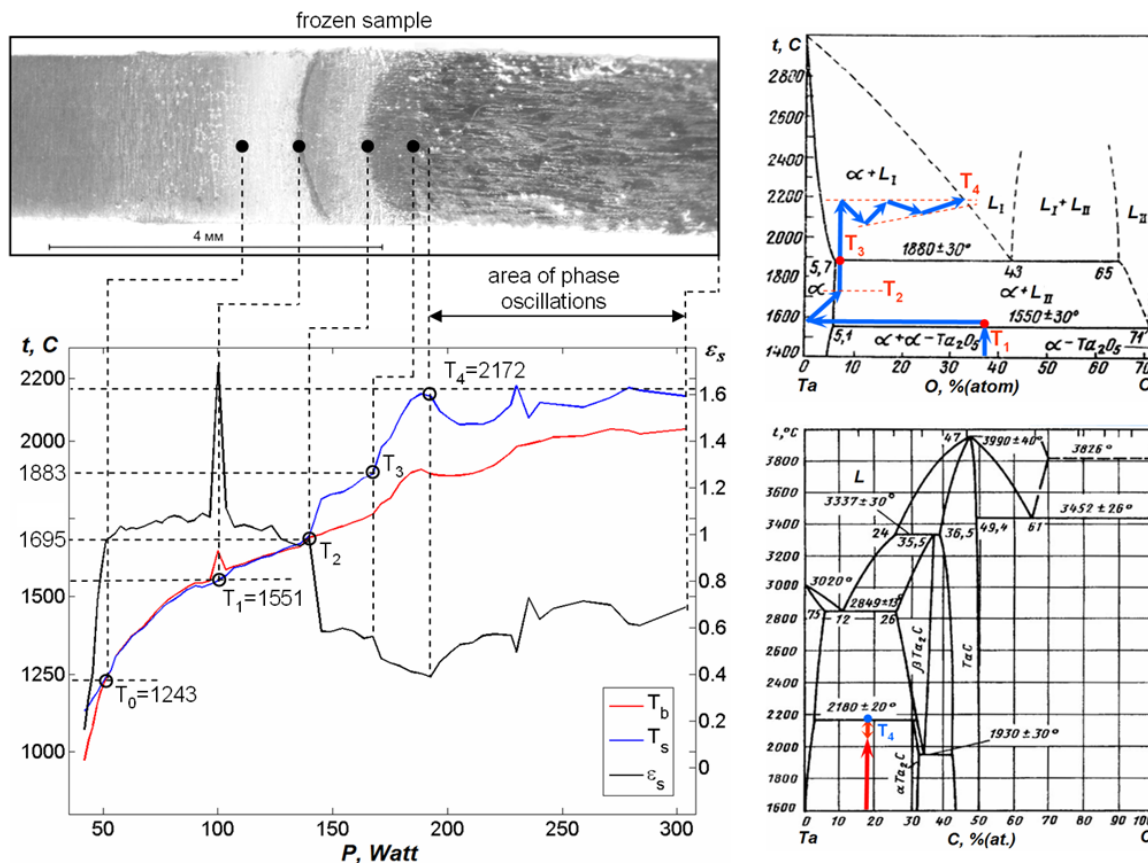


Рисунок 4 – Определение структурно-фазовых переходов на поверхности тантала по изменению ЯСКИ и построение вероятных концентрационных кривых примесных атомов

Согласно предложенной интерпретации результатов эксперимента  $T_0$  соответствует температуре насыщения поверхностного слоя образца примесными атомами O и C. При  $T_1$  происходит плавление эвтектики  $\alpha-Ta + \alpha-Ta_2O_5$ , что делает возможным растворение в ней примесных атомов и возникновение изотермического горения с образованием газообразных оксидов углерода, которые покидают образец. На изотермию горения указывает узость зоны новой фазы на замороженном образце и неизменность спектральной температуры, зависящей от формы спектра теплового излучения. При этом активация химических источников в поверхностном слое образца в дополнение к джоулевому тепловыделению приводит к резкому увеличению спектральной плотности потока излучения, что обнаруживается методом яркостной пирометрии. Конечно, в подобной точке  $\epsilon_s$  не может быть оценкой спектральной степени черноты материала (в классическом понимании), но эта особенность позволяет с помощью ЯСКИ обнаруживать временный выброс или поглощение теплоты в химических реакциях, локализованных на дефектах структуры материала.

Выявление структурных фазовых переходов и характерных температур при нагреве или охлаждении материалов возможно по зависимости ЯСКИ от времени. Для этого следует анализировать полное множество значений ЯСКИ, полученное за весь период наблюдения объекта, либо использовать подход скользящего окна, позволяющий определять фазовые изме-

нения на ограниченном временном промежутке. Авторы использовали сверточную нейронную сеть для распознавания событий, связанных с изменением структуры материала наблюдаемого объекта [23]. Ее обучение осуществлялось на основе экспериментальных данных, представленных в работах [20, 21]. Структура нейронной сети и результаты обучения размещены в базе данных на SD-карте встраиваемой системы nVidia Jetson Nano. Интеллектуальный анализ спектральных данных на третьем уровне информационной модели позволяет обнаружить структурно-фазовые изменения в материале и характерные для них температуры. Объем трафика, достаточный для передачи этих сведений через коммуникационную среду экспериментального комплекса, составляет несколько десятков бит в секунду, а время посылки отдельных сообщений через интерфейсы FastEthernet и WiFi оценивается на уровне 5-10 мкс. Таким образом, интеллектуальные возможности пирометрического модуля способствуют построению высокоуровневого языка сообщений и организации быстрого канала обратной связи.

В целом реализация методов обработки сигнала спектрометра с помощью трехуровневой информационной модели на микрокомпьютере пирометрического модуля потребовала развертывания информационных служб: СУБД MySQL, Python, Tensorflow, Apache, PHP. Для ускорения обработки потока спектральных данных и инференса нейронной сети задействованы ядра CUDA GPU-модуля с производительностью 472 GFLOPS. Web-сайт пирометрического модуля содержит средства разработки клиентского программного обеспечения на языках C++, C#, Matlab с описанием объектно ориентированного интерфейса. Кроме того, с помощью Web-интерфейса возможно интерактивное взаимодействие пирометрического модуля и пользователя: настройка длительности экспозиции в пределах от 10 мкс до 10 с, выбор спектрального диапазона в пределах от 200 до 1100 нм, установка скорости регистрации спектров (до 500 sps), просмотр спектральных данных, анализ динамики условных температур и ЯСКИ, определение температуры вероятных фазовых переходов на основе встроенных средств ИИ, загрузка программных средств для разработки клиентских приложений и служб.

Интеллектуальная тепловизионная система использует две цифровые камеры Photonfocus MV1-D1024E-CL, регистрирующие монохромные изображения опытного образца на длинах волн 525 и 725 нм с полушириной полосы пропускания 40 нм. Стереомикроскоп «Альтами CM0655» позволяет контролировать область объекта исследования с разрешением 2.5 мкм. Регистрация видеоряда выполняется платой сбора данных microEnable IV-AD4-CL, а его обработка, анализ и хранение осуществляются высокопроизводительной встраиваемой системой Jetson AGX Xavier (рис. 5). Последняя работает под управлением операционной системы Linux Ubuntu и реализует в экспериментальном комплексе несколько функций:

- взаимодействуя с модулем позиционирования, определяет оптимальную рабочую дистанцию до объекта съемки;
- производит регистрацию изображений области опытного образца, наблюдаемой при заданных координатах рабочего органа модуля позиционирования;
- производит сшивку изображений областей опытного образца, опираясь на данные модуля позиционирования;
- используя данные специализированного пирометра, с которым имеет общую область визирования, идентифицирует структурно-фазовое состояние однородных зон на снятых изображениях;
- при регистрации процесса СВС в режиме реального времени осуществляет анализ видеоданных, определяет положение фронта волны реакции и отправляет эти сведения посредством беспроводной сети модулю позиционирования.



Рисунок 5 – Высокоскоростные средства сбора и обработки видеоданных интеллектуальной тепловизионной системы на базе Jetson AGX Xavier и microEnable IV-AD4-CL

Результатом работы интеллектуального тепловизионного модуля являются временные ряды изображений структурно-фазовых зон и распределений температуры на поверхности образца. Эта информация размещается в базе данных модуля, развернутой на SSD интегрированной системы Jetson AGX Xavier. По запросу она доступна другим членам экспериментального комплекса и внешним субъектам.

Модуль 3D-позиционирования имеет оригинальную конструкцию и блок управления, в котором источник питания и драйверы шаговых двигателей подчиняется сигналам микроконтроллера Raspberry Pi 4B (8 Гб) с операционной системой Raspberry Pi OS. База данных модуля содержит программу перемещения рабочего органа по заданной траектории и сохраняет информацию о динамике его движения. В экспериментальном комплексе модуль отвечает за позиционирование средств измерения и удержание наблюдаемого явления как в области визирования, так и в фокальной плоскости оптической системы.

На начальной стадии эксперимента модуль позиционирования запрашивает параметры области визирования тепловизионной системы и связывает их с собственной системой координат. В ходе эксперимента модуль позиционирования в режиме реального времени с кадровой частотой получает от тепловизионных средств контроля сведения о положении фронта СВС в области наблюдения и делает прогноз времени выхода волны реакции за ее пределы. Другой прогнозируемой величиной является новое положение средств оптического контроля, в которое модуль позиционирования должен переместить их при измеренной скорости фронта СВС, заданном ускорении и максимальной скорости своего рабочего органа. Прогноз выполняется так, чтобы после фиксации средств измерения в новой позиции волна реакции могла заново пересечь их область визирования. В итоге, когда текущее время эксперимента достигает спрогнозированного значения, модуль позиционирования отправляет сообщение о приостановке регистрации данных на вычисленный им интервал и перемещает средства оптического контроля в новое положение.

Для инициации процесса СВС в экспериментальном комплексе разработан модуль зажигания, в котором прием команд по беспроводной сети осуществляется микроконтроллером ESP-8266. Программирование контроллера выполнено в среде Arduino на основе библиотеки ESP8266WiFi, которая поддерживает стек протоколов TCP/IP. С помощью оригинальных программных средств реализованы NTP-клиент и базовые функции интеллектуального сетевого прибора [24].

### **Заключение и выводы**

Вычислительные платформы модулей экспериментального комплекса подобраны в соответствии с объемом трафика, генерируемого их сенсорами, ресурсоемкостью задач по обработке первичных данных и служебных сообщений. На всех платформах реализована единая концепция сетевых интеллектуальных приборов, позволившая объединить специализированные модули в информационно-мехатронную систему для решения задачи совместного контроля макрокинетики и микрогетерогенных процессов явления СВС [25]. В качестве механизма решения указанной задачи в экспериментальном комплексе реализован подход многозонного наблюдения СВС с высоким пространственным и временным разрешением [26]. В экспериментальном комплексе применена двухуровневая синхронизация с мировым временем. Модуль, инициирующий построение комплекса, осуществляет свою синхронизацию по NTP-серверу сети Интернет с точностью до 40 мс, и сам при этом выступает источником временных данных для остальных интеллектуальных модулей. Это позволяет добиться в локальной сети средней ошибки хода часов модулей около 20 мкс. Единая коммуникационная среда, использование группового вещания при передаче сообщений, собственные хранилища данных и интеллектуальные способности модулей позволили минимизировать задержку в цепях обратной связи и добиться временного разрешения экспериментального комплекса на уровне 250 мкс (оценка выполнена на базе тепловизионного модуля). Для увеличения быстродействия интеллектуальной информационно-мехатронной системы следует минимизировать набор задач, решаемых модулями в режиме реального времени, а основную обработку данных выполнять по завершении процесса регистрации. Организация интеллектуальных модулей на программно-логическом уровне с помощью беспроводной сети позволяет гибко менять архитектуру экспериментального комплекса для решения широкого спектра задач оптического контроля быстропротекающих процессов [27–31].

### **Литература**

1. Miniature parallel robot with submillimeter positioning accuracy for minimally invasive laser osteotomy / M. Eugster, J.-P. Merlet, N. Gerig, P. C. Cattin, G. Rauter, // *Robotica*. – 2022. – № 40(4). – С. 1070–1097.
2. Design of a tensegrity servo-actuated structure for civil applications / Scoccia, C., Carbonari, L., Palmieri, G. [et al.] // *Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME*. – 2022. – № 144(4). – P. 043302.
3. Kinigadner, A. Schaeffler axle family – future solutions for the electric drivetrain / A. Kinigadner, T. Biermann // *VDI Berichte*. – 2019. – № 2354. – С. 567–581.
4. Jordan, V. I. 3D computer-aided simulation of SHS macrokinetics in the Ni-Al porous medium with the closest packing of «mesocells» / V. I. Jordan, I. A. Shmakov, A. A. Grigoryevskaya // *Journal of Physics: Conference Series* : 6, Samara, 26–29 мая 2020 года. – Samara, 2021. – P. 012062. – DOI 10.1088/1742-6596/1745/1/012062.
5. Лопота, В. А. Закономерности развития мехатроники и робототехники / В. А. Лопота, Е. И. Юревич. – Текст : непосредственный // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета*. – 2008. – № 3(59). – С. 12–18.
6. Offline programming of robot model with virtual environment support / I. Abramov, Y. Turygin, A. Shchenyatsky [et al.] // *12th International Conference ELEKTRO 2018, 2018 ELEKTRO Conference Proceedings* : 12, Mikulov, 21–23 мая 2018 года. – Mikulov, 2018. – P. 1–6. – DOI 10.1109/ELEKTRO.2018.8398315.
7. Тряпкин, Е. Ю. Система синхронизации времени для работы распределенной измерительной системы / Е. Ю. Тряпкин, И. В. Игнатенко, С. А. Власенко. – Текст : непосредственный // *Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона*. – 2021. – № 4 (29). – С. 72–76.

8. Жуков, Ю. А. Нейросетевое решение задач управления гексаподом для встраиваемой платформы NVIDIA Jetson / Ю. А. Жуков, Е. Б. Коротков, А. В. Мороз. – Текст : непосредственный // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2018. – № 8. – С. 231–241.
9. Suzen, A. A. Benchmark Analysis of Jetson TX2, Jetson Nano and Raspberry PI using Deep-CNN / A. A. Suzen, B. Duman, B. Sen // HORA 2020 : 2nd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications : Proceedings. – 2020. – С. 9152915.
10. Kryjak, T. Real-time hardware-software embedded vision system for ITS smart camera implemented in Zynq SoC / T. Kryjak, M. Komorkiewicz, M. Gorgon // Journal of Real-Time Image Processing. – 2018. – № 15 (1). – С. 123–159.
11. Зенин, А. А. Исследование структуры тепловой волны в СВС-процессах (на примере синтеза боридов) / А. А. Зенин, А. Г. Мержанов, Г. А. Нерсисян. – Текст : непосредственный // Физика горения и взрыва. – 1981. – Т. 16, № 1. – С. 79–90.
12. Моделирование фрактальных структур упаковок порошковых СВС-материалов / П. Ю. Гуляев, А. В. Долматов, И. В. Милюкова [и др.]. – Текст : непосредственный // Ползуновский альманах. – 2007. – № 3. – С. 39–41.
13. Bratchikova, O. M. The advantage of multicast IP technology in comparison with traditional technology IP-address (unicast) / O. M. Bratchikova, V. V. Kukartsev, O. I. Suslova. – Текст : непосредственный // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. – 2015. – № 14. – С. 99–100.
14. Коробко, И. В. Поиск данных в Active Directory по GUID / И. В. Коробко. – Текст : непосредственный // Системный администратор. – 2012. – № 4 (113). – С. 15.
15. Климов, Д. А. Особенности синхронизации в беспроводных сетях связи / Д. А. Климов. – Текст : непосредственный // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. – 2019. – Т. 10, № 1. – С. 17–19.
16. ASEQ Instruments Homepage. – URL: <https://aseq-instruments.com/>, last accessed 2022/04/19 (дата обращения: 09.05.2022).
17. nVidia: Jetson Nano. – URL: <https://www.nvidia.com/ru-ru/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-nano/>, last accessed 2022/04/19 (дата обращения: 09.05.2022).
18. Долматов, А. В. Спектральный пирометр для контроля температуры в процессах термосинтеза / А. В. Долматов, И. П. Гуляев, Р. Р. Имамов. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2014. – № 2 (33). – С. 32–42.
19. Долматов, А. В. Оценка спектральной степени черноты материалов средствами оптической пирометрии / А. В. Долматов, И. В. Милюкова, А. Э. Алиев. – Текст : непосредственный // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии. – 2018. – Т. 2. – № 1. – С. 147–155.
20. Автоматизированный комплекс пирометрического контроля структурообразования в материалах / А. В. Долматов, И. В. Милюкова, И. М. Исакова, А. В. Калачев. – Текст : непосредственный // Многоядерные процессоры, параллельное программирование, ПЛИС, системы обработки сигналов. – 2017. – Т. 1, № 7. – С. 172–183.
21. Dolmatov, A. V. Investigation of structure formation in thin films by means of optical pyrometry / A. V. Dolmatov, I. V. Milyukova, P. Y. Gulyaev // Journal of Physics: Conference Series, Saint Petersburg, 14–16 мая 2019 года. – Saint Petersburg : Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012010. – DOI 10.1088/1742-6596/1281/1/012010.
22. Самсонов, Г. В. Физико-химические свойства окислов : справочник / Г. В. Самсонов, А. Л. Борисова, Т. Л. Жидкова. – Москва : Металлургия. – 1978. – 472 с. – Текст : непосредственный.
23. Haykin, S. Neural Networks and Learning Machines / S. Haykin. – 3rd Edition. – Prentice Hall, 2009.
24. Долматов, А. В. Сетевая архитектура калибровочного стенда тепловизионных и спектральных приборов для контроля высокотемпературного синтеза материалов / А. В.

Долматов. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2021. – № 4 (63). – С. 35–44. – DOI 10.17816/byusu20210435-44.

25. Dolmatov, A. V. Chrono-topographic analysis of the fire focus dynamics in the SHS wave / A. V. Dolmatov, P. Yu. Gulyaev, I. V. Milyukova // Journal of Physics: Conference Series, Tomsk, 16–22 September 2018 years. – Tomsk : Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 042024. – DOI 10.1088/1742-6596/1115/4/042024.

26. Dolmatov, A. V. Thermal imaging complex with tracking function for joint research of microheterogeneous processes and macrokinetics of SHS phenomenon / A. V. Dolmatov, P. Y. Gulyaev // Journal of Physics Conference Series : The International Conference «Information Technologies in Business and Industry», Novosibirsk, 18–20 February 2019 years. – IOP Publishing : IOP Publishing, 2019. – P. 062006. – DOI 10.1088/1742-6596/1333/6/062006.

27. Оценка скорости и температуры дисперсной фазы в струях плазменно-дугового напыления / М. П. Бороненко, И. П. Гуляев, П. Ю. Гуляев [и др.]. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–10. – С. 2135–2140.

28. Ермаков, К. А. Система оптического контроля скорости и температуры частиц в технологиях газотермического напыления. – Текст : непосредственный / К. А. Ермаков, А. В. Долматов, И. П. Гуляев // Вестник Югорского государственного университета. – 2014. – № 2 (33). – С. 56–68.

29. Измерение скорости и температуры частиц в потоке низкотемпературной плазмы / М. П. Бороненко, И. П. Гуляев, П. Ю. Гуляев, А. Е. Серегин. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57, № 3. – С. 70–73.

30. Formation of highly concentrated heterogeneous flows during plasma deposition of powder materials / V. I. Kuzmin, I. P. Gulyaev, D. V. Sergachev [et al.] // Journal of Physics: Conference Series, Divnomorskoe, 31 May – 6 June 2021 года. – Divnomorskoe, 2021. – P. 052095. – DOI 10.1088/1742-6596/2131/5/052095.

31. Grigoryevskaya, A. A. Spin instability of technological combustion mode in a wave of self-propagating high-temperature synthesis / A. A. Grigoryevskaya, P. Yu. Gulyaev // Yugra State University Bulletin. – 2022. – № 1(64). – P. 9–20. – DOI 10.18822/byusu20220109-20.

32. Equipment and technologies of air-plasma spraying of functional coatings / V. Kuzmin, I. Gulyaev, D. Sergachev [et al.] // MATEC Web of Conferences, Sevastopol, 11–15 September 2017 years. – Sevastopol: EDP Sciences, 2017. – P. 01052. – DOI 10.1051/matecconf/201712901052.

**ПОЛУЧЕНИЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО СПЛАВА  
МЕТОДОМ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ  
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА**

**Кожанова Мария Юрьевна**

*кандидат технических наук,  
младший научный сотрудник*

*лаборатории аналитического контроля аналитического управления  
отделения радионуклидных источников и препаратов*

*АО «Государственный научный центр –*

*Научно-исследовательский институт атомных реакторов»*

*Дмитровград, Россия*

*E-mail: iviary.iviatr@yandex.ru*

**Бороненко Марина Петровна**

*кандидат технических наук,*

*доцент Института нефти и газа,*

*ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»*

*Ханты-Мансийск, Россия*

*E-mail: m\_boronenko@ugrasu.ru*

**Зеленский Владимир Иванович**

*кандидат физико-математических наук,*

*директор Института нефти и газа,*

*ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»*

*Ханты-Мансийск, Россия*

*E-mail: w\_selenski@ugrasu.ru*

*Предмет исследования: самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) – энергетически малозатратный метод получения материалов с заданными свойствами.*

*Цель исследования: разработка и апробация метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.*

*Методы и объекты исследования: для синтеза коррозионностойкого материала брали термитную смесь Al (75 %) и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (25 %) и добавку MoO<sub>3</sub> переменной массовой доли 10 %, 15 %, 20 %, 25 % от термита. Методами РФА и металлографии определены состав и структура синтезированного материала. Исходя из физических свойств полученного материала (пористость, электропроводность) и его фазового состава (MoO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeMoO<sub>4</sub>), для испытаний на коррозионную стойкость выбраны образцы, полученные при 15 % добавке MoO<sub>3</sub>.*

*Основные результаты и выводы: в работе представлены результаты апробации получения коррозионностойкого материала методом СВС. Проведенными испытаниями на коррозионную стойкость установлено: скорость сплошной коррозии синтезированного материала (MoO<sub>3</sub> 15 %) составила 0,2 мм/год, что близко по значению к коррозионно стойким сталям; высокая устойчивость синтезированного материала к технической соли при испытаниях в течение 14 дней концентрированным раствором реагента 0,18мл\*экв/л. Перечисленные свойства синтезированного материала подтверждают возможность получения коррозионностойких материалов методом СВС, в том числе для эксплуатации в Арктике.*

Ключевые слова: самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), коррозионная стойкость, скоростная видеосъемка.

## THE PRODUCTION OF CORROSION ALLOY BY SELF-PROPAGATING HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS

**Maria Yu. Kozhanova**

*Candidate of Technical Sciences,  
Junior Researcher of the Laboratory  
for Analytical Control of the Analytical Department  
of the Department of Radionuclide Sources and Preparations  
of the Scientific Technical Department of JSC "SSC RIAR",  
Dimitrovgrad, Russia  
E-mail: iviary.iviatr@yandex.ru*

**Marina P. Boronenko**

*Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor at the Institute of Oil and Gas,  
Yugra State University  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: m\_boronenko@ugrasu.ru*

**Vladimir I. Zelensky**

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Director of the Oil and Gas Institute,  
Yugra State University  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: w\_selenski@ugrasu.ru*

*The subject of research: Self-propagating high-temperature synthesis (SHS) is an energetically low-cost method for obtaining materials with desired properties.*

*The purpose of research: Development and approbation of the method of self-propagating high-temperature synthesis.*

*Methods and objects of research: For the synthesis of a corrosion-resistant material, a thermite mixture of Al (75 %) and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (25 %) and the addition of MoO<sub>3</sub> with a variable mass fraction of 10 %, 15 %, 20 %, 25 % of thermite were taken. The composition and structure of the synthesized material were determined by XRD and metallography methods. Based on the properties of the physical properties of the obtained material (porosity, electrical conductivity) and its phase composition (MoO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeMoO<sub>4</sub>), samples obtained with a 15 % addition of MoO<sub>3</sub> were selected for testing for corrosion resistance.*

*Results of research: The paper presents the results of approbation of obtaining a corrosion-resistant material by the SHS method. Conducted tests for corrosion resistance established: the rate of continuous corrosion of the synthesized material (MoO<sub>3</sub> 15 %) was 0.2 mm / year, which is close in value to corrosion-resistant steels; high resistance of the synthesized material to technical salt when tested for 14 days with a concentrated solution of the reagent 0.18 ml \* eq / l. The listed properties of the synthesized material confirm the possibility of obtaining corrosion-resistant materials by the SHS method, including those for operation in the Arctic.*

*Keywords: Self-propagating high temperature synthesis (SHS), corrosion resistance, high-speed video.*

---



## Введение

Современные материалы, в том числе металлы и сплавы, применяемые в промышленности, часто эксплуатируются в агрессивных средах. При этом прямые мировые потери от коррозии оцениваются в 1,8 трлн долларов, а в таких странах, как США, Великобритания, Германия, достигают 3 % валового внутреннего продукта [1–2]. Поэтому решение проблемы коррозионной стойкости материалов входит в число актуальных задач, стоящих перед научным сообществом.

Порошковая металлургия дает возможность получать широкий спектр материалов, обладающих различными физико-химическими свойствами. Однако технология получения отливок высокого качества энергозатратна, трудоемка и требует наличия дорогостоящего оборудования. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) [3–8] – перспективный метод получения материалов с заданными свойствами, в котором сведены к минимуму указанные недостатки. Таким образом, для получения коррозионностойкого материала на основе системы Fe-Al-MoO<sub>3</sub> целесообразно апробировать именно СВС, что и является целью нашей работы.

### Техника и методы эксперимента

В работе использован экспериментальный комплекс «Прометей» (рис. 1), включающий: 1 – камеру Sooco S70 спектральной чувствительности 400-700 нм, 30fps; 2 – термометр Xintest HT-9815 с 4 термопарами (до 1372±1 °С), контактирующими с шихтой в разных областях интереса; 3 – кварцевый реактор; 4 – источник питания, обеспечивающий нагрев вольфрамовой спирали, инициирующей горение; 5 – манометр для контроля давления в закрытом стальном реакторе; 6 – компрессор, обеспечивающий конвекцию тепловых потоков в момент инициирования горения.

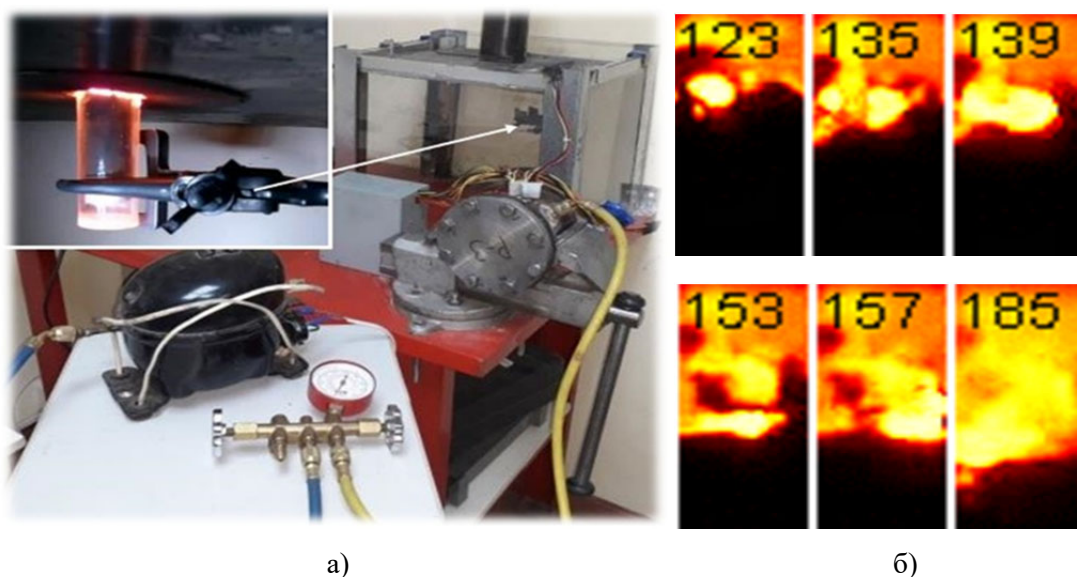


Рисунок 1 – а) экспериментальный стенд; б) кадры процесса синтеза

Перед проведением эксперимента проводилась калибровка системы ввода изображения. Для каждого режима видеосъемки запечатлется тарировочная область лампы при разной яркостной температуре: 1000С, 1100С... 2000С. Калибровочный файл получают путем усреднения значения яркости в каждом пикселе за все время Stack. При этом среднему значению яркости изображения сопоставляется яркостная температура лампы, известная из паспорта лампы и соответствующая току, протекающему через нить накала в момент фотографирования. Калибровка видеокамеры по эталонной температурной лампе и введение пространственного масштаба позволяют контролировать динамику яркостной температуры по-

верхности реакционной области и частоты возникновения очагов горения. Трассе-анализ дифференциальной хроноскопии волны горения СВС возможно осуществить в программе ImageJ [8–9]. Технология изготовления образцов включает следующие операции: сушку порошков в вакуумной печи 6 ч для удаления влаги; расчет стехиометрии и приготовление шихты заданного состава; смешение порошков Fe-Al-Mo-O в смесителе типа «пьяная бочка» до однородного; загрузку шихты в реактор; инициацию горения.

Шихта для получения коррозионностойкого материала методом СВС состоит из термитной смеси (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Al)-100 % и переменной массовой доли MoO<sub>3</sub>, составляющей от термита 10 %, 15 %, 20 %, 25 %. Дисперсность исходных порошков: MoO<sub>3</sub> – 100 мкм, Al – 50 мкм; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – до 300 мкм. Визуализация результатов пространственно-временного анализа процесса горения представлена на рисунках 2 а, б.

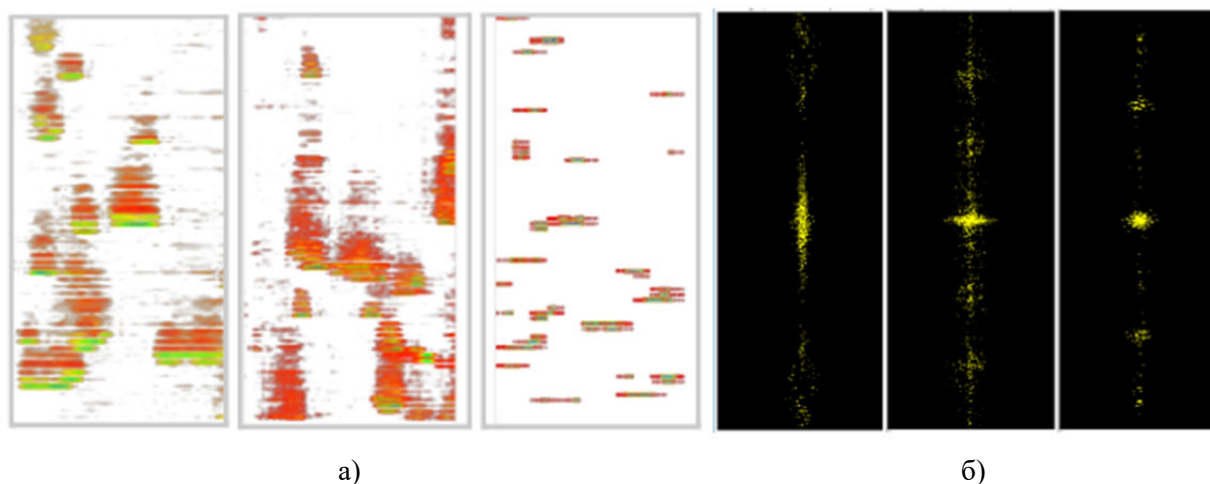


Рисунок 2 – а) интегральная картина очагов в волне синтеза; б) БПФ интегральной картины пространственного распределения высокотемпературной фазы синтеза

Очевидно, что БПФ видеофайлов пространственного распределения высокотемпературной фазы синтеза с 15 % добавкой имеет выраженные пики (интенсивность горения выше), частота возникновения очагов более высокая. Это позволяет протекать синтезу более эффективно. Микроструктура образцов (рис. 3) изучалась с применением металлографического анализа на микроскопе Axiovert-200 MAT, дополнительный анализ осуществлялся в программе «ImageJ» [10-15].

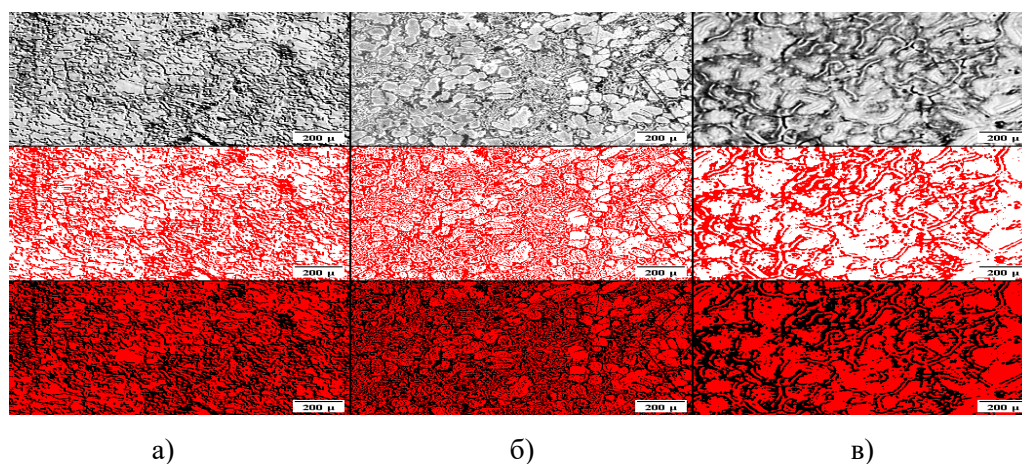


Рисунок 3 – Микроструктура образцов, синтезированных в кварцевом реакторе с разной процентной добавкой MoO<sub>3</sub> (10 %, 15 %, 20 %): а) оригинал; б) выделенная темная фаза; в) выделенная светлая фаза

Количественное соотношение более темной фазы и светлой, присутствующих на поверхности шлифов синтезированных образцов, а также пористость, изменялась в зависимости от состава шихты. Твердость более светлой фазы меняется от 686 до 946 HV, а более темной фазы – от 3070 до 3144,4 HV. Структура светлой фазы изменяется от дендритной до равноосной. Основные параметры синтеза и полученных образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Количественные параметры синтеза и полученных образцов

Масс. доля MoO <sub>3</sub>	Параметры синтеза		% пор в прод-те	Микротвердость HV (% S фазы)		Удельное сопрот-е Ом*мм <sup>2</sup> /м
	ярк. T <sub>max</sub> °C	скорость мм/с		Темная	Светлая	
10	1,1	1550	16	3070(58)	823(42)	0,89
15	2	1600	12	3144(55)	946(44,3)	0,55
20	0,5	1500	23	1546(64)	686(36,4)	1,2

Полученные образцы исследованы на рентгеновском дифрактометре «ARL XTRA» на медном излучении (Cu K) с шагом 0.05°, экспозиция 2 сек.; растровом электронном микроскопе EVO 50XVP (CarlZeiss) с системой INCA x-act (OxfordInstruments) с приставкой для микрорентгеноспектрального анализа. Элементный состав фаз идентифицировали POWDER DIFFRACTION FILE (картотека ASTM). Рентгенофазовый анализ показал наличие в образцах MoO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeMoO<sub>4</sub>, FeFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Основными фазами образца с 15 % добавкой MoO<sub>3</sub> является Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с ромбоэдрической кристаллической решеткой и FeMoO<sub>4</sub>. Бета-фаза FeMoO<sub>4</sub> стабильна в широком диапазоне температур (25–800 °C). Для бета-FeMoO<sub>4</sub> результаты уточнения Рейтвельда и расчетов DFT-GGA дают кристаллическую структуру, в которой Fe находится в почти октаэдрическом окружении, а Mo тетракоординирован [9–10].

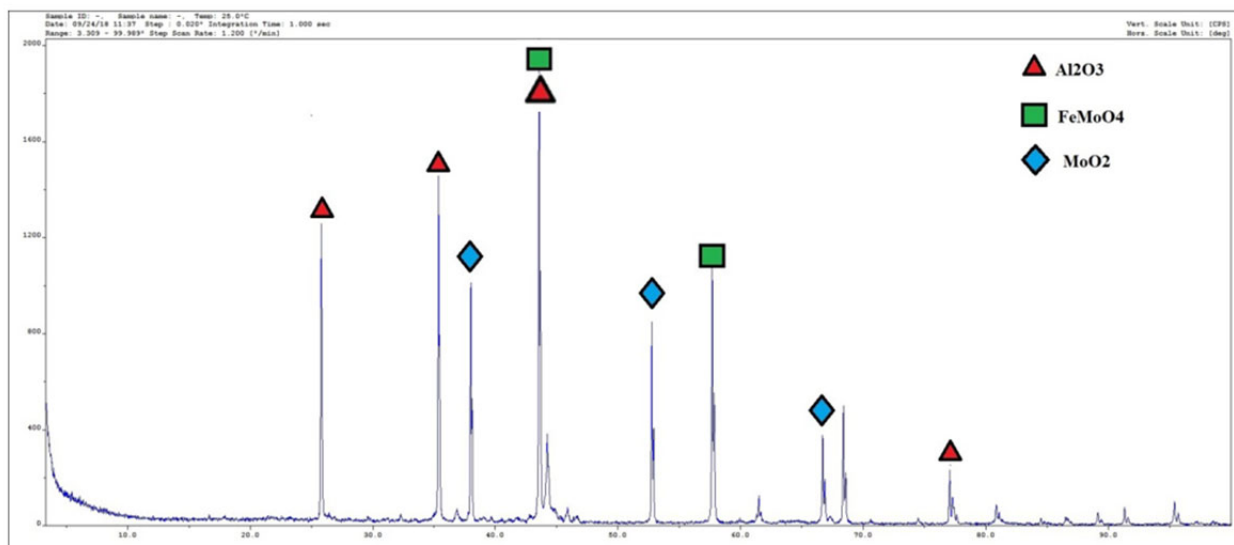
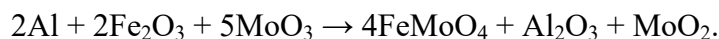


Рисунок 4 – Рентгенограмма образца Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al+15 мас.% MoO<sub>3</sub>

Поэтому в соответствии с полученными результатами основной реакцией, по которой протекал синтез, можно считать:



Свободный алюминий входил в состав шихты во всех случаях, однако пиков чистого Al не зафиксировано, что свидетельствует о возможном его недостатке для полного восстановления оксидов. Также замечено, что при синтезе происходило достаточно интенсивное выделение газов и разброс вещества. Поэтому предложено проводить синтез под давлением. Также при анализе элементного состава синтезированных образцов не все пики было возможно идентифицировать. В результате изучения основных свойств синтезированных материалов для исследования на коррозионностойкость были взяты образцы с содержанием MoO<sub>3</sub> –15 %.



### Испытания синтезированного материала на коррозионную стойкость

Как известно, в настоящее время нет единых международных требований к проведению испытаний материалов агрессивной средой, вызывающей коррозию, что связано с разными условиями эксплуатации [Курс, М. Г., et al. «Ускоренные и циклические коррозионные испытания авиационных материалов» Труды ВИАМ 10 (82) (2019): 61–75]. В основном испытания материалов проводят циклическим воздействием соляного тумана (ГОСТ 28234-89). Если же вместо соляного тумана использовать непосредственное воздействие раствора – испытания при полном погружении в соляной раствор. В таком случае продолжительность циклирования уменьшается.

Испытания синтезированного материала на коррозионностойкость проводили двумя методами: непосредственным погружением в раствор с технической солью, применяемой в качестве противогололедных мер, и кипячением в водном растворе 65%-ной азотной кислоты. Для второго способа собрана установка, представленная на рисунке 5 б.

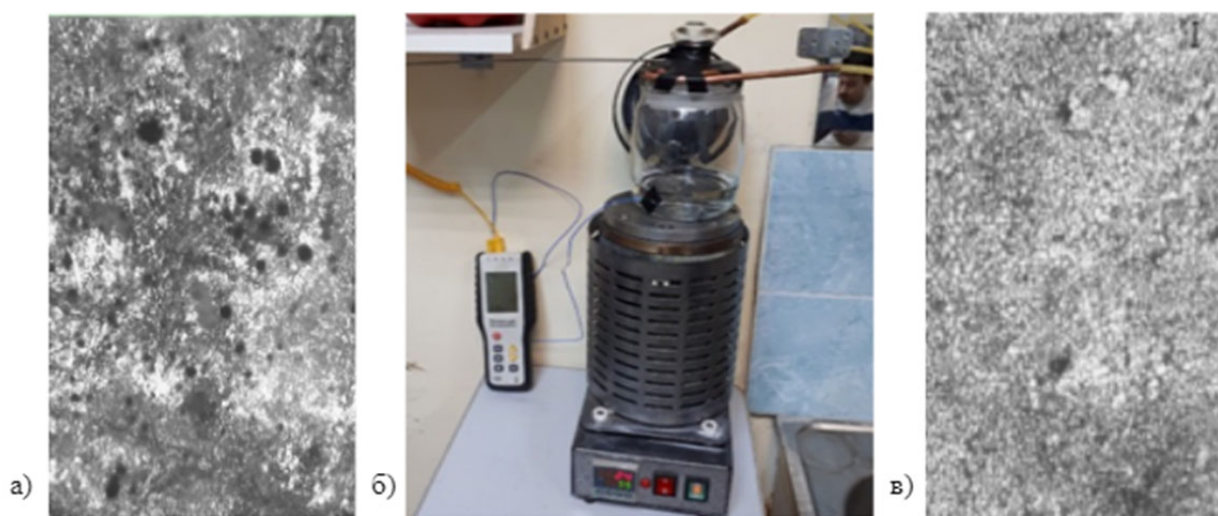


Рисунок 5 – Образец  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}+15 \text{ мас.}\% \text{ MoO}_3$ :

- а) фотография поверхности образца после испытаний 65%-ной азотной кислотой;
- б) установка для испытаний материалов на коррозионную стойкость;
- в) фотография поверхности образца после испытаний технической солью

Воздействие агрессивных сред исследовалось на синтезированные и приведенные к одинаковым параметрам образцы ( $m=2,500\pm 0,002 \text{ г}$ ,  $h=2,00\pm 0,01 \text{ мм}$ ,  $r=10,00\pm 0,01 \text{ мм}$ ).

Для испытаний погружением в соляной раствор использовали таблетированную соль, изготавливаемую из технической соли экстра-класса. Состав соли (галит) для дорог состоит из следующих элементов: хлористый натрий – не менее 98,1 %; кальций-ион – не более 0,35 %; магний-ион – не более 0,05 %; сульфат-иона не более 1%; калий-ион – не более 0,1 %; оксид железа – не более 0,005 %; нерастворимый остаток – не более 0,25 %, доля влаги – не более 0,25%. Стеклоянная емкость 1 л наполнялась водой, в которой растворяли галит до плотности 0.18мл\*эquiv/л, замер плотности производился ареометром. Каждый образец подвешивался на нити и погружался в отдельную емкость с раствором так, чтобы расстояния от поверхности жидкости и от дна сосуда до образца были примерно одинаковы, температура окружающей среды  $(30\pm 3)^\circ$ , продолжительность непрерывного воздействия солевого раствора на каждый образец – 14 суток. Таким образом, условия испытаний сопоставимы с условиями в камере соляного тумана. После истечения 14 суток образцы извлекали из раствора, исследовали на предмет распространения коррозии, при этом цвет образцов и их масса не изменились.

Кроме испытаний в растворе галита оценивалась скорость коррозии по убыли массы образцов от длительности пребывания его в азотной кислоте. Для этого на дно стеклоянной емкости 1 л (рис. 5), снабженной обратным холодильником, был помещен сухой образец

синтезированного материала. Сосуд с 65%-ной азотной кислотой (HNO<sub>3</sub>) помещался на печь с автоматическим поддержанием постоянной температуры. Подогрев раствора до температуры 50 °С приводил к слабому равномерному кипению, при этом не допускалось выпаривание раствора. Продолжительность одного цикла составляет 48 часов. Скорость коррозии контролировалась после каждого цикла (48 ч) путем измерения массы извлеченного из сосуда, промытого водой и высушенного образца. Всего проведено 2 цикла испытаний.

### Результаты и обсуждение

Результаты испытаний солевым раствором и азотной кислотой представлены в таблице 2. Скорость сплошной коррозии  $v_k$  мм/год, по формуле:

$$v_k = \frac{87600\Delta m}{\rho S t},$$

где  $\Delta m$  – потеря массы образца за данный цикл, г;  $S$  – поверхность испытуемого образца, см<sup>2</sup>;  $t$  – продолжительность испытания, ч;  $\rho$  – плотность испытуемого материала, г/см<sup>3</sup>. Результаты испытаний синтезированного материала на коррозионную стойкость приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний синтезированного материала на коррозионную стойкость

Вид испытаний	Полный цикл	m; h; r; ρ, S цил	Δm, г	t, ч	$v_k = \frac{87600\Delta m}{\rho S t}$
Галит	1	2,500±0,002 г, 2,00±0,01 мм, 10,00±0,01 мм 3,98±0,01г/см <sup>3</sup> 5, 65±0,01 см <sup>2</sup>	0	336	0
HNO <sub>3</sub>	1		0	48	0
HNO <sub>3</sub>	2		0,13	48	0,22 мм/год

Тестируя коррозионные свойства синтезированного материала по аналогии с испытаниями, проводимыми для основного металла сталей, дальнейшее испытание можно не проводить, если скорость коррозии во втором и третьем циклах не превышает 0,30 мм/год. Таким образом, синтезированный материал близок по своим свойствам к коррозионно стойким сталям (сталь, коррозия свыше 0,05 до 0,1 относится к стойким), несмотря на не совсем удачный элементный состав.

### Заключение и выводы

В ходе экспериментов получения коррозионностойкого материала на основе системы Fe-Al-MoO<sub>3</sub> методом СВС установлено:

- для процентного соотношения в термитной смеси Al (75 %) и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (25 %) добавка MoO<sub>3</sub> свыше 25 % не позволяет идти синтезу, т. к. скорость и температура реакции падают с постепенным увеличением добавки;
- методами РФА и металлографии определены состав и структура синтезированного материала. При 15 % добавке MoO<sub>3</sub> основной фазовый состав продуктов синтеза: MoO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeMoO<sub>4</sub>.

Проведенными испытаниями на коррозионную стойкость установлено:

- скорость сплошной коррозии синтезированного материала (MoO<sub>3</sub> 15 %) составила 0,2 мм/год, что близко по значению к коррозионностойким сталям;
- высокая устойчивость синтезированного материала к технической соли при испытаниях в течение 14 дней концентрированным раствором реагента 0,18 мл\*экв/л.

Перечисленные свойства синтезированного материала подтверждают возможность получения коррозионностойких материалов методом СВС, в том числе для эксплуатации в Арктике. Для улучшения физико-химических свойств синтезируемого материала необходи-

мо провести исследования синтеза целевого продукта под давлением и корректировкой состава термитной смеси.

### Список литературы

1. Global Needs for Knowledge Development in Materials Deterioration and Corrosion Control / M. Schutze, G. F. Hays, W. Burns, [et al.], 2009.
2. Revie R. Uhlig's Corrosion Handbook // Unites / R.W. Revie. – Hoboken, NX USA : John Wiley & Sons, Inc., 2011. – P. 15–20.
3. Obtaining Radiation-resistant Material by SHS Method / M. Kozhanova, A. Kozhanov, I. Golubenko [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 521. – P. 012005.
4. Correction factor in temperature measurements by optoelectronic systems / N. Bikberdina, R. Yunusov, M. Boronenko, P. Gulyaev // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – Vol. 917. – P. 052031.
5. Borodina, K. Thermal analysis of reaction producing  $KXTiO_2$  / K. Borodina, S. Sorokina, N. Blinova. – DOI: 10.1007 / s10973-017-6840-0 // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2018. – Vol. 131, No 1. – P. 561–566.
6. Чеклов, С. А. Тепловизионный метод контроля фазообразования в процессе СВ-синтеза / С. А. Чеклов, Д. О. Боброва, П. Ю. Гуляев. – Текст : непосредственный // Электронные средства и системы управления. – 2017. – № 1–2. – С. 123–125.
7. Control of dispersed-phase temperature in plasma flows by the spectral-brightness pyrometry method / A. V. Dolmatov, I. P. Gulyaev, P. Yu. Gulyaev, V. I. Jordan. – DOI:10.1088/1757-899X/110/1/012058 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 110, № 1. – P. 012058.
8. Гуляев, П. Ю. Трасе-анализ дифференциальной хроноскопии волны горения СВС при высокоскоростной телевизионной регистрации / П. Ю. Гуляев, В. И. Иордан, В. В. Мулярец. – Текст : непосредственный // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 62–67.
9. Studies on the behavior of mixed-metal oxides: structural, electronic, and chemical properties of  $\beta$ -FeMoO<sub>4</sub> / J. A. Rodriguez [et al.] // The Journal of Physical Chemistry B 104.34. – 2000. – P. 8145–8152.
10. Моделирование фрактальных структур упаковок порошковых СВС-материалов / И. В. Милюкова, А. Л. Трифонов, С. А. Ширяев, П. Ю. Гуляев. – Текст : непосредственный // Ползуновский альманах. – 2007. – № 3. – С. 39–41.
11. Оценка времени фазообразования в системе горения NiAl методом визуализации тепловых полей / М. П. Бороненко, А. Е. Серегин, П. Ю. Гуляев, И. В. Милюкова. – Текст: непосредственный // Научная визуализация. – 2015. – Т. 7, № 5. – С. 102–108.
12. Dolmatov, A. V. Investigation of structure formation in thin films by means of optical pyrometry / A. V. Dolmatov, I. V. Milyukova, P. Y. Gulyaev. – DOI:10.1088/1742-6596/1281/1/012010 // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1281. – P. 012010.
13. Григорьевская, А. А. Компьютерная визуализация радиационного теплопереноса в волне горения СВС / А. А. Григорьевская, П. Ю. Гуляев. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2019. – № 4. – С. 5–9.
14. Cui, H. Z. Influence of micropores on structural instability of the combustion wave / H. Z. Cui, A. A. Grigoryevskaya, P. Yu. Gulyaev. – Текст: непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2019. – № 4 (55). – С. 33–40.
15. Вычислительная методика расчета признаков спиновой неустойчивости СВС / А. А. Григорьевская, П. Ю. Гуляев, В. И. Иордан, И. А. Шмаков. – Текст : непосредственный // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии. – 2019. – Т. 3, № 2. – С. 82–91.

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ ДИСПЕРСНОСТИ И СВОЙСТВ ОКСИДНОЙ БРОНЗЫ ТИТАНА**

**Павлова Светлана Станиславовна**

*кандидат технических наук, доцент*

*Высшей нефтяной школы Института нефти и газа  
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»*

*Ханты-Мансийск, Россия*

*E-mail: pavlova\_ss@mail.ru*

*Предметом исследования данной работы являются оксидные калий-титановые бронзы.*

*Цель работы: установить взаимосвязь дисперсности образцов оксидной калий-титановой бронзы и ее физико-химических свойств.*

*Методы синтеза: самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), механосинтез. Методы исследования, применяемые в работе: рентгенофазовый анализ (РФА), оптический метод определения размера частиц, четырехзондовый метод определения электропроводности, термический анализ, метод определения химической стойкости.*

*Результаты исследования: определены размеры частиц, которые составляют 400, 200 и 40 нм. Установлено, что нанокристаллические образцы оксидной калий-титановой бронзы менее устойчивы к воздействию агрессивных сред. Уменьшение размера частиц не оказывает влияния на термическую устойчивость. При переходе к наноразмерам происходит увеличение удельной электропроводности в 1,5 раза и составляет  $0,076 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ . Рассчитана объемная плотность дефектов нанокристаллической структуры оксидной калий-титановой бронзы, которая составляет  $10^{13} \text{ см}^{-2}$ .*

*Ключевые слова: оксидная калий-титановая бронза, механосинтез, дисперсность, дефектность кристаллической структуры.*

## **THE RELATIONSHIP OF DISPERSION AND PROPERTIES OF POWDER MATERIALS ON THE EXAMPLE OF TITANIUM OXIDE BRONZE**

**Svetlana S. Pavlova**

*Candidate of Technical Sciences,*

*Associate Professor of the Higher Oil School,*

*Institute of Oil and Gas,*

*Yugra State University*

*Khanty-Mansiysk, Russia*

*E-mail: pavlova\_ss@mail.ru*

*The subject of this work is oxide potassium-titanium bronzes.*

*The purpose of the work: to establish the relationship between the dispersion of samples of oxide potassium-titanium bronze and its physicochemical properties.*

*Synthesis methods: self-propagating high-temperature synthesis (SHS), mechanosynthesis. Research methods used in the work: X-ray phase analysis (XRF), optical method for determining particle size, four-probe method for determining electrical conductivity, thermal analysis, method for determining chemical resistance.*

*Results of the study: particle sizes were determined, which are 400, 200 and 40 nm. The work is devoted to the study of the influence of fineness on the structure and physicochemical properties of compounds of variable composition on the example of titanium oxide bronzes. A nanocrystalline sample of oxide potassium-titanium bronze was obtained by mechanosynthesis, coarse powders*

were obtained by SHS. The obtained samples were identified by X-ray phase analysis. The optical method of analysis determined the particle sizes, which are 400, 200 and 40 nm. It has been established that nanocrystalline samples of oxide potassium-titanium bronze are less resistant to aggressive media. Reducing the particle size does not affect the thermal stability. In the transition to nanoscale, the specific electrical conductivity increases by 1.5 times and amounts to  $0,076 \text{ Ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ . The volume density of defects in the nanocrystalline structure of oxide potassium-titanium bronze is calculated, which is  $10^{13} \text{ cm}^{-2}$ .

*Keywords: potassium oxide-titanium bronze, mechanosynthesis, dispersion, defectiveness of the crystal structure.*

---

## **Введение**

Изучение твердого тела остается перспективным направлением на протяжении многих лет в связи с постоянно растущими требованиями, предъявляемыми к твердым катализаторам, электродам, материалам сенсоров и других технических устройств, а также к сырью для их производства. Причем важным является изучение не только свойств кристаллов, но и их первопричины – структуры.

В последние десятилетия особое внимание уделяется изучению наноразмерных материалов и, соответственно, интенсивно развивается направление нанотехнологии. Наноматериалами принято называть индивидуальные вещества или смесь веществ, имеющих размеры менее 100 нм, при этом кристаллическая решетка таких соединений может представлять собой неупорядоченную или упорядоченную структуру.

Как известно, в подавляющем большинстве наноматериалы обладают улучшенными физико-химическими и механическими свойствами [4, 12, 16, 18]. В первую очередь, по мнению авторов [20], это связано с увеличением удельной площади поверхности, а соответственно, с появлением высокой избыточной поверхностной энергии частиц. Однако наличие избытка поверхностной энергии приводит к проблемам синтеза наноматериалов: даже инертные материалы, переходя к наноразмерам, становятся реакционноспособными, кроме того, возникает неоднородность распределения атомов и молекул в наноматериале [3, 8: с. 37–114].

Существует несколько методов синтеза твердых наночастиц [7, 11, 19], исторически первым и до сих пор не потерявшим свою актуальность является механическое воздействие, которое осуществляется в шаровых и планетарных мельницах. При измельчении происходит пластическая деформация вещества, энергии, «вбиваемой» в измельчаемое вещество, достаточно даже для протекания химической реакции между твердыми реагентами [1: с. 23–46].

Несмотря на достоинства механосинтеза, а именно высокий выход продукта, имеющего частицы наноразмера, вопрос с равномерным распределением атомов и молекул в нанокристаллах так и остается неразрешенным. Авторами [5] установлено, что неравномерность распределения частиц связана с попаданием в зону синтеза посторонних веществ, например материала мельющих тел, которые вызывают повышенное дефектообразование и приводят к нарушению трансляционной симметрии в атомной решетке продукта.

Реальные кристаллы, в отличие от идеальных, всегда содержат различные дефекты как поверхности, так и дефекты кристаллической структуры. Изучение дефектов структуры, их типов, причин появления и свойств поможет предотвратить их возникновение, а в ряде случаев даст возможность контролировать их количество и, следовательно, позволит управлять свойствами кристаллических веществ [13].

Образование дефектов кристаллической структуры всегда является эндотермическим процессом, в результате чего происходит возрастание внутренней энергии кристалла. Рассчитать количество дефектов можно, определив избыток этой энергии, значительное количество которой связано с изменением межатомных связей и, следовательно, с нарушением симметрии атомной решетки.



Авторами [15] дается утверждение, что число дефектов определяется в основном температурой системы и самой энергией дефекта. Именно величина этой энергии и определяет свойства наноматериалов, по которым можно оценить количество дефектов.

Интересными и перспективными материалами в химической технологии являются оксидные бронзы переходных металлов, которые хорошо зарекомендовали себя как катализаторы органического синтеза и электродные материалы [2, 6, 17]. Оксидные бронзы представляют собой нестехиометрические соединения с высокой степенью дефектности.

Цель работы: установить взаимосвязь между размерами кристаллов, степенью дефектности и свойствами оксидной калий-титановой бронзы.

### Результаты и обсуждение

Синтез калий-титановой оксидной бронзы проводили двумя методами: методом механосинтеза [14] и методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [9]. Идентификацию продуктов проводили с помощью дифрактометра ДРОН-5, продукт представляет собой фазу состава  $K_{0.12}TiO_2$ .

Размеры частиц определяли оптическими методами: лазерной дифракции на лазерном дифрактометре HORIBA LA-300, для определения размера ультрадисперсных частиц использовали спектрофотометрический метод, основанный на теории светорассеяния Ми [10]. В ходе механосинтеза удалось достигнуть 30 % выхода наночастиц, СВ-синтез требует дополнительного помола продукта и содержит наночастицы в небольшом количестве. В таблице 1 приведены данные седиментационного анализа.

Таблица 1 – Распределение частиц по размерам

Размеры частиц, нм	ω, %	
	Механосинтез	СВС
0–100	30	5
100–300	40	15
300–500	20	30
500 и выше	10	50

Разделение частиц по размерам проводили седиментацией. Для нашей работы использовались частицы со средним размером 40 нм, 200 нм и 400 нм.

Химическую устойчивость оценивали по действию на образцы концентрированных агрессивных сред (таблица 2). Время воздействия составило 720 часов.

Таблица 2 – Химическая устойчивость оксидной калий-титановой бронзы

Реагент	Коэффициент массового разложения (k), %		
	$K_{0.12}TiO_2$ (400 нм)	$K_{0.12}TiO_2$ (200 нм)	$K_{0.12}TiO_2$ (40 нм)
HNO <sub>3</sub> , 68 %	15	15	25
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 90 %	0	0	10
HNO <sub>3</sub> +3HCl	80	90	100
NaOH, 50 %	10	10	20

Коэффициент массового разложения k определен гравиметрически по формуле:

$$k = \frac{m(TiO_2)}{m(K_{0.12}TiO_2)}$$

Уменьшение химической устойчивости частиц оксидной калий-титановой бронзы при переходе к наноразмерам можно объяснить увеличением удельной поверхностной энергии, что приводит к увеличению реакционной способности.

Измерение удельной электропроводности осуществляли четырехзондовым методом. Таблетки готовили прессованием под давлением 500 МПа, размер таблеток составил: диаметр – 1,5 см, высота – 0,5 см.

Термическую устойчивость определяли методом термического анализа (ТА) на Q-дериватографе «МОМ» (Венгрия) при следующих условиях: в качестве эталона выступал  $Al_2O_3$ , начальная температура – 20 °С, конечная температура – 1000 °С, скорость нагрева – 10 град/мин., TG=100 мг, DTG=1/50.

Результаты определения удельной электропроводности и термической стойкости представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Удельная электропроводность и термическая стойкость калий-титановой оксидной бронзы

Размеры частиц, нм	Удельная электропроводность, $Om^{-1}cm^{-1}$	Температура разложения, °С
40	0,076	915
200	0,050	918
400	0,048	918

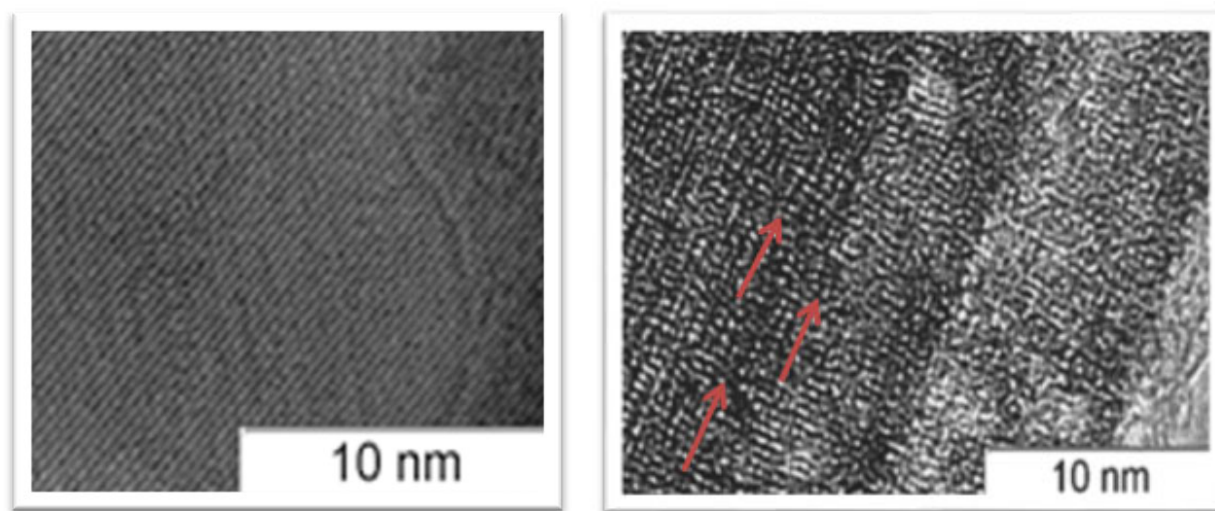
Различия в температурах разложения для частиц разной дисперсности выявить не удалось, вероятно, это связано с крайне низкой способностью оксидных бронз окисляться кислородом воздуха.

Заметное увеличение удельной электропроводности наблюдается именно для наноразмерных частиц, тогда как для частиц размером 200 и 400 нм значения лежат в пределах погрешности.

Такое электрохимическое поведение наночастиц оксидной калий-титановой бронзы можно связать с появлением дополнительных дефектов структуры в результате помола.

В ходе механической обработки материала в кристалле возникают упругие напряжения, что в свою очередь приводит к образованию микротрещин, и, как следствие, возможно протекание химической реакции, одновременно происходит образование дефектов кристаллической решетки.

С целью выявления наличия дефектов и степени дефектности кристаллической структуры оксидной калий-титановой бронзы были получены изображения с помощью просвечивающего электронного микроскопа Talos L120C, представленные на рисунке.



а)

б)

Рисунок – ПЭМ-изображения  $K_{0.12}TiO_2$  а) кристалл 200 нм; б) кристалл 40 нм

Изображение, полученное для мелкодисперсных частиц оксидной бронзы, показывает периодичность структуры образца. На ПЭМ-изображении нанокристаллических образцов можно увидеть появление большого числа дефектов – краевой дислокации (показаны стрелкой). Краевая дислокация является локализованным искажением кристаллической решетки, которое обусловлено наличием или отсутствием лишней полуплоскости.

Для определения концентрации дефектов в работе использовался косвенный метод, который заключается в подсчете отношения площади отклонения от регулярной структуры к общей площади. Объемная плотность дислокаций составила  $10^{13}$  см<sup>-2</sup>, что значительно выше соответствующего значения для полупроводниковых материалов.

### Заключение и выводы

Важным фактором, определяющим физико-химические свойства кристаллических тел, является состояние и доля поверхностного слоя. Поверхностный слой обладает значительной избыточной поверхностной энергией, которая является причиной повышенной реакционной способности вещества, а также приводит к увеличению дефектности структуры за счет деформаций. При переходе к наноразмерам происходит скачок концентрации дефектов за счет образования краевых дислокаций.

При измельчении калий-титановой оксидной бронзы до 40 нм происходит возрастание плотности дефектов, что в свою очередь приводит к резкому увеличению удельной электропроводности и уменьшению химической устойчивости образцов.

### Список литературы

1. Фундаментальные основы механической активации, механосинтеза и механохимических технологий / ред.: В. В. Болдырев, Е. Г. Авакумов. – Новосибирск : Издательство Сибирского отделения Российской академии наук, 209. – 342 с. – Текст : непосредственный.
2. Алихаджиева, Б. С. Оксидно-вольфрамовые бронзы-перспективные материалы современной техники / Б. С. Алихаджиева, З. С. Хасбулатова – Текст : непосредственный // Известия Чеченского государственного педагогического университета. – 2017. – № 1 (17). – С. 72.
3. Андриевский Р. А. Наноматериалы: концепция и современные проблемы / Р. А. Андриевский. – Текст : непосредственный // Российский химический журнал. – 2002. – Т. 46, № 5. – С. 50–56.
4. Боченков, В. Е. Наноматериалы для сенсоров / В. Е. Боченков, Г. Б. Сергеев. – Текст : непосредственный // Успехи химии. – 2007. – Т. 76, № 11. – С. 1084–1093.
5. Динамические равновесия фаз в процессах механосинтеза сплава состава  $Fe_{72.6}C_{24.5}O_{1.1}N_{1.8}$  / В. А. Волков, И. А. Елькин, А. В. Зайганов [и др.]. – Текст : непосредственный // Физика металлов и металловедение. – 2014. – Т. 115, № 6. – С. 593.
6. Дробашева, Т. И. Нестехиометрия, кристаллохимия и электропроводность щелочных бронз и оксидов молибдена / Т. И. Дробашева, С. Б. Расторопов. – Текст : непосредственный // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2015. – Т. 79, № 6. – С. 779–779.
7. Жеребцов, Д. А. Синтез наноматериалов с использованием ПАВ / Д. А. Жеребцов. – Текст : непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия. – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 66–96.
8. Карабасов, Ю. С. Новые материалы – МИСИС. – Москва, 2002. – 736 с. – Текст : непосредственный.
9. Котванова, М. К. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез и свойства оксидных титановых бронз / М. К. Котванова, С. С. Павлова, И. Е. Стась. – Текст : непосредственный // Ползуновский вестник. – 2010. – № 1. – С. 207–210.
10. Хлебцов, Б. Н. Определение размера, концентрации и показателя преломления наночастиц оксида кремния методом спектроскопии / Б. Н. Хлебцов, В. А. Ханадеев, Н. Г. Хлебцов. – Текст : непосредственный // Оптика и спектроскопия. – 2008. – Т. 105, № 5. – С. 801–808.
11. Электровзрывные методы синтеза углеродных наноматериалов / Н. И. Кускова, А. Д. Рудь, В. Я. Уваров [и др.]. – Текст : непосредственный // Металлофизика и новейшие технологии. – 2008. – Т. 30, № 6. – С. 833–847.

12. Мирошников, С. А. Наноматериалы в животноводстве : (обзор) / С. А. Мирошников, Е. А. Сизова. – Текст : непосредственный // Животноводство и кормопроизводство. – 2017. – № 3 (99). – С. 7–22.
13. Петрунин, В. Ф. Ультрадисперсные порошки – российская ниша наноматериалов и перспективная база нанотехнологий / В. Ф. Петрунин. – Текст : непосредственный // Экология XXI век. – 2005. – № 3. – С. 90–91.
14. Сологубова, И. А. Механохимический синтез оксидных бронз титана / И. А. Сологубова, М. К. Котванова, С. С. Павлова. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 12. – С. 123–126.
15. Уваров, Н. Ф. Композиционные твердые электролиты / Н. Ф. Уваров, В. Г. Пономарева, Г.В. Лаврова. – Текст : непосредственный // Электрохимия. – 2010. – № 46 (7). – С. 772–784.
16. Штыков, С. Н. Наноматериалы и нанотехнологии в химических и биохимических сенсорах: возможности и области применения / С. Н. Штыков, Т. Ю. Русанова. – Текст : непосредственный // Российский химический журнал. – 2008. – Т. 52, № 2. – С. 92–100.
17. О перспективности использования оксидных вольфрамовых бронз в электронной технике / Б. К. Шурдумов, Г. К. Шурдумов, А. Б. Шурдумов [и др.]. – Текст : непосредственный // Микро- и нанотехнологии в электронике : материалы VII Международной научно-технической конференции. Нальчик, 2015. – С. 225–228.
18. Ярославцев, А. Б. Электродные наноматериалы для литий-ионных аккумуляторов / А. Б. Ярославцев, Т. Л. Кулова, А. М. Скундин. – Текст : непосредственный // Успехи химии. – 2015. – Т. 84, № 8. – С. 826–852.
19. Assembayeva, A. R. Методы синтеза оксидных наноматериалов / A. R. Assembayeva, M. F. Kadir, Z. K. Kalkozova. – Текст : непосредственный // Журнал проблем эволюции открытых систем. – 2020. – Т. 19, № 1. – С. 87–92.
20. Gleiter, H. Deformation of Polycrystals / H. Gleiter // Proc. of 2nd RISO Symposium on Metallurgy and Materials Science. – Roskilde, RISO Nat. Lab., 1981. – P.15.

**СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНТАКТОВ К ПОДЛОЖКЕ  
ИЗ МОНОКРЕМНИЯ ОРИЕНТАЦИИ (111) НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ С  
БАРЬЕРНЫМ СЛОЕМ Ti И W – 10 %Ti**

**Снитовский Юрий Павлович**

*кандидат технических наук,  
доцент кафедры микро- и нанoeлектроники  
Белорусского государственного университета  
информатики и радиоэлектроники  
Минск, Белоруссия  
SPIN: 7996-5717  
E-mail: yu.snitovsky@tut.by*

*Предметом исследования работы является формирование омических контактов к монокремнию из алюминия, выполненное с целью выявления роли тонкопленочного барьерного слоя на основе титана и вольфрама.*

*Цель работы: исследование механизма твердофазного взаимодействия в системах Al/Ti/Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si при формировании контактов к кремнию ориентации (111) на основе алюминия с барьерным слоем Ti и W – 10 %Ti, их структурно-морфологических свойств и путей управления этим механизмом. В ходе исследования выявлялись связи между структурой и свойствами пленок, которые могут приводить к браку или снижению служебных характеристик ИС из-за нарушения структуры пленочной композиции.*

*Методами термодинамики установлено, что при изготовлении элементов схемы, использующих дисилицид титана, Ti будет реагировать через тонкий слой диоксида кремния с SiO<sub>2</sub>, остающимся на поверхности. Показано, что различие в поведении толстых и тонких оксидов согласуется с термодинамическими данными для массивных материалов. При этом формирование и окончательные электрические свойства области границы раздела силицид–кремний зависят от наличия неизбежных примесей, присутствующих при осаждении металла, вступающего в реакцию.*

*В результате электронно-микроскопических методов исследования системы Al/W–Ti/Si установлено, что барьерный слой вольфрам–10 % (масс.) титана надежно термостабилен до температуры 773 К независимо от толщины слоя (0,05–0,12 мкм).*

*Ключевые слова: морфология покрытия, сплавы алюминия, тонкие пленки, барьерный слой, сплав вольфрам–титан, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия пленок, отжиг поверхности.*

**STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF CONTACTS  
TO A (111) ORIENTATION MONOSILICON SUBSTRATE BASED  
ON ALUMINUM WITH A Ti AND W – 10 % Ti BARRIER LAYER**

**Yuri P. Snitovsky**

*Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of the Department of Micro- and Nanoelectronics,  
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics  
Minsk, Belarus  
SPIN: 7996-5717  
E-mail: yu.snitovsky@tut.by*

*The paper presents the results of studies on the formation of ohmic contacts to monosilicon from aluminum in the presence of a thin-film barrier layer based on titanium and tungsten.*

*The purpose of research: to study the mechanism of solid-phase interaction in Al/Ti/Si and Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si systems during the formation of contacts to (111) orientation silicon based on aluminum with a Ti and W – 10% Ti barrier layer, their structural and morphological properties and ways to manage this mechanism. The study revealed relationships between the structure and properties of the films, which can lead to marriage or a decrease in the service characteristics of the IC due to a violation of the structure of the film composition.*

*Methods and objects of research: It is shown that the difference in the behavior of thick and thin oxides is consistent with the thermodynamic data for bulk materials. In this case, the formation and final electrical properties of the silicide–silicon interface region depend on the presence of unavoidable impurities present during the deposition of the reacting metal.*

*As a result of electron microscopic studies of the Al/W–Ti/Si system, it was found that the tungsten–10 % (wt.) titanium barrier layer is reliably thermally stable up to a temperature of 773 K, regardless of the layer thickness (0.05–0.12 μm).*

*Keywords: coating morphology, aluminum alloys, thin films, barrier layer, tungsten-titanium alloy, X-ray photoelectron spectroscopy of films, surface annealing.*

---

## **Введение**

Использование силицидов в качестве барьеров Шоттки, омических контактов и тугоплавких соединений с низким удельным сопротивлением становится все более важным в технологии производства интегральных схем (ИС) и полупроводниковых приборов [1-11]. Так, например, в [4] приведены результаты исследований по формированию силицида и барьера Шоттки в системах Ti/Si и Ti/SiO<sub>x</sub>/Si. Наблюдение за электронными и химическими изменениями, протекающими в системах Ti/Si и Ti/SiO<sub>x</sub>/Si в ультравысоком вакууме, проводилось с использованием ультрафиолетовой фотоэмиссионной спектроскопии и Оже-электронной спектроскопии. Установлено, что титан, нанесенный на кремний, демонстрирует резкую границу раздела, без изменения уровня Ферми и образования силицидов вплоть до нагрева до 400–500 °С. В то же время титан, нанесенный на тонкие оксиды кремния (<2 нм), освобождает кремний на границе раздела и реагирует через оксид с образованием силицида при нагревании до 400–500 °С. Однако титан, нанесенный на толстые термические оксиды, также освобождает кремний, но дальнейшая реакция не происходит до нагрева до 700–900 °С, после чего TiO<sub>x</sub> формируется вблизи поверхности. Но при реакции Ti с более толстым слоем SiO<sub>2</sub> формируется оксид Ti, который может действовать в качестве диффузионного барьера для предотвращения дальнейшего восстановления оксида, непрореагировавшим Ti, или образования силицида.

Барьерный слой титана можно считать наиболее ответственным элементом токопроводящей системы [8, 11, 44]. Однако процессы твердофазного взаимодействия в системах Al/Ti/Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si изучены недостаточно, поскольку реальные структуры относятся к областям кремния, легированного бором или фосфором, и широко используются в кремниевой технологии. В результате диффузии бора и фосфора из кремния, а также диффузии кремния через слой титана происходит их взаимодействие, как со слоем титана, так и слоем алюминия с образованием различных по составу полицидов, оксидов и интерметаллидов вплоть до сложного состава Ti<sub>7</sub>Si<sub>12</sub>Al<sub>5</sub> [12, 13, 45]. Именно поэтому исследование твердофазного взаимодействия и особенностей такого взаимодействия – структурно-морфологических особенностей переходных слоев и воздействие на них температуры представляет особый интерес [1, 4, 22, 24].

Методика исследования термодинамики химических реакций  
в системах Al/Ti/Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si

Прежде чем перейти к рассмотрению твердофазного взаимодействия в системах Al/Ti/Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si, целесообразно оценить термодинамику образования соединений в вышеуказанных системах путем расчета изобарно-изотермического потенциала  $\Delta G^{\circ}_T$  по методике, например, [14]. Реакция термодинамически возможна при  $\Delta G^{\circ}_T < 0$  [1, 46]. Как показали проведенные термодинамические расчеты в диапазоне температур от 400 до 1200 К, для систем Al/Ti/Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si характерны процессы сложного химического взаимодействия от образования простых до образования сложных соединений, полный перечень которых приведен в таблице 1.

Согласно расчетам подтверждается высокая химическая активность алюминия по отношению к кислороду (реакция 1) и диоксиду кремния (реакция 5). Алюминий способен реагировать с титаном с образованием твердого раствора Al<sub>3</sub>Ti (реакция 2), AlTi (реакция 3) и AlTi<sub>2</sub> (реакция 4). При взаимодействии оксида алюминия с оксидом титана происходит образование устойчивого соединения Al<sub>2</sub>TiO<sub>3</sub> за счет взаимного растворения оксидов (реакция 8). Этот механизм наиболее вероятен по отношению к оксиду алюминия и менее вероятен к диоксиду кремния (реакция 9). С диоксидом кремния оксид алюминия образует алюмосиликат Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> (реакция 10), причем с увеличением температуры вероятность процесса усиливается. Термодинамическая оценка возможности прямого химического взаимодействия титана с бором (реакция 12), с фосфором (реакция 13), с кислородом (реакции 17–19), а так же как и кремния с кислородом (реакции 14–16), свидетельствуют о том, что все эти реакции возможны в условиях создания многослойных структур токопроводящих систем. Тем не менее наиболее вероятными из них являются реакции взаимодействия титана с бором с образованием TiB<sub>3</sub> (реакция 12), окисление титана до образования Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (реакция 19), с образованием TiO<sub>2</sub> (реакция 18), а также окисление кремния до SiO (тверд.) (реакция 15), с образованием SiO<sub>2</sub> (аморф.) (реакция 16).

Таблица 1 – Изобарно-изотермический потенциал ( $\Delta G^{\circ}_T$ )  
в системах Al – Ti – Si и Al – Ti – SiO<sub>x</sub> – Si

Реакции	$\Delta G^{\circ}_T$ (кДж/моль) при температуре T, К				
	400	600	800	1000	1200
1. $4Al + 3O_2 \rightleftharpoons 2Al_2O_3$	-805,00	-809,00	-813,00	-816,00	-820,00
2. $3Al + Ti \rightleftharpoons Al_3Ti$	-50,00	-61,00	-72,00	-84,00	-112,00
3. $Al + Ti \rightleftharpoons AlTi$	-136,75	-116,90	-99,90	-83,40	-73,00
4. $Al + 2Ti \rightleftharpoons AlTi_2$	-270,60	-265,30	-260,00	-254,00	-249,90
5. $4Al + 3SiO_2 \rightleftharpoons 2Al_2O_3 + 3Si$	-595,00	-571,00	-547,00	-524,00	-500,00
6. $3Ti + 2Al_2O_3 \rightleftharpoons 3TiO_2 + 4Al$	+35,00	+30,00	+26,00	+21,00	+18,00
7. $3Ti + Al_2O_3 \rightleftharpoons 3TiO + 2Al$	+169,00	+162,00	+158,00	+151,00	+148,00
8. $Al_2O_3 + TiO_2 \rightleftharpoons Al_2TiO_5$	-1523,00	-1525,00	-1527,00	-1529,00	-1531,00
9. $TiO_2 + SiO_2 \rightleftharpoons TiSiO_4$	+44,10	+20,40	-1,60	-25,60	-49,20
10. $Al_2O_3 + SiO_2 \rightleftharpoons Al_2SiO_5$	+21,00	-1,20	-26,40	-48,60	-72,40
11. $7Al_3Ti + 12Si \rightleftharpoons Ti_7Si_{12}Al_5 + 16Al$	-33,20	-40,70	-48,00	-56,00	-74,70
12. $Ti + 3B \rightleftharpoons TiB_3$	-656,00	-672,00	-690,00	-708,00	-738,00
13. $Ti + P \rightleftharpoons TiP$	-88,00	-92,00	-96,00	-101,00	-106,00
14. $2Si + O_2 \rightleftharpoons 2SiO$ (газ.)	-47,60	-42,40	-39,10	-36,10	-30,10
15. $2Si + O_2 \rightleftharpoons 2SiO$ (тверд.)	-429,00	-268,00	-191,00	-127,00	-78,00
16. $Si + O_2 \rightleftharpoons SiO_2$ (аморф.)	-215,00	-230,00	-270,00	-310,00	-410,00
17. $2Ti + O_2 \rightleftharpoons 2TiO$	-140,00	-160,00	-192,00	-210,00	-240,00
18. $Ti + O_2 \rightleftharpoons TiO_2$	-500,00	-550,00	-600,00	-649,00	-701,00
19. $4Ti + 3O_2 \rightleftharpoons 2Ti_2O_3$	-720,00	-740,00	-762,00	-784,00	-802,00
20. $11Ti + 3SiO_2 \rightleftharpoons 6TiO + Ti_5Si_3$	-126,80	-167,60	-221,30	-292,00	-385,60

21. $3\text{Ti} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2\text{TiO} + \text{TiSi}$	-133,60	-152,96	-175,90	-202,30	-233,00
22. $5\text{Ti} + 2\text{SiO}_2 \rightleftharpoons 4\text{TiO} + \text{TiSi}_2$	-135,20	-155,50	-178,80	-205,60	-236,50
23. $2\text{Ti} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2\text{TiO} + \text{Si}$	-135,20	-155,50	-178,80	-205,60	-236,50
24. $9\text{Ti} + 3\text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2\text{Ti}_2\text{O}_3 + \text{Ti}_5\text{Si}_3$	-126,80	-167,60	-223,00	-296,00	-394,00
25. $7\text{Ti} + 3\text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2\text{Ti}_2\text{O}_3 + 3\text{TiSi}$	-136,00	-156,40	-179,90	-206,80	-238,00
26. $11\text{Ti} + 6\text{SiO}_2 \rightleftharpoons 4\text{Ti}_2\text{O}_3 + 3\text{TiSi}_2$	-138,60	-154,60	-173,00	-193,90	-217,00
27. $4\text{Ti} + 3\text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2\text{Ti}_2\text{O}_3 + 3\text{Si}$	-140,30	-147,00	-154,00	-162,00	-170,00
28. $43\text{Ti} + 15\text{SiO}_2 \rightleftharpoons 6\text{Ti}_3\text{O}_5 + 5\text{Ti}_5\text{Si}_3$	-110,50	-132,40	-159,10	-206,00	-289,00
29. $11\text{Ti} + 5\text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2\text{Ti}_3\text{O}_5 + 5\text{TiSi}$	-115,00	-172,50	-215,60	-269,50	-336,90
30. $17\text{Ti} + 10\text{SiO}_2 \rightleftharpoons 4\text{Ti}_3\text{O}_5 + 5\text{TiSi}_2$	-112,00	-123,20	-138,00	-154,00	-173,00
31. $6\text{Ti} + 5\text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2\text{Ti}_3\text{O}_5 + 5\text{Si}$	-103,00	-126,70	-155,80	-191,60	-233,00
32. $8\text{Ti} + 3\text{SiO}_2 \rightleftharpoons 3\text{TiO}_2 + \text{Ti}_5\text{Si}_3$	-94,80	-109,90	-127,60	-186,00	-260,00
33. $2\text{Ti} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons \text{TiO}_2 + \text{TiSi}$	-94,00	-103,00	-115,80	-133,00	-201,00
34. $3\text{Ti} + 2\text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2\text{TiO}_2 + \text{Ti}_5\text{Si}_2$	-83,00	-116,00	-163,00	-227,00	-318,00
35. $\text{Ti} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons \text{TiO}_2 + \text{Si}$	-37,00	-34,00	-32,00	-29,00	-27,00

Энергетически восстановление оксида алюминия титаном невыгодно, и прохождение реакции с образованием  $\text{TiO}_2$  и Al (реакция 6) и  $\text{TiO}$  и Al (реакция 7) невозможно, так как  $\Delta G^\circ_{\text{T}}$  этих реакций больше нуля. Как показали расчеты  $\Delta G^\circ_{\text{T}} = f(T)$ , в рассматриваемой системе при взаимодействии титана с диоксидом кремния в ряде реакций имеет место обменное взаимодействие между металлом и диоксидом кремния (реакции 23, 27, 31 и 35).

Расчеты показывают [9, 11, 47], что для титана с диоксидом кремния вероятен и другой механизм. По этому механизму в результате взаимодействия титана с диоксидом кремния происходит образование оксидов и силицидов титана. Такое взаимодействие может быть обусловлено только разрушением решетки диоксида кремния и последующей диффузией кислорода и кремния в титан с образованием оксидов и силицидов титана (реакции 20–22, 24–26, 28–30 и 32–34). Энергетически наиболее выгодно прохождение реакции с образованием оксидов титана  $\text{TiO}$  и  $\text{Ti}_2\text{O}_3$  при одинаковом составе силицидов по отношению к реакции с образованием оксидов титана состава  $\text{TiO}_2$ .

Расчеты подтвердили образование в результате взаимодействия алюминия с титаном интерметаллида  $\text{Al}_3\text{Ti}$  (реакция 2), который при взаимодействии с кремнием преобразуется в  $\text{Ti}_7\text{Si}_{12}\text{Al}_5$  (реакция 11). В работе [4], однако, приведены возможные реакции титана с кремнием и диоксидом кремния и их теплоты реакций при 298 К.

#### Методы исследования твердофазного взаимодействия в двухслойных пленках Al/Ti на подложках кремния ориентации (111) и композиции $\text{SiO}_x/\text{Si}$

Ранее в работах [15, 16] были изучены процессы твердофазного взаимодействия, происходящие в тонкопленочных системах Al/Ti/Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si при термообработке в технологическом процессе создания омических контактов в зависимости от начальной толщины слоя титана. Особое внимание уделялось исследованию процессов твердофазного взаимодействия, происходящих в системе Al/Ti/Si при термообработке в зависимости от начальной толщины слоя алюминия при неизменной толщине слоя титана. Исследование твердофазного взаимодействия компонент сформированных систем между собой и с кремниевой подложкой осуществлялось методами просвечивающей электронной микроскопии и электронографии. Для этого слой алюминия удалялся в травителе на основе ортофосфорной кислоты, не взаимодействующей с кремнием, титаном и их соединениями.

Вскрытая поверхность межфазной границы раздела исследовалась методами угольных реплик и дифракции быстрых электронов на отражение. Для исследования твердофазного взаимодействия использовали электронный микроскоп ЭМ-125. Образцы для исследований были трех типов.



Первые и вторые имели ту особенность [15, 16], что нанесение пленок титана и алюминия осуществляли методом последовательного электронно-лучевого распыления из двух источников на установке «Оратория-9». При этом для первых образцов толщина слоя Al составляла ~1 мкм, а слоя Ti изменялась в пределах 0,07–0,15 мкм. Для вторых толщина слоя титана, контактирующего с кремниевой подложкой, составляла 0,07 мкм, а толщина верхнего слоя алюминия изменялась от 0,1 до 1 мкм. В качестве подложек использовались пластины кремния КДБ-0,03 ориентации (111). Стационарный отжиг контактов осуществляли при температуре 750 К в атмосфере аргона в течение 0,4 ч.

Для изготовления образцов третьего типа [12] (система Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si) использовали структуры кремниевые эпитаксиальные однослойные 76 10КДБ2,0/380ЭКС0,01(111), на которых выращивали слой термического оксида кремния в сухом кислороде ~0,2 мкм. Для образцов нанесение пленок титана и алюминия осуществляли на установке «Магна-2М» методом магнетронного распыления титановой и алюминиевой мишеней в среде аргона. Меняя время распыления, задавали толщину пленок Ti соответственно 0,03, 0,1 и 0,13 мкм. Толщина пленок Al составляла во всех случаях ~1,2 мкм. Температура нагревания подложек перед распылением металлов – 573 К. Стационарный отжиг контактов для всех образцов осуществляли при температуре 750 К в атмосфере аргона в течение 0,4 ч.

#### Обсуждение результатов исследования системы Al/Ti/Si

Результаты исследований системы Al/Ti/Si показали, что при термообработке Ti вступает в твердофазное взаимодействие с кремниевой подложкой и алюминием, образуя интерметаллическое соединение Al<sub>3</sub>Ti и дисилицид титана TiSi<sub>2</sub> [15]. Важная особенность такого взаимодействия – структурно-морфологические свойства образующегося промежуточного слоя зависят от начальной толщины слоя титана.

В системах с тонким слоем титана (0,07–0,1 мкм) при стационарной термообработке формируется весьма пористый промежуточный слой [15]. Размеры пор в поперечнике составляют ~0,3 мкм. Результаты электронографического анализа свидетельствуют, что фазовый состав этого слоя соответствует твердому раствору Al<sub>3</sub>Ti. Результаты вышеприведенного анализа также показали, что в двухслойных пленках Al/Ti, осажденных на подложку из хлористого натрия и отожженных в вакууме при температурах 623–773 К после растворения подложки, образуется соединение Al<sub>3</sub>Ti. Результаты расшифровки электронограмм представлены в таблице 2.

При его послойном удалении (система Al/Ti/Si) установлено, что поверхность кремниевой подложки, контактирующей с промежуточным слоем Al<sub>3</sub>Ti, подвержена сильной эрозии. Это проявляется в образовании в кремниевой подложке локальных «растратов» глубиной 0,7–0,8 мкм, что превышает в 1,5 раза глубину аналогичных «растратов», образующихся в системе Al/Si (без подслоя тугоплавкого металла) [15]. Эти результаты хорошо согласуются с данными [17], в которых представлена тройная фазовая диаграмма системы Si – Ti – Al и показано, что предел твердофазной растворимости кремния в Al<sub>3</sub>Ti выше, чем в чистом алюминии. Таким образом, в многослойной системе Al/Ti/Si при малой начальной толщине слоя Ti (0,07–0,10 мкм) результатом твердофазного взаимодействия компонент при термообработке является формирование пористого слоя, фазовый состав которого соответствует твердому раствору Al<sub>3</sub>Ti. При этом пористый слой не обладает барьерными свойствами с точки зрения ограничения растворимости кремния в алюминии.

Таблица 2 – Фазовый состав двухслойных пленок Al/Ti, отожженных в вакууме  $2 \cdot 10^{-3}$  Па в течение 30 мин

Диаметр колец $d$ , нм	Фазовый состав пленок Al/Ti при температуре $T$ , °C				
	без отжига	300	350	400	500
0,428	-	-	-	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti
0,350	-	-	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti
0,271	-	-	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti

*Структурно-морфологические свойства контактов к подложке из монокремния ориентации (111) на основе алюминия с барьерным слоем Ti и W – 10 %Ti*

0,255	Ti	Ti	Ti	-	-
0,234	Al	Al	Al	Al	Al
0,230	-	-	-	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti
0,229	-	-	Al <sub>3</sub> Ti	-	-
0,224	Ti	Ti	Ti	-	-
0,215	-	-	-	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti
0,209	-	-	TiO	TiO	TiO
0,203	Al	Al	Al	Al	Al
0,198	-	-	-	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0,192	-	-	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti
0,176	-	-	-	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti
0,168	-	-	-	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti
0,157	-	-	-	-	Al <sub>3</sub> Ti
0,147	Ti	Ti, TiO	TiO	TiO	TiO
0,143	Al	Al	Al	Al	Al
0,139	-	-	-	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0,136	-	-	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti
0,126	-	TiO, Al <sub>3</sub> Ti	TiO, Al <sub>3</sub> Ti	TiO, Al <sub>3</sub> Ti	TiO, Al <sub>3</sub> Ti
0,122	Al	Al	Al	Al	Al
0,121	-	-	-	Al <sub>3</sub> Ti	Al <sub>3</sub> Ti

Увеличение начальной толщины слоя Ti до 0,15–0,17 мкм сопровождается изменением фазового состава и морфологических свойств формируемого промежуточного слоя. В этом случае преобладающим становится процесс твердофазного взаимодействия титана и кремниевой подложки с образованием слоя стабильной фазы TiSi<sub>2</sub>. Данный слой является достаточно плотным, средний размер зерна составляет 0,1–0,15 мкм [15].

Анализ морфологических свойств поверхности кремния после удаления промежуточного слоя TiSi<sub>2</sub> свидетельствует об отсутствии эрозии кремниевой подложки в области контакта. Это указывает на то, что формируемый при термообработке промежуточный слой TiSi<sub>2</sub> является надежным барьером для предотвращения активного растворения кремния в алюминии в области контакта [15]. Барьерные свойства промежуточного слоя в области контакта с Al резко снижаются в случае преобладания фазы Al<sub>3</sub>Ti. Это связано с высокой растворимостью кремния в Al<sub>3</sub>Ti при термообработке.

В системе Al/Ti/Si, когда толщина слоя титана, контактирующего с кремнием, составляла 0,07 мкм, а толщина верхнего слоя алюминия изменялась от 0,1 до 1,0 мкм, были получены следующие результаты [180]. При отжиге на межфазной границе Al/Ti образуется тонкий переходный слой Al<sub>3</sub>Ti, при этом изменения морфологии поверхности слоя алюминия, связанные с образованием выступов или кратеров, зависят от его толщины. Результатом взаимодействия титана с кремниевой подложкой является образование силицидов титана, фазовый состав которых изменяется от TiSi до TiSi<sub>2</sub> с увеличением толщины слоя алюминия в системе Al/Ti/Si от 0,1 до 1,0 мкм. В случае формирования TiSi<sub>2</sub> происходит глубокое взаимное проникновение компонент. Доминирующим диффузантом является кремний, о чем свидетельствует образование в подложке кремния локальных «растратов», размеры которых коррелируют с размерами кратеров, наблюдаемых на поверхности тонкого слоя алюминия. Полученные результаты по влиянию толщины слоя алюминия на характер структурно-морфологических изменений системы Al/Ti/Si при термообработке объясняются различными напряжениями, возникающими в системе при стационарном отжиге.

### Результаты и обсуждение

После отжига системы Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si [12] на межфазной границе Al/Ti и подложки образуется промежуточный слой, состав которого с увеличением толщины исходного слоя титана от 0,03–0,10 до 0,13 мкм изменяется от Al<sub>3</sub>Ti до AlTi<sub>2</sub>. Анализ микрорельефа поверхности

промежуточного слоя показал, что уменьшение толщины исходного слоя титана до 0,03–0,01 мкм способствует повышению пористости образующегося при отжиге промежуточного слоя. Твердофазные реакции взаимодействия в двухслойных пленках Al/Ti как на кремнии, так и композиции SiO<sub>x</sub>/Si зависят от соотношения толщин слоев титана и алюминия.

Как показали термодинамические расчеты, в системах Al/Ti/Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si в диапазоне температур 400–1200 К протекают процессы сложного химического взаимодействия от образования простых до образования сложных соединений (реакции термодинамически возможны при  $\Delta G^{\circ}_T < 0$ ). Энергетически наиболее выгодны реакции с образованием оксидов титана TiO и Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при одинаковом составе силицидов по отношению к реакции с образованием оксидов титана TiO<sub>2</sub>. Расчеты подтвердили образование в результате взаимодействия алюминия с титаном интерметаллида Al<sub>3</sub>Ti, который при взаимодействии с кремнием преобразуется в Ti<sub>7</sub>Si<sub>12</sub>Al<sub>5</sub>.

#### Исследование химического состава приповерхностных слоев пленки титана в системе Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si

Химический состав приповерхностных слоев пленки титана в системе Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si до отжига исследовали методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС / XPS – англ.) на электронном спектрометре ЭС-2401 [12, 18, 51]. При этом все значения энергии связей приводили к значениям энергии связи 1s<sub>1/2</sub> электронов углерода, равной 284,6 эВ. Результаты интерпретировали с учетом значений энергии связи остовых электронов Si 2p, O 1s, Al 2p, Ti 2p, приведенных в [19].

Атомную долю элемента в приповерхностном слое определяли по формуле:

$$[i] = (I_i / \sigma_i) / \sum (I_j / \sigma_j),$$

где  $I$  – измеренная интенсивность,  $\sigma$  – сечение фотоионизации [18].

Ионную очистку исходной поверхности образцов и послойный анализ состава приповерхностных слоев осуществляли в течение 1–13 мин с помощью травления ионами Ag<sup>+</sup> с энергией 1 кэВ. Минимальная скорость травления – 5–8 Å/мин. Методика позволяет определять наличие элементов, находящихся в приповерхностном слое толщиной ≤ 20 Å, в количестве ≥ 0,1 % (ат.). При помощи расчета можно проводить количественный анализ с ошибкой 20–30 %. Перед проведением исследований состава приповерхностного слоя титана пленку алюминия стравливали в растворе на основе фосфорной, уксусной и азотной кислот.

В результате анализа образцов методом РФЭС установлено, что исходная (после стравливания пленки Al) поверхность пленки Ti загрязнена углеродом, который, вероятно, попадает на поверхность в результате химического стравливания пленки алюминия и практически удаляется после ионной очистки в аргоне в течение 3 мин. Атомов кремния в приповерхностном слое пленки титана толщиной 65–100 Å не обнаружено в пределах чувствительности прибора.

В РФЭС приповерхностного слоя исходной пленки титана толщиной 0,10 мкм наблюдается пик чистого титана (453,1 – 453,4 эВ), что согласуется с литературными данными [19], причем интенсивность пика возрастает по мере увеличения времени ионного травления до 13 мин (рис. 1). Судя по форме пика окисленного титана, он присутствует в виде смеси оксидов титана с преобладанием TiO<sub>2</sub> (458,5 – 458,7 эВ). Литературные данные для TiO<sub>2</sub> – (458,4 – 459,1 эВ); интенсивность этого пика также возрастает с увеличением времени ионного травления до 13 мин.

В приповерхностном слое исходной поверхности пленки титана толщиной 0,03 мкм атомы чистого титана не обнаружены (рис. 1б) в пределах чувствительности прибора.

Приповерхностный слой представляет собой смесь оксидов титана, в которой TiO<sub>2</sub> присутствует в заметно меньшем количестве, чем другие оксиды нестехиометрического состава (456,3 – 456,8 эВ). По мере увеличения времени ионного травления до 13 мин наблюдается возрастание пиков чистого титана и TiO<sub>2</sub> (рис. 4.15). Алюминий вряд ли присутствует в приповерхностном слое пленки в чистом виде, о чем свидетельствует форма пика алюминия и несколько меньшее значение энергии связи (71,1 – 72,1 эВ) по сравнению с литературными данными для чистого алюминия [19, 48].

Для пленки титана толщиной 0,10 мкм интенсивность пика алюминия в процессе ионного травления до 13 мин незначительно увеличивается по сравнению с исходной поверхностью. Для пленки титана толщиной 0,03 мкм интенсивность пика алюминия сначала немного уменьшается, а затем возрастает, но остается меньше, чем на исходной поверхности. Судя по форме пика окисленного алюминия, в составе приповерхностного слоя пленки титана толщиной 0,03 и 0,1 мкм присутствует смесь оксидов алюминия с преобладанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (73,3 – 74,2 эВ), что не противоречит данным для Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (74,1 – 74,9 эВ) [19, 49]. При этом характер изменения интенсивности пика окисленного алюминия идентичен для пленок титана толщиной 0,03 и 0,10 мкм. Ионное травление в течение 3 мин вызывает увеличение интенсивности по сравнению с исходной поверхностью, далее в течение 13 мин – уменьшение, при этом интенсивность остается больше, чем на исходной поверхности.

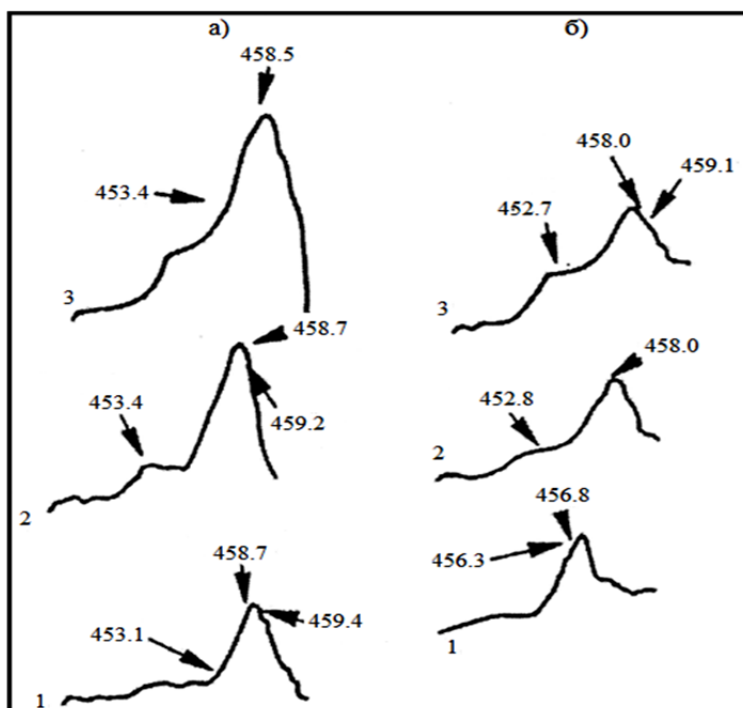


Рисунок 1 – Спектры фотоэлектронов уровня Ti 2p при толщинах пленки титана 0,10 мкм (а); 0,03 мкм (б); 1 – после травливания пленки алюминия; 2, 3 – после ионной очистки в течение 3 и 13 мин соответственно; цифрами указана энергия в эВ

Результаты количественной оценки состава приповерхностного слоя пленки титана толщиной 0,03 и 0,10 мкм после травливания пленки алюминия и последующего ионного травления в течение 13 мин приведены в табл. 3. Из данных таблицы 3 видно, что концентрация алюминия в приповерхностном слое титана превышает концентрацию титана, то есть алюминий, осажденный на пленку титана, диффундирует в приповерхностный слой титана на глубину  $\leq 100$  Å. Тот факт, что приповерхностный слой такой толщины в значительной степени окислен, может объясняться тем, что Ti и Al сильно окисляются на воздухе [50]. Этот процесс может быть связан как с воздействием O<sub>2</sub> в процессе магнетронного распыления Ti и Al, а так и с воздействием травителя и отмывки в деионизованной воде после химического травления.

Таблица 3 – Концентрация элементов (ат. %) в приповерхностном слое до (I) и после (II) травливания пленки титана в системе Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si

h, мкм	Ti	Ti в TiO <sub>2</sub>	Al	Al в Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	O	Si в SiO <sub>2</sub>	O	Ti	Ti в TiO <sub>2</sub>
	I					II			
0,03	5,4	10,4	11,5	46,8	25,9	40,5	56,8	–	3,0
0,10	2,9	8,2	13,2	31,1	44,3	45,7	54,3	0,1	–

Примечание: h – толщина пленки.

Исследование состава приповерхностного слоя пленки диоксида кремния толщиной 0,20 мкм после стравливания сначала пленки алюминия, а затем и пленки титана показало, что исходная поверхность пленки оксида кремния обоих образцов сильно загрязнена углеродом, количество которого значительно уменьшается после ионного травления в течение 3 мин (рис. 2). По данным РФЭС (рис. 2), приповерхностный слой образца после химического стравливания пленки титана толщиной 0,10 мкм представляет собой диоксид кремния. В спектрах наблюдаются пики Si и O в SiO<sub>2</sub> (103,1–103,3 и 532,6 эВ соответственно), что близко к известным данным для SiO<sub>2</sub>: Si – 103,8 эВ; O – 533,1 эВ [19]. Из количественной оценки состава приповерхностного слоя следует, что диоксид кремния нестехиометричен (табл. 3). В спектрах приповерхностного слоя пленки диоксида кремния присутствуют сигналы атомов титана, по-видимому, в окисленном состоянии (455,7 – 456,0 эВ), концентрация которых ≤ 0,1 % (ат.). РФЭС-спектры приповерхностного слоя образца после химического стравливания пленки титана толщиной 0,03 мкм также представляют собой нестехиометрический диоксид кремния.

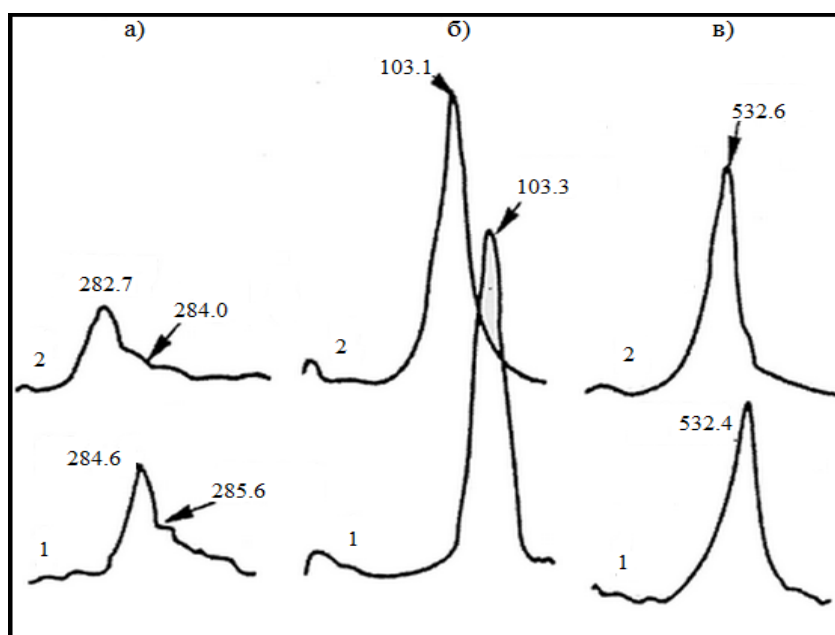


Рисунок 2 – Спектры фотоэлектронов уровней C 1s (а), Si 2p (б) и O 1s (в) после удаления пленок алюминия и титана с диоксида кремния; 1 – после химического стравливания пленок алюминия и титана; 2 – после ионной чистки в течение 3 мин; цифрами указана энергия в эВ

#### Особенности рекристаллизации алюминиевых пленок на кремнии с барьерным слоем титана

Интерес к рекристаллизации – одному из важнейших процессов, управляющих формированием структур и структурно-чувствительных свойств различных материалов [29], – в технологии микроэлектроники постоянно возрастает. Барьерные слои (БС) в многослойных системах призваны исключить при термообработке образование силицидов и обеспечить заданные значения параметров токопроводящих слоев, их стабильность и воспроизводимость в процессе технологического цикла изготовления изделий и надежность при эксплуатации. Однако использование в качестве материала проводящих слоев Al привело при эксплуатации изделий к увеличению отказов из-за локального переноса массы металла вследствие процессов электромиграции атомов алюминия и вторичной рекристаллизации [21, 22].

В качестве материала диффузионных БС между кремниевой структурой и пленкой Al применяют ряд материалов: пленки тугоплавких переходных металлов (Ni, Ti, W, Ta, Cr, V, Ta/Ti), их сплавов (Ti–W), силицидов (MoSi<sub>2</sub>, WSi<sub>2</sub>, TiSi<sub>2</sub>, TaSi<sub>2</sub>) [6, 22–25]. Одной из широко используемых комбинаций является система Ti/Al [26]. В [15] были изучены процессы твердофазного взаимодействия, происходящие в двухслойных металлических пленках Ti/Al на

подложках кремния ориентации (111) при термообработке в процессе создания омических контактов, в зависимости от начальной толщины подслоя титана. В [12] проведена экспериментальная оценка возможности прохождения наиболее вероятных химических реакций в системах Al/Ti/Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si. В [151] приведены данные по влиянию микроструктуры подслоя Ti на текстуру тонких пленок Al.

В то же время особенности рекристаллизации Al-пленок в структурах Al/Ti/Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si еще не до конца понятны при формировании таких структур на кремнии, легированном бором или фосфором. В результате диффузии бора и фосфора из кремния и диффузии кремния через Ti-подслой эти компоненты вступают в реакцию как с Ti-подслоем, так и с Al-пленкой с образованием различных по составу силицидов, оксидов и интерметаллидов, в частности Ti<sub>7</sub>Si<sub>12</sub>Al<sub>5</sub>.

В [25] формирование текстуры Al в двухслойных пленках Al/Ti на Si(111) с низкотемпературным оксидным слоем и без него было изучено методами электронной микроскопии и рентгеновской дифракции при различных концентрациях бора и фосфора в кремнии. В наших исследованиях для изготовления тестовых образцов в качестве подложек использовались кремниевые пластины диаметром 60 мм с ориентацией (111) марки КЭС0,01 с эпитаксиальным слоем n-типа толщиной 5 мм и удельным сопротивлением 3,5 Ом·см, который легировали методом диффузии бора из пиролитического нитрида бора. Диффузионный отжиг осуществляли в среде влажного кислорода. Меняя время легирования, получали поверхностное сопротивление пластин  $R_s = 30, 50-600$  и  $1000$  Ом/см<sup>2</sup>. Затем термический оксид удаляли с половины пластины жидкостным травлением и вскрытую область подвергали легированию фосфором, используя в качестве источника диффузии особо чистый трихлорид фосфора. Время диффузии фосфора составило 0,5 ч, в результате чего  $R_s = 3-7$  Ом/см<sup>2</sup>. После удаления термического оксида низкотемпературный оксид толщиной от 0,2 до 0,3 мкм наносили на всю поверхности пластины кремния, как описано в [27]. При этом низкотемпературный оксид был удален жидкостным травлением с части пластины, содержащей как  $n^+$ , так и  $p^+$ -области кремния.

В качестве исходного материала для нанесения алюминиевых пленок использовали алюминиевую проволоку диаметром 1 мм марки А995Д, для подслоя титана – проволоку из титанового сплава марки 1ВТ1-00. Слои титана и алюминия были нанесены на низкотемпературный оксид и кремний ( $n^+$  и  $p^+$ ) методом последовательного электронно-лучевого распыления на установке «Оратория-9», как описано в [15]. После откачки камеры осаждения до  $3 \cdot 10^{-4}$  Па пластины нагревали до 300 °С, и слои титана (толщиной 0,01, 0,03, 0,07, 0,1 и 0,15 мкм) наносили со скоростью 12–15 Å/с в вакууме  $9,3 \cdot 10^{-5} - 2,7 \cdot 10^{-4}$  Па. В процессе осаждения температура пластин снижалась до 270 °С. Промежуток времени между окончанием нанесения титана и началом осаждения алюминия не превышал 20–30 с. Полученные структуры подвергали термообработке при температуре 475 °С в течение 0,4 ч в атмосфере аргона. Морфологию поверхности слоев алюминия исследовали в электронном микроскопе УЭМВ-100К методом реплик. Преимущественную ориентацию зерен Al оценивали методом дифракции рентгеновских лучей на дифрактометре ДРОН-1.5 Измерение интенсивности линий 111 и 200 проводили при соответствующих углах  $2\theta_{111} = 38,4^\circ$  и  $2\theta_{200} = 44,8^\circ$  [28]. Эффективность детектирования не менее 90 %, фон блока детектирования – 5 имп/мин. Интенсивность измеряли на максимуме каждой линии в течение часа, фон в районе линий 111 и 200 также измеряли в течение часа, затем значение фона в районе линий 111 и 200 вычитали из максимальных интенсивностей этих линий, то есть фактически использовали метод импульсно-кодовой модуляции при обработке интенсивности сигнала, содержащего помеху. При суммировании импульсов в течение часа помехи, имеющие разные знаки, складывали и вычитали из интенсивности сигнала.

Так как определяли интенсивности линий 111 и 200 на максимуме, и при этом интенсивность линии 111 превышала интенсивность линии 200 в пленках до отжига в 46–850 раз, а

после отжига – в 51–2850 раз, то погрешности измерения интенсивности этих линий 5–10 % фактически не влияли на значения относительной интенсивности этих линий (табл. 4).

Таблица 4 – Относительная интенсивность рентгеновских линий  $I_{111}/I_{200}$  пленок алюминия в системе Al/Ti/Si

Пластина*	Область	$I_{111}/I_{200}$	
		до отжига	после отжига
A	1	52,5	137,0
	2	90,0	50,8
	3	250,0	1920,0
B	1	45,8	61,1
	2	110,0	87,1
	3	353,3	2850,0
C	1	64,0	124,3
	2	104,0	192,5
	3	850,0	420,0

\* Каждая пластина имела три области качества поверхности алюминия: 1-я – Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/n<sup>+</sup>Si (матовая); 2-я – Al/Ti/n<sup>+</sup>Si (матовая,  $R_s = 3,8-4,0 \text{ Ом/см}^2$ ); 3-я – Al/Ti/p<sup>+</sup>Si (блестящая,  $R_s = 240 - 310 \text{ Ом/см}^2$ ).

### Структура пленок Al

Методом электронной микроскопии было определено, что средний размер зерен Al в неотожженных структурах Al/Ti/Si с подслоем титана толщиной 0,03–0,10 мкм и  $R_s = 50-600$  (Si, легированный бором) и 3–7 Ом/см<sup>2</sup> (Si, легированный фосфором) составляет ~500 нм (рис. 3).

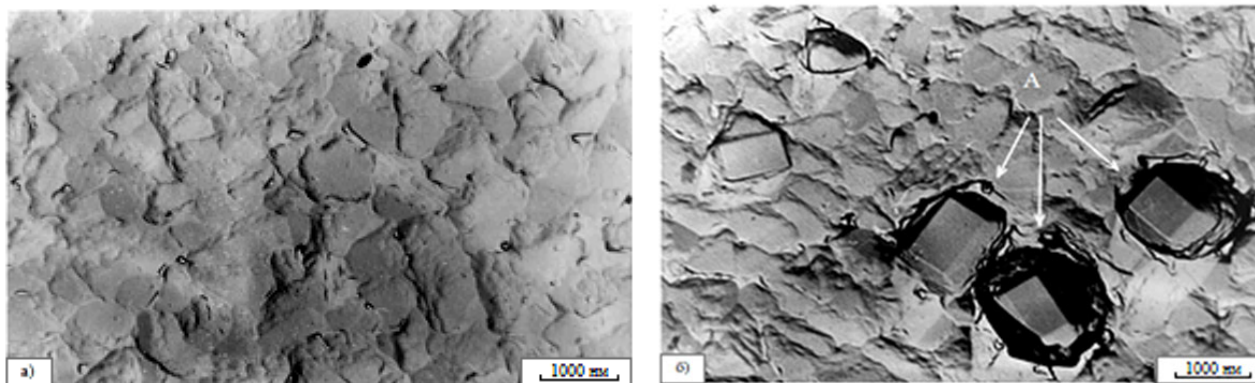


Рисунок 3 – Морфология поверхности Al слоя в не подвергнутых термической обработке Al/Ti/Si структуре: (а) – к базе транзистора (p<sup>+</sup>Si,  $R_s = 50-600 \text{ Ом/см}^2$ ); (б) – к эмиттеру транзистора (n<sup>+</sup>Si,  $R_s = 3-7 \text{ Ом/см}^2$ ); А – начальная стадия зарождения «уса»

На поверхности Al слоев в неотожженных структурах Al/Ti/Si на n<sup>+</sup>-области кремния мы наблюдали отдельные зерна в виде пирамид с правильной огранкой (рис. 3б). Установлено, что особенность структуры и морфологии поверхности алюминиевых пленок в системе Al/Ti/n<sup>+</sup>Si заключается в наличии отдельных зерен в виде пирамид с правильной огранкой. Одной из причин образования таких зерен являются остаточные напряжения, возникновение которых обусловлено различными тетраэдрическими радиусами легирующих компонентов: бора – 0,89 Å, фосфора – 1,10 Å, (радиус кремния – 1,17 Å). При концентрации фосфора в кремнии  $C_s \approx 1,5 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$  остаточные напряжения могут достигать величины  $(\sigma_x)_{\text{макс}} > 6 \cdot 10^8 \text{ Па}$  [29].

Образование отдельных зерен на поверхности алюминиевых пленок в виде пирамид с правильной огранкой на кремнии n<sup>+</sup>-типа с подслоем титана обусловлено процессом своеобразного формирования кристаллографически ориентированных центров роста внутри анизотропной твердой фазы алюминия под действием ориентирующих свойств кремниевой под-



ложки, остаточных напряжений и температуры. Эти зерна могут развиваться аномально с образованием нитевидных кристаллов, получивших название «усы».

Отсутствие зерен в виде пирамид с правильной огранкой на поверхности пленок алюминия на кремнии  $p^+$ -типа с подслоем титана может служить косвенным доказательством того, что в этом случае знак и уровень напряжений будут другими. Так как согласно [29] диффузия бора в кремний вызывает растягивающие напряжения, максимальная величина которых  $(\sigma_x)_{\max} \approx 6 \cdot 10^8$  Па для концентрации бора  $C_s \approx 5 \cdot 10^{20}$  см $^{-3}$ .

Рост «уса» можно рассматривать как рост кристалла из твердой фазы в поле остаточных напряжений [30, 31]. Согласно Гегузину [30], в «ус» над поверхностью пленки со временем превращается одно из его приповерхностных зерен, которое выдавливается сжимающими напряжениями. При этом вещество, необходимое для сохранения сплошности пленки, диффузионно поступает к глубинному торцу зерна из его окружения. «Ус» будет удлиняться до тех пор, пока в пленке поддерживаются напряжения и обусловленный ими направленный диффузионный поток атомов к зерну, из которого растет «ус». Движущей силой процесса является высокий уровень остаточных напряжений, в частности сжимающих, возникающих при внедрении фосфора в кремний [32, 33].

На рисунке 4 в качестве типичного примера иллюстрации «усов» приведена микрофотография части структуры биполярного СВЧ-транзистора, отказавшего вследствие электромиграции. Видно, что электромиграция приводит к образованию пустот в алюминиевой пленке, к локальному накоплению алюминия, а также наличию дефектов на некоторых эмиттерных алюминиевых дорожках типа нитевидных кристаллов («усы»). Массоперенос атомов алюминия к концу эмиттерных токоведущих дорожек, вследствие протекания высокочастотных токов большой плотности ( $\geq 10^5$  А/см $^2$ ), дополнительно к напряжениям, обуславливающим направленный диффузионный поток атомов алюминия к зерну, из которого растет «ус», будет способствовать удлинению «уса». Если произойдет замыкание дорожек из-за наличия «усов», возможны катастрофические отказы транзисторов.

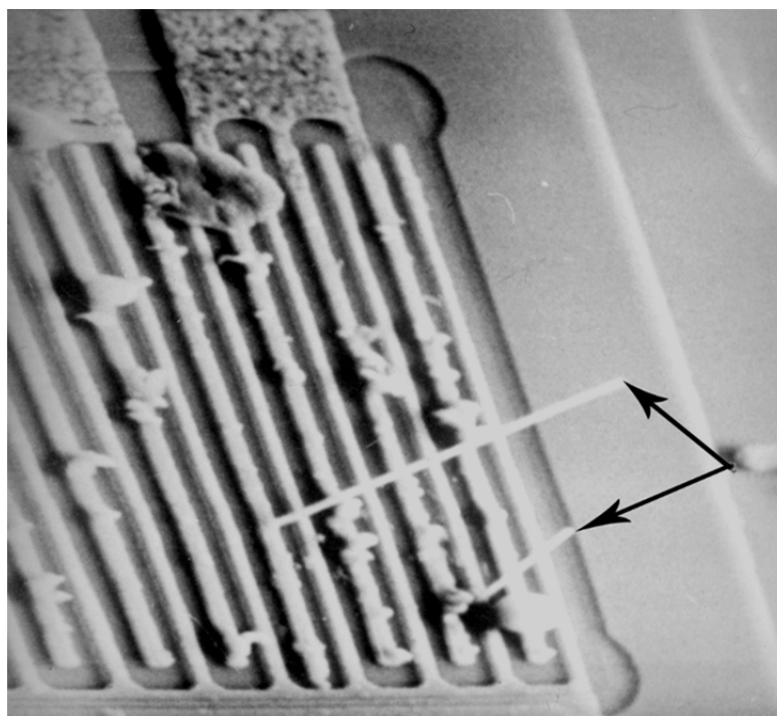


Рисунок 4 – РЭМ-фотография структуры биполярного СВЧ-транзистора, отказавшего вследствие электромиграции;  $\times 700$ . Стрелками показаны нитевидные усы на алюминиевых эмиттерных токоведущих дорожках



Следует, однако, отметить, что алюминиевые пленки, используемые в приборах микроэлектроники, как правило, являются поликристаллическими, причем кристаллическая структура каждого зерна ориентирована в ином направлении, чем любого соседнего. Известно, что наличие неравновесной структуры зерен в пленках алюминия, имеющих различную ориентацию, понижает температуру начала рекристаллизации. При этом наблюдается аномальный рост некоторых зерен за счет других [34].

Считается, что рост аномально больших зерен алюминия, размер которых сопоставим с шириной линий эмиттерных алюминиевых токопроводящих дорожек в транзисторах, обусловлен токами высокой частоты в таких линиях [21]. Большой размер зерна возникает в результате вторичной рекристаллизации и вызывает растягивающие напряжения, которые могут привести к отслаиванию или разрушению Al дорожек (рис. 5).

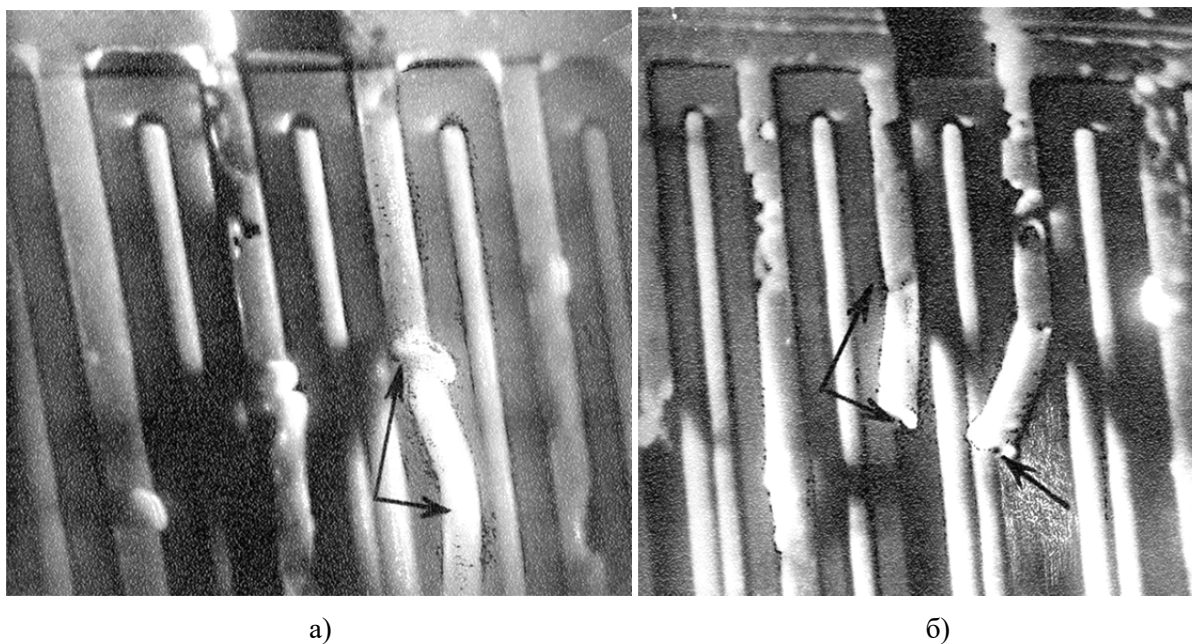


Рисунок 5 – РЭМ-фотография структуры  $n-p-n$  транзистора, отказавшего вследствие вторичной рекристаллизации;  $\times 2000$ . Стрелками показано отслаивание (а) и разрушение (б) Al эмиттерных токоведущих дорожек

Высокие сжимающие напряжения могут привести к росту монокристаллических «усов» на поверхности пленки. Рост продолжается до тех пор, пока пленка находится под влиянием сжимающих напряжений и существует обусловленный ими направленный диффузионный поток атомов к зерну, из которого растет «ус». Следует отметить, что углы между ограничивающими «ус» плоскостями совпадают с углами между плоскостями  $\{110\}$  и  $\{100\}$  в кубической решетке, что указывает на то, что «усы» являются монокристаллическими. Необходимо проведение дополнительных исследований для определения состава и ориентации «усов».

Отсутствие «усов» на поверхности Al слоев в структурах Al/Ti/Si на  $p^+$ -области кремния свидетельствует об отсутствии сжимающих напряжений и о том, что легирование кремния бором повышает стабильность гетероструктур при термообработке [33].

Процесс рекристаллизации Al в системе Al/Ti/Si на  $p^+$ -области кремния протекает с пониженной скоростью, о чем свидетельствует тот факт, что отжиг при  $475^\circ\text{C}$  в течение 0,4 ч оказывает незначительное влияние на размер зерен Al, что, по-видимому, связано с легированием кремния бором [35]. На основании изучения структуры пленок алюминия можно утверждать, что процессы собирательной рекристаллизации в алюминиевых пленках в системе Al/Ti/ $p^+$ Si заторможены, о чем свидетельствует незначительное изменение размера зерна после отжига. По нашему мнению, это обусловлено модифицирующим действием бора на структуру алюминия.

При этом Al слои в системе Al/Ti/ $p^+$ Si имеют гладкую (блестящую) поверхность, в отличие от шероховатых (тусклых) Al слоев в системах Al/Ti/ $n^+$ Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si (рис. 6).

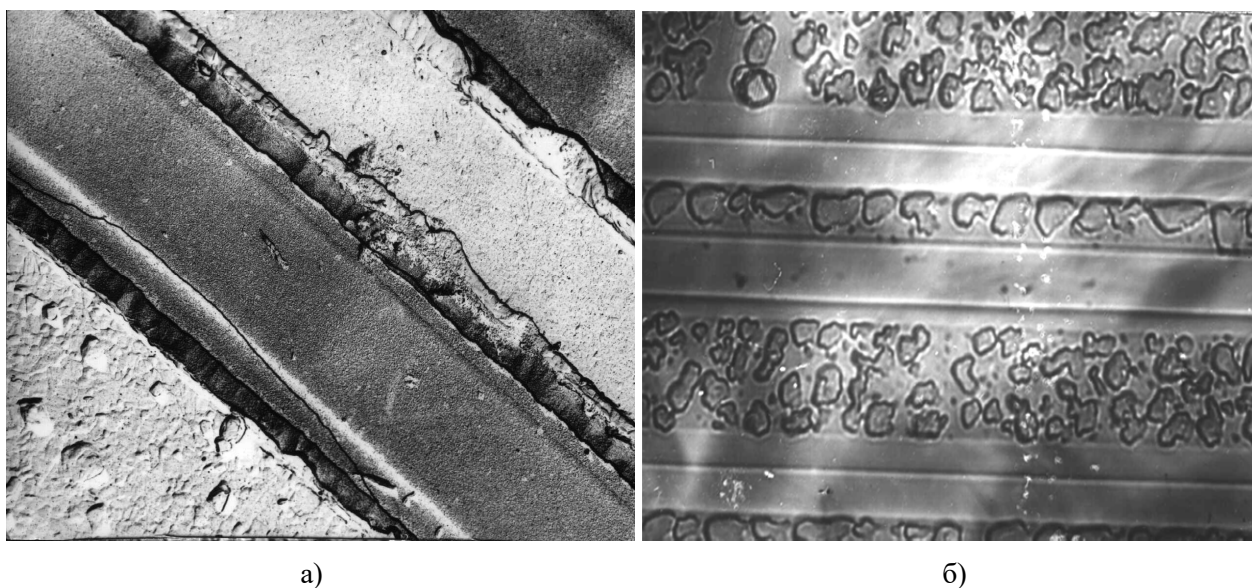


Рисунок 5 – РЭМ-фотография поверхности пленок алюминия с барьерным слоем титана к эмиттеру (а) и базе (б)  $n-p-n$  транзистора;  $\times 4000$

Эти особенности важны при формировании качественных токопроводящих алюминиевых дорожек изделий микроэлектроники, в частности  $n-p-n$  транзисторов.

#### Кристаллографическая ориентация Al пленок

Физико-химические свойства материалов, используемых в электронной технике, определяют основные эксплуатационные параметры функциональных слоев, элементов, компонентов и изделий в целом. В частности, для уменьшения числа отказов приборов микроэлектроники вследствие электромиграции алюминия при использовании его в качестве материала токопроводящих слоев необходимо выращивать пленки с оптимальной структурой: с незначительным разбросом размеров зерен и с более высокой степенью их кристаллографической ориентации в плоскости (111) параллельно плоскости (111) кремния (эпитаксиальное наращивание). В [25, 52] показано, что увеличение ориентации алюминиевых пленок в плоскости (111) может быть достигнуто при использовании в качестве подслоя титана определенной толщины, нанесенного на диоксид кремния. Механизм улучшения ориентации алюминия при использовании в качестве подслоя титана был объяснен небольшим (около 3 %) различием межплоскостных расстояний алюминия (111) и  $\alpha$ -титана (002), что способствует эпитаксиальному росту алюминия на плоскости титана (001) [52].

Однако кристаллографическая ориентация алюминиевых пленок в составе многослойных систем Al/Ti/Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si изучена недостаточно, при этом не установлено, почему монокристаллический кремний ориентации (111) с дырочной ( $p$ ) и электронной ( $n$ ) проводимостью при концентрации бора или фосфора  $\sim 10^{20}-10^{21}$  см<sup>-3</sup> и подслоем титана по-разному влияют на кристаллографическую ориентацию алюминиевых пленок, осажденных в едином технологическом цикле одновременно на  $n^+$ - и  $p^+$ -области кремния.

На основании отношения интенсивности линий 111 и 200 можно заключить (см. табл. 4), что зерна имеют преимущественную ориентацию в плоскости (111). При этом после отжига, если судить по отношению интенсивностей линий 111 и 200, степень ориентации зерен алюминия в плоскости (111) в системе Al/Ti/ $p^+$ Si значительно выше по сравнению с ориентацией зерен в системах Al/Ti/ $n^+$ Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/ $n^+$ Si.

Анализ отношения интенсивностей линий 111 и 200 алюминия до и после отжига образцов показал (табл. 4), что пленка алюминия обладает явно выраженной преимущественной

ориентацией зерен в плоскости (111) параллельно поверхности кремния ориентации (111) в системе Al/Ti/ $p^+$ Si. Ориентация зерен свидетельствует об упорядочении системы при отжиге. Степень ориентации зерен алюминия в плоскости (111) в системе Al/Ti/ $p^+$ Si значительно выше, чем в системах Al/Ti/ $n^+$ Si и Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/ $n^+$ Si. Следовательно, при толщине подслоя Ti от 0,03 до 0,10 мкм можно получать Al слои с ориентацией (111) в системе Al/Ti/ $p^+$ Si [36].

Высокая степень ориентации зерен алюминия в плоскости (111) в слоях Al обуславливает анизотропию их свойств [37]. Преимущественная кристаллографическая ориентация зерен в плоскости (111) также влияет на поверхностную энергию, модуль Юнга и другие свойства материала [47].

Например, в ГЦК-кристаллах (включая Al) плоскости (111) обладают самой низкой поверхностной энергией. Соответственно, пленки с преимущественной ориентацией зерен в плоскости (110) химически более активны, чем пленки с ориентацией зерен в плоскости (111). Следовательно, создавая определенную ориентацию зерен в пленке, а также меняя характер ее распределения по толщине [22], можно управлять физико-химическими свойствами пленок. Например, ориентирование слоев Al в плоскости (111) объясняется следующим: легирование бором до  $R_s$  в диапазоне 50–600 Ом/см<sup>2</sup> позволяет определенным образом изменить поверхностные свойства кремния, в то время как подслоя титана толщиной 0,03–0,10 мкм выступает в качестве «ингибитора», замедляя процессы рекристаллизации в алюминиевом слое как до, так и после отжига. Это позволяет получать зеркально-гладкие Al слои на  $p^+$ -кремнии.

Согласно результатам электронографического анализа [15], на морфологию поверхности Al слоя в Al/Ti/ $p^+$ Si структурах оказывает влияние образование интерметаллического соединения Al<sub>3</sub>Ti (со структурой DO<sub>22</sub> [28]) уже при осаждении Al на Ti при температуре пластины 300 °С, который имеет пористую структуру. При последующей термообработке (475 °С; 0,4 ч) Al слой «извлекает» кремний и бор из монокристаллической подложки через поры в слое Al<sub>3</sub>Ti, способствуя росту зерен Al ориентации (111). Это подтверждается, как было сказано выше, и результатами, представленными Горднером и др. [17], которые изучали тройную фазовую диаграмму системы Si–Ti–Al и показали, что предел твердофазной растворимости кремния в Al<sub>3</sub>Ti выше, чем в чистом алюминии.

После удаления Al травителем на основе ортофосфорной кислоты, не взаимодействующей с кремнием, титаном и их соединениями, оптические исследования контактных окон к базе и эмиттеру (рис. 6) выявили множество ориентированных частиц Al<sub>3</sub>Ti [25] на поверхности базовых окон по длине. В то же время на поверхности эмиттерных окон частицы Al<sub>3</sub>Ti не имели преимущественной ориентации. Эти данные согласуются с приведенными выше результатами по текстуре Al слоев на  $p^+$ -областях кремния Al/Ti/Si структур.

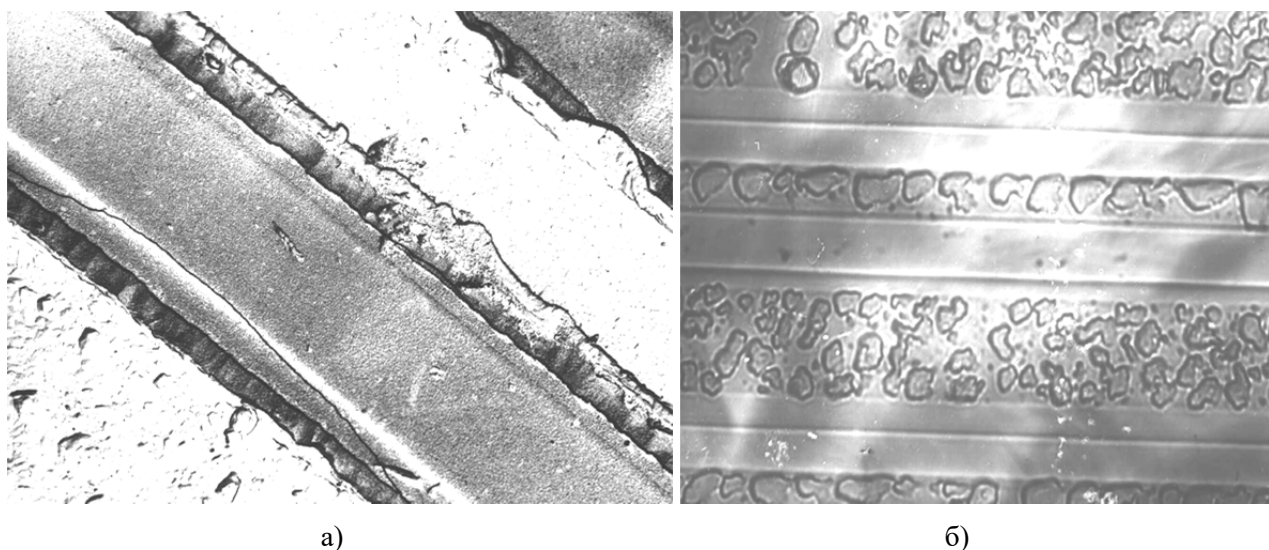


Рисунок 5 – Поверхность эмиттерных (а) и базовых (б) окон  $n$ - $p$ - $n$  транзистора после удаления слоя алюминия;  $\times 1200$

Без титанового подслоя Al слои на поверхности кремниевых пластин, легированных бором, в пределах изменения удельного поверхностного сопротивления  $R_s$  от 50 до 600 Ом/см<sup>2</sup> не имеют ориентации (111). При толщине титана меньше 0,03 мкм наблюдается существенно менее выраженная ориентация (111) зерен алюминия на  $p^+$ -областях кремния, поскольку количество титана слишком мало, чтобы влиять на рекристаллизацию Al, и система подобна Al/ $p^+$ -Si. При толщине титана больше 0,10 мкм доминирующим процессом в системе Al/Ti/Si является образование дисилицида титана, TiSi<sub>2</sub>, который препятствует диффузии кремния из подложки в алюминиевый слой, и последний не проявляет никакой ориентации (111), как и при отсутствии титана. При  $R_s > 600$  Ом/см<sup>2</sup> (в данном исследовании 1000 Ом/см<sup>2</sup>) легирование бором оказывает слабое влияние на поверхностные свойства кремния (низкий уровень легирования), и алюминиевый слой не проявляет ориентации (111). При  $R_s < 50$  Ом/см<sup>2</sup> (например, 30 Ом/см<sup>2</sup>) концентрация бора приближается к предельной растворимости в кремнии, и  $p^+$ -область кремния по свойствам близка  $n^+$ -области кремния.

В системе Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/ $n^+$ ( $p^+$ )-Si ориентация (111) зерен алюминия не наблюдается, поскольку SiO<sub>x</sub> действует как барьер для диффузии кремния из монокристаллической подложки через поры в слое Al<sub>3</sub>Ti [12, 18].

Совместное действие стационарного отжига, ориентирующего влияние кремниевой подложки при уменьшении толщины слоя Ti, способствует сильному текстурированию алюминиевой пленки в системе Al/Ti/ $p^+$ Si (см. табл. 4). Слабое текстурирование алюминиевого слоя в системе Al/Ti/ $n^+$ Si связано с влиянием фосфора на структуру пленок алюминия, который изменяет условия кристаллизации алюминия при термической обработке и вызывает образование зерен в виде пирамид с правильной огранкой. В системе Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/ $n^+$ Si степень преимущественной ориентации в плоскости (111) зерен алюминиевых пленок не наблюдается из-за наличия толстого слоя оксида кремния (0,2–0,3 мкм), который не имеет кристаллического строения и, кроме того, является барьером для диффузии атомов бора, фосфора и кремния из монокристаллической кремниевой подложки. Кристаллографическая ориентация кремния при уменьшении толщины подслоя титана и образование при термической обработке в результате твердофазных реакций пористого слоя в системе Al/Ti/ $p^+$ Si со сложной фазовой структурой влияет на кристаллографическую ориентацию зерен алюминия.

Отметим, что осаждение титана и алюминия на легированный фосфором или бором кремний магнетронным распылением элементарных мишеней в аргоне также приводит к преимущественной ориентации (111) Al слоя.

#### Электронно-микроскопические исследования контактов к кремнию ориентации (111) на основе алюминия с барьерным слоем W–Ti

Повышение рабочих температур и расширение технологических возможностей формирования элементов металлизации – одна из основных задач технологии приборов микроэлектроники. Поэтому большое внимание уделяется повышению термостабильности применяемых систем металлизации. В этом направлении наиболее перспективна металлизация, состоящая из сплавов переходных металлов и их соединений [23, 38–40].

Структура и свойства пленок сплава вольфрам–титан изучены в работах, например, [39] для металлизации ИС на основе арсенида галлия. И в работах [38, 40] для металлизации ИС на основе кремния.

Однако структурно-морфологические особенности границы раздела в контактной области тонкопленочных слоев системы Al/W–Ti при стационарной термообработке в технологическом процессе создания контактов изучены еще недостаточно. Учитывая значительное влияние структурно-морфологических особенностей границы раздела в контактной области тонкопленочных слоев на электрофизические параметры металлизации [22, 41, 42] в [24, 43], была проведена экспериментальная оценка границы раздела Al/W–Ti, а также поверхности пленки алюминия методом просвечивающей электронной микроскопии угольных реплик с поверхности пленки алюминия и пленки вольфрам–титан на подложках кремния ориентации (111).

Для получения реплик с поверхности пленки W–Ti слой алюминия удаляли в ортофосфорной кислоте. Затем в установке вакуумного напыления на поверхность границы раздела осаждали тонкую угольную пленку, воспроизводящую микрорельеф поверхности. Для усиления контраста угольная пленка–реплика оттенялась хромом. Микрофотографии границы раздела были получены с помощью просвечивающего электронного микроскопа ЭМ-125.

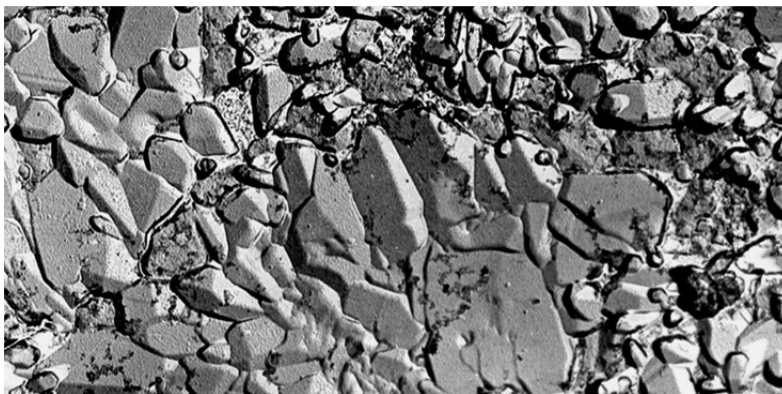
Тонкопленочные слои формировали методом магнетронного распыления на установке «Оратория-5». В качестве мишени для формирования двухслойной пленки W–Ti использовали составную мишень, в которой по титановому полю монтировали вольфрамовые вставки, что обеспечивало в напыляемой пленке вольфрам–титан содержание титана ~10 % (масс.). Толщину слоя W–Ti изменяли от 0,05 до 0,12 мкм путем варьирования времени распыления от 60 до 120 с. Перед нанесением металлических пленок подложки кремния обрабатывали в перекисно-аммиачном растворе с последующим освежением в 1 %-ном растворе HF. Температура нагревания подложек перед распылением металлов ~573 К, время – 200 с. Далее проводилось напыление слоя W–Ti в течение 60, 90 и 120 с (напряжение 420 В, ток разряда 7А). После напыления на три подложки вышеуказанных слоев W–Ti без разгерметизации установки в ручном режиме проводили напыление Al в два приема по 5 мин на каждую подложку без перевода позиции подложек, так как непрерывное напыление Al в течение 10 мин приводит к сильному разогреву магнетронов и ухудшению качества пленок Al (напряжение на алюминиевой мишени 400 В, ток разряда 12 А). Давление аргона в процессе формирования слоев как W–Ti, так и Al составляло  $(1-3) \cdot 10^{-1}$  Па. Затем образцы с тремя толщинами W–Ti барьерного слоя и Al подвергали стационарному термическому отжигу в атмосфере Ar.

Исследованию подвергали три группы образцов системы Al/(W–Ti)/Si с разной толщиной слоя вольфрам–титан (0,05, 0,08 и 0,12 мкм), которые предварительно отжигали при температурах 750, 773 и 823 К. Время отжига изменяли в диапазоне от 15 до 30 мин. Толщина слоя Al, контактирующего со слоем W–Ti, составляла во всех случаях ~1,0–1,1 мкм. Установлено, что с увеличением температуры отжига независимо от толщины слоя W–Ti происходит увеличение размеров зерна и рост высоты бугорков пленок Al.

В отличие от пленок Al, поведение барьерного слоя существенно изменяется и зависит от его толщины и длительности термической обработки, особенно для температуры 823 К. Микрофотографии (см. рис. 6) характеризуют состояние межфазной границы раздела Al/W–Ti в образцах с различной толщиной слоя W–Ti, подвергнутых отжигу при 823 К в течение 30 мин.

На границе Al/W–Ti образца с толщиной слоя вольфрам–титан ~0,05 мкм присутствует большое количество кристаллитов, средний размер которых составляет 0,4–0,5 мкм (максимальный – 1,0 мкм, минимальный – 0,15 мкм, рисунок 6а).

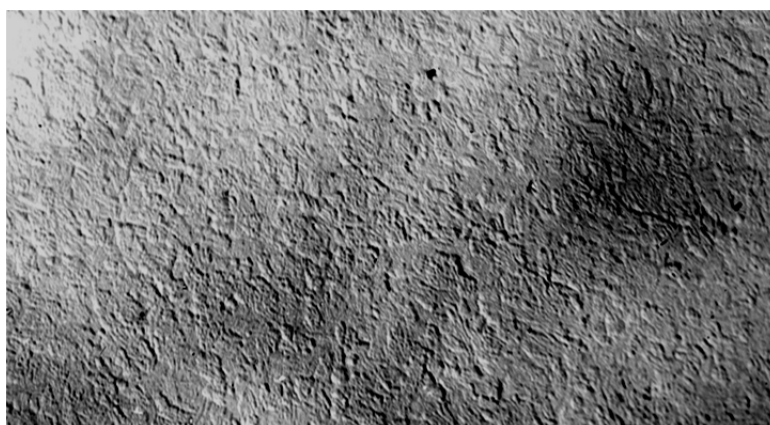
В образце с промежуточной толщиной слоя W–Ti ~0,08 мкм таких кристаллитов существенно меньше, причем их средний размер составляет 0,25–0,30 мкм (максимальный – 0,5 мкм, а минимальный – 0,15 мкм, рис. 6б). И, наконец, в образце с толщиной слоя W–Ti ~0,12 мкм такие кристаллиты вообще отсутствуют (рис. 6в).



а)



б)



в)

Рисунок 6 – Морфология поверхности слоя вольфрам–титан после термообработки;  $\times 20000$   
а) 0,05 мкм, б) 0,08 мкм, в) 0,12 мкм

### Заключение и выводы

В ходе проведения исследования было замечено, что независимо от толщины барьерного слоя вольфрам–титан (при отжиге до 773 К), а также от времени отжига состояние межфазной границы раздела аналогично рисунку 4в. При полном стравливании барьерного слоя W–Ti на поверхности кремния ни на одном образце не обнаружены ямки взаимодействия алюминия с кремнием до температуры отжига 773 К и для толщины барьерного слоя 0,12 мкм. Это согласуется с результатами, полученными в работе [203], чего нельзя сказать о системе Al/Ti/Si с толщиной слоя титана  $\sim 0,07$  мкм [15].

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. При соотношении толщин слоев двухслойных металлических пленок Al/W–Ti – 10:1 система Al/W–Ti/Si термостабильна при температуре отжига 823 К в течение 30 мин. При соотношении толщин слоев пленок больше 10:1, но меньше 20:1 система термостабильна до 773 К.

2. При температуре 823 К при соотношении толщин слоев пленок металла ~20:1 термостабильность контактов снижается, вероятно, из-за внутренних макронапряжений, приводящих к распаду вольфрам–титановой пленки на отдельные кристаллиты в результате рекристаллизации.

3. В результате электронно-микроскопических исследований системы Al/W–Ti/Si установлено, что барьерный слой вольфрам–10 % (масс.) титана надежно термостабилен до температуры 773 К независимо от толщины слоя (0,05–0,12 мкм). Барьерный слой вольфрам–титан толщиной 0,12 мкм термостабилен и при температуре 823 К в течение 30 мин.

### Литература

1. Clabes, J. B. Electronic Structure of the V/Si Interface / J.B. Clabes, G. W. Rubloff // J. Vac. Sci. Technol. – 1981. – Vol. 19, № 2. – P. 262–263.

2. Electronic States and Atomic Structure at the Pd<sub>2</sub>Si-Si Interface / P.E. Schmid, P.S. Ho, H. Foil, G.W. Rubloff // J. Vac. Sci. Technol. – 1981. – Vol. 18, № 3. – P. 937–943.

3. The Formation of the Schottky barrier at the V/Si Interface / J.B. Clabes, G.W. Rubloff, B. Reihl [et al.] // J. Vac. Sci. Technol. – 1982. – Vol. 20, № 3. – P. 684–687.

4. Marc, A. T. Silicide and Schottky barrier formation in the Ti-Si and Ti-SiO<sub>x</sub>-Si systems / A. T. Marc, C. R. Helms // J. Appl. Phys. – 1982. – Vol. 53, № 9. – P. 6308–6315.

5. Butz, R. Chemical Bonding and Reactions at Ti/Si and Ti/oxygen/Si Interfaces / R. Butz, G. W. Rubloff, P. S. Ho // J. Vac. Sci. Technol. A. – 1983. – Vol. 1, № 2. – Pt. 1. – P. 771–775.

6. Dolmatov, A. V. Investigation of structure formation in thin films / A. V. Dolmatov, I. V. Milyukova, P. Y. Gulyaev. – DOI: 10.1088/1742-6596/1281/1/012010 // Journal of Physics: Conference Series, Saint Petersburg, 14–16 мая 2019 года. – Saint Petersburg : Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012010.

7. Chemical and Structural Aspects of Reaction at the Ti/Si Interface / R. Butz, G.W. Rubloff, T.Y. Tan, P.S. Ho // Phys. Rev. B. – 1984. – Vol. 30, № 10. – P. 5421–5429.

8. Tromp, R. M. Low Temperature Material Reaction at the Ti/Si(111) Interface / R. M. Tromp, G. W. Rubloff, E. J. van Loenen // J. Vac. Sci. Technol. A. – 1986. – Vol. 4, № 3. – Pt. 1. – P. 865–868.

9. Rubloff, G. W. Material Reaction and Silicide Formation at the Refractory Metal/Silicon Interface / G. W. Rubloff, R. M. Tromp, E. J. van Loenen // Appl. Phys Lett. – 1986. – Vol. 48, № 23. – P. 1600–1602.

10. Influence of Thin SiO<sub>2</sub> Interlayers on Chemical Reaction and Microstructure at the Ni/Si(111) Interface / M. Liehr, H. Lefakis, F. K. LeGoues, G. W. Rubloff // Phys. Rev. B. – 1986. – Vol. 33, № 8. – P. 5517–5525.

11. Твердофазное взаимодействие в двухслойных металлических пленках Ti/Al/Si и Ti/Al/SiO<sub>x</sub>/Si / Ю. П. Снитовский, А. А. Ковалевский, Н. В. Бабушкина, Л. Я. Портнов. – Текст : непосредственный // Неорганические материалы. – 1993. – Т. 29, № 3. – С. 361–363.

12. Berthoud, L. A. On the Alloying of Aluminum to the Silicon in the Fabrication of Integrated-Circuits / L. A. Berthoud // Microelectron. Reliab. – 1977. – Vol. 16, № 2. – P. 165–168.

13. Jordan, V. I. 3D computer-aided simulation of SHS macrokinetics in the Ni-Al porous medium with the closest packing of «mesocells» / V. I. Jordan, I. A. Shmakov, A. A. Grigoryevskaya. – DOI 10.1088/1742-6596/1745/1/012062 // Journal of Physics : Conference Series : 6, Samara, 26–29 мая 2020 года. – Samara, 2021. – P. 012062.

14. Твердофазное взаимодействие в тонкопленочной системе Si – Ti – Al / В. А. Бобков, Л. Д. Буйко, В. П. Лесникова [и др.]. – Текст : непосредственный // Микроэлектроника. – 1988. – Т. 17, № 4. – С. 377–379.

15. Электронно-микроскопические исследования процессов твердофазного взаимодействия в контактной системе Al – Ti – Si / В. А. Бобков, В. П. Лесникова, С. В. Кравцов, [и



др.]. – Текст : непосредственный // Физические методы исследования и диагностика материалов и элементов вычислительной техники : тезисы докладов Всесоюзной конференции, Кишинев, 14–15 апреля 1986 г. – Кишинев, 1986. – С. 90.

16. Layered and Homogeneous Films of Aluminum and Aluminum/Silicon with Titanium and Tungsten for Multilevel Interconnects / D. S. Gardner, T. L. Michalka, K. C. Saraswat [et al.] // IEEE J. Solid State Circuits. – 1985. – Vol. SC-20, № 1. – P. 94–103.

17. Snitovsky, Yu. P. Solid-Phase Interaction in the Al–Ti–SiO<sub>x</sub>–Si Systems / Yu. P. Snitovsky, A. A. Kovalevsky, N.V. Babushkina // Europhys. Conf. Abstr. 1993. – Vol. 17A. – P. 1562.

18. Нефедов, В. Н. Рентгеноэлектронная спектроскопия химических соединений : справочник. – Москва : Химия, 1984. – 256 с. – Текст : непосредственный.

19. Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy / Eds. C. D. Wagner [et al]. – Minnesota: Perkin-Elmer Corp. – 1979. – 190 p.

20. Чернышов, А. А. Основы надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем / А. А. Чернышов. – Москва : Радио и связь, 1988. – 256 с. – Текст : непосредственный.

21. Снитовский, Ю. П. Отказы дискретных транзисторов, вызванные рекристаллизацией в алюминиевой металлизации / Ю. П. Снитовский. – Текст : непосредственный // Электронная техника. Сер. 8. Управление качеством, метрология, стандартизация. – 1979. – Вып. 4. – С. 38–41.

22. Cui, H. Z. Influence of micropores on structural instability / H. Z. Cui, A. A. Grigoryevskaya, P. Yu. Gulyaev. – DOI 10.17816/byusu20190433-40 // Yugra State University Bulletin. – 2019. – № 4 (55). – P. 33–40.

23. Снитовский, Ю.П. Система двухуровневой металлизации БИС с большой площадью металлизации второго уровня / Ю. П. Снитовский, Л. Я. Портнов, А. Л. Данкевич. – Текст : непосредственный // Микроэлектроника. – 1991. – Т. 20, № 2. – С. 150–154.

24. Снитовский, Ю. П. Электронно-микроскопические исследования Al/W–Ti металлизации / Ю. П. Снитовский, Л. Я. Портнов, Л. Д. Буйко. – Текст : непосредственный // Микроэлектроника. – 1994. – Т. 23, № 4. – С. 86–89.

25. Snitovsky, Yu. P. Recrystallization Behavior of Aluminum Layers in Al/Ti/Si and Al/Ti/SiO<sub>x</sub>/Si Structures / Yu. P. Snitovsky // Inorganic Materials. – 2005. – Vol. 41, Issues 8. – P. 807–811.

26. Bower, W. R. Characteristics of Aluminum–Titanium Electrical Contacts on Silicon / W. R. Bower // Appl. Phys. Lett. – 1973. – Vol. 23, № 2. – P. 99–101.

27. Снитовский, Ю. П. Применение двуокиси кремния для защиты алюминиевой металлизации дискретных транзисторов / Ю. П. Снитовский. – Текст : непосредственный // Электронная техника. Сер. 8. Управление качеством, метрология, стандартизация. – 1980. – Вып. 8. – С. 23–27.

28. Гурский, Л. И. Структура и кристаллографическая ориентация алюминиевых пленок на *n*- и *p*-кремнии в системах Al–Ti–Si, Al–Ti–SiO<sub>x</sub>–Si / Л. И. Гурский, Ю. П. Снитовский. – Текст : непосредственный // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2007. – № 7. – С.44–48.

29. Prussin, S. Generation and distribution of dislocations by solute diffusion / S. Prussin // J. Appl. Physics. – 1961. – Vol. 32, № 10. – P. 1876–1881.

30. Гегузин, Я. Е. Диффузионная зона / Я. Е. Гегузин. – Москва : Наука, 1979. – 344 с. – Текст : непосредственный.

31. Палатник, Л. С. Диффузионные явления в тонкопленочной бинарной системе Au–Pd / Л. С. Палатник, Б. Т. Бойко, М. В. Лобокова. – Текст : непосредственный // ДАН СССР. – 1973. – Т. 213, № 1. – С. 141–144.

32. Концевой, Ю. А. Пластичность и прочность полупроводниковых материалов и структур / Ю. А. Концевой, Ю. М. Литвинов, Э. А. Фаттахов. – Москва : Радио и связь, 1982. – 240 с. – Текст : непосредственный.



33. Stojadinovic, N. D. A new method for elimination of emitter edge dislocations of silicon planar NPN transistors / N. D. Stojadinovic, R. S. Popovic // *Phys. stat. sol. (a)*. – 1979. – Vol. 55, № 1. – P. 307–313.
34. Точицкий, Э. И. Кристаллизация и термообработка тонких пленок/ Э. И. Точицкий. – Минск : Наука и техника, 1976. – 376 с. – Текст : непосредственный.
35. Мальцев, М. В. Модифицирование структуры слитков алюминиевых сплавов / М. В. Мальцев. – Текст : непосредственный // *Легкие сплавы*. – Москва, 1958. – Вып. 1. – С. 273–288.
36. Snitovsky, Yu. P. Structure Perfection of Al films in the Si – Ti – Al Systems / Yu. P. Snitovsky. – Madrid : Faculty of Civil Engineering, Polytechnical Univ., 1994. – Article ID: WeAA6Po025.
37. Адамеску, Р. А. Анизотропия физических свойств металлов / Р. А. Адамеску, П. В. Гельд, Е. А. Митюшов. – Москва : Металлургия, 1985. – 136 с. – Текст : непосредственный.
38. Hoffman, V. E. Tungsten Titanium Diffusion Barrier Metallisation / V. E. Hoffman // *Solid State Techn.* – 1983. – Vol. 26, № 6. – P. 119–126.
39. Использование пленок сплава W – Ti для металлизации ИС на основе GaAs / А. Л. Ахумян, А. Г. Кожин, К. А. Морозов [и др.]. – Текст : непосредственный // *Микроэлектроника*. – 1990. – Т. 19, № 6. – С. 586–599.
40. Воспроизводимость состава и свойства пленок сплава вольфрам – титан, полученных магнетронным распылением составных мишеней / В. Ю. Ящак, В. Г. Глебовский, А. И. Дударчик [и др.]. – Текст : непосредственный // *Поверхность. Физика, химия, механика*. – 1991. – № 6. – С. 93–99.
41. Тонкие пленки: Взаимная диффузия и реакции / Дж. Поут, К. Ту, Дж. Мейер [и др.]. – Москва : Мир, 1982. – 576 с. – Текст : непосредственный.
42. Снитовский, Ю. П. Структурное совершенство алюминиевых пленок в системе Si – Ti – Al / Ю. П. Снитовский, Л. Я. Портнов. – Текст : непосредственный // *Электронная техника. Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование*. – 1992. – Вып. 2. – С. 27–30.
43. Снитовский, Ю. П. Электронно-микроскопические исследования Al/W – Ti-металлизации / Ю. П. Снитовский, Л. Я. Портнов, Л. Д. Буйко. – Текст : непосредственный // *Аналитические методы исследования материалов и изделий микроэлектроники : тезисы докладов VI Всесоюзной конференции, Кишинев, 1991 г.* – Кишинев, 1991. – С. 162.
44. Grigoryevskaya, A. A. Spin instability of technological combustion mode in a wave of self-propagating high-temperature synthesis / A. A. Grigoryevskaya, P. Yu. Gulyaev. – DOI: 10.18822/byusu20220109-20 // *Yugra State University Bulletin*. – 2022. – № 1 (64). – P. 9–20.
45. Dolmatov, A. Architecture of an Intelligent Network Pyrometer for Building Information-Measuring and Mechatronic Systems / A. Dolmatov, P. Gulyaev, I. Milyukova. – DOI: 10.1007/978-3-030-94141-3\_21 // *Communications in Computer and Information Science*. – 2022. – Vol. 1526 CCIS. – P. 265-274.
46. Gulyaev, P. Experimental observation of the instability mode in the combustion wave / P. Gulyaev, A. Grigoryevskaya, V. Jordan.. – DOI: 10.1109/EFRE47760.2020.9241952 // *7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE 2020)*, Virtual, Tomsk, Russia, 14–26 сентября 2020 года. – Virtual, Tomsk, Russia : Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. – P. 1227–1231
47. Цуи, Х. Ж. Сценарии структурообразования системы Ni-Al с упрочняющими добавками / Х. Ж. Цуи, А. А. Григорьевская, П. Ю. Гуляев. – DOI 10.17816/byusu20200241-49. – Текст : непосредственный // *Вестник Югорского государственного университета*. – 2020. – № 2 (57). – С. 41–49.
48. Механизм и кинетика распада твердофазной пленки на поверхности кристалла / Я. Е. Гегузин, Ю. С. Кагановский, В. И. Кибец, Н. А. Макаровский. – Текст : непосредственный // *Физика металлов и металловедение*. – 1975. – Т. 39, № 6. – С. 1205–1210.

49. Измерение скорости и температуры частиц / М. П. Бороненко, И. П. Гуляев, П. Ю. Гуляев, А. Е. Серегин. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57, № 3. – С. 70–73.

50. Гегузин, Я. Е. Исследование «бугоркового» механизма диффузионного распада поликристаллической пленки на твердой подложке / Я. Е. Гегузин, Н. А. Макаровский, В.В. Богданов. – Текст : непосредственный // Физика металлов и металловедение. – 1978. – Т. 45, № 2. – С. 347–353.

51. Бороненко, М. П. Телевизионная измерительная система / М. П. Бороненко, П. Ю. Гуляев. – Текст : непосредственный // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2014. – № 1 (31). – С. 60–64.

52. Equipment and technologies of air-plasma spraying of functional coatings / V. Kuzmin, I. Gulyaev, D. Sergachev [et al.]. – DOI 10.1051/mateconf/201712901052 // MATEC Web of Conferences, Sevastopol, 11–15 September 2017 year. – Sevastopol : EDP Sciences, 2017. – P. 01052.



ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

---



**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДАХ  
С МАШИНАМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА,  
РАБОТАЮЩИМИ ПО ПРИНЦИПУ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКИ**

**Попов Денис Игоревич**

*кандидат технических наук, доцент*

*доцент кафедры электрических машин и общей электротехники  
ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения»*

*Омск, Россия*

*E-mail: popovomsk@yandex.ru*

*Предметом исследования являются электроэнергетические процессы в интегрированных испытательных стендах с машинами постоянного тока и асинхронными машинами, работающими по принципу взаимной нагрузки. Целью исследования является получение математической модели, позволяющей исследовать работу машин постоянного тока в заданных условиях. Для исследования применяются методы математического моделирования, известные математические модели элементов двухзвенных преобразователей частоты, численные методы решения систем дифференциальных уравнений с применением метода Рунге – Кутты четвертого порядка точности, реализованные в системе компьютерной алгебры Mathcad. При математическом моделировании учитывается нелинейность кривой намагничивания магнитопроводов электрических машин и пульсации постоянного напряжения, подаваемого на их обмотки, обусловленные работой преобразователей. В результате исследования получены математические модели электроэнергетических процессов в испытательных стендах, позволяющие рассчитать токи во всех ветвях рассматриваемых электрических схем, электромагнитные моменты и частоту вращения общего вала. Разработанные математические модели могут быть применены при проектировании интегрированных стендов для испытаний машин постоянного тока и асинхронных машин методом взаимной нагрузки.*

*Ключевые слова: электроэнергетические процессы, математическое моделирование, испытательные стенды, взаимная нагрузка, машины постоянного тока.*

**MATHEMATICAL MODELING OF ELECTRIC POWER PROCESSES  
IN INTEGRATED TEST BENCHES WITH DC MACHINES OPERATING  
ON THE PRINCIPLE OF MUTUAL LOAD**

**Denis I. Popov**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*Associate Professor of the Department*

*of Electrical Machines and General Electrical Engineering*

*Omsk State Transport University*

*Omsk, Russia*

*E-mail: popovomsk@yandex.ru*

*The subject of the study is electric power processes in integrated test benches with DC machines and induction machines operating on the principle of mutual loading. The purpose of the study is to obtain a mathematical model that allows us to study the operation of DC machines under specified conditions. Methods of mathematical modeling, well-known mathematical models of elements of two-link frequency converters, numerical methods for solving differential equations systems using the Runge-Kutta method of the fourth order of accuracy implemented in the Mathcad computer algebra system are used for the study. Mathematical modeling takes into account the nonlinearity of the magnetization curve of the magnetic circuits of electric machines and the pulsations of constant voltage supplied to their windings caused by the operation of converters. As a result of the study, mathemati-*

*cal models of electric power processes in test benches were obtained, which allow calculating currents in all branches of the considered electrical circuits, electromagnetic moments and the rotation frequency of the common shaft. The developed mathematical models can be applied in the design of integrated stands for testing DC machines and asynchronous machines by the method of mutual loading.*

*Keywords: electric power processes, mathematical modeling, test benches, mutual load, DC machines.*

## Введение

Внедрение новых производственных мощностей, предназначенных для проведения испытаний асинхронных двигателей на таких предприятиях, как, например, локомотивные ремонтные депо, требует достаточно крупных капиталовложений. Это является существенным препятствием к внедрению нового оборудования.

Значительно снизить капитальные затраты при решении данной задачи может подход, объединяющий оборудование испытательного комплекса, предназначенного для двигателей постоянного тока, и стенда для испытания асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки [1–5].

У испытательных стендов двух обозначенных типов, использующих метод взаимной нагрузки, дублирование функций имеет место в системе управления. Так, у стендов для испытания машин постоянного тока (МПТ) система управления необходима для управляемых выпрямителей, выполняющих функции источников питания [6]. Стенды для испытания асинхронных машин (АМ) имеют систему управления преобразователями частоты [7]. Обе названные системы управления используются для регулирования параметров режима работы испытуемой и нагрузочной машин.

Таким образом, на предприятиях, осуществляющих испытания МПТ и АД, возможно получение технико-экономического эффекта за счет интеграции схем различных испытательных стендов в один электротехнический комплекс с одной общей системой управления вместо двух.

Интегрированная схема испытаний асинхронных машин и машин постоянного тока наиболее общего вида представлена на рисунке 1 [8].

В данной схеме испытаний в качестве устройства для регулирования параметров всех типов электрических машин, входящих в ее состав, использованы преобразователи частоты (ПЧ), имеющие соответствующую систему управления. Использование ПЧ в составе стенда позволяет приблизить условия питания асинхронных тяговых двигателей к условиям эксплуатации за счет применения источника питания такого же типа, который применяется в системе электропривода, например на подвижном составе железных дорог.

Стенд для испытания электрических машин (см. рисунок 1) состоит из следующих элементов: 1 и 2 – ПЧ; 1.1, 2.1 – диодные выпрямители; 1.2, 2.2 – звенья постоянного тока (ЗПТ); 1.3, 2.3 – управляемые инверторы напряжения; 3 – шина постоянного тока, соединяющая ЗПТ двух преобразователей; 4 – 7 – контакторы; 8, 9 – испытуемая и нагрузочная АМ; 10, 16 – соединительные муфты; 11, 12 – неуправляемые выпрямители; 13 – коммутатор (или группа контакторов); 14, 15 – испытуемая и нагрузочная МПТ; 14.1, 15.1 – обмотки якоря; 14.2, 15.2 – обмотки возбуждения.

Особенность работы стенда состоит в том, что коммутатор 13 имеет «правое» и «левое» рабочие положения. В «правом» рабочем положении данная схема (см. рис. 1) позволяет испытать МПТ с параллельным (независимым) возбуждением, в «левом» рабочем положении – МПТ с последовательным возбуждением.

Разработка испытательных стендов с применением данной схемы (см. рисунок 1) требует наличия соответствующих математических моделей. Задачей настоящего исследования является разработка таких моделей.

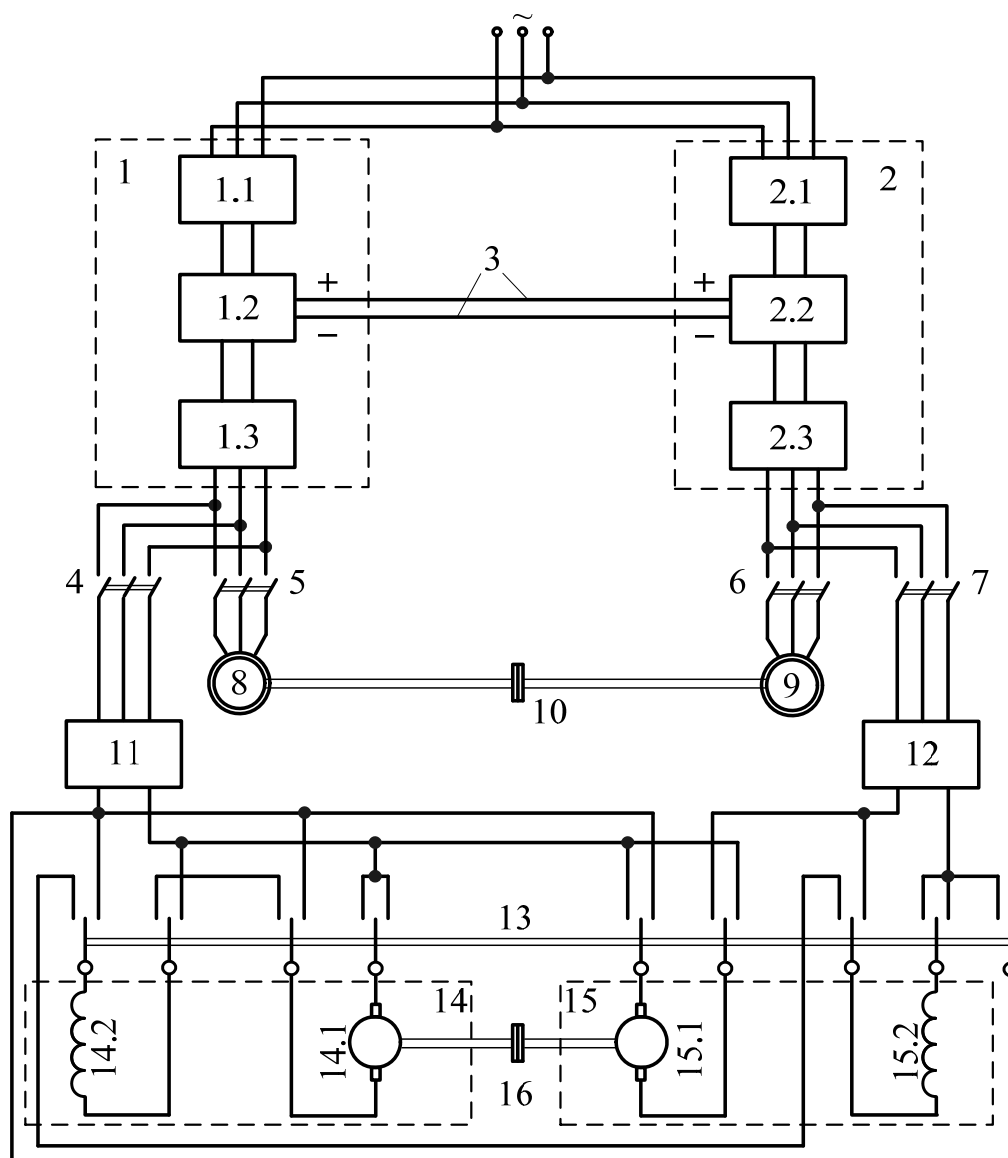


Рисунок 1 – Силовая часть схемы интегрированного стенда для испытаний асинхронных машин и МПТ с последовательным и параллельным (независимым) возбуждением

### Результаты и обсуждение

Воспользуемся разработанным ранее подходом к математическому моделированию элементов стендов, предназначенных для испытаний электрических машин методом взаимной нагрузки, изложенным в [2]. В рассмотренных схемах необходимо учесть то, что питание обмоток испытуемой и нагрузочной машин осуществляется от выпрямителя, на вход которого подается напряжение от преобразователя частоты.

Математическая модель напряжения фазы  $A$  на выходе преобразователя частоты представляет собой следующую систему уравнений:

$$u_a(t) = \begin{cases} \frac{2}{3} u_{\text{вын}}(t) \text{sign}(u_{3a}(t) - u_n(t)), & \text{если } \text{sign}(u_{3b}(t) - u_n(t)) = \dots \\ \dots = \text{sign}(u_{3c}(t) - u_n(t)) \neq \text{sign}(u_{3a}(t) - u_n(t)); \\ \frac{1}{3} u_{\text{вын}}(t) \text{sign}(u_{3a}(t) - u_n(t)), & \text{если } \text{sign}(u_{3b}(t) - u_n(t)) \neq \text{sign}(u_{3c}(t) - u_n(t)); \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad (1)$$



где  $u_{\text{вын}}(t)$  – напряжение на выходе выпрямителя,

$u_n(t)$  – пилообразное напряжение системы управления преобразователя частоты,

$u_{3a}(t), u_{3b}(t), u_{3c}(t)$  – задающие напряжения системы управления преобразователя частоты [2].

В схеме выпрямления Ларионова в любой момент времени будет открыт тот диод катодной группы, на аноде которого оказался наиболее высокий положительный потенциал. Из диодов анодной группы в любой момент времени будет открыт тот, на катоде которого оказался наибольший по модулю отрицательный потенциал.

Следовательно, для выпрямителей, подключенных к силовым цепям МПТ, можно записать следующие выражения для определения их выходных напряжений:

$$\begin{cases} u_{1в}(t) = \max(u_{1a}(t), u_{1b}(t), u_{1c}(t)) - \min(u_{1a}(t), u_{1b}(t), u_{1c}(t)); \\ u_{2в}(t) = \max(u_{2a}(t), u_{2b}(t), u_{2c}(t)) - \min(u_{2a}(t), u_{2b}(t), u_{2c}(t)). \end{cases} \quad (2)$$

Пример расчета напряжений на выходе выпрямителей, питающих МПТ, при  $U_{3 \max} = 0,9U_{п \max}$  приведен на рис. 2 а, расчет при  $U_{3 \max} = 0,5U_{п \max}$  – на рис. 2 б.

Анализ полученных напряжений показывает, что частота импульсов напряжения на выходе выпрямителя приблизительно соответствует удвоенной частоте пилообразного напряжения в системе управления ПЧ (см. пп. 2.1.1), а среднее значение выпрямленного напряжения является функцией отношения  $U_{3 \max} / U_{п \max}$ .

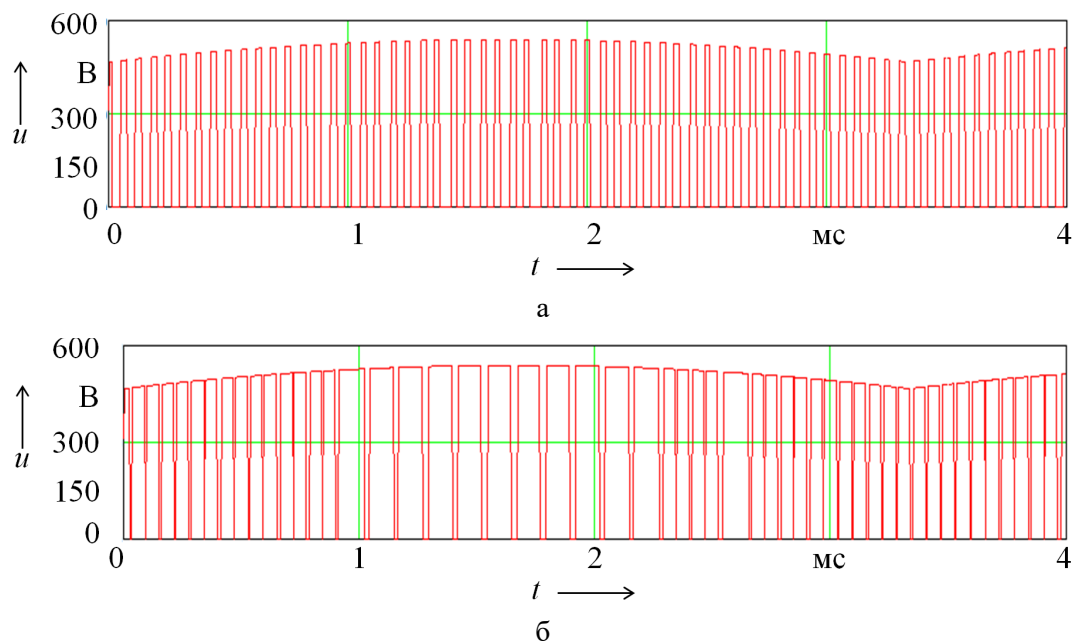


Рисунок 2 – Напряжения на выходе выпрямителей, питающих МПТ

При испытании МПТ при независимом возбуждении электрические цепи обмоток испытуемой и нагрузочной машин имеют схему, представленную на рисунке 3.

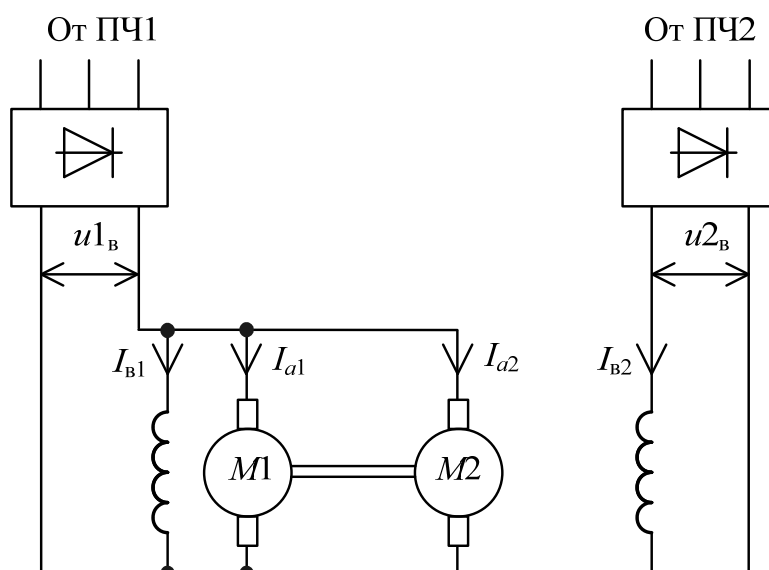


Рисунок 3 – Фрагмент схемы интегрированного стенда для испытаний АД и МПТ с независимым (параллельным) возбуждением

Для данной схемы можно составить следующую систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dI_{a1}}{dt} = \frac{1}{\Sigma L_{a1}} \left( -u1_B + I_{a1} \Sigma R_{a1} + \omega \Phi_1^* \frac{U_{H1}}{\omega_{H \text{ МПТ}1}} \right); \\ \Phi_1^* = f(I_{B1}^*); \\ I_{B1}^* = \frac{u1_B}{R_{B1} I_{BH1}}; \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{(J_1 + J_2)} \left( \frac{I_{a1} \Phi_1^* M_{H1}}{I_{aH1}} - \frac{I_{a2} \Phi_2^* M_{H2}}{I_{aH2}} - M_{\text{ПОТ}} \text{sign}(\omega) \right); \\ \frac{dI_{a2}}{dt} = \frac{1}{\Sigma L_{a2}} \left( -u2_B - I_{a2} \Sigma R_{a2} + \omega \Phi_2^* \frac{U_{H2}}{\omega_{H \text{ МПТ}2}} \right); \\ \Phi_2^* = f(I_{B2}^*); \\ I_{B2}^* = \frac{u2_B}{R_{B2} I_{BH2}}, \end{array} \right. \quad (3)$$

где  $I_{a1}, I_{a2}, I_{B1}^*, I_{B2}^*$  – токи якоря и относительные токи возбуждения испытуемой и нагрузочной машин;

$M_{H1}, M_{H2}$  – номинальные моменты испытуемой и нагрузочной машин;

$U_{H1}, U_{H2}$  – номинальные напряжения испытуемой и нагрузочной машин;

$I_{aH1}, I_{aH2}$  – номинальные токи якоря испытуемой и нагрузочной машин;

$I_{BH1}, I_{BH2}$  – номинальные токи возбуждения испытуемой и нагрузочной машин;

$\Sigma L_{a1}, \Sigma L_{a2}$  – суммарные индуктивности цепей якоря;

$\Sigma R_{a1}, \Sigma R_{a2}, R_{B1}, R_{B2}$  – суммарные сопротивления цепей якоря и возбуждения;

$J_1, J_2$  – моменты инерции испытуемой и нагрузочной машин;

$\omega_{н\text{ МПТ}1}, \omega_{н\text{ МПТ}2}$  – номинальная угловая частота вращения испытуемой и нагрузочной машин;

$\Phi_1^* = f(I_{в1}^*), \Phi_2^* = f(I_{в2}^*)$  – аппроксимации кривых намагничивания испытуемой и нагрузочной машин.

Полученная система уравнений (3) позволяет изучать физические процессы в МПТ, работающей в интегрированной схеме взаимной нагрузки. При этом МПТ получают питание от неуправляемых выпрямителей, которые в свою очередь питаются от преобразователей частоты. Таким образом, напряжение, подаваемое на обмотки МПТ, может регулироваться с применением системы управления преобразователей частоты.

При испытании ДПТ при последовательном возбуждении электрические цепи обмоток испытуемой и нагрузочной машин выполнены по схеме, представленной на рисунке 4.

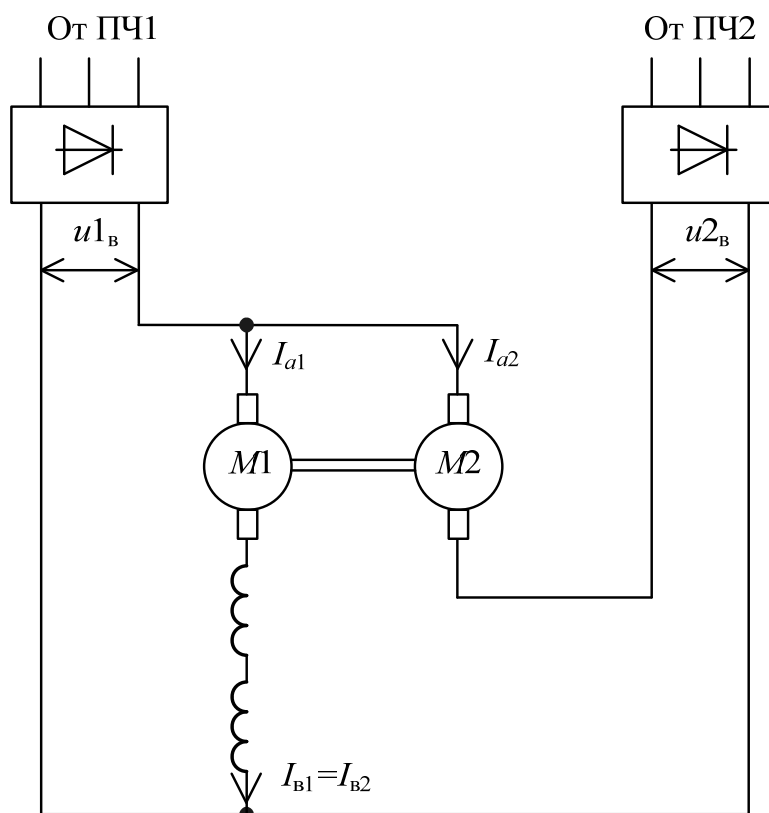


Рисунок 4 – Фрагмент схемы интегрированного стенда для испытаний АД и МПТ с последовательным возбуждением

Система уравнений, описывающая работу МПТ в данной схеме, по сравнению с системой (3) будет изменена в части определения тока возбуждения обеих машин и примет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dI_{a1}}{dt} = \frac{1}{\Sigma L_{a1}} \left( -u1_{\text{в}} + I_{a1} \Sigma R_{a1} + \omega \Phi_1^* \frac{U_{\text{н1}}}{\omega_{\text{н мпт1}}} \right); \\ \Phi_1^* = f \left( \frac{I_{a1}}{I_{\text{в н1}}} \right); \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{(J_1 + J_2)} \left( \frac{I_{a1} \Phi_1^* M_{\text{н1}}}{I_{\text{ан1}}} - \frac{I_{a2} \Phi_2^* M_{\text{н2}}}{I_{\text{ан2}}} - M_{\text{пот}} \text{sign}(\omega) \right); \\ \frac{dI_{a2}}{dt} = \frac{1}{\Sigma L_{a2}} \left( -u2_{\text{в}} - I_{a2} \Sigma R_{a2} + \omega \Phi_2^* \frac{U_{\text{н2}}}{\omega_{\text{н мпт2}}} \right); \\ \Phi_2^* = f \left( \frac{I_{a1}}{I_{\text{в н2}}} \right). \end{array} \right. \quad (4)$$

### Заключение и выводы

В результате исследования получены математические модели электроэнергетических процессов в испытательных стендах, позволяющие рассчитать токи во всех ветвях рассматриваемых электрических схем, электромагнитные моменты и частоту вращения общего вала. Разработанные математические модели могут быть применены при проектировании интегрированных стендов для испытаний машин постоянного тока и асинхронных машин методом взаимной нагрузки.

### Литература

1. Коварский, М. Е. Испытание электрических машин / М. Е. Коварский, Ю. И. Янко. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 320 с. – ISBN 5-283-00528-3. – Текст : непосредственный.
2. Бейерлейн, Е. В. Схема испытаний тяговых частотно-регулируемых асинхронных электродвигателей / Е. В. Бейерлейн, О. Л. Рапопорт, А. Б. Цукублин. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2006. – № 3. – С. 46–48.
3. Имитационная модель силовой части стенда для испытания тяговых электродвигателей по принципу взаимной нагрузки / И. В. Дорощенко, М. Н. Погуляев, В. С. Захаренко, В. В. Тодарев. – Текст : непосредственный // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. – 2018. – № 4 (75). – С. 31–40.
4. Казаков, Ю. Б. Экспериментальное и расчетное, на основе полевых моделей, исследование электромеханических процессов в асинхронных машинах, объединенных общим валом, при испытаниях методом взаимной нагрузки / Ю. Б. Казаков, И. А. Палилов. – Текст : непосредственный // Автоматизация в электроэнергетике и электротехнике. – 2016. – Т. 1. – С. 184–189.
5. Патент № 2200960 С2 Российская Федерация, МПК G01R 31/34. Устройство для испытаний бесколлекторных электрических машин переменного тока : № 2001101213/09 : заявл. 12.01.2001 : опубл. 20.03.2003 / А. С. Курбасов, И. Л. Таргонский, Э. А. Долгошеев ; заявитель ОАО «ВЭЛНИИ». – Текст : непосредственный.
6. Бирюков, В. В. Анализ схемных решений силовых цепей мотор-генераторных установок постоянного тока, работающих по методу взаимной нагрузки / В. В. Бирюков. – Текст : непосредственный // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2005. – № 4 (24). – С. 86–89.
7. Попов, Д. И. Научные основы создания энергоэффективных методов и средств испытаний электрических машин / Д. И. Попов. – Омск : Омский государственный университет путей сообщения, 2019. – 175 с. : ил. – ISBN 978-5-949-41229-9. – Текст : непосредственный.
8. Патент № 184839 Российская Федерация, МПК G01R 31/34. Стенд для испытания асинхронных машин и машин постоянного тока : № 2018126407 : заявл. 17.07.2018 : опубл. 12.11.2018 / Д. И. Попов ; заявитель ОмГУПС : ил. – Текст : непосредственный.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ  
С 6-ПУЛЬСНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ**

**Шепелев Александр Олегович**

*кандидат технических наук  
доцент Высшей инженеринговой школы,  
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»  
Ханты-Мансийск, Россия  
E-mail: a\_shepelev@ugrasu.ru*

**Шепелева Елена Юрьевна**

*старший преподаватель Энергетического института,  
ФГБОУ ВО «Омский государственный  
технический университет»  
Омск, Россия  
E-mail: elena.arta2013@yandex.ru*

*Предмет исследования: в настоящей работе было проведено исследование несинусоидальных режимов работы электрооборудования в системе электроснабжения с 6-пульсным преобразователем.*

*Методы и объекты исследования: исследование проводилось на основе 3 экспериментов. В первом случае рассматривалась система электроснабжения без устройств компенсации токов высших гармоник. Во втором случае проведено моделирование системы с батареями статических конденсаторов. В третьем случае была рассмотрена система электроснабжения с резонансным фильтром, настроенным на 5 гармонику.*

*Результаты исследования: на основе проведённых экспериментов были получены результаты, показывающие, что при наличии в сети высших гармоник и при установленных батареях статических конденсаторов наблюдается резонанс на 5 гармонике. При установке резонансного фильтра напряжение в сети нормализуется и находится на требуемом уровне в соответствии с ГОСТ 32144-2013.*

*Ключевые слова: моделирование, несинусоидальные режимы, батареи статических конденсаторов, резонансный фильтр, резонанс.*

**ANALYSIS OF NON-SINUSOIDAL OPERATING MODES  
OF ELECTRICAL EQUIPMENT IN ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM  
WITH 6-PULSE TRANSDUCER**

**Alexander O. Shepelev**

*Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of the Higher Engineering School,  
Yugra State University  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: a\_shepelev@ugrasu.ru*

**Elena Yu. Shepeleva**

*Senior Lecturer of the Energy Institute,  
Omsk State Technical University*

*Omsk, Russia*

*E-mail: elena.arta2013@yandex.ru*

*The subject of research: In the article was made the analysis of non-sinusoidal operating modes of electrical equipment in a power supply system with 6-pulse transducer.*

*Methods and objects of research: The analysis was based on 3 experiments. In the first case, the system of power supply without devices of compensation of currents of higher harmonics was considered. In the second case, the system was simulated with static capacitor banks. In the third case, a power supply system with a tuned filter to the 5th harmonic was considered.*

*Results of research: Based on the conducted experiments, results were obtained showing that in the presence of higher harmonics in the network and when static capacitor banks are installed, resonance is observed at the 5th harmonic. When installing a tuned filter, the voltage in the network is normalized and is at the required level in accordance with GOST 32144-2013.*

*Keywords: simulation, non-sinusoidal modes, static capacitor banks, tuned filter, resonance.*

---

## **Введение**

Одной из основных задач в настоящее время является поддержание надёжности, безопасности и высокой управляемости электроэнергетических систем с неотъемлемым условием в высококачественной электрической энергии. Среди негативных последствий ухудшения качества электрической энергии отмечаются следующие:

- высокий уровень потерь электроэнергии;
- уменьшение срока службы изоляции электрического оборудования;
- перебои в нормальной работе устройств РЗА;
- нарушения в работе микропроцессорного оборудования;
- уменьшение устойчивости и надёжности электроснабжения;
- значительное увеличение эксплуатационных издержек.

В последнее время задача по обеспечению качества электрической энергии становится наиболее актуальной в связи с обновлением государственных стандартов [1]. Множество работ направлено на устранение проблем с некачественной электрической энергией на основе повышения формы кривой напряжения [2], [3]. Проверка данных теоретических исследований проводится на основе имитационного моделирования в программном комплексе MATLAB [4], [5, С. 36], что позволяет максимально приблизить условия работы приборов по обеспечению качества электрической энергии к фактическим условиям эксплуатации.

В настоящее время разработаны и широко используются на практике достаточно достоверные методы расчета установившихся и аварийных режимов работы систем электроснабжения. Однако проблема повышения качества электроэнергии стимулирует к разработке и внедрению новых технологий на основе имитационного моделирования объектов.

Необходимость данной разработки объясняется потребностью в изучении несинусоидальных режимов работы электрооборудования с целью получения и использования наиболее полных сведений об эффективности передачи и преобразования электроэнергии. Прогнозирование показателей качества и общего уровня потерь электрической энергии в различных элементах системы электроснабжения требуется для разработки мероприятий по уменьшению уровня этих потерь и обеспечению электромагнитной совместимости электрооборудования [6], [7], [8].

Для достижения этой цели в данной работе решаются задачи численного моделирования несинусоидальных режимов работы электрооборудования в системе электроснабжения на основе инструментальных средств программы MATLAB, а также исследования этой модели в

условиях подключения различных источников несинусоидальных искажений и фильтрокомпенсирующих устройств. При значительных уровнях несинусоидальности напряжения в электрических сетях могут возникнуть резонансные явления на определённых гармониках. Появление резонансных явлений может возникнуть при некоторых обстоятельствах, которые возникают при определённых значениях сопротивления элементов сети – индуктивного и емкостного сопротивления. Следовательно, действие высших гармоник при этих обстоятельствах приводит к выходу из строя электрооборудования из-за возникновения перенапряжений или сверхтоков.

Методы исследования и результаты, полученные в ходе выполнения работы, могут быть положены в основу создания инженерной методики для решения проблемы уменьшения несинусоидальных искажений напряжения в узлах подключения нагрузок с нелинейными вольт-амперными характеристиками [9].

### Результаты и обсуждение

Для моделирования несинусоидальных режимов работы электрооборудования в представленной работе был использован программный комплекс MATLAB/Simulink.

Рассмотрим схему системы энергоснабжения (СЭС), основной нагрузкой которой является полупроводниковый преобразователь, питающий потребителей постоянного тока.

Принципиальная схема системы электроснабжения представлена на рис. 1.

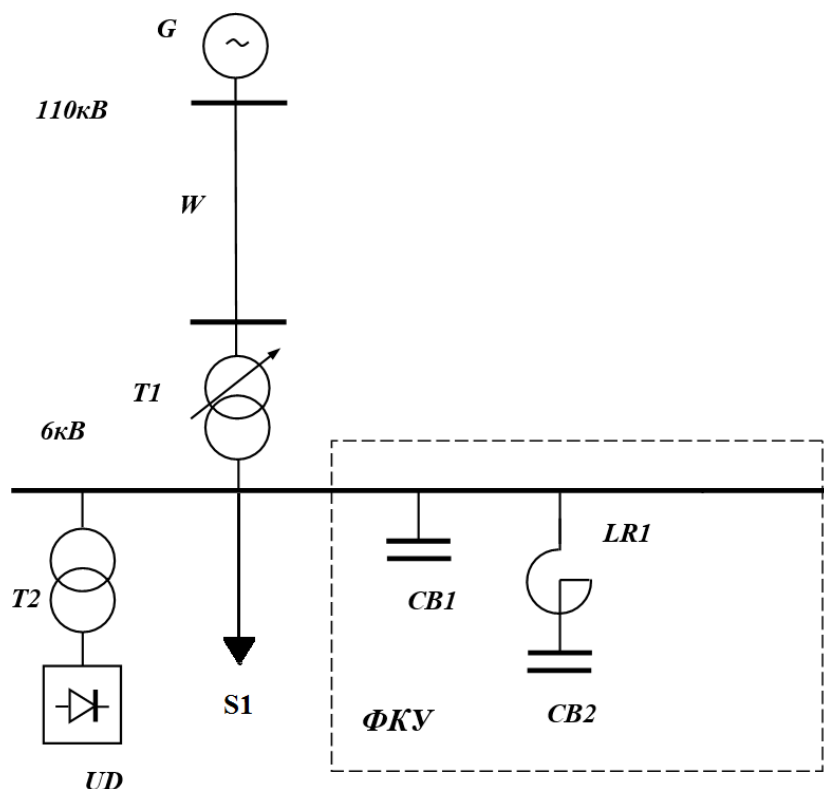


Рисунок 1 – Принципиальная схема рассматриваемой системы электроснабжения

В представленной схеме присутствуют такие элементы, как воздушная линия электропередачи W, силовой понижающий трансформатор 110/6 кВ T1, силовой трансформатор 6/0,4 кВ T2, питающий выпрямительную установку UD, а также фильтрокомпенсирующая установка (ФКУ).

Моделирование в данной системе электроснабжения будет проходить в три этапа:

- 1) ФКУ отключена;
- 2) ФКУ представляется в виде батареи статических конденсаторов;

3) ФКУ представлена в виде резонансного фильтра (РФ), настроенного на определённую гармонику.

Рассматриваемая система электроснабжения, построенная в программном продукте MATLAB, представлена на рис. 2.

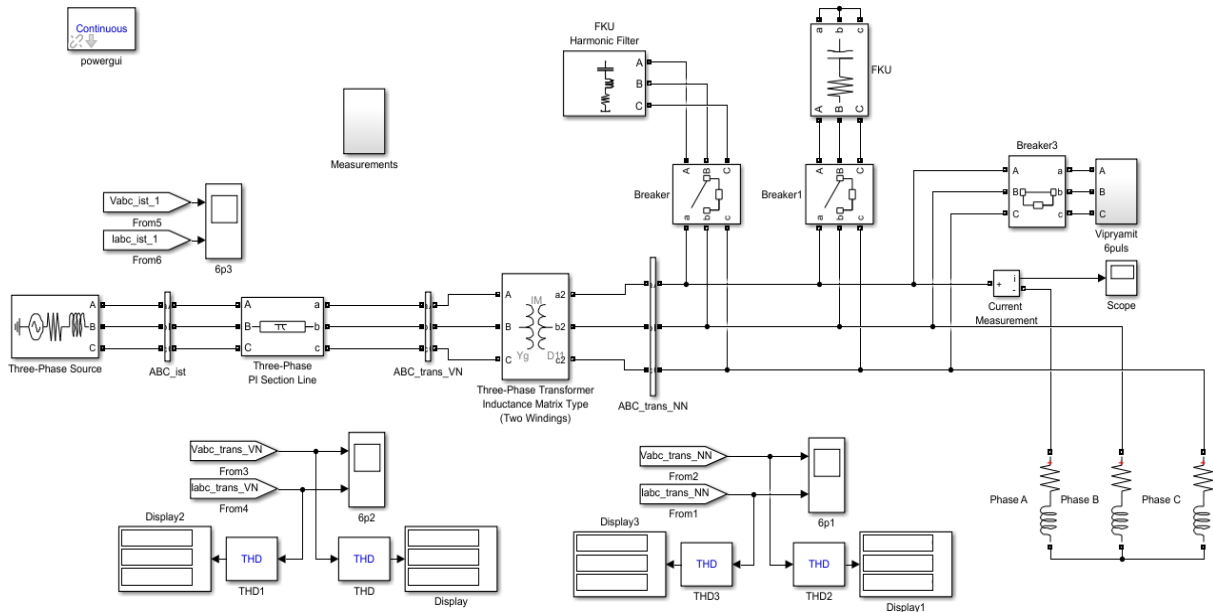


Рисунок 2 – Имитационная модель рассматриваемой СЭС в MATLAB

Ниже будут представлены осциллограммы токов и напряжений, амплитудные спектры гармоник только на стороне низкого напряжения трансформатора подстанции 110/6 кВ.

### Система электроснабжения без подключения ФКУ

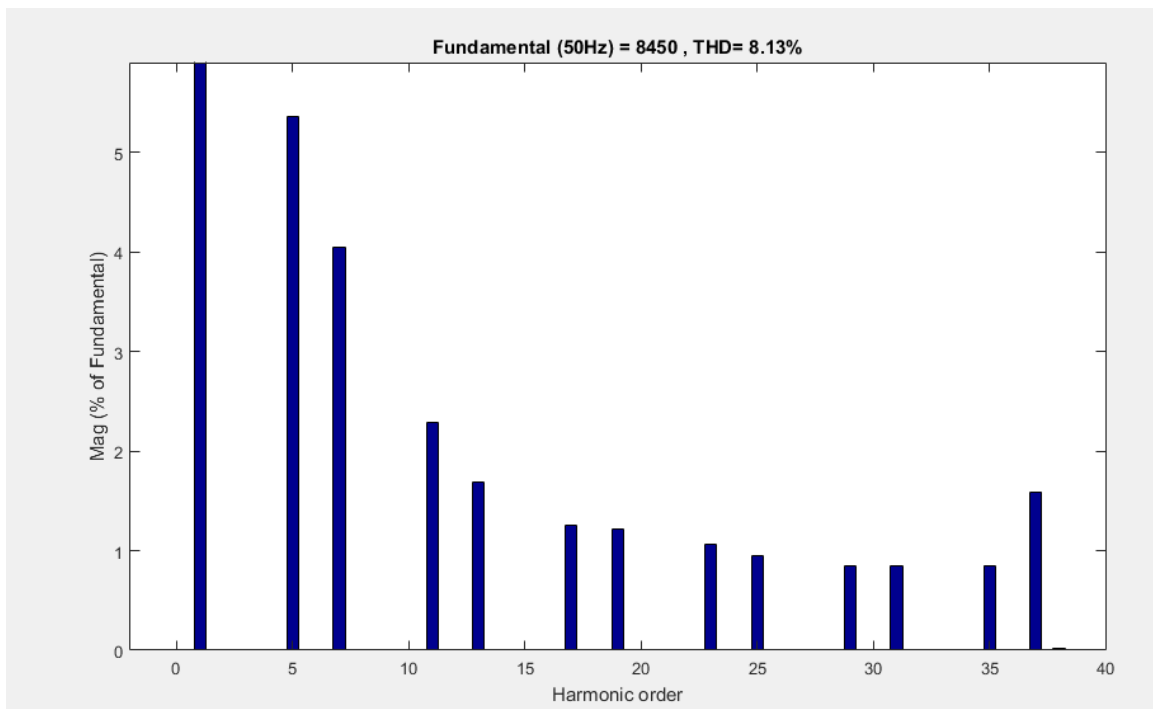


Рисунок 3 – Амплитудный спектр высших гармонических составляющих напряжения (без ФКУ)



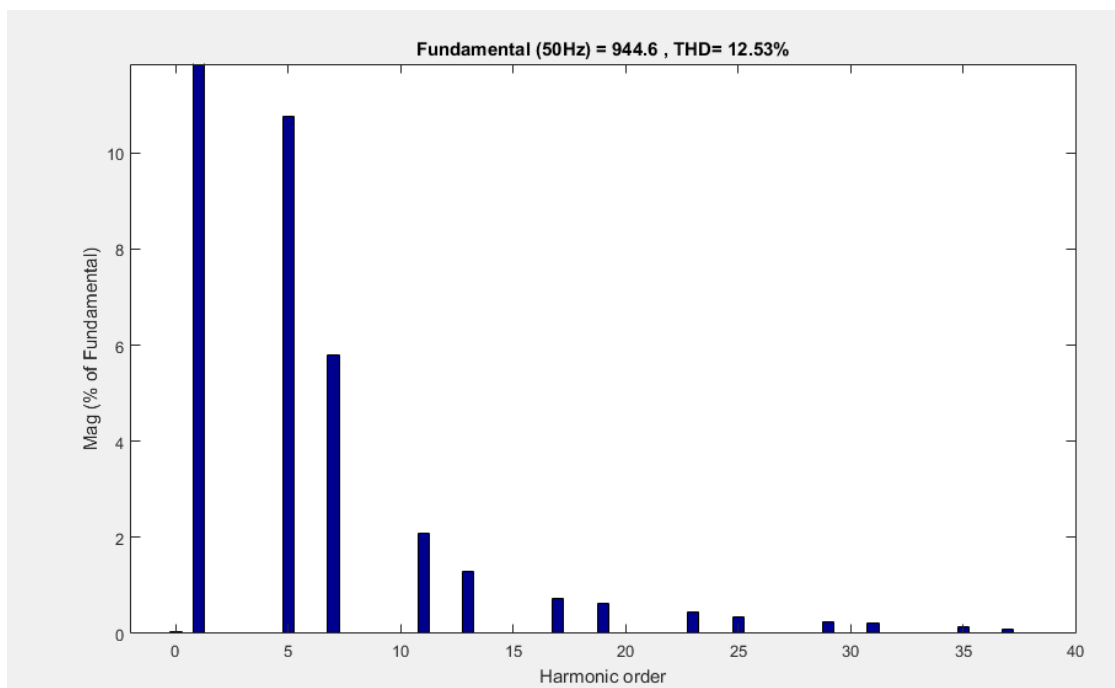


Рисунок 4 – Амплитудный спектр высших гармонических составляющих тока

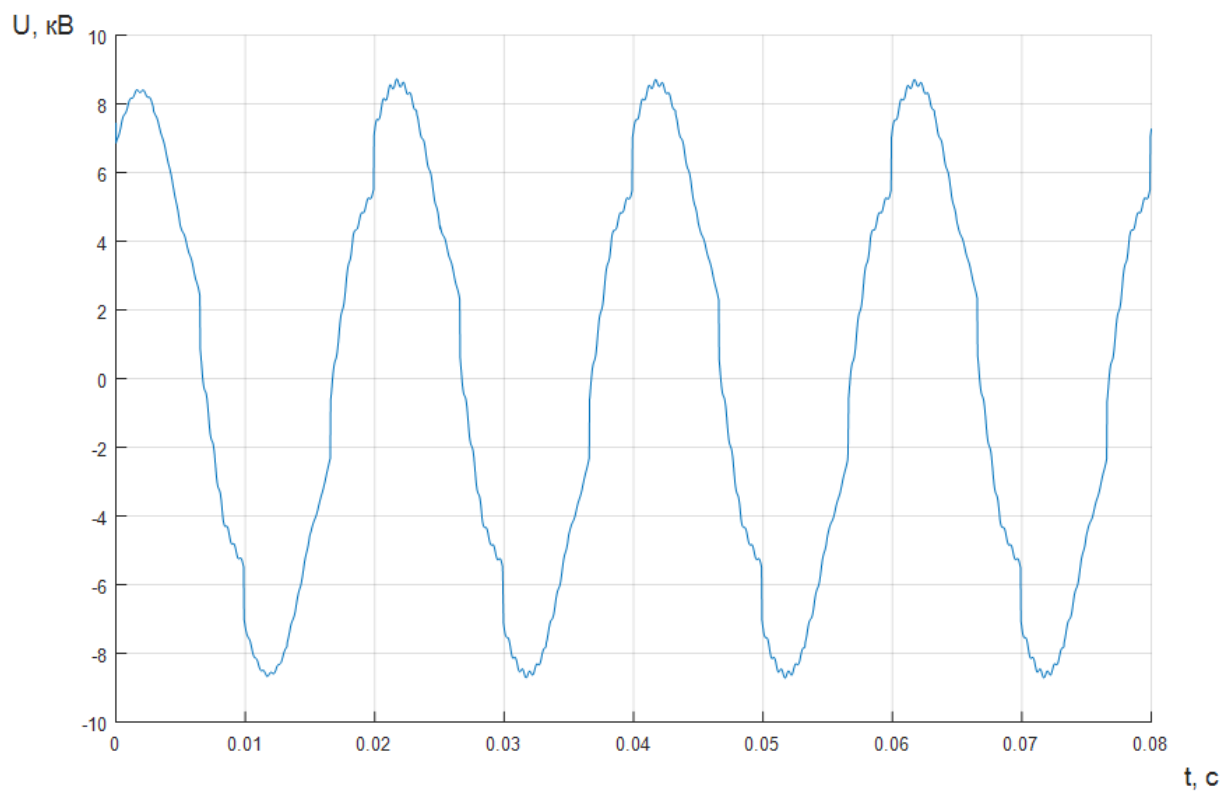


Рисунок 5 – Осциллограмма напряжения на стороне НН трансформатора подстанции

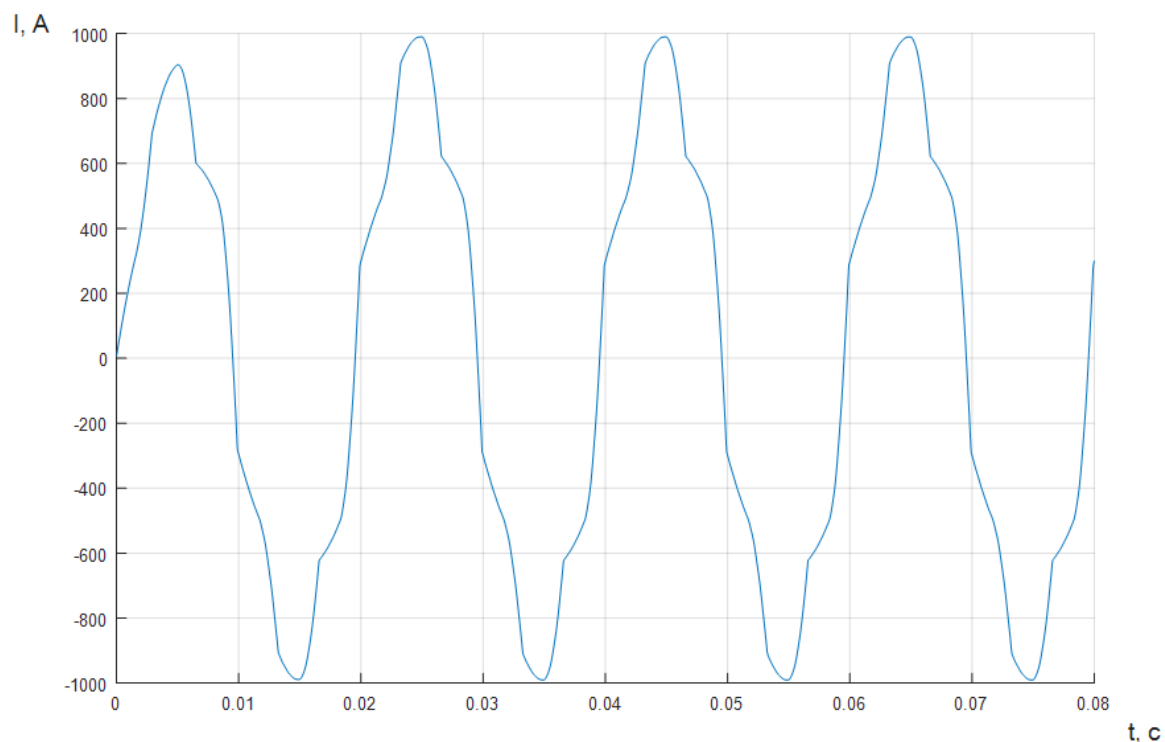


Рисунок 6 – Осциллограмма тока на стороне НН трансформатора подстанции

### Система электроснабжения с подключенной БСК

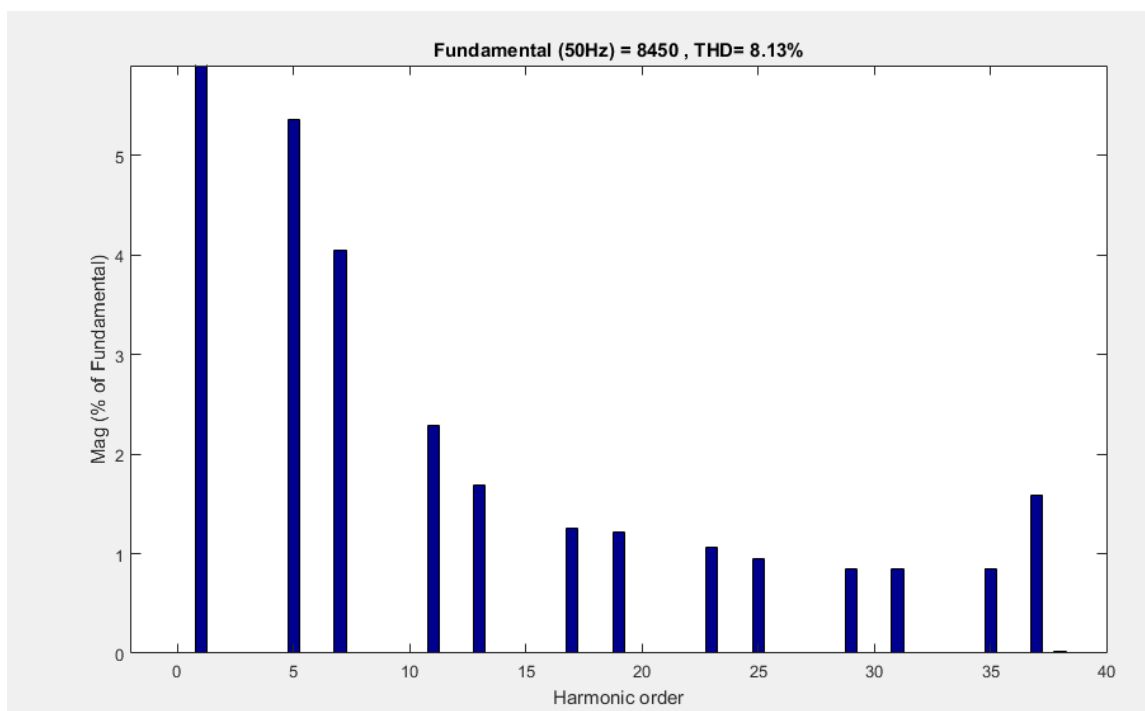


Рисунок 7 – Амплитудный спектр высших гармонических составляющих напряжения (с БСК)

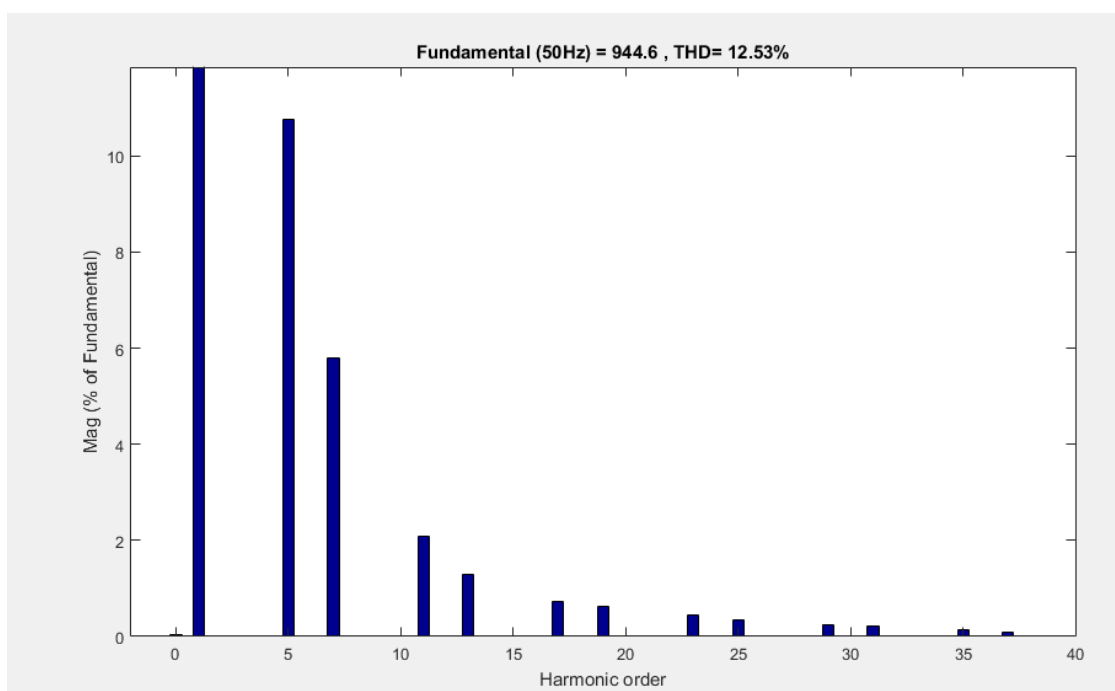


Рисунок 8 – Амплитудный спектр высших гармонических составляющих тока (с БСК)

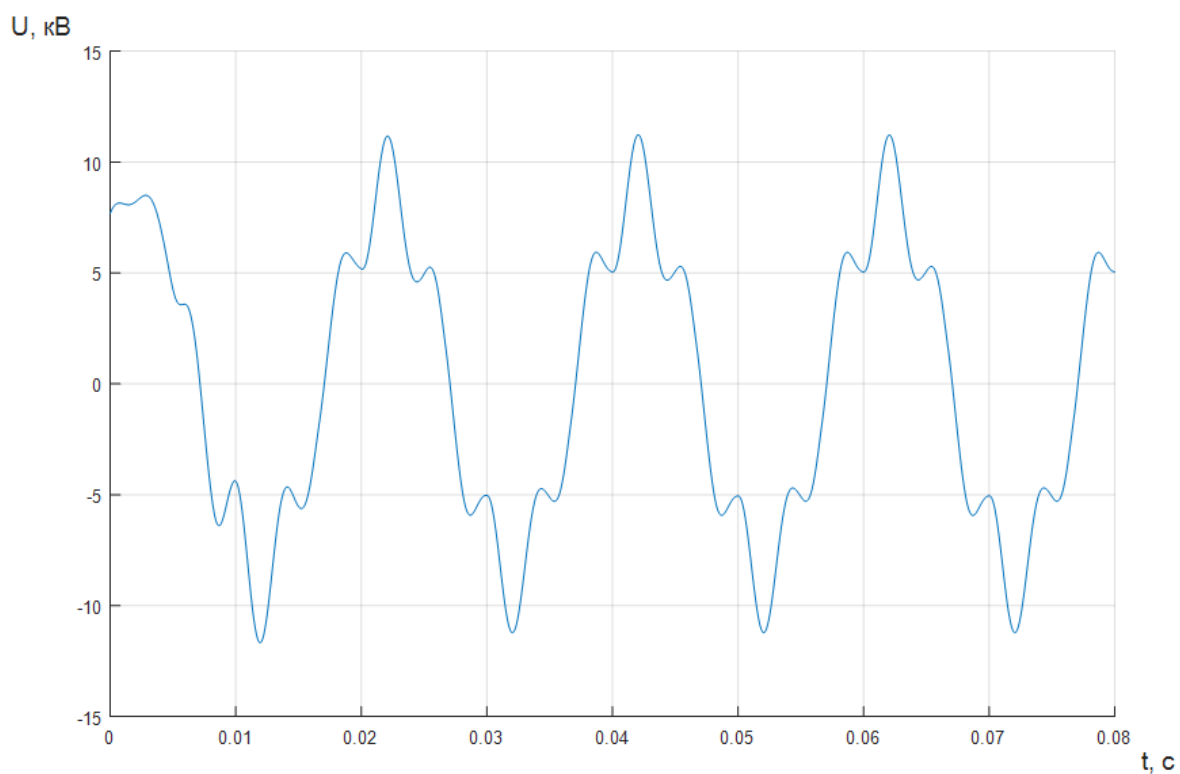


Рисунок 9 – Осциллограмма напряжения на стороне НН трансформатора подстанции (с БСК)

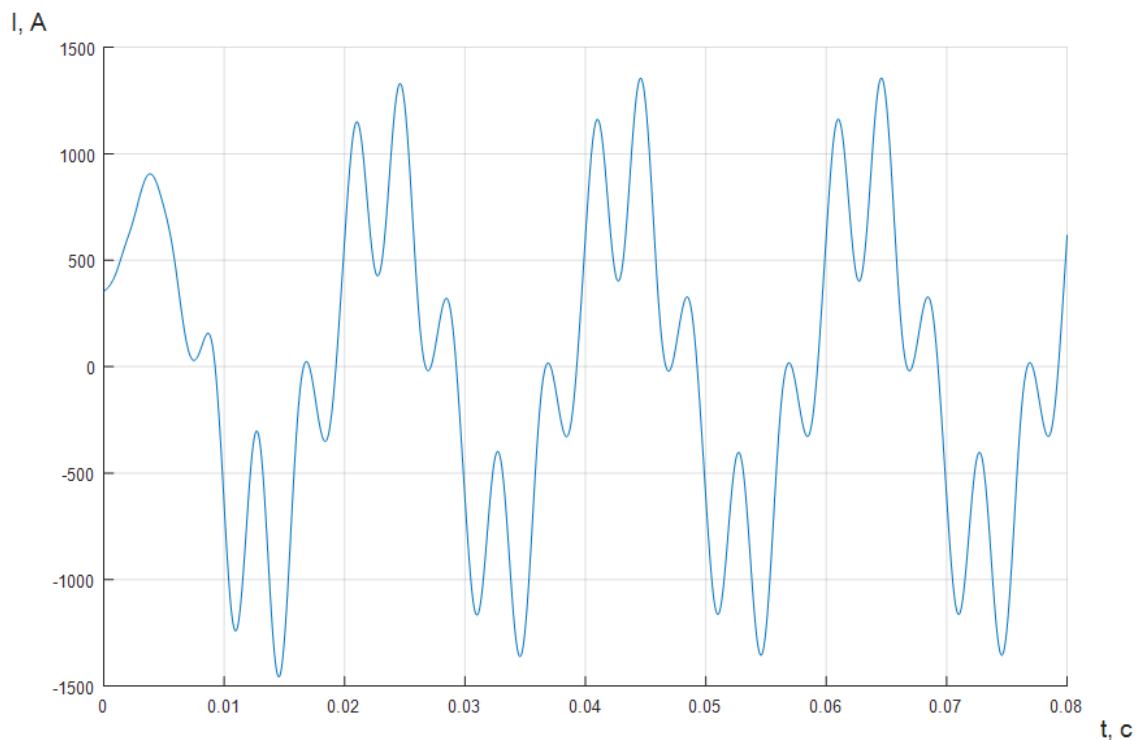


Рисунок 10 – Оциллограмма тока на стороне НН трансформатора подстанции (с БСК)

### Система электроснабжения с подключенным РФ

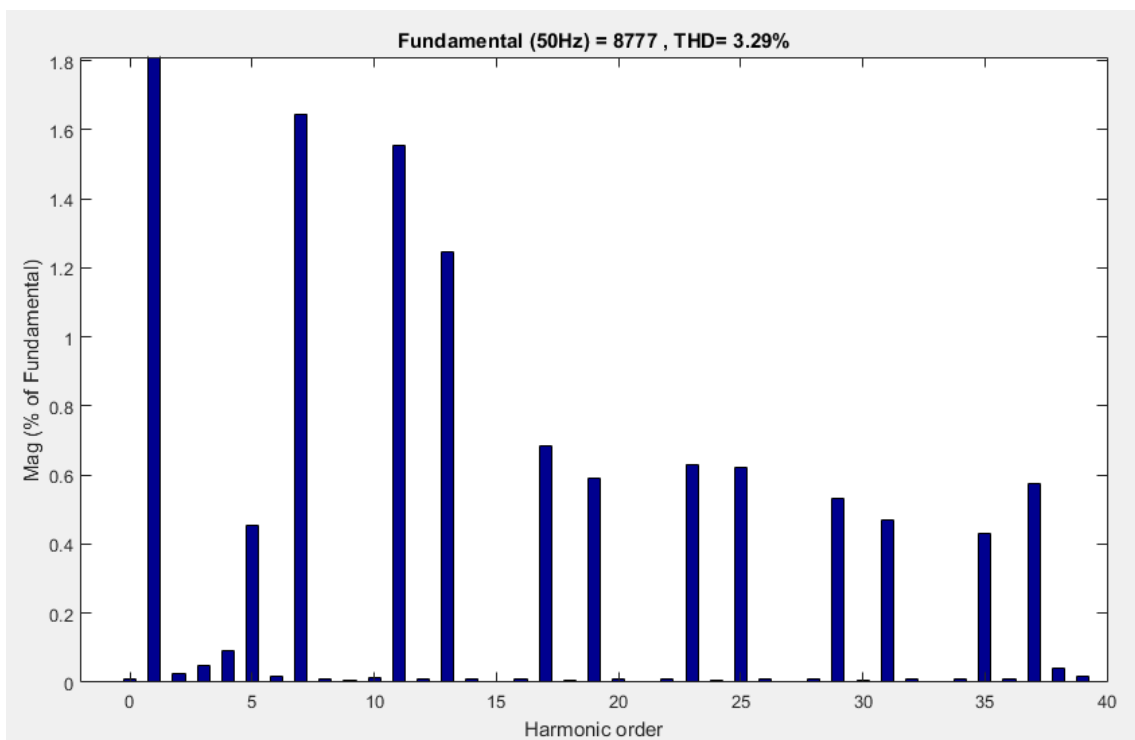


Рисунок 11 – Амплитудный спектр высших гармонических составляющих напряжения (с БСК)

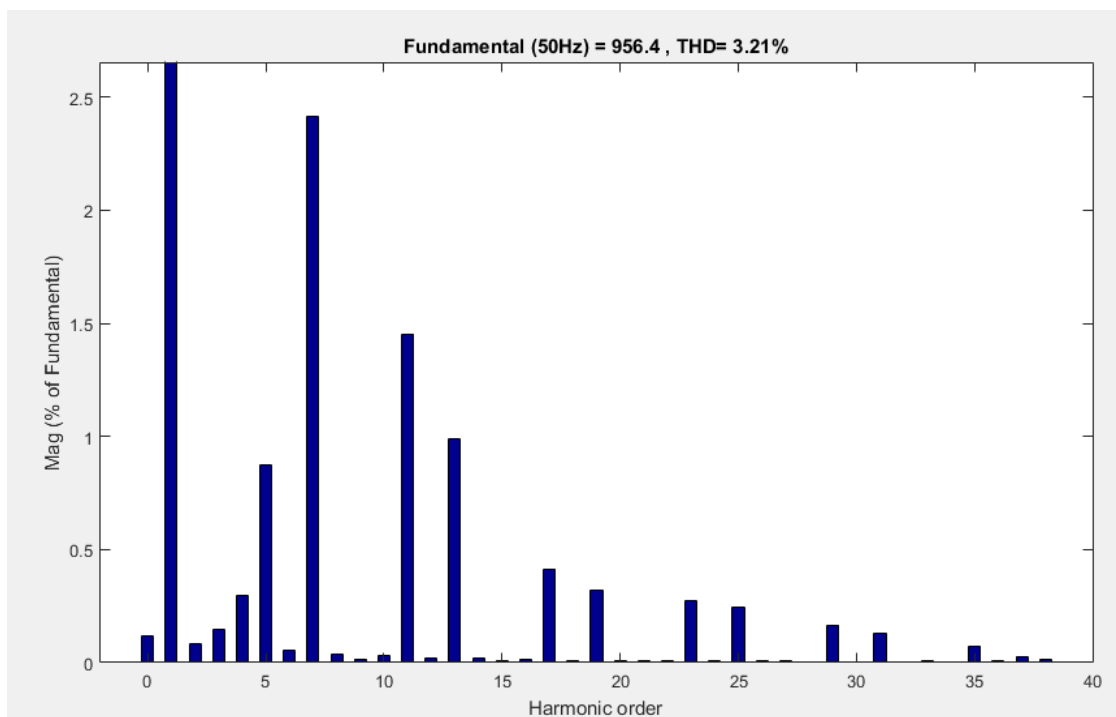


Рисунок 12 – Амплитудный спектр высших гармонических составляющих тока (с БСК)

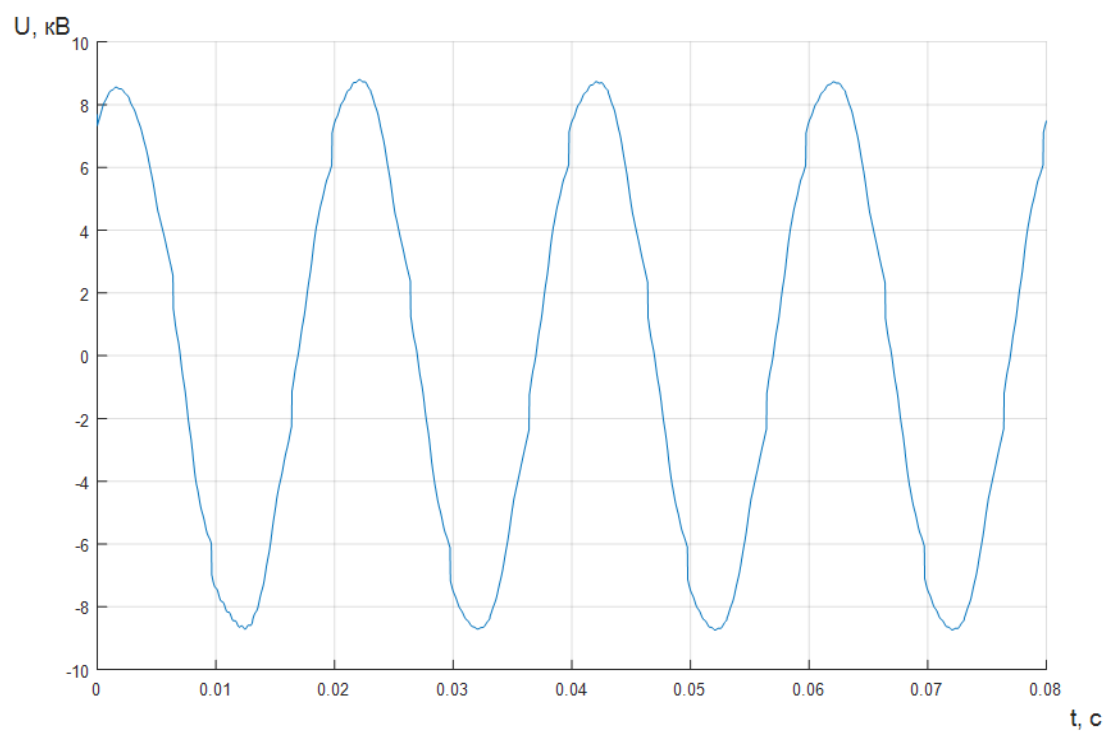


Рисунок 13 – Осциллограмма напряжения на стороне НН трансформатора подстанции (с БСК)

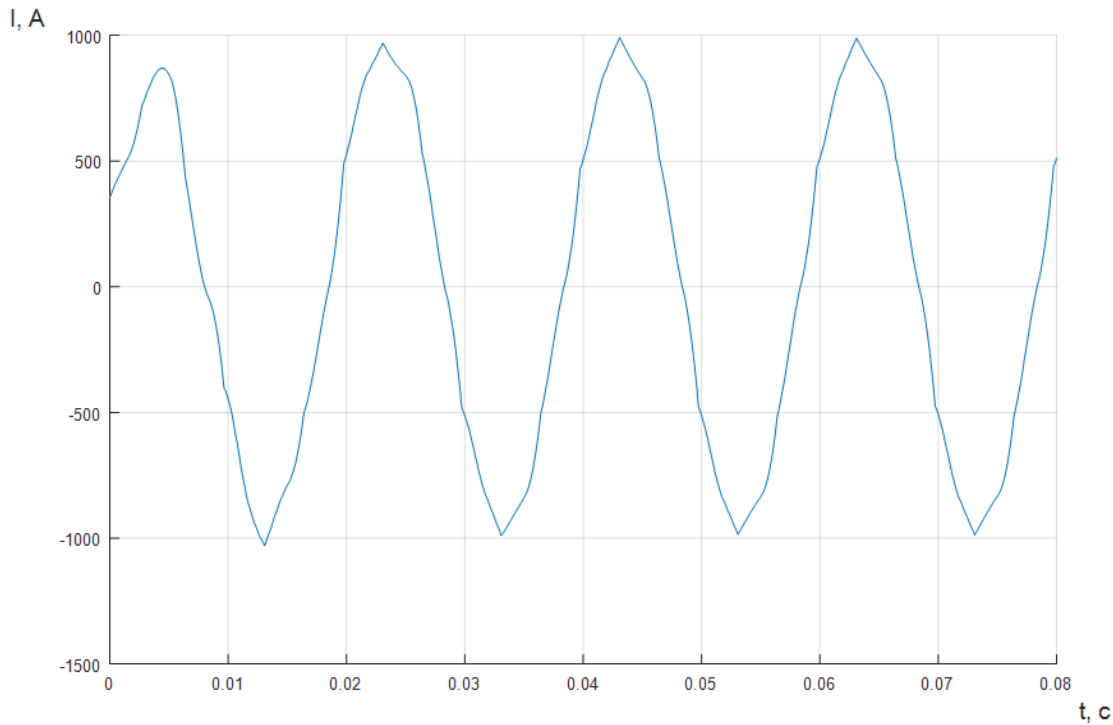


Рисунок 14 – Осциллограмма тока на стороне НН трансформатора подстанции (с БСК)

### **Выводы**

Таким образом, на основе полученных результатов моделирования рассматриваемой системы электроснабжения с 6-пульсным преобразователем, сравнивая результаты с существующими нормами по обеспечению качества электрической энергии, можно сделать следующие выводы:

*1) Моделирование несинусоидальных режимов в исходной СЭС без подключения устройств компенсации*

На высокой стороне трансформатора главной понизительной подстанции (ГПП) показатели качества электрической энергии по высшим гармоническим составляющим не превышают допустимые. Единственное превышение наблюдается на 37 гармонике, что в целом может быть вызвано погрешностями округления. Значение нормируемого коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения для электрических сетей напряжением 110 кВ находится в допустимых пределах:  $K_{U=110\text{кВ}} = 1,69\%$ .

На низкой стороне трансформатора ГПП и высокой стороне трансформатора, от которого получает питание преобразователь,  $K_{U(n)}, \%$  превышают допустимые значения на 5, 7, 11, 19, 23, 37 гармониках, а на 13, 17, 29, 31 находятся в пределах допустимого. Суммарное значение коэффициента искажения превышает предельно допустимые значения для электрических сетей напряжением 6 кВ:  $K_{U=6\text{кВ}} = 8,13\%$ .

*2) Исследование несинусоидальных режимов в СЭС при подключении батареи статических конденсаторов*

На высокой стороне трансформатора ГПП коэффициент искажения  $K_{U(n)}, \%$  превышает допустимое значение только на частоте 5 гармоник, а на остальных нормируемых частотах значения находятся в допустимых пределах. Значение нормируемого коэффициента искажения превышает нормально допустимые для электрических сетей напряжением 110 кВ  $K_{U=110\text{кВ}} = 2,65\%$ .

На низкой стороне трансформатора ГПП и ВН трансформатора преобразователя значения коэффициентов искажения  $K_{U(n)}, \%$  превышают допустимые значения на частотах 5, 7 гармоник, а на остальных нормируемых частотах находятся в допустимых пределах. Сум-

марное значение коэффициента искажения превышает предельно допустимые значения для электрических сетей напряжением 6 кВ:  $K_{U=6\text{кВ}} = 24,14\%$  для данного класса напряжения. Такие существенные искажения напряжения могут быть обусловлены возникновением резонанса токов в контуре, образованном емкостью БСК и эквивалентной индуктивностью питающей системы на частоте, близкой к частоте 5 гармоники.

3) При подключении резонансного фильтра высших гармоник

На стороне ВН, НН трансформатора подстанции, а также ВН трансформатора преобразователя значения коэффициентов искажения напряжения находятся в пределах допустимых значений, устанавливаемых ГОСТ 32144-2013. Значения коэффициентов искажения для рассматриваемых классов напряжения 110 кВ и 6 кВ находятся в пределах нормально допустимого значения:  $K_{U=110\text{кВ}} = 0,75\%$ ;  $K_{U=6\text{кВ}} = 3,29\%$ .

По результатам исследований можно сделать вывод о том, что для обеспечения надлежащего качества электрической энергии, нормированного существующими государственными стандартами, оптимальным для системы электроснабжения с 6-пульсным преобразователем является подключение в систему электроснабжения резонансного фильтра высших гармоник, настроенного на частоту 5 гармоники.

### Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. № 400-ст : введен впервые : дата введения 2014-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 16 с. – Текст : непосредственный.
2. Схематическое решение активной фильтрации кривой тока в четырехпроводной трехфазной сети для обеспечения качества электрической энергии / С. Ю. Долингер, В. Н. Горюнов, А. А. Планков, О. А. Сидоров. – Текст : непосредственный // Омский научный вестник. – 2011. – № 3 (103). – С. 214–217.
3. Горюнов, В. Н. Определение управляющего воздействия активного фильтра гармоник / В. Н. Горюнов, Д. С. Осипов, А. Г. Лютаевич. – Текст : непосредственный // Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2009. – № 6. – С. 20–24.
4. Вопросы моделирования устройств обеспечения качества электрической энергии / А. Г. Лютаевич, В. Н. Горюнов, С. Ю. Долингер, К. В. Хацевский. – Текст : непосредственный // Омский научный вестник. – 2013. – № 1 (117). – С. 168–173.
5. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab SimPowerSystem и Simulink / И. В. Черных. – Москва : ДМК Пресс, 2007. – 288 с. – ISBN 5-94074-395-1. – Текст : непосредственный.
6. Ершов, С. В. Моделирование параметров фильтров высших гармоник в среде MATLAB / С. В. Ершов, В. Ю. Карницкий. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. – № 8. – С. 25–31.
7. К проблеме моделирования несинусоидальных режимов распределительных сетей / Н. Н. Харлов, В. Я. Ушаков, Е. В. Тарасов, Л. Л. Булыга. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327, № 3. – С. 95–102.
8. Горюнов, В. Н. Расчет потерь мощности от влияния высших гармоник / В. Н. Горюнов, Д. С. Осипов, А. Г. Лютаевич. – Текст : непосредственный // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2009. – № 2. – С. 268–273.
9. Оценка дополнительных потерь мощности от снижения качества электрической энергии в элементах систем электроснабжения / С. Ю. Долингер, А. Г. Лютаевич, В. Н. Горюнов [и др.]. – Текст : непосредственный // Омский научный вестник. – 2013. – № 2 (120). – С. 178–183.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ

---





**АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ПРИ ОПТИМАЛЬНОЙ КОМПЛЕКТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ**

**Кривобокова Светлана Евгеньевна,**  
адъюнкт,  
Воронежский институт МВД России  
Воронеж, Россия  
E-mail: svetlanafedyayeva20@gmail.com

*Целью исследования является выявление влияния частотных характеристик при формировании оптимального комплекта приборов охраны.*

*Объект исследования: частотные характеристики использования технических средств охраны на региональном уровне.*

*Методы: алгоритм Харрингтона для преобразования значений желательности в обобщенный показатель, специальный направленный перебор векторов востребованности, выделение множества альтернатив, оптимальных по Парето, попарное сравнение оценочных отношений.*

*Результаты исследования: 1. Продемонстрирована возможность улучшения частотных характеристик, приводящая к уменьшению цены с сохранением высокого (достаточно-го) уровня желательности. 2. Представлен графический инструмент выбора комплекта приборов для лица, принимающего решения.*

*Ключевые слова: частотные характеристики, алгоритм Харрингтона, множество Парето, оценочное отношение, векторная оптимизация.*

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF FREQUENCY CHARACTERISTICS  
IN THE OPTIMUM COMPLETE TECHNICAL MEANS OF PROTECTION**

**Svetlana E. Krivobokova**  
Post graduate Student,  
Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia,  
Voronezh, Russia  
E-mail: svetlanafedyayeva20@gmail.com

*The purpose of the study is to identify the influence of frequency characteristics in the formation of an optimal set of security devices.*

*Object of research: frequency characteristics of the use of technical security equipment at the regional level.*

*Methods: Harrington's algorithm for converting desirability values into a generalized indicator, a special directed enumeration of demand vectors, selection of a set of Pareto optimal alternatives, pairwise comparison of estimated relations.*

*Research results: 1. Demonstrated the possibility of improving the frequency characteristics, leading to a reduction in price while maintaining a high (sufficient) level of desirability. 2. A graphical instrument cluster selection tool for the decision maker is introduced.*

*Keywords: frequency characteristics, Harrington algorithm, Pareto set, estimated ratio, vector optimization.*

## Введение

В настоящее время для защиты объектов фирмы-производители предоставляют большой выбор технических средств охраны (ТСО) различной стоимости [8]. При этом необходимо выбрать комплект ТСО, который обладает высоким уровнем желательности (надежности). В связи с этим возникает задача формирования оптимального по цене комплекта ТСО, который обладает высоким уровнем желательности.

Любое ТСО обладает некой востребованностью в использовании. Для получения сведений о данной востребованности необходимо провести опрос квалифицированных специалистов ведущих организаций (филиалов ФГКУ УВО (ОВО) ВНГ России по субъектам Российской Федерации). При этом зарегистрированная востребованность ТСО не обоснована, а обусловлена сложившейся тенденцией применения того или иного прибора.

Каждое ТСО обладает неким набором характеристик, которые указаны в паспорте прибора. Для оценки качественных параметров ТСО необходимо привлечение специалистов (экспертов). Таким образом, существует набор величин, которые имеют различные единицы измерения [2]. В связи с этим для оценки ТСО в целом желательно свести весь этот массив данных к одному числу – некоторому обобщенному показателю [7].

В работах [1, 4] для формирования оптимального по цене комплекта ТСО при сохранении определенной желательности применялись различные модели сокращения размерности как пространства мнений экспертов, так и параметрического пространства качества комплекта. При этом не учитывались частотные характеристики (востребованность), представленные практическими работниками в опросных анкетах.

Особенность настоящей работы состоит в том, что автор исследует вопрос, могут ли повлиять частотные характеристики на цену и желательность комплекта приборов охраны. Для решения данной задачи будут поочередно изменены частотные показатели отдельного прибора и вычислены усредненные критерии (цена и желательность), используя векторную оптимизацию. Затем выделяется множество Парето из эмпирического массива полученных данных для лица, принимающего решения (ЛПР) [5].

## Результаты и обсуждение

В полученных анкетах исходными параметрами, характеризующими практически применяемый прибор определенной марки, являются следующие три: цена, желательность и востребованность (как часто на практике используют данный прибор).

Первый параметр понятен, цена  $z_k$ ,  $k = 1, \dots, m$ , где  $m$  – количество приборов. Вторым параметром, желательность  $x_k$ ,  $k = 1, \dots, m$ , учитывающий как надежность ТСО, так и совокупность экспертных оценок. При этом не все параметры имеют одинаковые единицы измерения. Поэтому, используя алгоритм Харрингтона [4], сводим все оценки к интегральному показателю  $x_k$ . Для этого используем шкалу желательности (рис. 1), которая находится в диапазоне от 0 до 1. Поддиапазоны от 0 до 0,65 и от 0,95 до 1 не подходят, так как эксперты не давали оценки ниже средних и максимальные оценки. Поэтому в работе используется диапазон от 0,65 до 0,95.

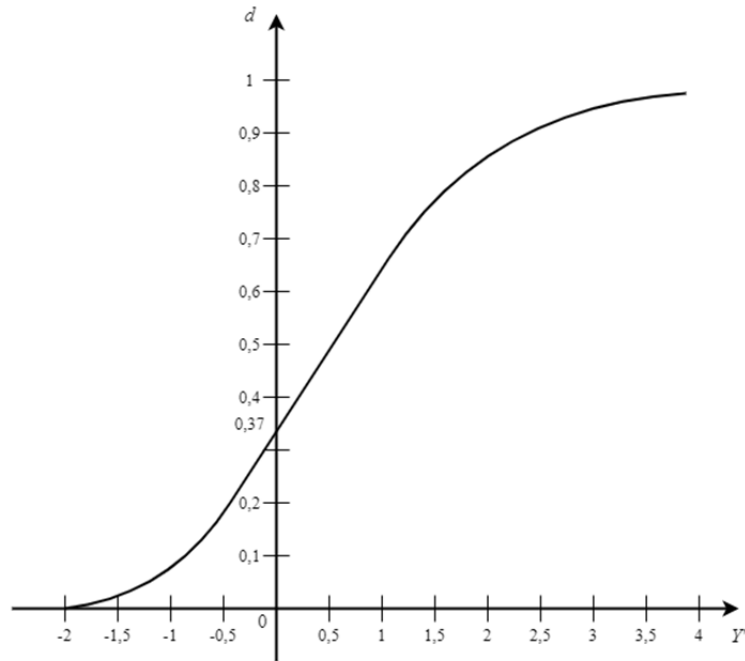


Рисунок 1 – Шкала желательности по Харрингтону

На графике  $d$  – значение функции желательности,  $Y'$  – кодированное значение частного параметра  $Y$ , т. е. его значение в условном масштабе.

Значения индексов шкалы желательности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Обобщенные интегральные показатели

$Y$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Y'$	0	0,34	0,78	1,1	1,4	1,54	1,76	2	3,3	4,5
$d$	0,37	0,46	0,55	0,65	0,71	0,77	0,83	0,89	0,95	0,99

Используя данную таблицу, переводим оценки экспертов для каждого ТСО в интегральные показатели желательности.

Третьим параметром является практическая частота использования ТСО, которую обозначим  $\alpha_k$ . Общая востребованность равна:

$$\alpha = \sum_{k=1}^m a_k . \quad (1)$$

Это число будем считать неизменным, а вот слагаемые  $\alpha_k$  будут изменяться согласно поставленной задаче исследования.

Сведения о цене, желательности по Харрингтону и востребованности приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Акустические ТСО

№ п/п	Наименование	Желательность $X_k$	Цена $Z_k$	Востребованность $\alpha_k$
1.	Астра-С	0,825	699	18
2.	Стекло-2	0,862	846	9
3.	Стекло-3	0,862	697	12
4.	Стекло-3М	0,844	626	6
5.	Стекло-4	0,844	1119	2
6.	Юпитер-5810	0,862	1020	3

Рассмотрим математическое описание модели. Исходные данные после обработки анкет можно представлять в векторной форме. Пусть  $\vec{Z} = (z_1, z_2, \dots, z_m)$ ,  $\vec{X} = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ ,

$\vec{A} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$  – соответственно вектор цен, вектор желательности, вектор востребованности.

Исходный практический комплект ТСО характеризуется двумя критериями:

1. Средняя цена комплекта:

$$F_1 = \frac{1}{\alpha} \langle \vec{A}, \vec{Z} \rangle = \frac{1}{\alpha} \sum_{k=1}^m a_k z_k. \quad (2)$$

2. Усредненная желательность комплекта:

$$F_2 = \frac{1}{\alpha} \langle \vec{A}, \vec{X} \rangle = \frac{1}{\alpha} \sum_{k=1}^m a_k x_k. \quad (3)$$

*Задача:* выбрать вектор  $\vec{A} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$  так, чтобы, не теряя значительно желательность, уменьшить цену комплекта. Итак, среднюю цену комплекта надо уменьшать, а усредненную желательность увеличивать. Имеем векторную оптимизацию с возможным построением множества Парето [5]. Заметим, что предложенный в работе алгоритм применим только для определения оптимальных комплектов приборов охраны небольшой численности –  $m$ .

Рассмотрим пошаговый алгоритм. Зафиксируем и обозначим исходные данные вектора:  $\vec{A} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$  как  $\vec{A}_1$ . Составим из формул (2) и (3) первое оценочное отношение:

$$\Omega_1 = F_1(\vec{A}_1) / F_2(\vec{A}_1). \quad (4)$$

*Первая итерация:* сохраняя общую востребованность (формула (1), отдельное значение  $\alpha_k$  увеличим на единицу, а другое  $\alpha_j$  уменьшим на единицу. Таких различных вариантов изменения вектора частоты применения (частотного) дает формула числа размещений из  $m$  по два [6]:

$$A_m^2 = \frac{m!}{(m-2)!}. \quad (5)$$

Это число определяет численность точек на плоскости критериев  $(F_1, F_2)$ .

Так как в таблице 1 представлены 6 технических средств охраны ( $m = 6$ ), по формуле (5) определим количество точек на плоскости критериев  $(F_1, F_2)$ :

$$A_m^2 = \frac{6!}{(6-2)!} = \frac{6!}{4!} = 30$$

Для вычисления общей востребованности воспользуемся формулой (1):

$$\alpha = 18 + 9 + 12 + 6 + 2 + 3 = 50.$$

*Замечание.* Для  $m > 10$  число точек больше 90, и, несмотря на возможное компьютерное решение, наглядность и прозрачность решения исчезают.

Для каждого измененного вектора вычисляем по формулам (2) и (3) значения первого и второго критериев.

Средняя цена и усредненная желательность комплекта ТСО при исходном векторе  $\vec{A}_1 = (18, 9, 12, 6, 2, 3)$ :

$$F_1 = \frac{1}{50} \sum_{k=1}^6 18 \times 699 + 9 \times 846 + 12 \times 697 + 6 \times 626 + 2 \times 1119 + 3 \times 1020 = 752,28;$$

$$F_2 = \frac{1}{50} \sum_{k=1}^6 18 \times 0,825 + 9 \times 0,862 + 12 \times 0,862 + 6 \times 0,844 + 2 \times 0,844 + 3 \times 0,862 = 0,8458.$$

Полученные результаты являются координатами на плоскости критериев  $(F_1, F_2)$ , где  $F_1$  – средняя цена,  $F_2$  – усредненная желательность по Харрингтону.

По формуле (4) составим первое оценочное отношение:

$$\Omega_1 = F_1(\bar{A}_1) / F_2(\bar{A}_1) = \frac{752,28}{0,8458}.$$

Далее будем изменять  $\alpha_k$  на единицу, сохраняя неизменной общую востребованность. Отдельное значение  $\alpha_k$  увеличим, а другое  $\alpha_j$  уменьшим.

Например, используя формулу (1), пусть востребованность для каждого прибора равна:

$$\alpha = 17 + 10 + 12 + 6 + 2 + 3 = 50.$$

Тогда средняя цена и усредненная желательность комплекта ТСО (формулы (2) и (3)):

$$F_1 = \frac{1}{50} \sum_{k=1}^6 17 \times 699 + 10 \times 846 + 12 \times 697 + 6 \times 626 + 2 \times 1119 + 3 \times 1020 = 755,22;$$

$$F_2 = \frac{1}{50} \sum_{k=1}^6 17 \times 0,825 + 10 \times 0,862 + 12 \times 0,862 + 6 \times 0,844 + 2 \times 0,844 + 3 \times 0,862 = 0,84654.$$

Аналогично вычислим критерии  $F_1$  и  $F_2$  для остальных точек. Результаты вычислений приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результирующие критерии при измененной востребованности

№ п/п	Востребованность $\alpha_k$	Критерий $F_1$	Критерий $F_2$	№ п/п	Востребованность $\alpha_k$	Критерий $F_1$	Критерий $F_2$
1.	17, 10, 12, 6, 2, 3	755,22	0,84654	16.	19, 9, 12, 5, 2, 3	753,74	0,84542
2.	17, 9, 13, 6, 2, 3	752,24	0,84618	17.	18, 10, 12, 5, 2, 3	756,68	0,84608
3.	17, 9, 12, 7, 2, 3	750,82	0,84618	18.	18, 9, 13, 5, 2, 3	753,28	0,84616
4.	17, 9, 12, 6, 3, 3	760,68	0,8463	19.	18, 9, 12, 5, 2, 3	762,28	0,84592
5.	17, 9, 12, 6, 2, 4	758,7	0,84654	20.	18, 9, 12, 5, 3, 3	762,14	0,84592
6.	19, 8, 12, 6, 2, 3	688,14	0,84506	21.	18, 9, 12, 5, 2, 4	760,16	0,84616
7.	18, 8, 13, 6, 2, 3	749,3	0,8458	22.	19, 9, 12, 6, 1, 3	743,88	0,84542
8.	18, 8, 12, 7, 2, 3	823	0,84544	23.	18, 10, 12, 6, 1, 3	746,82	0,84616
9.	18, 8, 12, 6, 3, 3	757,74	0,84556	24.	18, 9, 13, 6, 1, 3	743,84	0,84616
10.	18, 9, 12, 6, 2, 4	755,76	0,8458	25.	18, 9, 12, 7, 1, 3	742,42	0,8458
11.	19, 9, 11, 6, 2, 3	752,32	0,84506	26.	18, 9, 12, 6, 1, 4	750,3	0,84616
12.	18, 10, 11, 6, 2, 3	755,26	0,8458	27.	19, 9, 12, 6, 1, 2	745,86	0,84506
13.	18, 9, 11, 7, 2, 3	750,86	0,84544	28.	18, 10, 12, 6, 2, 2	748,8	0,8458
14.	18, 9, 11, 6, 3, 3	760,72	0,84556	29.	18, 9, 13, 6, 2, 2	745,82	0,8458
15.	18, 9, 11, 6, 2, 4	758,74	0,8458	30.	18, 9, 12, 7, 2, 2	744,4	0,84544

Исключаем минимальное (688,14) и максимальное (823) значения средней цены комплекта приборов, так как основной массив варьируется в пределах от 740 до 770 рублей.

На плоскости с осями  $F_1$  и  $F_2$  строим 30 точек из таблицы 3, а также отображаем точку с исходными параметрами желательности, цены и востребованности (рис. 2). Для построения множества точек используем авторскую программу выделения из этого точечного множества северо-западную границу – множество Парето [3].

Точки, входящие во множество Парето, выделены красным цветом и соединены ломаной линией. Исходный комплект приборов охраны изображен синей точкой.

Для точек из этого множества находим точку, для которой отношение первой координаты ко второй наименьшее. Соответствующий частотный набор обозначим набор  $\vec{A}_2$ , а значение оценочного отношения –  $\Omega_2 = F_1(\vec{A}_2) / F_2(\vec{A}_2)$ . Критерии (2) и (3) – линейные по каждой переменной  $\alpha_k$ .

Если  $\Omega_1 < \Omega_2$ , то исходный набор был наилучшим. Если  $\Omega_1 > \Omega_2$ , то вектор  $\vec{A}_2$  рассматривается как первоначальный и все действия повторяются.

ЛПР может остановить процесс из собственных представлений о приемлемой средней цене комплекта и достаточной средней желательности комплекта.

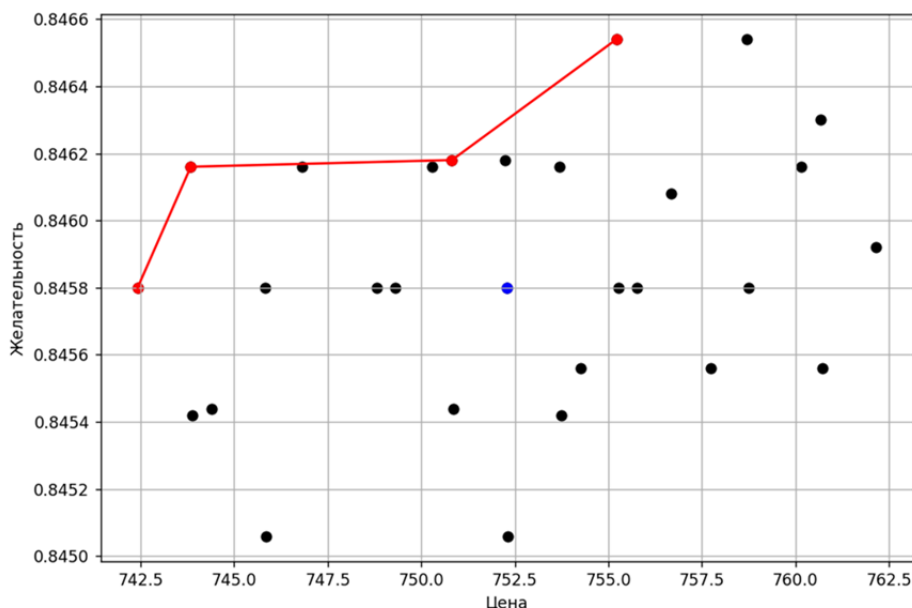


Рисунок 2 – Множество альтернатив комплектов ТСО

По формуле (4) составим оценочные отношения для точек множества, оптимального по Парето.

$$\Omega_2 = F_1(\vec{A}_2) / F_2(\vec{A}_2) = \frac{742,42}{0,8458}, \text{ где вектор } \vec{A}_2 = (18,9,12,7,1,3).$$

$$\Omega_3 = F_1(\vec{A}_3) / F_2(\vec{A}_3) = \frac{743,84}{0,84616}, \text{ где вектор } \vec{A}_3 = (18,9,13,6,1,3).$$

$$\Omega_4 = F_1(\vec{A}_4) / F_2(\vec{A}_4) = \frac{750,82}{0,84618}, \text{ где вектор } \vec{A}_4 = (17,9,12,7,2,3).$$

$$\Omega_5 = F_1(\vec{A}_5) / F_2(\vec{A}_5) = \frac{755,22}{0,84654}, \text{ где вектор } \vec{A}_5 = (17,9,13,6,2,3).$$

Далее сравниваем значения  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$ .

$$\frac{752,28}{0,8458} > \frac{742,42}{0,8458}.$$

Очевидно, что значение больше  $\Omega_1$ , чем  $\Omega_2$ . Данное сравнение позволяет сделать вывод, что при востребованности  $\alpha = (18,9,12,7,1,3)$  комплект ТСО имеет одинаковую желатель-

ность, как и комплект при исходной востребованности  $\alpha = (18,9,12,6,2,3)$ , но меньше по цене.

Аналогично сравним значения оценочных отношений  $\Omega_2$  и  $\Omega_3$ . Для ясности решения приведем данные выражения к общему знаменателю:

$$\frac{628,2061072}{0,715682128} < \frac{629,139872}{0,715682128}.$$

Данный результат показал, что несмотря на то, что желательность и цена комплекта ТСО при востребованности  $\alpha = (18,9,13,6,1,3)$  выше, чем у предыдущего комплекта, лучшим является комплект ТСО при оценочном отношении  $\Omega_2$ .

Далее сравниваем оценочные отношения  $\Omega_2$  и  $\Omega_4$ . Также приведем данные дроби к общему знаменателю:

$$\frac{628,2209556}{0,715699044} < \frac{635,043556}{0,715699044}.$$

Как и в предыдущем случае, лучшим комплектом ТСО является комплект при востребованности  $\alpha = (18,9,12,7,1,3)$ .

Произведем последнее сравнение оценочных отношений  $\Omega_2$  и  $\Omega_5$ .

$$\frac{628,4482268}{0,716003532} < \frac{638,765076}{0,716003532}.$$

Как и в предыдущем случае, лучшим комплектом ТСО является комплект при оценочном отношении  $\Omega_2$ .

Для автора результат оказался неожиданным. Поэтому необходимо выяснить причину данного исхода.

Сначала произведем расчет разности цен  $\Delta(Z)$  комплектов ТСО при оценочных отношениях  $\Omega_5$  и  $\Omega_2$ :

$$\Delta(Z) = 755,22 - 742,42 \approx 13.$$

Далее вычислим разность желательностей  $\Delta(X)$  комплектов ТСО при оценочных отношениях  $\Omega_5$  и  $\Omega_2$ :

$$\Delta(X) = 0,84654 - 0,8458 \approx 0,0008.$$

В результате вычислений выяснили причину, почему комплект ТСО при востребованности  $\alpha = (18,9,12,7,1,3)$  лучше комплекта при востребованности  $\alpha = (17,9,13,6,2,3)$ .

Можно полагать, что если бы величины изменялись в большем диапазоне значений, то результат вычислений отличался от вышеизложенного. И количество итераций (сравнений) определял ЛПП в зависимости от удовлетворяющих его условий.

В итоге лучшим комплектом ТСО является комплект, имеющий востребованность  $\alpha = (18,9,12,7,1,3)$ . Несмотря на малое отличие величин, результат исследования показал, что частотные параметры могут влиять на цену и желательность комплекта многопараметрических приборов.



### Заключение и выводы

В данной работе впервые приведен пошаговый алгоритм выявления влияния частотных характеристик на показатели цены и желательности комплектов многопараметрических приборов. На примере акустических ТСО использовалась компьютерная программа построения множества Парето с помощью покоординатного метода при отличных на единицу востребованностях. Вычислены оценочные отношения для комплектов ТСО, оптимальных по Парето. Были выявлены особенности минимально отличающегося диапазона величин. В результате исследования подтвердилось, что частотные характеристики имеют влияние на другие параметры комплекта ТСО.

### Литература

1. Krivobokova, S. E. Analysis of expert opinions to reduce the dimensionality of vector optimization in the problem of determining the optimum set of security devices / S. E. Krivobokova, V. A. Rodin // 3 International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – 2021. – P. 10–14.
2. Кривобокова, С. Е. Анализ методов проверки согласованности мнений экспертов / С. Е. Кривобокова. – Текст : непосредственный // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Охрана, безопасность, связь – 2021». – Воронеж : Воронежский институт МВД России. – 2021. – С. 88–93.
3. Кривобокова, С. Е. Алгоритм и программа для графического выделения множества Парето в точечном массиве / С. Е. Кривобокова, В. А. Родин. – Текст : непосредственный // Прикладная математика & Физика. – Белгород. – 2021. – Т. 53, № 2. – С. 125–131.
4. Кривобокова, С. Е. Оптимальная комплектация объекта специальными средствами охраны на основе обобщенного показателя Харрингтона / С. Е. Кривобокова, В. А. Родин. – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского института МВД России. – 2021. – № 2. – С. 154–164.
5. Малыхин, В. И. Теория принятия решений : лекции и задачи : учебник / В. И. Малыхин, В. А. Родин ; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. – 322 с. – Текст : непосредственный.
6. Дискретная математика : учебник / В. В. Меньших, А. Н. Копылов, В. А. Кучер, С. А. Телкова. – Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2016. – 228 с. – Текст : непосредственный.
7. Пичкалев, А. В. Применение кривой желательности Харрингтона для сравнительного анализа автоматизированных систем контроля / А. В. Пичкалев. – Текст : непосредственный // Вестник КГТУ. – Красноярск : КГТУ. – 1997. – С. 128–132.
8. Список технических средств безопасности, удовлетворяющих «Единым требованиям к системам передачи извещений, объектовым техническим средствам охраны и охранним сигнально-противоугонным устройствам автотранспортных средств, предназначенным для применения в подразделениях вневедомственной охраны войск национальной гвардии Российской Федерации». – Текст : электронный // Федеральная служба войск национальной гвардии Российской Федерации. – URL: <http://www.nicohrana.ru/normativno-tehnicheskaya-dokumentaciya.html> (дата обращения: 09.06.2022).

**ПОСТРОЕНИЕ КУСОЧНО-ЛИНЕЙНОЙ АВТОРЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ  
ПРОИЗВОЛЬНОГО ПОРЯДКА**

**Носков Сергей Иванович**

*доктор технических наук,*

*профессор кафедры*

*«Информационные системы и защита информации»,*

*ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»,*

*Иркутск, Россия*

*E-mail: sergey.noskov.57@mail.ru*

*Актуальность исследования обусловлена необходимостью расширения арсенала форм связи между переменными в регрессионных моделях.*

*Объект: кусочно-линейная авторегрессионная модель произвольного порядка.*

*Предмет: вычислительный аппарат решения задач линейно-булевого программирования.*

*Цель: разработка алгоритма оценивания параметров кусочно-линейной регрессии.*

*Методы: регрессионный анализ, математическое программирование.*

*Результаты: в работе сформулирована задача построения кусочно-линейной авторегрессионной модели произвольного порядка на основе метода наименьших модулей. Предложен алгоритм ее решения, сводящийся к задаче линейно-булевого программирования приемлемой размерности для реальных прикладных проблем. Разработана кусочно-линейная авторегрессионная модель обеспеченности жильем на статистической информации Иркутской области, обладающая высокой адекватностью. Модель может быть успешно использована при решении различных проблем прогнозного характера.*

*Ключевые слова: регрессионная модель, авторегрессия, метод наименьших модулей, задача линейно-булевого программирования, обеспеченность жильем.*

**CONSTRUCTION OF A PIECE-LINEAR AUTOREGRESSION MODEL  
OF AN ARBITRARY ORDER**

**Sergey I. Noskov**

*Doctor of Technical Sciences*

*Professor of the Department*

*of Information Systems and Information Security,*

*Irkutsk State Railway University*

*Irkutsk, Russia*

*E-mail: sergey.noskov.57@mail.ru*

*The relevance of the study is due to the need to expand the arsenal of forms of communication between variables in regression models.*

*Object: piecewise linear autoregressive model of arbitrary order.*

*Subject: computing apparatus for solving problems of linear-Boolean programming.*

*Purpose: development of an algorithm for estimating the parameters of piecewise linear regression.*

*Methods: regression analysis, mathematical programming.*

*Results: the paper formulated the problem of constructing a piecewise linear autoregressive model of an arbitrary order based on the method of least modules. An algorithm for solving it is proposed, which reduces to a linear Boolean programming problem of acceptable dimension for*

*real applied problems. A piecewise linear autoregressive model of housing provision based on the statistical information of the Irkutsk region has been developed, which has a high adequacy. The model can be successfully used in solving various predictive problems. Keywords: regression model, autoregression, least modules method, linear Boolean programming problem, housing supply.*

*Keywords: regression model, autoregression, least modules method, linear Boolean programming problem, housing supply.*

## Введение

Весьма часто при построении математических моделей динамических процессов самой различной природы успешно применяются авторегрессионные соотношения, в правые части которых включаются значения зависимых переменных в прошлые по отношению к текущему моменты времени (или за прошлые периоды времени). Так, в работе [1] с помощью авторегрессионной нейронной сети изучается влияние 66 климатических факторов на спрос на электроэнергию. В [2] с использованием векторной авторегрессионной модели, а также реальной и номинальной кривых Нельсона – Зигеля изучается доходность активов. Получены важные результаты, показывающие, что отсроченные аннуитеты с защитой от инфляции важны при наличии риска реального трудового дохода, однако так называемые номинальные отсроченные аннуитеты покупаются как более дешевая альтернатива, если реальная доходность низка или отрицательна. В статье [3] на основе модели авторегрессионного интегрированного скользящего среднего исследуются будущие цены на интеллектуальные системы, позволяя предлагать более доступные товары и услуги. Работа [4] посвящена созданию авторегрессионной модели первого порядка для нерегулярных дискретных временных рядов при изучении разных типов сверхновых, обнаружении и характеристике внесолнечных планет и классифицировании звезд. Весьма интересным представляется исследование [5], в котором изучается вопрос снижения зависимости Саудовской Аравии от нефти и диверсификации ее экономики. Рассматриваются данные о ценах на нефть и инвестициях в акции исламских государств, оценивается их взаимодействие и взаимовлияние с помощью векторного авторегрессионного моделирования и оценки функции импульсного отклика.

## Результаты и обсуждение

Пусть поведение некоторого динамического процесса описывается зависимой переменной  $y_t$ ,  $t = \overline{1, n}$ . Тогда линейная авторегрессионная модель порядка  $p$  представима в виде:

$$y_t = \sum_{i=1}^p \alpha_i y_{t-i} + \varepsilon_t, t = \overline{p+1, n}, \quad (1)$$

где  $\alpha_i$ ,  $i = \overline{1, p}$  – подлежащие оцениванию параметры,  $\varepsilon_t$ ,  $t = \overline{p+1, n}$  – ошибки аппроксимации, не имеющие вероятностной природы. Таким образом, на значения переменной  $y$  в момент времени  $t$  (или за период времени  $t$ ) влияют ее прошлые значения до момента  $t-p$  включительно. Отметим, что проблемам построения авторегрессионных моделей посвящена обширная литература (см., например, [6–8]).

В настоящей работе мы займемся решением проблемы построения кусочно-линейной авторегрессии произвольного порядка  $p$ , имеющей вид

$$y_t = \min \{ \alpha_1 y_{t-1}, \alpha_2 y_{t-2}, \dots, \alpha_p y_{t-p} \} + \varepsilon_t, t = \overline{p+1, n}. \quad (2)$$

При этом потребуем выполнения условия  $n-p > p$  (длина выборки данных должна быть больше числа оцениваемых параметров).

Введем следующие обозначения:

$$z_t = \min \{ \alpha_1 y_{t-1}, \alpha_2 y_{t-2}, \dots, \alpha_p y_{t-p} \}, t = \overline{p+1, n}. \quad (3)$$

Тогда модель (2) представима в виде:

$$y_t = z_t + \varepsilon_t.$$

Неизвестные параметры  $\alpha_i, i = \overline{1, p}$  будем оценивать посредством реализации метода наименьших модулей (МНМ), минимизируя функцию  $J(\alpha)$ :

$$J(\alpha) = \sum_{t=p+1}^n |y_t - z_t| \rightarrow \min. \quad (4)$$

Следует указать, что построению кусочно-линейной регрессии методом наименьших квадратов с произвольными независимыми переменными посвящены, в частности, работы [9, 10].

Для решения задачи (4) воспользуемся подходом, развитым в работах [11– 14] при использовании МНМ для построения кусочно-линейных многофакторных регрессий.

Введем в рассмотрение переменные  $u_t$  и  $v_t$  следующим образом:

$$u_t = \begin{cases} y_t - z_t, & y_t > z_t \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$v_t = \begin{cases} z_t - y_t, & z_t > y_t \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Тогда будут справедливы тождества

$$z_t + u_t - v_t = y_t, t = \overline{p+1, n}. \quad (5)$$

Из соотношения (3) следует справедливость неравенств

$$z_t \leq \alpha_i y_{t-i}, t = \overline{p+1, n}, i = \overline{1, p}, \quad (6)$$

причем для каждого  $t$  по крайней мере одно из них должно обращаться в строгое равенство.

Для достижения последнего условия введем в рассмотрение  $(n-p)p$  булевых переменных  $\sigma_{it}, t = \overline{p+1, n}, i = \overline{1, p}$  и сформируем ограничения:

$$\alpha_i y_{t-i} - z_t \leq (1 - \sigma_{it}) M, t = \overline{p+1, n}, i = \overline{1, p}, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^p \sigma_{it} = 1, t = \overline{p+1, n}, \quad (8)$$

$$\sigma_{it} \in \{0, 1\}, t = \overline{p+1, n}, i = \overline{1, p}, \quad (9)$$

где  $M$  – заранее выбранное большое положительное число.

Из определения переменных  $u_t$  и  $v_t$  следуют следующие равенства

$$|\varepsilon_t| = u_t + v_t, u_t v_t = 0,$$

что позволяет представить задачу (4) в виде

$$J(\alpha) = \sum_{t=p+1}^n (u_t + v_t) \rightarrow \min. \quad (10)$$

Таким образом, задача (4) поиска значений неизвестных параметров  $\alpha_i, i = \overline{1, p}$  кусочно-линейной авторегрессии (2) с помощью МНМ свелась к задаче линейно-булевого програм-

мирования (5) – (10) с  $(n - p)p + 3(n - p) + p$  переменными (из которых  $(n - p)p$  – булевы) и  $2((n - p)p + n - p)$  ограничениями.

Важнейшим социальным индикатором эффективности функционирования любого региона является общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, выраженная в квадратных метрах. Построим кусочно-линейную авторегрессионную модель (2) динамики этого показателя на основе статистической информации по Иркутской области [15] за 1995–2020 годы (рисунок).



Рисунок – Динамика переменной  $y$  за 1995–2020 годы

Решение задачи (5) – (10) с этими исходными данными позволяет представить модель (2) в виде кусочно-линейной авторегрессии третьего порядка:

$$y_t = \min \{1.016y_{t-1}, 1.054y_{t-2}, 1.083y_{t-3}\}, t = \overline{4, 26}, \quad (11)$$

$$E=0.77, \text{ КСП}=18.$$

Здесь в качестве критериев оценки адекватности модели использованы средняя относительная ошибка аппроксимации  $E$  и критерий согласованности поведения расчетных и фактических значений зависимой переменной КСП (см., например, [16]):

$$E = \frac{100\%}{n - p} \sum_{t=p+1}^n \frac{|y_t - z_t|}{y_t},$$

$$КСП = \sum_{t=p+2}^n \text{sign}[(y_t - y_{t-1})(z_t - z_{t-1})],$$

где

$$\text{sign}(a) = \begin{cases} 1, & a \geq 0 \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Как следует из значений  $E$  и КСП, модель (11) обладает весьма высокими аппроксимационными характеристиками. Ее анализ позволяет сделать вывод об увеличении значения параметра с ростом порядка авторегрессионной составляющей, что вполне согласуется с динамикой переменной  $y$ , представленной на рис. 1.

Кусочно-линейная авторегрессионная модель (11) обеспеченности жильем в Иркутской области может быть успешно использована при решении различных проблем прогнозного характера.

### Заключение и выводы

В работе описан способ построения кусочно-линейной авторегрессионной модели произвольного порядка методом наименьших модулей. Показано, что оценивание ее параметров может быть сведено к задаче линейно-булевого программирования. Построена кусочно-линейная авторегрессионная модель обеспеченности жильем на статистическом материале Иркутской области, обладающая высокими аппроксимационными характеристиками. Модель может быть успешно использована при решении различных прогнозных проблем.

### Литература

1. Chheng, K. Electricity demand prediction for sustainable development in Cambodia using recurrent neural networks with ERA5 reanalysis climate variables / K. Chheng, H. S. Lee, S. Tuy // *Energy Reports*. – 2022. – № 8. – P. 76–81.
2. Owadally, I. Optimal investment for a retirement plan with deferred annuities allowing for inflation and labour income risk / I. Owadally, C. Jang, A. Clare // *European Journal of Operational Research*. – 2021. – № 3 (295). – P. 1132–1146.
3. Forecasting E-commerce products prices by combining an autoregressive integrated moving average (ARIMA) model and Google Trends data / S. Carta, A. Medda, A. Pili, [et al.] // *Future Internet*. – 2018. – № 1 (11). – P. 5–11.
4. Eyheramendy, S. An irregular discrete time series model to identify residuals with autocorrelation in astronomical light curves / S. Eyheramendy, F. Elorrieta, W. Palma // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. – 2018. – № 4 (481). – P. 4311–4322.
5. Jawadi, F. Toward a new deal for Saudi Arabia: oil or Islamic stock market investment? / F. Jawadi, N. Jawadi, A. I. Cheffou // *Applied Economics*. – 2018. – № 50 (59). – P. 6355–6363.
6. Драница, Ю. П. Быстрый алгоритм построения нестационарной векторной линейной авторегрессии / Ю. П. Драница, А. Ю. Драница, О. В. Алексеевская. – Текст : непосредственный // *Дифференциальные уравнения и процессы управления*. – 2011. – № 4. – С. 138–177.
7. Тырсин, А. Н. Построение моделей авторегрессии временных рядов при наличии помех / А. Н. Тырсин. – Текст : непосредственный // *Математическое моделирование*. – 2005. – Т. 17, № 5. – С. 10–16.
8. Гельру, Я. Д. Векторная модель авторегрессии показателей производственной деятельности строительного предприятия / Я. Д. Гельруд, Е. А. Угрюмов, В. Л. Рыбак. – Текст : непосредственный // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика*. – 2018. – Т. 7, № 3. – С. 19–30.
9. Базилевский, М. П. Исследование возможности построения кусочно-линейных регрессий с нелинейными границами переключения / М. П. Базилевский. – Текст : непосредственный // *System Analysis and Mathematical Modeling*. – 2021. – Т. 3, № 2. – С. 99–112.
10. Базилевский, М. П. МНК-оценивание параметров специфицированных на основе функций Леонтьева двухфакторных моделей регрессии / М. П. Базилевский. – Текст : непосредственный // *Южно-Сибирский научный вестник*. – 2019. – № 2 (26). – С. 66–70.
11. Носков, С. И. Оценивание параметров аппроксимирующей функции с постоянными пропорциями / С. И. Носков. – Текст : непосредственный // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. – 2013. – № 2 (38). – С. 135–136.
12. Иванова, Н. К. Идентификация параметров некоторых негладких регрессий / Н. К. Иванова, С. А. Лебедева, С. И. Носков. – Текст : непосредственный // *Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем*. – 2016. – № 17. – С. 107–110.
13. Носков, С. И. Идентификация параметров кусочно-линейной регрессии / С. И. Носков, Р. В. Лоншаков. – Текст : непосредственный // *Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем*. – 2008. – № 6. – С. 63–64.

14. Базилевский, М. П. Алгоритм построения линейно-мультипликативной регрессии / М. П. Базилевский, С. И. Носков. – Текст : непосредственный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2011. – № 1 (29). – С. 88–92.

15. Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13205> (дата обращения: 09.06.2022). – Текст : электронный.

16. Носков, С. И. Обобщенный критерий согласованности поведения в регрессионном анализе / С. И. Носков. – Текст : непосредственный // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2018. – № 1 (1). – С. 14–20.

**РАЗРАБОТКА ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПОДХОДОВ К ОПТИМИЗАЦИИ  
ПРОЦЕДУРЫ ОБУЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ ТЕСТИРОВАНИЯ  
НА ОСНОВЕ МЕТОДА ОЖИДАНИЯ-МАКСИМИЗАЦИИ**

**Полухин Павел Валерьевич**

*кандидат технических наук,*

*преподаватель факультета прикладной математики,*

*информатики и механики,*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»*

*Воронеж, Россия*

*E-mail: alfa\_force@bk.ru*

*Разработка и совершенствование алгоритмов обучения представляет особый научно-практический интерес в сфере тестирования приложений. В условиях расширения области применения вероятностных моделей байесовских сетей для решения задач тестирования возникает необходимость стохастической оценки скрытых параметров, а также формирования полного совместного распределения по всем переменным. Рост размерности вероятностных моделей для решения различных научно-прикладных задач требует разработки оптимальных процедур обучения параметров в соответствии с существующими алгоритмами, а также выработки новых алгоритмических решений. Предметом исследования являются модели тестирования, используемые для представления вероятностных связей между отдельными модулями тестирования, позволяющие своевременно осуществлять настройку и использование тестовых генераций для обнаружения определенных групп программных ошибок. Целью исследования является разработка эффективных стохастических алгоритмов обучения параметров моделей тестирования, позволяющих получить более точные значения априорного распределения параметров. В исследовании предложены методы и алгоритмы обучения параметров моделей тестирования на основе стохастического градиента в сочетании с методом Монте-Карло с применением цепей Маркова для формирования предварительного распределения по всем скрытым переменным в соответствии с имеющимся набором обучающих данных. Результаты исследования показали состоятельность теоретических предположений и позволили реализовать оптимальный алгоритм решения задачи обучения вероятностных моделей тестирования веб-приложений. Предложенные методы и алгоритмы являются конструктивными и позволяют повысить точность обучения параметров моделей тестирования в условиях наличия скрытых переменных.*

*Ключевые слова: марковские цепи, стохастический градиент, байесовские сети, метод Монте-Карло, уравнение Ланжевена, теорема Бернштейна фон Мизеса, информация Фишера.*

**PROBABILISTIC APPROACHES DEVELOPMENT  
FOR OPTIMIZING LEARNING PARAMETERS PROCEDURE  
FOR TESTING MODELS VIA THE EXPECTATION-MAXIMIZATION METHOD**

**Pavel V. Polukhin**

*Candidate of Technical Sciences,*

*Lecturer of the Faculty of Applied Mathematics,*

*Informatics and Mechanics,*

*Voronezh State University,*

*Voronezh, Russia*

*E-mail: alfa\_force@bk.ru*



*The development and improvement of training algorithms is of special scientific and practical interest in the field of application testing. In the context of expanding the field of application of probabilistic models of Bayesian networks for solving testing problems, there is a need for stochastic assessment of hidden parameters, as well as the formation of a complete joint distribution across all variables. The growth of the dimension of probabilistic models for solving various scientific and applied problems requires the development of optimal procedures for training parameters in accordance with existing algorithms, as well as the development of new solutions. The subject of the study is testing models used to represent probabilistic relationships between individual test modules, which allow timely configuration and use of test generation to detect certain groups of program errors. The aim of the study is to develop effective stochastic algorithms for training parameters of test models, which allow you to obtain more accurate values of a priori distribution of parameters. The study proposes methods and algorithms for training parameters of testing models based on a stochastic gradient in combination with the Monte Carlo method using Markov chains to form a preliminary distribution over all hidden variables in accordance with the available set of training data. The results of the study showed the viability of theoretical assumptions and made it possible to implement the optimal algorithm for solving the problem of training probabilistic models of testing web applications. The proposed methods and algorithms are constructive and make it possible to increase the accuracy of training parameters of test models in the presence of hidden variables.*

*Keywords: Markov chains, stochastic gradient, Bayesian networks, Monte Carlo method, Langevin equation, Bernstein von Mises theorem, Fischer information.*

---

## Введение

Применение вероятностных моделей фаззинга для решения задач тестирования веб-приложений позволяет в наибольшей степени решить задачу нахождения ошибок, возникающих в процессе функционирования программ. В основе данных моделей лежит возможность определения модулей фаззинга в виде узлов модели и задание им стохастических параметров. Наибольший интерес для моделирования процессов тестирования представляют динамические модели, позволяющие оценивать состояние процессов фаззинга на протяжении фиксированного временного интервала  $(t; t + k)$  и дающие возможность накопления статистической и вероятностной информации относительно возникновения событий ошибок (свидетельств). В рамках данного исследования будем использовать байесовские сети (БС) как наиболее адаптированную модель представления процессов тестирования. Решение задачи разработки оптимальных алгоритмов обучения параметров БС связано с необходимостью повышения точности существующих алгоритмов, а также оптимизацией расчетов вероятностей с использованием логарифма правдоподобия, а также критериев Шварца и Акаике. Применение стохастического градиента, а также динамик Гамильтона и Ланжевена в сочетании с методом Монте-Карло с применением цепей Маркова позволяет оптимизировать процедуру расчета распределений по всем возможным переменным БС. Основной задачей исследования является разработка математических методов и инструментальных средств, направленных на оптимизацию алгоритмов обучения моделей фаззинга на основе метода ожидания-максимизации.

## Результаты и обсуждение

Процедура обучения параметров байесовских сетей предназначена для определения вероятностных распределений для каждой из вершин в соответствии с обучающей выборкой

$D = \left\{ (X_k, Y_k) \right\}_{k=1}^n$ .  $X = \{ X_1, X_2, \dots, X_n \}$  – множество вершин байесовских сетей,

$Y = Parents(X_i)$  – родительские вершины, соответствующие переменным  $X$ . В таком случае вероятность соответствия переменной  $X$  конкретному значению  $\theta$  будет иметь следующий вид [1]:

$$P(\theta|X) = P(X|\theta)P(\theta). \quad (1)$$

С учетом того, что байесовская сеть представляет собой пару значений  $\{X, G\}$  и  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ , выражение (1) запишем в терминах байесовской сети:

$$P(\theta|X) = \sum_{i=1}^N P(X_i|\theta)P(\theta). \quad (2)$$

Для получения полного совместного распределения параметров байесовской сети воспользуемся правилом апостериорного принятия решений. Тогда оценка параметра  $\theta$  может быть получена за счет определения логарифма правдоподобия для каждой из переменных  $X_i$  в соответствии с выражением (1) и (2). Получим [2, 3]:

$$\theta_{MAP}^G = P(\theta|X) = \arg \max_{\theta} \log P(X|\theta) + \log P(\theta). \quad (3)$$

Правило апостериорного принятия решений лежит в основе алгоритма ожидания максимизации (ОМ), предназначенного для обучения байесовских сетей со скрытыми параметрами. На этапе ожидания происходит замена скрытых переменных на значение их оценок, после чего вычисляется значение правдоподобия для параметров  $\theta$ . На этапе максимизации производится вычисление таблиц условных вероятностей для каждой из вершин байесовской сети в условиях полных данных. Заполнение скрытых данных производится за счет решения уравнения Гамильтона и дифференциального уравнения, формируемого на основе информационной матрицы Фишера. Рассмотрим алгоритм стохастического градиента в сочетании с динамикой Гамильтона.

Вектор градиента, соответствующий функции правдоподобия  $\log P(X|\theta)$ , будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} g(\theta, X_i) &= \nabla \log P(\theta|X_i), \\ G(\theta, X) &= \sum_{i=1}^N g(\theta, X_i). \end{aligned} \quad (4)$$

Запишем уравнение Ланжевена на основе стохастического дифференциального уравнения Ито. С учетом градиента функции правдоподобия получим

$$d\theta(t) = \nabla \log P(\theta(t))dt + \sqrt{2}dB_t, \quad (5)$$

где  $B_t = \mathcal{N}(0, I)$  – гауссовский процесс.

Применяя метод Стермера – Верле, получим решение уравнения (5), определяющее каждый следующий шаг для параметра  $\theta_{t+1}$

$$\begin{aligned} \theta_{t+1} &= \theta_t + \frac{\epsilon_t}{2} \nabla \log P(\theta_t) + \mathcal{N}(0, \epsilon_t), \\ \theta_t &\sim P(\theta). \end{aligned} \quad (6)$$

Введем обозначение градиента для  $\theta_{MAP}^G$  в соответствии с (4)

$$g(\theta) = \nabla \log P(\theta) + \sum_{i=1}^N \log(X_i | \theta). \quad (7)$$

Тогда перепишем выражение (6) с учетом введенных обозначений [5]

$$\nabla \theta_{t+1} = \theta_t + \frac{\epsilon_t}{2} \left( \nabla \log P(\theta_t) + \frac{n}{N} G(\theta, X) \right) + \varphi. \quad (8)$$

Из выражения (8) следует, что при  $\epsilon_t \rightarrow 0$  наблюдаем снижение ошибки в решении уравнения Ланжевена. В таком случае общая сложность алгоритма стохастического градиента может быть снижена до  $O(n)$ ,  $n \ll N$  в отличие от алгоритма Метрополиса – Гастингса (МГ). Как показывает практика, выполнение  $\epsilon_t \rightarrow 0$  не всегда достижимо, как следствие, применение уравнения Гамильтона становится проблематичным. Для решения данной проблемы зададим ковариацию  $g(\theta, X)$  и выразим информацию Фишера для наблюдаемых переменных байесовской сети  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  через градиент функции  $g(\theta, X)$  [4]:

$$I(\theta, X) = \mathbb{M} \left[ \frac{d}{d\theta} \log P(\theta, X) \right]^2 = \mathbb{M} [g(\theta, X)]^2. \quad (9)$$

Из выражения (9) следует, что чем выше значение математического ожидания в точке  $\theta_0$ , тем становится проще выделить значение  $\theta$  на фоне  $\theta_0$  и точнее можно выполнить оценку параметра  $\theta$  при выполнении условия  $\theta = \theta_0$ . В таком случае информация Фишера  $I(\theta, X)$  будет содержать полный набор сведений относительно параметра  $\theta$ , содержащихся в наблюдаемых переменных байесовской сети  $X_1, X_2, \dots, X_n$ .

Отметим, что в большинстве случаев информация  $I(\theta, X)$  имеет непосредственную зависимость от параметризации. В таком случае можно получить альтернативную запись выражения (9). Для этого введем следующие предположения:  $\Omega$  – некоторый бесконечный (конечный) интервал; множество  $A = \{X : P(\theta, X) > 0\}$ , формируемое из распределения  $P(\theta, X)$ ; для всех переменных  $X \in A$  и  $\theta \in \Omega$  существует производная  $P'(\theta, X) = dP(\theta, X) / d\theta$ .

Если условие  $A = \{X : P(\theta, X) > 0\}$  выполняется и производная по  $\theta$  относительно меры  $\mu$  стоящая под знаком интеграла

$$\int P(\theta, X) d\mu(X) = 1. \quad (10)$$

дифференцируема, получим равенство нулю математического ожидания от  $P'(\theta / X)$

$$\mathbb{M} \left[ \frac{d}{d\theta} P(\theta, X) \right] = 0. \quad (11)$$

Следовательно,

$$I(\theta, X) = \mathbb{D} \left( \frac{d}{d\theta} P(\theta, X) \right). \quad (12)$$

Если существует вторая производная от логарифма правдоподобия  $\log P(\theta | X)$  относительно параметра  $\theta$  и вторая производная по  $\theta$  вычисляется путем повторного дифферен-

цирования выражения, стоящего под знаком интеграла (10), выражение для  $I(\theta, X)$  может быть записано в следующем обобщенном виде

$$I(\theta, X) = -\mathbb{M}\left(\frac{d^2}{d^2\theta}\log P(\theta, X)\right) = -\mathbb{M}(H(\theta, X)), \quad (13)$$

где  $H(\theta, X)$  – матрица Гессе, соответствующая функции правдоподобия  $\log P(\theta, X)$ .

Так как наблюдения  $X_1, X_2, \dots, X_n$  являются независимыми, тогда для  $I(\theta, X)$  справедливо следующее выражение:

$$I_n(\theta, X) = nI_1(\theta, X). \quad (14)$$

Для выражения (14) получим аппроксимацию информации Фишера в следующем виде:

$$I'(\theta, X) = \sum_n g(\theta, X)g(\theta, X)^T. \quad (15)$$

Выражение (15) носит название эмпирической информации Фишера, соответствующей распределению  $P(\theta, X)$ . В таком случае для больших значений  $n$  в соответствии с центральной предельной теоремой получим

$$\begin{aligned} \bar{G}(\theta_t, X_n) &= \mathcal{N}\left(\mathbb{M}[G(\theta_t, X)], \frac{1}{n}\text{cov}(G(\theta_t, X))\right), \\ \bar{G}(\theta_t, X_n) &= \frac{G(\theta_t, X_n)}{N}. \end{aligned} \quad (16)$$

С учетом того, что ковариация  $\text{cov}(G(\theta_t, X))$  определяется в соответствии с информацией Фишера, получим следующие приближенные значения с учетом определенного ранее выражения (14)

$$\begin{aligned} n\text{cov}(G(\theta_t, X)) &\approx I_n, \\ n\mathbb{M}[G(\theta_t, X)] &\approx G_n(\theta_t, X_n). \end{aligned} \quad (17)$$

В таком случае второе слагаемое выражения (16) приведем к следующему виду

$$\begin{aligned} \nabla \log P(\theta_t) + \frac{n}{N}\bar{G}(\theta_t, X_n) &= \pi + \varphi', \\ \pi &= \nabla \log P(\theta_t) + G_n(\theta_t, X_n) \\ \varphi' &= \mathcal{N}\left(0, \frac{n}{N}I_N^{-1}\right). \end{aligned} \quad (18)$$

В соответствии с правилом апостериорного вывода первые два слагаемых, стоящих в правой части уравнения (18), соответствуют градиенту логарифма апостериорного распределения

$$\log P(\theta_t|X_N) = \nabla \log P(\theta_t) + G_n(\theta_t, X_n). \quad (19)$$

Воспользовавшись теоремой Бернштейна фон Мизеса, получим важные следствия асимптотической теории байесовского вывода, заключающиеся в близости апостериорного распределения к нормальному. Пусть  $P_n(\theta | \{X_1, X_2, \dots, X_N\})$  – апостериорное распределение параметра

$\theta$  при наличии наблюдений  $X_1, X_2, \dots, X_N$ , формируемых в соответствии с  $P_0$  и начальным распределением  $P_{\theta_0}$  на множестве параметров  $\Theta \in \mathbb{R}$ . Если  $X_1, X_2, \dots, X_N$  – случайные выборки, полученные согласно распределению  $P_{\theta_0}$ , то для апостериорного распределения вероятностей  $P_n(\theta | \{X_1, X_2, \dots, X_N\})$  будет справедлива теорема Бернштейна фон Мизеса:

$$P_{\theta_0}^n \sup_{\theta} \left| P_n(\theta | \{X_1, X_2, \dots, X_N\}) - \mathcal{N}(\theta, I_N^{-1}) \right| \rightarrow 0, \quad (20)$$

$$P_n(\theta | \{X_1, X_2, \dots, X_N\}) \approx \mathcal{N}(\theta, I_N^{-1}).$$

Если теорема Бернштейна фон Мизеса выполнима для распределения  $P_n(\theta | \{X_1, X_2, \dots, X_N\})$ , то для градиента функции правдоподобия будет справедливо следующее выражение [5]:

$$\begin{aligned} \nabla \log P(\theta_t) &= \nabla \log P(\theta_t | X_N) + G(\theta, X), \\ \nabla \log P(\theta_t | X_N) &= -I_N(\theta_t - \theta_0). \end{aligned} \quad (21)$$

Перепишем выражение (8) с учетом выражений (18) и (21)

$$\begin{aligned} \nabla \theta_{t+1} &= \theta_t + \frac{\epsilon_t}{2} (-I_N(\theta_t - \theta_0)) + \varphi + \xi, \\ \xi &\approx \mathcal{N}\left(0, \frac{\epsilon_t^2}{4} \frac{n}{N} I_N^{-1}\right). \end{aligned} \quad (22)$$

Обобщая формулы (18) и (22), получим значения дисперсии  $Q$  для нормального распределения  $\mathcal{N}(0, Q)$  для больших и малых значений шага  $\epsilon_t$

$$Q = \begin{cases} \epsilon_t, \epsilon_t \rightarrow 0 \\ \epsilon_t - \frac{\epsilon_t^2}{4} \frac{n}{N} I_N^{-1}, \epsilon_t \rightarrow \infty \end{cases}. \quad (23)$$

Наряду с определением параметров нормального распределения необходимо произвести расчет информационной матрицы Фишера  $-I_N(\theta_t - \theta_0)$ . Для этого воспользуемся определенной ранее эмпирической информацией Фишера и запишем оценку  $\hat{I}_{1,t}$

$$\hat{I}_{1,t}(\theta, X) = \frac{1}{t} \hat{I}_{1,t}(\theta, X) + \frac{1}{t} I'(\theta_t, X_t^n). \quad (24)$$

В таком случае можно провести замену  $I_N$  на соответствующую ей оценку  $\hat{I}_{1,t}(\theta, X)$ .

По результатам выполнения алгоритма стохастического градиента и расчета информационных матриц для каждого шага уравнения (22) получим необходимый набор выборок, в наибольшей степени согласованный с обучающим множеством  $D$ . Для описания этапа максимизации запишем полное совместное распределение байесовской сети со скрытыми переменными.

На этапе максимизации производится вычисление максимальной оценки нижней границы логарифма правдоподобия, но уже с учетом того, что распределение по всем скрытым переменным уже известно и определено в соответствии с алгоритмами стохастического гради-

ента, описанного выше. Тогда оценка максимального правдоподобия параметра  $\theta$  на этапе максимизации будет иметь следующий вид [6, 7]:

$$\theta' = \arg \max_{\theta'} \left( \sum_H q(\theta; H) \log \left( \frac{P(E, X | \theta)}{q(\theta; X)} \right) \right), \quad (25)$$

$$q(\theta; H) = \frac{P(E, X | \theta)}{\sum_H P(E, X | \theta)} = \frac{P(E, X | \theta)}{P(E | \theta)} = P(X | E, \theta),$$

где  $E$  и  $X$  – множество наблюдаемых и скрытых переменных байесовской сети соответственно.

Для оценки точности формирования распределения вероятностей по всем вершинам байесовской сети на основе алгоритма ОМ рассмотрим его сходимость. На этапе максимизации видно, что полученные распределения должны удовлетворять условию регулярности (гладкости и монотонности). Для этого определим для данного распределения дистанцию Кульбака – Лейблера (КЛ). С помощью дистанции КЛ [8] установим факт близости двух распределений  $f_{\theta}(E | X)$  и  $f_{\theta'}(E | X)$ , полученных в результате использования классического алгоритма ОМ и алгоритма ОМ с применением стохастического градиента в сочетании с информационной матрицей Фишера (ОМ и СГФ)

$$D_{KL}(f, f') = \int f_{\theta}(H | X) \log \frac{f_{\theta}(H | X)}{f_{\theta'}(H | X)} dH. \quad (26)$$

Выражение (33) можно переписать в виде разности двух математических ожиданий для функций  $f$  и  $f'$  соответственно, при этом полагаем, что  $X$  и  $E$  являются случайными переменными по отношению к рассматриваемому истинному распределению  $f$  [9]:

$$D_{KL}(f, f') = F(H, X) = E_f [\log f_{\theta}(H | X)] - E_{f'} [\log f_{\theta'}(H | X)], \quad (27)$$

$$F(H, X) = \int f_{\theta}(H | X) \log f_{\theta}(H | X) dH - \int f_{\theta'}(H | X) \log f_{\theta'}(H | X) dH$$

С практической точки зрения в данной работе дистанция Кульбака – Лейблера используется для верификации представленного подхода к обучению параметров байесовской сети на основе алгоритма ОМ и стохастического градиента по сравнению с классическим алгоритмом ОМ и ОМ с применением алгоритма Метрополиса – Гастингса. Это дает возможность оценить степень точности получения распределения по всем скрытым переменным  $f'$  и при необходимости произвести настройку разработанного алгоритма.

В рамках проведения экспериментальной части исследования рассмотрим байесовскую сеть тестирования «инъекций» веб-приложений. Структурно «инъекции» делятся на следующие основные категории: SQL, команд и кода. Данные типы «инъекций» возникают в веб-приложениях, взаимодействующих с реляционными базами данных, а также имеющих функциональные возможности по динамическому выполнению системных команд.

Для оценки эффективности приложенных математических алгоритмов обучения произведем сравнения существующих подходов к обучению параметров ДБС «Инъекции». Для этого воспользуемся распределенной системой Spark, функционирующей в облачной среде Yandex Cloud, состоящей из 6 узлов со следующей аппаратной конфигурацией: 2 процессора Intel Xeon-Platinum 2.5 GHz 16 ядер, 128 GB ОЗУ, жесткий диск 10 TB. Максимальное число обучающих выборок  $D = 1000000$  размерностью в 500 Гб. Для проведения сравнения рассмотрим алгоритмы ожидания максимизации (ОМ), ожидания максимизации на основе алгоритма Метрополиса – Гастингса (ОМ и МГ) и с применением стохастического градиента в сочетании с информационной матрицей Фишера (ОМ и СГФ).

Таблица – Сравнение производительности алгоритмов обучения ДБС «Инъекции»

№ п/п	Объем начальной выборки	ОМ	ОМ и МГ	ОМ и СГФ
1	1000	5, 1069 сек.	8, 21239 сек.	6, 5438 сек.
2	100000	32, 8368 сек.	48, 9033 сек.	31, 7703 сек.
3	1000000	102, 6145 сек.	190, 3718 сек.	92, 1973 сек.
4	100000000	1562, 1930 сек.	2320, 6359 сек.	845, 9896 сек.

Из сравнительных характеристик алгоритмов таблицы 1 видно, что разработанный алгоритм на основе ОМ и СГФ обладает оптимальной производительностью вне зависимости от размера обучающей выборки. На рисунке приведем значение дистанции КЛ для каждого из алгоритмов ОМ, ОМ и МГ, ОМ и СГФ.

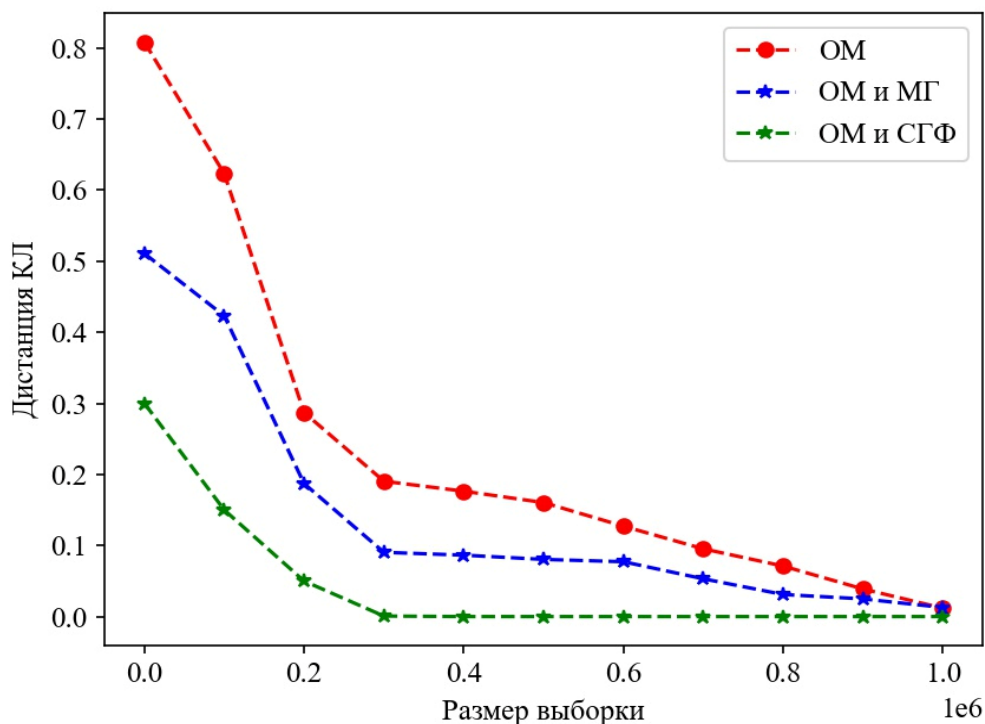


Рисунок – Значение дистанции Кульбака – Лейблера для алгоритмов ОМ, ОМ и МГ, ОМ и СГФ в зависимости от размера выборки D

На рисунке эталонным является распределение, полученное по результатам обучения параметров ДБС в режиме полного наблюдения, в этом случае обучающая выборка будет являться полной.

### Заключение и выводы

Моделирование интеллектуальных средств тестирования приложений на основе моделей БС и ДБС непрерывно связано с созданием и совершенствованием алгоритмов обучения и вероятностного вывода, предназначенных для оптимизации механизмов тестирования и создания адаптивных механизмов для анализа возникающих ошибок. В исследовании затронуты основные проблемы, связанные с моделированием процессов тестирования в виде моделей ДБС, а также решения задач обучения, направленных на получение априорных значений для начального распределения, а также определение переходных вероятностей для смежных временных срезов сети. Результатом проведенного исследования является разработка алгоритма обучения, расширяющего функциональные возможности ОМ и позволяющего в значительной степени повысить интенсивность и качество обучения параметров БС и ДБС со скрытыми переменными. Проведена оценка эффективности каждого из алгоритмов в зави-

симости от объема обучающей выборки, используемой в процессе получения распределения  $P(X|E, \theta)$ .

Практические расчеты экспериментальной части доказывают правильность предложенных подходов к решению задачи обучения параметров БС и ДБС. Повышение точности формирования распределения по всем скрытым переменным в первую очередь связано с применением матрицы Фишера, позволяющей аккумулировать все сведения относительно параметров  $\theta = \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$ , содержащихся в выборке  $D$  относительно наблюдаемых переменных  $E = E_1, E_2, \dots, E_n$ . В таком случае апостериорное распределение  $P(X|E, \theta)$  будет согласованным относительно  $E$  с учетом  $\theta$  для выборки  $D$ . Предложенный алгоритм обладает хорошей сходимостью к истинному распределению при небольшом объеме обучающей выборки и позволяет оптимизировать существующие подходы обучения байесовских сетей в условиях частичной наблюдаемости.

### Литература

1. Литература Korb, K. V. Bayesian Artificial Intelligence / K. V. Korb, A. E. Nicholson. – Boca Raton : CRC Press, 2004. – 491 p.
2. Азарнова, Т. В. Динамические байесовские сети как инструмент тестирования веб-приложений методом фаззинга / П. В. Полухин, Т. В. Азарнова. – Текст : непосредственный // Математические методы распознавания образов : тезисы докладов XIX Всероссийской конференции с международным участием, г. Москва, 2019. – Москва : Российская академия наук, 2019. – С. 379–384.
3. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход : перевод с английского / С. Рассел, П. Норвиг. – 2 издание. – Москва : Вильямс, 2006. – 1408 с. – Текст : непосредственный.
4. Robbins, H. A stochastic approximation method / H. Robbins, S. Monro // Annals of Mathematical Statistics, 1951. – Vol. 22(3). – P. 400–407.
5. Welling, M. Bayesian Learning via Stochastic Gradient Langevin Dynamics / M. Welling, Y. W. Tech // Proceedings of the 28th International Conference on Machine Learning (ICML). – 2020. – P. 681–688.
6. Le Cam, L. Asymptotic methods in statistical decision theory / L. Le Cam. – New York : Springer, 1986. – 742 p.
7. Van der Vaart, A. M. Asymptotic Statistics / A. M. Van der Vaart. – New York : Cambridge University Press, 2000. – 443 p.
8. Neal, R. A view of the EM algorithm that justifies incremental, sparse and other variants / R. Neal, G. Hinton // Learning in Graphical Models, 2000. – P. 355–368.
9. Ghahramani, Z. Learning dynamic Bayesian network / Z. Ghahramani // Adaptive Processing of Sequences and Data Structures, 1997. – P. 168–197.
10. Powell, W. B. Reinforcement Learning and Stochastic Optimization / W. B. Powell. – New York : Wiley, 2022. – 1099 p.
11. Полухин, П. В. Инструменты оптимизации многочастичного фильтра для вероятностных моделей динамических систем / П. В. Полухин. – Текст : непосредственный // Системы управления и информационные технологии. – 2021. – № 4 (86). – С. 4–10.



**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ДВУХМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ  
НА ГРАФИЧЕСКОМ ПРОЦЕССОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

**Сеченов Павел Александрович**  
*кандидат технических наук  
доцент кафедры прикладных информационных  
технологий и программирования,  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»  
Новокузнецк, Россия  
E-mail: pavesa89@mail.ru*

*Предмет: технология и алгоритмы параллельного программирования.*

*Цель: сравнение скорости выполнения последовательного алгоритма на центральном процессоре с параллельным алгоритмом на графическом процессоре при решении задачи двухмерной теплопроводности.*

*Методы: модифицированный автором метод Кранка – Николсона для решения задачи двухмерной теплопроводности на графическом процессоре.*

*Результаты исследования: 1. Решение двухмерной задачи теплопроводности по схеме Кранка – Николсона не является абсолютно параллельной, и максимально возможное ускорение не достигается. 2. При размерности матрицы 16 на 16 и одинарной точности время выполнения на графическом процессоре оказалось в 1,32 – 1,72 быстрее, чем на центральном процессоре. При размерности матрицы 32 на 32 время выполнения на графическом процессоре оказалось в 3,66 – 6,07 быстрее, чем на центральном процессоре. 3. При вычислениях с двойной точностью наблюдается наибольшее ускорение в 71,89 при 10 итерациях расчета, если итераций более 104, то ускорение в расчетах на графическом процессоре с двойной точностью приближается к расчетам с одинарной точностью.*

*Ключевые слова: параллельное программирование, графический процессор, метод Кранка – Николсона, уравнение теплопроводности, быстроедействие.*

**SOLUTION TO THE PROBLEM OF THERMAL CONDUCTIVITY  
IN A TWO-DIMENSIONAL FORMULATION ON A GRAPHICS PROCESSING UNIT  
USING PARALLEL COMPUTING**

**Sechenov Pavel Aleksandrovich**  
*Candidate of technical sciences  
Associate Professor of the Department of Applied Information  
Technologies and Programming,  
Siberian State Industrial University  
Novokuznetsk, Russia  
E-mail: pavesa89@mail.ru*

*Subject: technology and algorithms of parallel programming.*

*Objective: to compare the execution speed of a sequential algorithm on a central processor with a parallel algorithm on a graphics processor when solving a two-dimensional thermal conductivity problem.*

*Methods: the Crank – Nicholson method modified by the author for solving the problem of two-dimensional thermal conductivity on a graphics processor.*

*Research results: 1. The solution of the two-dimensional thermal conductivity problem according to the Crank – Nicholson scheme is not absolutely parallel and the maximum possible acceleration is not achieved 2. With a matrix dimension of 16 by 16 and single precision, the execution time on the GPU turned out to be 1.32 – 1.72 times faster than on the CPU. With a 32 by 32 matrix dimension, the execution time on the GPU turned out to be 3.66 – 6.07 times faster than on the CPU. 3. When calculating with double precision, the greatest acceleration is observed at 71.89 with 10 iterations of calculation, if there are more than 104 iterations, then the acceleration in calculations on a GPU with double precision approaches calculations with single precision.*

*Keywords: parallel programming; graphics processor; Crank – Nicholson method; thermal conductivity equation, performance.*

---

## **Введение**

Программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений позволяет существенно повысить скорость вычислений. Технология CUDA применяется в здравоохранении для выявления полезной площади на рентгеновских снимках и сжатия изображения, при этом такой алгоритм работает в 34 раза быстрее, чем последовательный алгоритм, выполняемый на центральном процессоре [1, с. 1144]. Технология параллельного программирования эффективна при решении дифференциальных уравнений в частных производных [2, с. 41]. К сожалению, большинство научных статей про использование технологии параллельных вычислений пишутся без приведения программного кода. Исключением явилась статья [3, с. 9], в которой описывается решение задачи одномерной теплопроводности с использованием явной схемы. Статья [3, с. 6] подтолкнула к изучению технологии параллельного программирования и написанию статей [4, с. 9; 5, с. 24].

В статье [6, с. 346] решается аналогичная задача двухмерной теплопроводности, но с использованием явной схемы при количестве шагов по времени 100. Ускорение составило 48 раз. Явная схема с использованием параллельных вычислений для решения уравнения Навье – Стокса отображена в статье [7, с. 123]. Среднее ускорение составило 32 раза, а максимальное – 100. В статье [8, с. 431] авторы решают задачу теплопроводности явным методом и выделяют его недостаток: для обеспечения устойчивости метода требуется достаточно большое количество узлов. К недостаткам неявной схемы и схемы Кранка – Николсона относятся высокая вычислительная сложность на каждой итерации, а преимуществом является устойчивость. Численные результаты решения задачи одномерной теплопроводности [5, с. 37] показали, что среди явного, неявного и метода Кранка – Николсона на графическом процессоре самым быстрым является явный, затем следуют метод Кранка – Николсона и неявный. Так как метод Кранка – Николсона обладает вторым порядком точности, то он был выбран для моделирования задачи двухмерной теплопроводности.

Существуют специальные программные продукты [9, с. 551], позволяющие преобразовать код, написанный на языке C, в код программы CUDA C. За счет таких программ увеличивается скорость выполнения по сравнению с последовательными вычислениями на центральном процессоре (ЦП), но они медленнее, чем если бы код был написан на языке CUDA C. Для написания параллельного кода требуется графический процессор (ГП) фирмы NVIDIA с поддержкой ядер CUDA и пакет программирования CUDA SDK, который позволит взаимодействовать разработчику с видеокартой. Для упрощения использования технологии CUDA в пакете программирования SDK встроено несколько библиотек, которые позволяют использовать возможности CUDA без необходимости писать код самостоятельно [10, с. 90; 11, с. 173–209].

При этом максимальное ускорение программы, выполняющейся параллельно, рассчитывается по формуле Амдала:

$$S = \frac{1}{(1 - P) + \frac{P}{N}}, \quad (1)$$

где  $P$  – это часть времени выполнения программы, которая может быть распараллелена на  $N$  процессоров.

Практическое использование расчетов на ЦП и ГП показывает, что максимальную производительность можно получить при абсолютно параллельной задаче [4, с. 10], а при решении конечно-разностной схемы Кранка – Николсона требуется синхронизация ячеек (за счет этого тратится общее время выполнения) [5, с. 31].

В статье [5, с. 27] решалась задача одномерной теплопроводности на ГП с использованием технологии параллельного программирования CUDA. Наибольший выигрыш по производительности получился при большем количестве параллельно запущенных нитей с наименьшим количеством итераций.

### Результаты и обсуждение

Для проведения вычислительного эксперимента использовались:

- операционная система Windows 10;
- среда программирования Visual Studio 2019 Community Edition;
- средства разработки на языке CUDA (CUDA Toolkit SDK версии 11.5);
- графический драйвер версии 511.79.

Расчеты производились на ЦП AMD Phenom 955 BE и графической карте начального уровня Gigabyte GeForce GT 1030 с частотой ядер 1252 MHz и количеством CUDA ядер 384.

При написании кода на языке CUDA используется как ЦП, так и ГП. Код на ГП пишется на языке CUDA, а на ЦП – на языках C или Python, в данном случае используется язык C.

Сравнение численных методов конечно-разностной аппроксимации показало, что схема Кранка – Николсона является более точной по сравнению с явной и неявной схемами [12, с. 1809], поэтому она использовалась при решении задачи двухмерной теплопроводности несмотря на то, что большая производительность и максимальная нагрузка получаются при реализации явных схем [13, с. 10].

Уравнение Фурье – Кирхгофа описывает нестационарный перенос тепла:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + Q(x, y, z, t, T), \quad (2)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К);  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $T(x, y, z, t)$  – поле температуры в трехмерном пространстве;  $t$  – время, с;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);  $Q(x, y, z, t, T)$  – мощность внутренних источников тепловыделения, Вт.

Уравнение Фурье – Кирхгофа описывает множество вариантов процесса теплопроводности. Рассмотрим решение двухмерной задачи теплопроводности через изолированную пластину с постоянными коэффициентами. На нижней границе пластины, слева и справа поддерживается постоянная температура  $T_H = T_L = T_D$ , сверху пластины  $T_B$  температура границы пластины равна температуре окружающей среды. Начальная температура пластины равна  $T_0$ .

Уравнение Фурье – Кирхгофа (2) в двухмерном случае без источников тепла внутри пластины будет выглядеть следующим образом:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right), 0 < x < L, 0 < y < L, \quad (3)$$

где  $L$  – длина и высота квадратной пластины, м.

Выразив коэффициент теплоотдачи через удельную теплоемкость, плотность и коэффициент температуропроводности  $a = \frac{\lambda}{c\rho}$ , получим уравнение (3) в виде

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right), 0 < x < L, 0 < y < L, \quad (4)$$

Начальные условия запишутся следующим образом:

$$\tau = 0 : T = T_0, 0 \leq x \leq L, 0 \leq y \leq L. \quad (5)$$

Граничные условия для уравнения (4)

$$x = 0 : T = T_L, \tau > 0; \quad (6)$$

$$x = L : T = T_{II}, \tau > 0; \quad (7)$$

$$y = 0 : T = T_B, \tau > 0; \quad (8)$$

$$y = L : T = T_H, \tau > 0. \quad (9)$$

Задача решается методом конечных разностей на равномерной квадратной сетке. Для этого пластина разбивается по длине и высоте на  $N-1$  равных промежутков, а для аппроксимации уравнения теплопроводности применяется десятиточечный шаблон конечно-разностной схемы Кранка – Николсона (рис. 1).

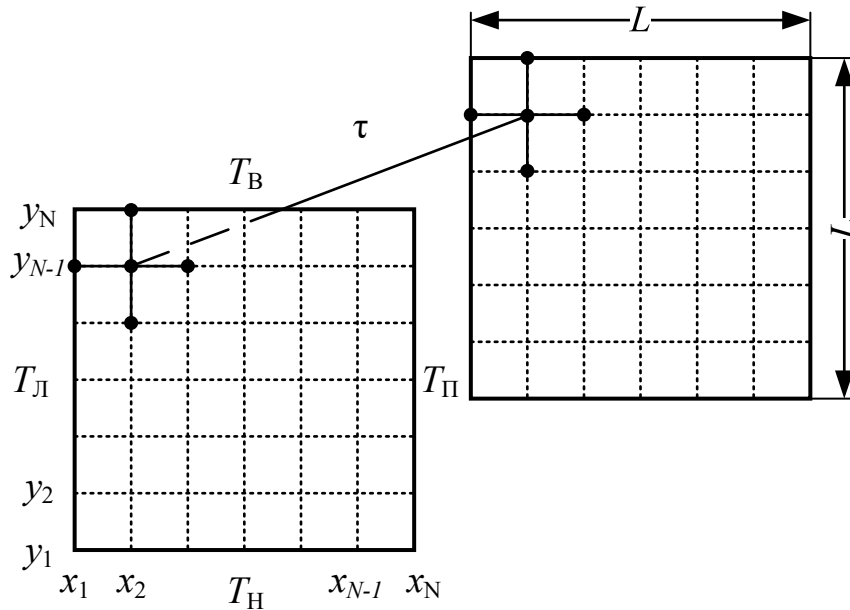


Рисунок 1 – Десятиточечный шаблон схемы Кранка – Николсона

При одностороннем нагреве снизу использовались граничные условия первого рода. Для изолированных сторон (левая, верхняя и нижняя) получим:

$$\frac{\partial T(x_{\min}, y, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial T(x, y_{\max}, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial T(x_{\max}, y, \tau)}{\partial \tau} = 0; \quad (10)$$

По всей нижней границе зададим постоянное значение температуры

$$\frac{\partial T(x, y_{\min}, \tau)}{\partial \tau} = 100. \quad (11)$$

Заменяем дифференциальные операторы в уравнении (4):

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\tau}, \quad (12)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{T_{i-1}^{n+1} - 2 \cdot T_i^{n+1} + T_{i+1}^{n+1}}{\Delta x^2}, \quad (13)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = \frac{T_{j-1}^{n+1} - 2 \cdot T_j^{n+1} + T_{j+1}^{n+1}}{\Delta y^2}. \quad (14)$$

Получим

$$\frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\tau} = a \left( \frac{T_{i-1}^{n+1} - 2 \cdot T_i^{n+1} + T_{i+1}^{n+1}}{\Delta x^2} + \frac{T_{j-1}^{n+1} - 2 \cdot T_j^{n+1} + T_{j+1}^{n+1}}{\Delta y^2} \right), \quad (15)$$

где  $T_i^{n+1}$  – значение температуры в  $ij$ -м узле разностной сетки в последующий момент времени,  $T_i^n$  – значение температуры в  $ij$ -м узле разностной сетки в  $n$ -й момент времени.

ЦП предназначен для выполнения одного потока инструкций, ГП – для выполнения множества потоков. Для ускорения на ГП используется быстрая общая память, размер которой ограничен. ЦП поддерживает один или два потока на ядро. ГП поддерживает до 1024 потоков на потоковый процессор.

На рисунке 2 показана структура потоков на ГП. Самая маленькая единица в архитектуре CUDA – это поток или нить. Нити объединяются в блоки. Блоки в свою очередь объединяются в сетку.

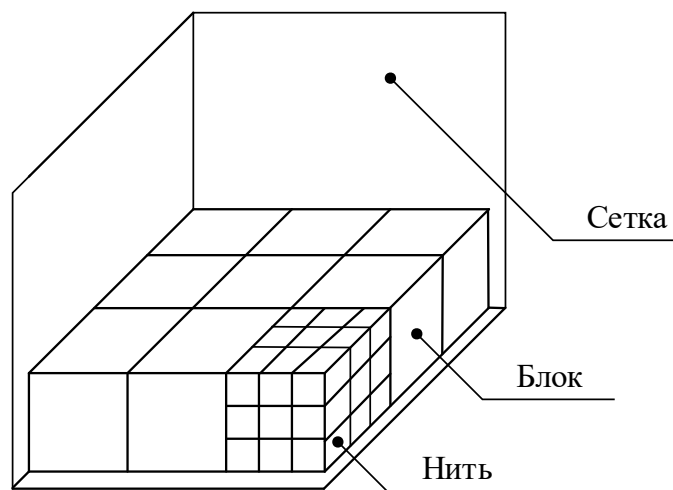


Рисунок 2 – Структура нитей, блоков и сетки

Все нити начинают работу одновременно, для обращения к номеру нити используется код, представленный в листинге 1.

*Листинг 1*

```
int idx = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;
```

где  $blockIdx.x$  – индекс блока,  $blockDim.x$  – размерность блока,  $threadIdx.x$  – индекс нити в блоке.

Реализованная программа на ГП состоит из основного метода `mat`, который пишется на языке C, в нем происходит: 1) задание начальных параметров; 2) выделение памяти на ЦП и ГП; 3) копирование данных из ЦП в ГП; 4) выполнение расчетов на ГП; 5) копирование данных из ГП в ЦП; 6) вывод результатов и их обработка; 7) освобождение ресурсов на ГП и ЦП.

В статье [5, с. 10] решалась аналогичная задача в одномерной постановке, поэтому приведем отличный от одномерной постановки код.

На ГП используется функция пятиточечного шаблона, и на одной итерации для каждой нити она вызывается дважды для расчета на текущем и следующем шаге. Код приведен в листинге 2, а её графическая интерпретация показана на рисунке 1.

*Листинг 2*

```
__device__ double SH5(double L, double R, double T, double D, double M, double dx, double dy)
{
double res;
res = (L - 2 * M + R) / dx / dx + (D - 2 * M + T) / dy / dy;
return res;
}
```

Как видно из приведенного листинга, данная функция отличается от языка C только наличием специального слова из синтаксиса языка CUDA `__device__`, которое означает, что функция будет выполняться на ГП.

Основная функция (листинг 3) выполняется на ГП, принимает на вход одномерный массив данных и получает на выходе одномерный массив:

*Листинг 3*

```
__global__ void implicit(double* ziro, double* res)
{
//Задание начальных параметров расчета ...
...
__shared__ double arr[SIZE]; //n
__shared__ double arrs[SIZE]; //n + 1
__shared__ double arrt[SIZE]; //t
__shared__ double _max; //Переменная, которая доступна всем потокам
_max = 1;

int idx = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;

arr[idx] = ziro[idx];
arrs[idx] = ziro[idx];
arrt[idx] = ziro[idx];
__syncthreads(); //синхронизация потоков
for (int j = 0; j < 1000000; j++) { //количество итераций
_max = 1;
while (_max > eps) { //Пока заданная точность не достигнута
//В центре пластины
if ((idx >= _N) && (idx < SIZE - _N) && (idx % _N != 0) && (idx % _N != _N - 1)) {
//Находим значение на следующем шаге
arrs[idx] = arr[idx] + gamma * ((arr[idx] - arrt[idx]) / dt - a * (SH5(arr[idx - 1], arr[idx + 1],
arr[idx - _N], arr[idx + _N], arr[idx], _gdx, _gdy) + SH5(arrt[idx - 1], arrt[idx + 1], arrt[idx - _N],
arrt[idx + _N], arrt[idx], _gdx, _gdy)) / 2.0);
_max = fabs(arr[_N + 1] - arrs[_N + 1]);
if (_max < fabs(arr[idx] - arrs[idx])) {
_max = fabs(arr[idx] - arrs[idx]);
}
```

```

}
}
__syncthreads();
arr[idx] = arrs[idx];
}
arrt[idx] = arr[idx]; //Получаем значение через dt
__syncthreads();
}

res[idx] = arr[idx]; //Для вывода результат
__syncthreads();
}

```

Как видно из приведенного кода, `__global__` обозначает, что функция будет выполняться на языке CUDA. Основной цикл `for` определяет количество шагов по времени. А условный цикл `while` определяет условие достижения заданной точности `eps`.

Так как функции, выполняемой на ГП, на вход подается одномерный массив, то переход от одномерного массива к двумерному осуществляется с помощью количества ячеек по ширине и высоте пластины.

На четырех границах задаются условия с использованием функции, выполняющейся на ГП `border()`. Угловые точки считаются как средние значения между ближайшими существующими соседями по вертикали и горизонтали.

Ключевое слово `__syncthreads()` обозначает синхронизацию всех нитей, которая необходима для расчетов. Все нити дожидаются выполнения самой медленной из них. Как видно из приведенного кода, такая процедура повторяется на одной итерации несколько раз.

В центре пластины используется функция пятиточечного шаблона `SH5()`, которая приведена в листинге 2. Переход от одномерного массива к квадратному двумерному представим графически (рис. 3). В данном случае для массива 4 на 4 остаются четыре центральные точки, для которых применяется пятиточечный шаблон. На рисунке 3 приведен шаблон для первой центральной точки с индексом 6.

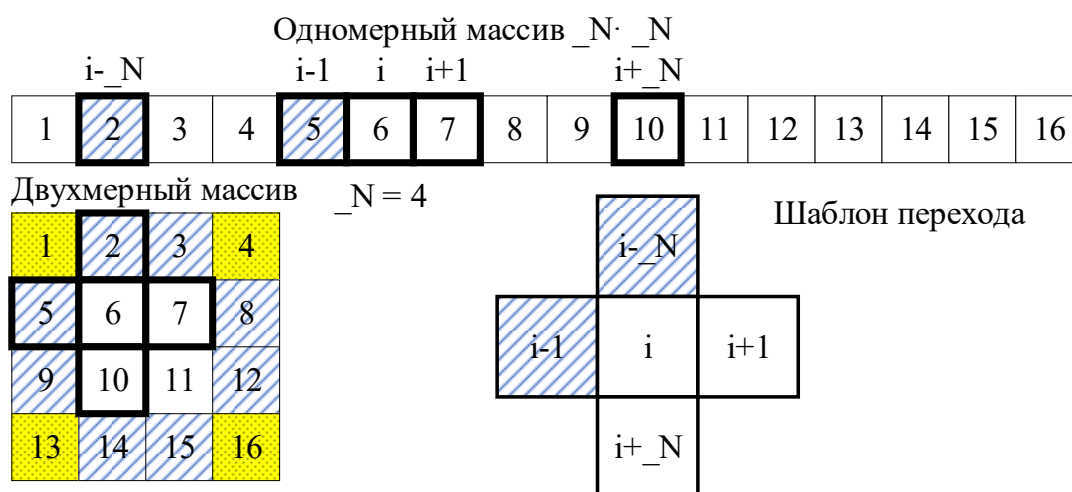


Рисунок 3 – Переход от одномерного массива к двумерному

В таблице 1 приведены результаты сравнения скоростей вычислений на ЦП и ГП при размерности двухмерного массива 16 на 16 ячеек и количестве итераций от 10 до  $10^6$ . Таблицы 2 и 3 показывают скорости выполнения решения задачи двухмерной теплопроводности с количеством ячеек 1024. В таблице 2 используются числа с одинарной точностью (`float`), а в

таблице 3 используются числа с двойной точностью (double). Как видно из таблицы 1, скорость расчета на ГП быстрее, чем на ЦП, от 1,33 до 1,71 раза.

Таблица 1 – Сравнение времени выполнения алгоритма для массива 16 на 16 с использованием чисел одинарной точности

Количество итераций	$\tau_{ЦП}$ , мс	$\tau_{ГП}$ , мс	$\tau_{ЦП} / \tau_{ГП}$
$10^1$	993	651	1,53
$10^2$	7532	4401	1,71
$10^3$	10438	7865	1,33
$10^4$	10685	7917	1,35
$10^5$	12949	9813	1,32
$10^6$	37594	24479	1,54

Таблица 2 – Сравнение времени выполнения алгоритма для массива 32 на 32 с использованием чисел одинарной точности

Количество итераций	$\tau_{ЦП}$ , мс	$\tau_{ГП}$ , мс	$\tau_{ЦП} / \tau_{ГП}$
$10^1$	4293	920	4,67
$10^2$	29762	4902	6,07
$10^3$	45545	10107	4,51
$10^4$	46473	10994	4,23
$10^5$	56707	14001	4,05
$10^6$	159365	43570	3,66

Таблица 3 – Сравнение времени выполнения алгоритма для массива 32 на 32 с использованием чисел двойной точности

Количество итераций	$\tau_{ЦП}$ , мс	$\tau_{ГП}$ , мс	$\tau_{ЦП} / \tau_{ГП}$
$10^1$	4026	56	71,89
$10^2$	27446	730	37,60
$10^3$	44585	2809	15,87
$10^4$	43857	9303	4,71
$10^5$	56370	13970	4,04
$10^6$	149653	47122	3,18

Следует отметить, что расчеты с двойной точностью выполняются быстрее, за исключением расчета на ГП при количестве итераций  $10^6$ . А максимальная производительность ГП по отношению к ЦП получается при меньшем количестве итераций.

### Заключение и выводы

В статье рассмотрен алгоритм решения задачи двухмерной теплопроводности с использованием технологии параллельного программирования CUDA.

1. Литературный обзор показал, что быстродействие алгоритмов на графическом процессоре по сравнению с алгоритмами, выполняемыми на центральном процессоре, достигает от нескольких единиц до сотен раз.
2. Решение двухмерной задачи теплопроводности по схеме Кранка –Николсона не является абсолютно параллельной, и максимально возможное ускорение не достигается.
3. При размерности матрицы 16 на 16 и одинарной точности время выполнения на графическом процессоре оказалось в 1,32 – 1,72 быстрее, чем на центральном процессоре. При размерности матрицы 32 на 32 время выполнения на графическом процессоре оказалось в 3,66 – 6,07 быстрее, чем на центральном процессоре.
4. При вычислениях с двойной точностью наблюдается наибольшее ускорение в 71,89 при 10 итерациях расчета, если итераций более 104, то ускорение в расчетах на графическом процессоре с двойной точностью приближается к расчетам с одинарной точностью.



## Литература

1. Unver, M. Compressing of magnetic resonance images with CUDA / M. Unver, A. Erguzen // International Journal of Trend in Scientific Research and Development. – 2018. – V. 3, № 1. – P. 1140–1145.
2. Вахлаева, К. П. Анализ эффективности применения технологии CUDA для численного решения дифференциальных уравнений в частных производных по схеме Кранка – Николсона / К. П. Вахлаева, Д. А. Сынкова, Д. С. Фаюстов. – Текст : непосредственный // Евразийский союз ученых. – 2015. – № 7–6 (16). – С. 38–41.
3. Афанасьева, Е. Ю. Использование технологии параллельного программирования CUDA для решения задачи теплопроводности / Е. Ю. Афанасьева. – Текст : непосредственный // Завершенные исследования. – 2015. – № 1. – С. 6–11.
4. Сеченов, П. А. Применение технологии параллельного программирования NVIDIA CUDA в задаче расплавления шарообразной частицы / П. А. Сеченов, А. А. Оленников. – Текст : непосредственный // Кибернетика и программирование. – 2018. – № 5. – С. 8–14.
5. Сеченов, П. А. Решение задачи одномерной теплопроводности на графических процессорах с использованием технологии CUDA / П. А. Сеченов, И. А. Рыбенко. – DOI: 10.15593/2499-9873/2021.4.02. – Текст : непосредственный // Прикладная математика и вопросы управления. – 2021. – № 4. – С. 23–41.
6. Деги, Д. В. Реализация явной разностной схемы для решения двумерного уравнения теплопроводности на графическом процессорном устройстве с использованием технологии CUDA / Д. В. Деги, А. В. Старченко, А. А. Трунов. – Текст : непосредственный // Научный сервис в сети Интернет: суперкомпьютерные центры и задачи : труды Международной суперкомпьютерной конференции, Новороссийск, 20–25 сентября 2010 г. – Новороссийск, 2010. – С. 346–348.
7. Маркин, Е. Е. Гетерогенные параллельные вычисления на примере решения полной системы уравнений Навье-Стокса методом сеток / Е. Е. Маркин, П. П. Скачков. – Текст : непосредственный // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 5. – С. 123.
8. Широканев, А. С. Разработка векторного алгоритма по технологии CUDA для трехмерного моделирования процесса лазерной коагуляции сетчатки / А. С. Широканев, Н. А. Андриянов, Н. Ю. Ильясова. – Текст : непосредственный // Компьютерная оптика. – 2021. – Т. 45, № 3. – С. 427–437.
9. Khan, A. H. RT-CUDA: A Software Tool for CUDA Code Restructuring / A. H. Khan, M. Al-Mouhamed, M. Al-Mulhem, A. F. Ahmed. – Doi.org/10.1007/s10766-016-0433-6 // International Journal of Parallel Programming. – 2017. V. 45. – P. 551-594.
10. Воротникова, Д. Г. Алгоритмы с «длинными» векторами решения сеточных уравнений явных разностных схем / Д. Г. Воротникова, Д. Л. Головашкин. – Текст : непосредственный // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 1. – С. 87–93.
11. Storti, D. CUDA for engineers : an introduction to high-performance parallel computing / D. Storti, M. Yurtoglu. – New York : Addison-Wesley, 2015. – 328 p.
12. Залевский, Д. В. Математическое моделирование процессов аутостабилизации температуры в клеточной ткани для одномерного случая на основе неявных разностных схем / Д. В. Залевский, А. А. Арзамасцев. – Текст : непосредственный // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2014. – Т. 19, № 6. – С. 1805–1812.
13. Прокофьев, В. А. Многослойная гидротермическая модель водоёма с реализацией вычислений на графическом акселераторе / В. А. Прокофьев. – Текст : непосредственный // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. – 2017. – Т. 284. – С. 3–18.

**ЕДИНЫЙ МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ  
ОХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Пьянков Олег Викторович**

*доктор технических наук, доцент  
заместитель начальника кафедры инфокоммуникационных систем и технологий  
ФГКОУ ВО «Воронежский институт МВД России»  
Воронеж, Россия  
E-mail: ovpyankov@mail.ru*

**Смышников Дмитрий Олегович**

*соискатель кафедры «Информационные системы и защита информации»,  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
Тамбов, Россия  
E-mail: sdosmile@hotmail.com*

*Сохранение материальных ценностей, осуществляемое охранными организациями, требует проведения научных исследований и обоснования принимаемых решений. Из анализа научных исследований делается вывод, что в настоящее время подходы к моделированию и оптимизации отдельных процессов охранной деятельности разнообразны и используют разные наборы показателей оценки их эффективности. Предметом исследования, освещаемого в статье, является метод моделирования охранной деятельности. Цель работы – разработка единого метода моделирования, основополагающим результатом применения которого является обеспечение функционирования охранной организации в целом. В ходе исследования используются методы изучения, сравнения и анализа существующих подходов к моделированию охранной деятельности, обобщения и формализации результатов проведенных ранее исследований. В работе осуществляется декомпозиция охранной деятельности на процессы, выделяются этапы предоставления охранных услуг, показывается их содержание и значение. Предлагается введение целевой функции охранной деятельности, учитывающей риски отдельных процессов. Приводятся примеры формализации целевой функции для процессов мониторинга и реагирования на сигнальную информацию, позволяющие осуществить постановку оптимизационных задач. Делаются выводы об универсальности и необходимости применения предлагаемого метода моделирования и критериев оптимизации функционирования охранных организаций. Результатами исследования являются единый метод моделирования охранной деятельности и формализация задач оптимизации риска отдельных процессов охранной деятельности.*

*Ключевые слова: единый подход; метод моделирования; оптимизация; охранная деятельность; риск; целевая функция.*

**UNIFIED METHOD OF MODELING AND OPTIMIZATION  
OF GUARDING ACTIVITIES**

**Oleg V. Pyankov**

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
Deputy Head of the Department of Infocommunication Systems and Technologies  
Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia  
Voronezh, Russia  
E-mail: ovpyankov@mail.ru*

**Dmitry O. Smyshnikov**

*Candidate of the Department "Information Systems and Information Protection",  
Tambov State Technical University,  
Tambov, Russia  
E-mail: sdosmile@hotmail.com*

*The preservation of material values carried out by security organizations requires scientific research and justification of the decisions taken. From the analysis of scientific research, it is concluded that currently approaches to modeling and optimizing individual processes of security activities are diverse and use different sets of indicators to assess their effectiveness. The subject of the research covered in the article is the method of modeling guarding activities. The purpose of the work is to develop a unified modeling method, the fundamental result of which is to ensure the functioning of the security organization as a whole. The research uses methods of studying, comparing and analyzing existing approaches to modeling security activities, generalizing and formalizing the results of previous studies. In the work, the decomposition of security activities into processes is carried out, the stages of providing security services are highlighted, their content and meaning are shown. It is proposed to introduce a target function of security activities that takes into account the risks of individual processes. Examples of the formalization of the objective function for the processes of monitoring and responding to signal information are given, allowing the formulation of optimization tasks. Conclusions are drawn about the universality and necessity of applying the proposed modeling method and criteria for optimizing the functioning of security organizations. The results of the study are a unified method of modeling security activities and formalization of the tasks of optimizing the risk of individual processes of security activities.*

*Keywords: unified approach; modeling method; optimization; security activity; risk; objective function.*

---

## **Введение**

Существующие вызовы со стороны преступного сообщества на имущественные посягательства на материальные ценности требуют постоянного совершенствования действий государственных и частных охранных структур по обеспечению их сохранности и уменьшению наносимого ущерба. Для совершенствования действий охранных организаций необходимы научные исследования, обеспечивающие приемлемые к применению на практике способы осуществления охранной деятельности. При этом уже давно хорошо зарекомендовавшим себя способом исследования является математическое моделирование.

Вопросы повышения обеспеченности сохранности имущества с научной точки зрения рассматривались по многочисленным направлениям. Особенную роль в их разработке сыграл коллектив ученых Воронежского института МВД России, рассматривающих широкий спектр научных задач по обеспечению сохранности имущества различных форм собственности. В работах И. В. Атласова, С. В. Бухарина, С. В. Белокурова, Д. Б. Десятова, В. С. Зарубина, А. В. Мельникова, О. В. Пьянкова, Р. А. Солодухи, В. А. Родина и других ученых [1-10] рассматривались:

- вопросы управления контролем целостности эталонной автоматизированной информационной системы вневедомственной охраны;
- модели ложных срабатываний технических средств охраны и моделей оптимального расположения технических средств охраны;
- определение совокупных затрат на организацию охраны пространственно-удаленных объектов собственности;
- оценки эффективности функционирования радиолокационных извещателей охраны в условиях воздействия преднамеренных помех;

- методы нейронных сетей в экспертизе технических средств охраны;
- модели принятия решений на основе экспертной информации в подразделениях охраны;
- особенности организации комплексной системы безопасности в деятельности вневедомственной охраны;
- особенности организации охраны имущества при его транспортировке;
- основные направления совершенствования инженерно-технического обеспечения охраны важных государственных объектов;
- технологии дистанционного повышения квалификации сотрудников подразделений вневедомственной охраны Росгвардии;
- матричные представления функционального описания угроз проникновения на охраняемые объекты в результате искажения информации систем централизованного наблюдения;
- модели оценки надежности системы охраны объектов в условиях целенаправленного противодействия охранным функциям;
- модели нарушителя системы безопасности объекта охраны;
- методы и алгоритмы оптимизации комплексов охранной сигнализации;
- признаки инженерной оценки в экспертизе приемно-контрольных приборов охранно-пожарной сигнализации;
- технические аспекты интеграции потребителей услуг вневедомственной охраны в информационную систему отдела вневедомственной охраны;
- имитационная модель действий группы задержания (ГЗ) подразделений вневедомственной охраны;
- потоки сигналов на пульте централизованной охраны с учетом задержки на обслуживание;
- методы оптимизации маршрутов патрулирования охраны объектов акватории.

Такой широкий круг рассматриваемых вопросов повлек за собой разработку многочисленных показателей и критериев, позволяющих решать частные задачи охранной организации. Так, в качестве примера можно привести следующие показатели:

- промежуток времени, затрачиваемый ГЗ на объезд охраняемых объектов;
- эффективность защиты виброакустической информации от прослушивания;
- эффективность защиты телефонных линий;
- эффективность защиты информации от утечки по каналам ПЭМИН;
- оптимальность распределения ГЗ по времени дежурных суток с учётом интенсивности поступления сигналов тревоги;
- вероятность появления нарушителя на охраняемом объекте в течение определённого промежутка времени;
- вероятность обнаружения нарушителя на охраняемом объекте средствами охранной сигнализации;
- вероятность безошибочной передачи тревожного извещения от охраняемого объекта на ПЦО;
- стоимость, дизайн и защищенность охраняемого объекта;
- категория опасности объекта на основе комплексного учёта потенциала нарушителей, эффективности физической защиты и степени подверженности персонала динамическим нагрузкам и многие другие.

Несомненно, что предлагаемые показатели вкпе с разработанными моделями позволяют улучшать функционирование охранных организаций. Однако, как уже было сказано выше, нет единого системного подхода, позволяющего объединить все разрозненные модели, а также формулирование единой задачи оптимизации функционирования охранной организации. В связи с этим возникает необходимость разработки единого метода моделирования и оптимизации охранной деятельности, отличающегося комплексным учётом рисков при про-

ведении декомпозиции охранной деятельности и выделением её основных процессов для охранных организаций всех видов.

### Результаты и обсуждение

Современное состояние экономики характеризуется переходом от традиционной функциональной индустриальной модели Адама Смита к модели процессной [11, с. 8]. Функциональная модель строится на предпосылке, что работники обладают невысокой квалификацией, поэтому предлагаемые им задачи должны быть очень простыми. Адам Смит доказывал, что люди работают наиболее эффективно тогда, когда им предлагается для выполнения всего одна хорошо понятная им работа. Отсюда и следуют основные правила игры: иерархические организационные структуры, конвейерные технологии, управление по структурным элементам (подразделениям), взаимодействие через структурные элементы более высокого уровня и т. п.

Главными недостатками функционального подхода являются:

- сложность увязывания простейших задач в технологию, производящую реальный товар или услугу;
- отсутствие целостного описания такой технологии;
- отсутствие ответственного за конечный результат;
- высокие затраты на бесполезную работу (согласование, взаимодействие, контроль и т. п.);
- отсутствие ориентации на клиента.

Процессный подход декларирует смещение акцентов от управления отдельными структурными элементами на управление сквозными бизнес-процессами, связывающими воедино деятельность этих структурных элементов. При этом под бизнес-процессом понимается совокупность действий, продуцирующая результат (товар или услугу), имеющий ценность для клиента.

Знатоки процессного управления М. Хаммер и Д. Чампи заметили: не продукты, а эффективные процессы их создания и развития приносят компаниям долгосрочный и устойчивый успех [12, с. 251]. Поскольку продуктом является оказание услуги по охране собственности, то для организаций, занимающихся охранной деятельностью, высокая эффективность функционирования должна также обеспечиваться правильной организацией труда.

Работники склонны изменять свои действия в соответствии с личным опытом, знаниями и квалификацией, в результате снижаются эффективность работы и качество обслуживания клиентов.

Модификация действий может иметь ряд негативных последствий: возрастают убытки, связанные с неудовлетворенностью клиента уровнем обслуживания, снижается вероятность обнаружения попытки проникновения на охраняемый объект, уменьшается возможность контроля со стороны руководства – всё это может приводить к повышению риска.

Поэтому уменьшение вариативности действий персонала (работников, сотрудников) является первоочередной задачей любой организации, стремящейся к повышению своей эффективности.

Важнейшим шагом структуризации любой бизнес-системы является выделение и классификация бизнес-процессов [13, с. 19]. Целесообразно основываться на следующих классах процессов:

- основные процессы;
- сопутствующие процессы;
- вспомогательные процессы;
- обеспечивающие процессы;
- процессы управления;
- процессы развития.

Основными бизнес-процессами являются процессы, ориентированные на производство товара или оказание услуги, являющиеся целевыми объектами создания предприятия и обеспечивающие получение дохода. Для охранных предприятий таким процессом является оказание услуги охраны имущества.

Сопутствующими бизнес-процессами являются процессы, ориентированные на производство товара или оказание услуги, являющиеся результатами сопутствующей основному производству производственной деятельности предприятия и также обеспечивающие получение дохода. Для вневедомственной охраны таким процессом является оказание услуги контроля за состоянием инженерных сетей (контроль утечки воды/газа, перекрытие подачи воды/газа при обнаружении утечки).

Вспомогательными бизнес-процессами являются процессы, предназначенные для жизнеобеспечения основных и сопутствующих процессов и ориентированные на поддержку их специфических черт. Так, для вневедомственной охраны таким процессом является выполнение регламентных и профилактических работ аппаратуры пункта централизованной охраны (ПЦО), выполнение мероприятий по защите информационных сетей собственных подразделений.

Обеспечивающими бизнес-процессами являются процессы, предназначенные для жизнеобеспечения основных и сопутствующих процессов и ориентированные на поддержку их универсальных черт. Так, для любого предприятия такими процессами являются процесс финансового обеспечения деятельности, процесс обеспечения кадрами, процесс юридического обеспечения и т. п.

Бизнес-процессы управления – это процессы, охватывающие весь комплекс функций управления на уровне каждого бизнес-процесса и бизнес-системы в целом. Примерами таких процессов могут быть процессы стратегического, оперативного и текущего планирования, процессы формирования и выполнения управляющих воздействий.

Наконец, бизнес-процессами развития являются процессы совершенствования производимого товара или услуги, процессы развития технологий, процессы модификации оборудования, а также инновационные процессы. Например, для охранных организаций таким направлением может являться внедрение технологий Internet of Things, например использование клиентских мобильных приложений, позволяющих отслеживать состояние охраняемого объекта, а также получать информационные сообщения о состоянии контролируемых объектов (включение света, открытие ворот, температура в помещении, утечка воды или газа).

Осуществление охранной деятельности подразделениями вневедомственной охраны войск национальной гвардии Российской Федерации позволяет обеспечивать сохранность имущества и других материальных ценностей от преступных посягательств. Соответственно составляющие охранную деятельность процессы (рисунок 1) включают в настоящее время последовательность этапов, закрепленных за отдельными подразделениями вневедомственной охраны [14, с. 240].



Рисунок 1 – Этапы охранной деятельности

ПдР – преддоговорная работа; ПдО – преддоговорное обследование;

ПрР – выполнение проектировочных работ; МР – выполнение монтажных работ;

МТСО – мониторинг состояния технических средств охраны (ТСО); РСИ – реагирование на сигнальную информацию от ТСО; ПдУ – предоставление сопутствующих услуг

Преддоговорная работа с клиентом – первичное консультирование клиента по вопросам организации охраны (состав услуг, типы оборудования, стоимость монтажных работ, сроки выполнения работ, стоимость ежемесячной абонентской платы), целью которого является

назначение времени обследования объекта или монтажа технических средств охраны (ТСО), а также сбор необходимых сведений о клиенте и объекте.

Преддоговорное обследование – выезд специалиста на объект с целью изучения угроз безопасности, определения оптимальных мероприятий по организации охраны, а также расчета необходимого количества средств безопасности и стоимости монтажных работ.

Выполнение проектировочных работ – разработка на основе изучения угроз безопасности и определения оптимальных мероприятий по организации охраны проектной документации на комплекс технических средств безопасности и инженерно-технической укрепленности объекта.

Выполнение монтажных работ – составление и заполнение необходимых документов, подготовка оборудования к монтажу, выполнение монтажных работ, проверка работоспособности установленных ТСО. Правильное и своевременное выполнение указанных действий позволит выполнить монтажные работы в установленный срок.

Мониторинг состояния ТСО – отслеживание и фиксация поступающих на пульт централизованного наблюдения тревожных сообщений и служебной информации от установленных на объектах ТСО с принятием соответствующих/необходимых мер реагирования.

Реагирование на сигнальную информацию от ТСО – осуществление выезда на охраняемый объект службы реагирования (наряды полиции, противопожарной службы, частных охранных организаций/частных охранных предприятий и других заинтересованных лиц) с принятием необходимых мер по защите охраняемого имущества.

Предоставление сопутствующих услуг – поддержание установленных на объекте ТСО в работоспособном состоянии путем выполнения заявочного ремонта средств сигнализации, выполнения плановых профилактических и регламентных работ, а также предоставление клиентам различных сервисных функций (контроль за протечками газа, воды; управление исполнительными механизмами по событию от ТСО: включение освещения, открытие/закрытие замков/ворот/рольставней, перекрытие газа/воды, личный кабинет клиента для оплаты и управления услугами, мобильное приложение для управления ТСО и т. п.).

Для обеспечения функционирования охранной организации необходимо привлечение собственников материальных ценностей для оказания им охранных услуг по соизмеримым с возможным ущербом тарифам. Для всех охранных организаций можно определить целевую функцию  $\Phi$  как количественную меру обеспечения достижения цели своего функционирования. Поскольку при предоставлении охранных услуг целью является получение прибыли, то целевая функция будет определяться отношением доходов, расходов и рисков, которые несёт охранная организация. В целях привлечения собственников (увеличения дохода) или, другими словами, за увеличение числа охраняемых объектов

$$m \rightarrow \max, \quad (1)$$

должны выполняться различные процессы охранной деятельности (см. рис. 1). От результатов выполнения данных процессов, особенно преддоговорного, будет зависеть число привлеченных собственников. Основной особенностью данных процессов является сложность формализации связи выполняемых операций процессов и получаемых результатов. Поэтому исследование и математическая постановка задачи в данном случае связаны с формализацией информационных процессов, реализуемых между сотрудником охранной организации и потенциальным заказчиком охранных услуг.

Охранные организации находятся в состоянии противоречия, заключающегося в том, что, с одной стороны, необходимо предоставлять охранные услуги как можно большему количеству физических и юридических лиц для обеспечения своего функционирования (в первую очередь финансового обеспечения), а с другой – «чисто математически» устранение расходов возможно и за счёт отсутствия охраняемых объектов ( $m = 0$ ). В последнем случае, конечно, ни о каком функционировании организации речи быть не может. Другой крайний вариант приближения риска к нулю – обеспечение на каждом объекте охранника или группы задержания ( $n = m$ ) – крайне обременительно для собственников и нерентабельно для охран-

ных предприятий (велики расходы). В общем случае определим, что целевая функция  $\Phi$  охранного предприятия должна стремиться к максимуму

$$\Phi(m, n) \rightarrow \max. \quad (2)$$

Функционирование охранных организаций всегда связано с возможностью непредотвращения ущерба собственнику, что и обуславливает риск охранной деятельности  $R$ . Как было отмечено выше, риск охранной деятельности определяется вероятностью совершения ущерба на охраняемом объекте и величиной этого ущерба, величину которого всегда можно выразить в некотором рублевом эквиваленте. Для каждого отдельного охраняемого объекта риск  $R$  определяется множеством факторов (например, удаленностью ГЗ от охраняемого объекта, временем реакции на тревожное сообщение с охраняемого объекта), соответственно для множества  $M$  охраняемых объектов ( $|M|=m$ ) суммарный риск охранной деятельности будет определяться как простая сумма всех рисков по каждому объекту –

$$R_{\Sigma} = \sum_m R \quad (3)$$

Указанный риск влияет и на целевую функцию, поскольку охранный предприятие несёт материальную ответственность за ненадлежащее выполнение предоставляемых услуг, повлекшее за собой нанесение ущерба. Следовательно, чем выше риск охранной деятельности, тем меньше для заданных  $m$  и  $n$  значение целевой функции. Таким образом:

$$\Phi = \Phi(m, n, R_{\Sigma}). \quad (4)$$

Вероятность нанесения ущерба материальным (и иным) ценностям на охраняемом объекте определяется временем реакции ( $t_{\text{реак}}$ ), которое зависит как от времени реагирования на тревожное сообщение ( $t_{\text{реаг}}$ ), получаемое по техническим каналам связи охранным предприятием, так и от времени прибытия на объект группы задержания ( $t_{\text{приб}}$ ):

$$t_{\text{реак}} = f(t_{\text{реаг}}, t_{\text{приб}}) \quad (5)$$

$$t_{\text{реаг}} \rightarrow \min, \quad t_{\text{приб}} \rightarrow \min. \quad (6)$$

При этом, без сомнения, выражения (6), определяющие стремление уменьшить время реагирования и время прибытия, обоснованы для всех охранных организаций. Размещение ГЗ на территории охраняемых объектов определяет и время прибытия, что в свою очередь определяет суммарный риск охранной деятельности.

Учитывая особенности функционирования охранных организаций, можно отметить, что целевая функция в каждый конкретный момент времени определяется совокупностью множества охраняемых объектов и существующих рисков, связанных с организацией осуществления охраны. При этом под организацией можно понимать размещение имеющихся групп задержания на территории, на которой распределены охраняемые объекты. Именно от выбора размещения ГЗ на территории будет меняться время прибытия, а следовательно, и риск охранной деятельности. Таким образом для заданного множества охраняемых объектов  $M$  оптимизация целевой функции сводится к оптимизации риска охранной деятельности

$$\Phi(m, n, R_{\Sigma}) = \Phi_{m,n}(R_{\Sigma}), \quad (7)$$

где запись  $\Phi_{m,n}$  означает, что расчёт ведется для заданного множества охраняемых в настоящий момент объектов  $M$  с использованием  $n$  групп задержания.

Следовательно, оптимизационная задача сводится к решению следующей задачи:



$$R_{\Sigma}^* = \arg \max (\Phi_{m,n} (R_{\Sigma})). \quad (8)$$

Конкретный вид целевой функции может быть выбран самостоятельно охранными организациями, однако суть проводимой работы должна при этом сохраниться: найти такой риск, который бы позволял обеспечить максимальное значение целевой функции всей организации.

Осуществление охранной деятельности включает в себя и другие вопросы, связанные с техническим, кадровым, экономическим обеспечениями. При этом общим критерием эффективности охранной деятельности может выступать риск охранной деятельности  $R$  [15, с. 185]. Это позволяет предложить единый метод моделирования процессов охранной деятельности на основе снижения риска охранной деятельности (см. рис. 2), поскольку целевая функция  $\Phi$ , как было показано выше, зависит от  $R$ , который определяется разными составляющими:  $M$  (множество охраняемых объектов),  $n$  (количество охранников, ГЗ),  $t_{\text{реак}}$  (время реакции на попытку нанесения ущерба).



Рисунок 2 – Моделирование процессов охранной деятельности

Несмотря на разнообразие решаемых вопросов и предлагаемых показателей, все разработанные на сегодняшний момент математические модели охранной деятельности могут быть сведены к единому показателю – риску охранной деятельности. В каждом процессе охранной деятельности осуществляется выбор того или иного решения, направленного на максимизацию целевой функции  $\Phi$ .

На рисунке 2 представлены наиболее широко распространенные модели отдельных процессов и показатели, учитываемые в этих моделях, применение которых позволит оптимизировать риск охранной деятельности, являющийся составляющим компонентом целевой функции.

В частности, для процессов МТСО и РСИ риск охранной деятельности зависит от  $t_{\text{реак}}$ , следовательно, для этих процессов можно указать, что

$$R_{\Sigma} = R_{\Sigma} (t_{\text{реак}}). \quad (9)$$

Таким образом, оптимизационная задача снижения риска охранной деятельности сводится к решению задачи:

$$(t_{\text{реак}})^* = \arg \min (R_{\Sigma}(t_{\text{реак}})). \quad (10)$$

Предполагая, что параметры  $t_{\text{реак}}$  и  $t_{\text{приб}}$ , входящие в состав  $t_{\text{реак}}$ , определяются в разных процессах охранной деятельности, задача (10) сводится к следующим двум задачам снижения риска охранной деятельности

$$(t_{\text{реак}})^* = \arg \min (R_{\Sigma}(t_{\text{реак}})), \quad (11)$$

$$(t_{\text{приб}})^* = \arg \min (R_{\Sigma}(t_{\text{приб}})). \quad (12)$$

В данном случае выражение (11) определяет, насколько оптимален процесс мониторинга ТСО, а выражение (12) – реагирование на сигнальную информацию.

Отличительной особенностью моделирования процессов охранной деятельности на основе единого подхода является некоторая независимость получаемых результатов оптимизации каждого процесса от состояния других процессов. Независимость эта проявляется в том, что, например, уменьшение времени реакции на попытку нанесения ущерба на охраняемом объекте при разработке модели нарушителя при рассмотрении процесса преддоговорного процесса никаким образом не повлияет на время передачи тревожного сообщения с охраняемого объекта на ПЦН. Единственная зависимость здесь проявляется в составе множества охраняемых объектов  $M$ , для которого надо будет заново находить оптимальные организационные решения работы охранной организации. Эта и подобные ей зависимости, определяющие связи между процессами, определяют возможность осуществлять композиционное моделирование процессов охранной деятельности, когда изменение выходных результатов процесса изменяют начальные (исходные) условия для работы последующих процессов.

Исследование зависимости риска  $R$  от составляющих охранной деятельности и улучшение в соответствии с предлагаемыми критериями выделенных процессов позволит более эффективно обеспечивать сохранность имущества собственников. Рассмотрим в качестве примера определение суммарного риска для  $m$  объектов, охрана которых осуществляется одной ГЗ:

$$R_{\Sigma}(\vec{r}_{23}) = \sum_{i=1}^m \begin{cases} \frac{s_i \|\vec{r}_{23} - \vec{r}_i\|}{v_i \cdot t_{\text{макс } i}}, & \text{если } t_{\text{приб } i} = \frac{\|\vec{r}_{23} - \vec{r}_i\|}{v_i} < t_{\text{макс } i} \\ s_i, & \text{если } t_{\text{приб } i} = \frac{\|\vec{r}_{23} - \vec{r}_i\|}{v_i} \geq t_{\text{макс } i} \end{cases}, \quad (13)$$

где  $\vec{r}_i = (x_i, y_i)$  – радиус-вектор до  $i$ -го охраняемого объекта, в новой системе координат (являющейся отображением географической карты местности), в которой расстояния между ГЗ и объектами равны длинам проложенных маршрутов от места расположения ГЗ до этих объектов на местности,  $s_i$  – величина максимально возможного ущерба на  $i$ -м объекте,  $v_i$  – средняя скорость движения ГЗ к  $i$ -му охраняемому объекту,  $\|\vec{r}_{23} - \vec{r}_i\|$  – расстояние от ГЗ до  $i$ -го объекта в евклидовой метрике,  $\vec{r}_{23}$  – радиус-вектор, определяющий положение ГЗ.

При этом оптимальное место расположения ГЗ  $(\vec{r}_{ГЗ})^*$  будет определяться в соответствии с формулой

$$(\vec{r}_{ГЗ})^* = \arg \min R_{\Sigma}(\vec{r}_{ГЗ}) \quad (14)$$

То есть необходимо найти такое место расположения группы задержания, чтобы суммарный риск охранной деятельности был минимальным.

В то же время необходимость учета материальных затрат на содержание ГЗ требует от охранных организаций проведения экономического обоснования их числа, т. е. оптимизации. Рассмотрим два предельных случая:

- у каждого охраняемого объекта выставить ГЗ, т. е.  $t_{\text{приб}} = 0$  мин. Вероятность совершения кражи будет сведена к нулю, но материальные затраты будут максимальны;
- отказаться от групп задержания и брать плату только за мониторинг систем охранной сигнализации и передавать тревожные сообщения в органы внутренних дел, т. е. подразделениям полиции. В этом случае, учитывая загруженность сотрудников полиции и необходимость выполнения своих непосредственных задач, время прибытия нарядов полиции на охраняемый объект практически всегда будет превышать максимально допустимый, т. е.  $t_{\text{приб}} \geq t_{\text{макс}}$ , а, следовательно, ущерб от совершаемых посягательств на охраняемые материальные ценности и соответственно риск будут максимальными.

Вполне понятно, что ни один из предельных случаев не является удовлетворительным. Разрешением данных двух предельных случаев является вариант, в котором ГЗ распределены между  $m$  охраняемыми объектами с учетом их территориального размещения. Другими словами, необходимо оценить разность между риском охранной деятельности и затратами на содержание групп задержания для различных значений  $n$ .

Следовательно, требуется найти такое размещение стоянок групп задержания, при котором целевая функция  $\Phi$  достигает своего максимального значения:

$$\Phi = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n c_j - \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m_j} \frac{s_{ij} \cdot d_{ij}}{v_{ij} \cdot t_{\text{макс } ij}} \rightarrow \max, \quad (15)$$

где  $a_i$  – величина платы, взимаемой с собственника за предоставляемые услуги охраны;  $m$  – общее количество охраняемых объектов;  $c_j$  – стоимость содержания  $j$ -й группы задержания;  $n$  – количество групп задержания;  $t_{\text{макс } ij}$  – максимально допустимое время прибытия на охраняемый объект;  $s_{ij}$  – величина возможного ущерба на  $i$ -м объекте, охраняемом  $j$ -й группы задержания;  $d_{ij}$  – расстояние от  $j$ -й группы задержания до  $i$ -го объекта;  $v_{ij}$  – средняя скорость движения  $j$ -й группы задержания при следовании к  $i$ -му объекту;  $m_j$  – количество охраняемых объектов, контролируемых  $j$ -й группой задержания.

Учитывая, что при заданных  $a_i$ ,  $c_j$ ,  $n$  и  $m$  значения первых сумм в выражении (15) не меняются и являются постоянными, то для максимизации  $\Phi$  необходимо уменьшить значение последнего выражения, т. е. суммарного риска

$$R_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n R(\vec{r}_j) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m_j} \frac{s_{ij} \cdot d_{ij}}{v_{ij} \cdot t_{\text{макс } ij}}, \quad (16)$$

где радиус-вектор  $\vec{r}_j$ , взятый в некоторой координатной плоскости, указывает на расположение  $j$ -й группы задержания, обслуживающей  $m_j$  объектов.

В таком случае задача (15) может сводиться к задаче поиска такого места стоянки, при котором суммарный риск охранной деятельности будет минимальным

$$C = \left\{ \vec{r}_j^* \right\} = \arg \min \sum_{j=1}^n R(\vec{r}_j), \quad (17)$$

где  $C = \left\{ \vec{r}_j^* \right\}$  – множество мест расположений групп задержания, для которых риск охранной деятельности минимален.

Аналогичным образом предлагается при разработке моделей других процессов и этапов охранной деятельности руководствоваться единым методом моделирования и оптимизации как методом, позволяющим снизить риск охранной деятельности в целом.

### Заключение и выводы

Единый подход к моделированию охранной деятельности, позволяющий учитывать для каждого процесса вклад в функционирование охранной организации, позволяет не только использовать различные математические модели для их исследования и оптимизации, но в первую очередь даст возможность всем исследователям и работникам организации целостный взгляд на существующие проблемы, требующие своего разрешения. Разнообразие задач и единый метод моделирования с возможностью включения в целевую функцию рисков отдельных этапов охранной деятельности в условиях процессного подхода к организации функционирования охранного предприятия позволит устранить недостатки, присущие функциональному подходу организации. Стоит отметить, что в практической деятельности охранных организаций любых форм и видов (частных, государственных, ведомственных и пр.) такой подход может применяться для сквозного управления всеми процессами охранной деятельности.

### Литература

1. Атласов, И. В. Некоторый аспект работы вневедомственной охраны / И. В. Атласов, А. С. Лукьянов. – Текст : непосредственный // Охрана, безопасность, связь – 2007 : сборник трудов конференции. – Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2008. – С. 89–92.
2. Бухарин, С. В. Экспертиза приемно-контрольных приборов охранно-пожарной сигнализации / С. В. Бухарин, А. В. Мельников, В. В. Навоев. – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского института МВД России. – 2013. – № 1 – С. 38–47.
3. Белокуров, С. В. Структурная модель принятия решений при моделировании охраны удаленных объектов / С. В. Белокуров, О. В. Багринцева, О. В. Исаев. – Текст : непосредственный // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2012. – № 19 (138). – С. 176–179.
4. Десятов, Д. Б. Сравнительные характеристики показателей эффективности элементов охранных систем / Д. Б. Десятов, В. В. Меньших, А. А. Литвиненко. – Текст : непосредственный // Интеллектуальные информационные системы : сборник трудов конференции. – Воронеж : ВГТУ, 1999. – С. 204.
5. Зарубин, С. В. Характеристики информационных процессов в центрах оперативного управления аппаратно-программных комплексов охраны / С. В. Зарубин, Д. А. Сошнева, Е. М. Абросимова. – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского института МВД России. – 2013. – № 3. – С. 84–92.

6. Зарубин, С. В. К вопросу моделирования информационных процессов в системах безопасности в интересах оценки их защищенности / С. В. Зубрин. – Текст : непосредственный // Охрана, безопасность, связь – 2014 : материалы Международной научно-практической конференции. – Воронеж : Воронежский институт МВД России. – 2015. – С. 172–175.

7. Мельников, А. В. К вопросу о модели нарушителя системы безопасности объекта охраны / А. В. Мельников, Р. А. Жилин, И. В. Щербакова. – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского института МВД России. – 2019. – № 2. – С. 57–69.

8. Пьянков, О. В. Алгоритм построения множества Парето при решении задачи векторной оптимизации / О. В. Пьянков, В. В. Меньших, В. В. Сысоев. – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского института МВД России. – 2002. – № 1. – С. 133–138.

9. Солодуха, Р. А. Технические аспекты интеграции потребителей услуг вневедомственной охраны в информационную систему отдела вневедомственной охраны / Р. А. Солодуха, Г. В. Перминов. – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского института МВД России. – 2009. – № 1. – С. 144–151.

10. Родин, В. А. Алгоритм и программа для графического выделения множества Парето в точечном массиве / В. А. Родин, С. Е. Кривобокова. – Текст : непосредственный // Прикладная математика & Физика. – 2021. – Т. 53, № 2. – С. 125–131.

11. Васильев, Р. Б. Управление развитием информационных систем : учебник / Р. Б. Васильев, Г. Н. Калянов, Г. А. Левочкина. – Москва : Интернет-университет информационных технологий (ИНТУИТ) : Ай Пи Ар Медиа, 2020. – 507 с. – ISBN 978-5-4497-0561-7. – Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/94864.html> (дата обращения: 15.03.2022).

12. Фёдоров, И. Г. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN2.0 : монография / И. Г. Фёдоров. – Москва : МЭСИ, 2013. – 255 с. – Текст : непосредственный.

13. Репин, В. В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. – Москва : Стандарты и качество, 2004. – 404 с. – Текст : непосредственный.

14. Смышников, Д. О. Критерии структурно-параметрической оптимизации организационных процессов охранной деятельности / Д. О. Смышников. – Текст : непосредственный // Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии : сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2016. – Часть 2. – С. 240–244.

15. Смышников, Д. О. Оптимизация процессов обработки сообщений в системах передачи информации / Д. О. Смышников, О. В. Пьянков. – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского института МВД России. – 2016. – № 2 – С. 183–190.

ЭКОНОМИКА  
СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ

---



**КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ  
МЕЖОТРАСЛЕВЫХ БЕНЧМАРКИНГОВЫХ ПЛОЩАДОК**

**Плучевская Эмилия Валерьевна**

*кандидат экономических наук, доцент  
Института академического дизайна  
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»  
Заместитель директора по развитию МП «Водоканал»  
Ханты-Мансийск, Россия  
E-mail: emilyval@tpu.ru*

**Шершовец Елена Владимировна**

*глава экспертного совета Ассоциации Р1,  
член Экспертного совета Комитета Государственной думы,  
помощник депутата в двух созывах,  
внештатный преподаватель РАНХиГС при Президенте РФ,  
практикующий юрист  
Ханты-Мансийск, Россия  
E-mail: vodokanal@vodahm.ru*

**Аладко Олеся Ивановна**

*кандидат педагогических наук, доцент  
Института академического дизайна  
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»,  
Ханты-Мансийск, Россия  
E-mail: aladko@yandex.ru*

*Предмет исследования: статья посвящена актуальной проблеме бенчмаркинга в сфере ЖКХ.*

*Цель исследования: представление результатов реализации концепции межотраслевой бенчмаркинговой площадки с единым координирующим центром на базе ресурсообеспечивающего предприятия МП «Водоканал» города Ханты-Мансийска.*

*Методы и объекты исследования: в методологической основе разработки концепции лежит анализ принципов научного менеджмента, предложенных У.Ф. Тейлором, принципов социалистического обмена опытом, исследований Бернардо де Суза, практик компании Toyota, лучших практик российских предприятий сферы ЖКХ, представленных на площадках Федерального центра компетенций.*

*Результаты исследования: авторами разработан формат бенчмаркинговой площадки, обосновываются результаты деятельности такой площадки, экономические эффекты от обмена опытом в предложенном формате. В результате деятельности таких площадок возможно добиться синергетического эффекта, значительно ускоряющего темпы развития отрасли ЖКХ.*

*Ключевые слова: бенчмаркинг, бенчмаркинговая площадка, лучшие практики, анализ конкурентов, инструменты бенчмаркинга, обмен опытом, стажировочная сессия.*



## THE CONCEPT OF CREATING CROSS-INDUSTRY BENCHMARKING PLATFORMS

**Emilia V. Pluchevskaya**

*Candidate of Economic Sciences,  
Associate Professor of the Institute of Academic Design  
Yugra State University,  
Deputy Director for Development of MP Vodokanal  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: emilyval@tpu.ru*

**Elena V. Shereshovets**

*Head of the Expert Council of the PI Association  
Member of the Expert Council of the State Duma Committee,  
Deputy Assistant in Two Convocations,  
Freelance Lecturer at RANEPA under the President of the Russian Federation  
Practicing Lawyer  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: vodokanal@vodahm.ru*

**Olesya I. Aladko**

*Candidate of Pedagogical Sciences,  
Associate Professor of the Institute of Academic Design,  
Yugra State University  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: aladko@yandex.ru*

*The subject of research: The article is devoted to the actual problem of benchmarking in the housing and communal services sector.*

*The purpose of the article is to present the results of the implementation of the concept of an intersectoral benchmarking site with a single coordinating center based on the resource-providing enterprise ME "Vodokanal" of the city of Khanty-Mansiysk.*

*The methodological basis for the development of the concept is the analysis of the principles of scientific management proposed by U.F. Taylor, the principles of socialist exchange of experience, the research of Bernardo de Souza, the practices of the Toyota company, the best practices of Russian enterprises in the housing and communal services sector, presented at the sites of the Federal Competence Center.*

*Results of research: The authors have developed a format for a benchmarking site, substantiate the results of such a site, the economic effects of the exchange of experience in the proposed format. As a result of the activities of such sites, it is possible to achieve a synergistic effect that significantly accelerates the pace of development of the housing and communal services industry.*

*Keywords: benchmarking, benchmarking platform, best practices, competitor analysis, benchmarking tools, exchange of experience, internship session.*

---

### Введение

В современных социально-экономических условиях возникает острая необходимость трансформации всего отечественного производства, поиска стратегических решений развития предприятий всех отраслей. Национальный проект «Производительность труда и поддержка занятости» в 2019 году дал старт оптимизации отечественных предприятий с целью повышения скорости воспроизводства конечного продукта и роста его качества. Данная тен-

денция с каждым годом становится все более значимой для многих предприятий России, в том числе и сферы жилищно-коммунального хозяйства. Ряд областей страны, такие как Нижегородская, Белгородская, Пермская, Республика Татарстан реализуют проекты «Бережливое ЖКХ». Ханты-Мансийский автономный округ – Югра с 2016 года реализует концепцию «Бережливый регион», частью которой является обучение сотрудников предприятий инструментам бережливого производства с целью повышения производительности труда и оптимизации бизнес-процессов. Сейчас как никогда важно обеспечить совершенствование производственных процессов предприятий сферы ЖКХ, затратив минимум ресурсов, посредством внедрения инструментов бенчмаркинга и бережливого производства, которые положительно влияют на увеличение прибыли предприятий, улучшение условий труда, рост корпоративной культуры.

В России технологии обмена опытом и лучшими практиками широко распространены со времен СССР, где был отлажен механизм обмена внутриотраслевым и межотраслевым опытом передовиков и новаторов производства. Целью такого обмена являлась презентация новых технологий и лучших достижений с последующим обсуждением результатов практик их внедрения, направленного на поиск ошибок и отклонений для предотвращения потерь в будущем в процессах их применения.

Обмен опытом способствует непрерывному развитию предприятий, росту производительности труда, повышению профессионально-квалификационных компетенций работников и совершенствует культурно-технический уровень предприятий. Организация открытого обмена опытом между предприятиями как внутри, так между отраслями в целом решает вопросы не только поиска и внедрения инновационных продуктов, но и улучшения имеющихся [7].

Создание четкой системы информационного обслуживания на открытых площадках с единым координирующим центром для обмена лучшими практиками и анализ «узких мест» в их применении, обсуждение имеющихся проблем в функционирующих процессах позволят сократить неоправданные расходы на разработку «инновационных» технологий, дублирования уже известных результатов исследований и поиск решения проблем, которые уже решены на других предприятиях в различных сферах и отраслях [6].

Бенчмаркинг, по утверждению некоторых ученых и практиков, это метод использования чужого опыта, передовых достижений лучших компаний для повышения эффективности производства, совершенствования бизнес-процессов, который основывается на анализе конкретных результатов и их использовании в собственной деятельности [5].

В переводе с английского языка бенчмаркинг – это тестирование или эталонный анализ. Берет свое происхождение от английского слова benchmark – начало отсчета, зарубка. В свою очередь в географии под данным термином понимается заранее установленная высота, которая используется как некий ориентир для определения прочих высот в рельефе.

В основе бенчмаркинга лежит открытое заимствование лучших практик применения отраслевых и межотраслевых технологий у компаний-лидеров с целью последующей адаптации и внедрения в процессы заимствующей компании, направленное на приближение показателей улучшаемых процессов к эталонным значениям компаний-лидеров. Это не просто копирование, а инструмент, позволяющий непрерывно улучшать процессы, создавать новые технологии, учитывая имеющийся опыт, и предотвращать возможные потери.

В нашей стране это относительно молодое направление стратегического анализа, основоположниками которого с 1996 года стали такие исследователи, как Г. Л. Багиев, А. К. Казанцев, И. А. Аренков [4; 8].

Т. В. Гоцко в своих трудах рассматривает определение бенчмаркинга как «сопоставительного анализа на основе эталонных показателей», где основными характеристиками являются: работа, направленная на улучшение показателей деятельности предприятия; заимствование и адаптация более эффективных инструментов, методов, технологий управления [2].

Исследователь О. И. Веселицкий дает определение бенчмаркинга в сфере ЖКХ как «систематический процесс поиска и выявления лучших управляющих организаций, внутренней

среды организации, определения уровня качества их продукции и методов оказания услуг с целью использования их передового опыта» [1, с. 42].

Целью настоящей статьи является представление результатов реализации концепции создания межотраслевой бенчмаркинг-площадки с единым координирующим центром на базе ресурсообеспечивающего предприятия МП «Водоканал» города Ханты-Мансийска.

В методологической основе разработки концепции лежит анализ принципов научного менеджмента, предложенных У. Ф. Тейлором, принципов социалистического обмена опытом, исследований Бернардо де Суза, практик компании Toyota, лучших практик российских предприятий сферы ЖКХ, представленных на площадках Федерального центра компетенций [3].

Предпосылкой исследования послужила проблема отсутствия единого информационного пространства между предприятиями по обмену лучшими практиками внедрения энергосберегающих мероприятий среди предприятий водоснабжения и водоотведения в целях повышения эффективности развития предприятий. Решение проблемы возможно посредством создания такой бенчмаркинг-площадки, которая позволит представителям разных отраслей обмениваться опытом повышения операционной эффективности предприятий и организаций.

### Результаты и обсуждение

Преимущественно инструменты бенчмаркинга применяются в целях повышения конкурентоспособности предприятия-исследователя [8].

Для целей настоящего исследования бенчмаркинг рассматривается как сопоставительный анализ предприятий – лидеров отраслей с похожей практикой аналогичных функций вне зависимости от отрасли для выделения интересующих бизнес-процессов и определения эталонных показателей анализируемых процессов с последующим проецированием их на процессы исследуемого предприятия, имеющего потребность в изменениях, направленных на улучшение показателей в результате этих изменений. Также в процессе исследования особое внимание мы уделили внутреннему бенчмаркингу, подразумевающему сравнение выделенного бизнес-процесса, нуждающегося в улучшении, с аналогичным, принятым за эталонный, внутри компании и общему бенчмаркингу, когда анализу подлежат не связанные с выделенными, но имеющие результативные показатели бизнес-процессы или функции, которые могут быть реализованы аналогичными способами.

Члены школы научного управления Ф. Тейлор, Френк и Лилия Гилберт, Генри Гантт, А. К. Гастев и другие исходили из того, что, используя наблюдения, замеры, логику и анализ, можно усовершенствовать большинство операций ручного труда, добиться более эффективного их выполнения [4]. Следует согласиться, что, опираясь на результаты проведенного анализа полученных данных, можно определить эталонные показатели исследуемого процесса, но также предполагаем, что, используя опыт предприятий-лидеров, уже применивших методы, предлагаемые школой научного управления при совершенствовании бизнес-процессов, и достигших эталонных результатов в заданной системе, необходимо адаптировать имеющиеся лучшие практики к процессам или функциям, подлежащим совершенствованию, продолжая далее непрерывное улучшение и после достижения заданных эталонных показателей, снизив тем самым затраты на первоначальные исследования.

Копирование лучших практик, технологий, поиск среди них оптимальных решений и результатов лежит в основе становления лидера автопрома Toyota. В 1950 году Тайити Оно разработал для компании Toyota производственную систему, которая в процессе совершенствования известна как бережливое производство, и ее инструменты успешно используются в мировой практике [3]. Хотя можно сказать, что в ее основе лежат эталонные инструменты, например Генри Форда, который начал применять практики lean Manufacturing еще в 1920 году, и практики системы Научной организации труда, применяемые в то же время в СССР А. К. Гастевым [3; 7].

Иницилирующим событием, положившим начало исследованию принципов бенчмаркинга, стало применение МП «Водоканал» инструментов бережливого производства и поиск луч-

ших практик функционирования отдельных бизнес-процессов на аналогичных предприятиях, результатом стала концепция создания межотраслевой бенчмаркингowej площадки с единым координирующим центром сбора, обработки и последующего представления информации [6]. За основу были взяты положения Концепции бенчмаркингového взаимодействия Л. Н. Семериковой, суть которой в том, чтобы создать условия для изучения, анализа и адаптации опыта успешной оптимизации процессов в других отраслях и применение лучших практик на предприятиях водоснабжения и водоотведения [9].

Нами разработаны ключевые принципы Концепции, такие как понимание собственных проблем «узких мест»; поиск новаций; адаптация лучших практик к условиям предприятия; внедрение наиболее успешных технологий, методов. Целесообразно также соблюдение следующих принципов: актуализация информации; комплексность и сбалансированность деятельности по внедрению лучших практик; поддержание и развитие деловых связей с межотраслевыми партнерами.

Апробация концепции прошла в июле 2021 года на базе МП «Водоканал» города Ханты-Мансийска, где была создана межотраслевая бенчмаркингowej площадка для предприятий водоснабжения и водоотведения с целью обмена лучшими практиками внедрения энергосберегающих мероприятий в процессе проведения стажировочной сессии на производственной площадке. 20 сентября 2021 года проведена первая в России стажировочная сессия для руководителей предприятий водоснабжения, водоотведения, энергоснабжения по обмену лучшими практиками. Руководители предприятий и ведущие эксперты нескольких регионов страны приняли участие в работе площадки.

Ниже представлена структура межотраслевой бенчмаркингowej площадки.

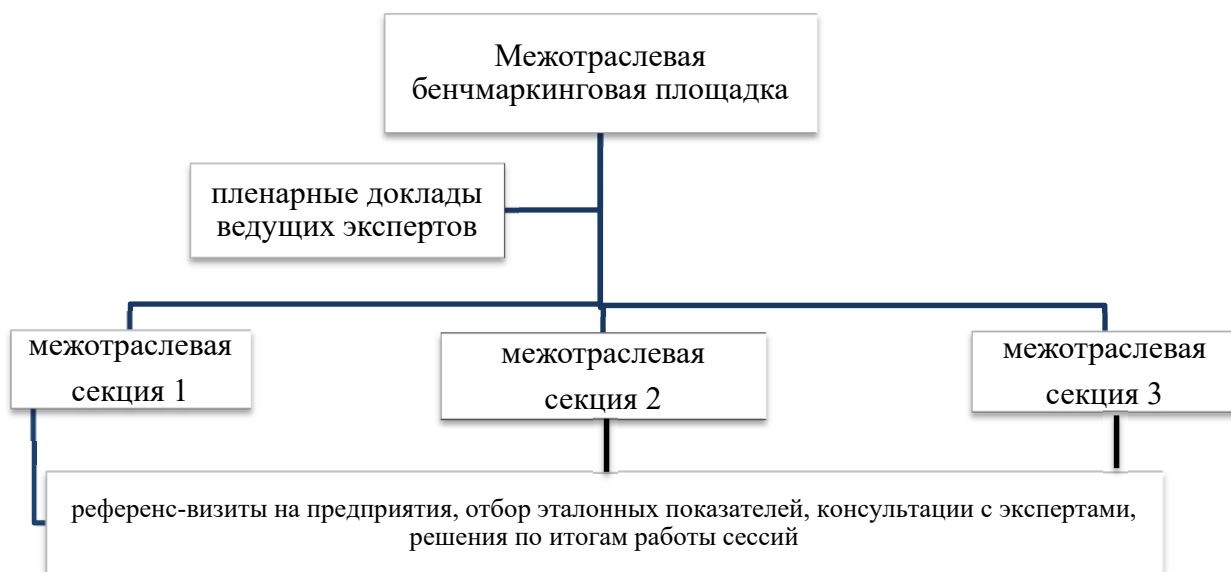


Рисунок – Структура межотраслевой бенчмаркингowej площадки

Концепция создания таких бенчмаркингových площадок реализуется в несколько этапов:

1. Подготовительный этап – организаторами площадки определяются дата, время, место проведения бенчмаркингowej площадки. Составляется перечень предприятий и компаний, ведутся переговоры по приглашению участников и ведущих экспертов. Создается единый координирующий центр сбора, обработки и последующего представления информации. Создается страница сайта мероприятия. Руководителям предприятий – участникам площадки рассылаются опросные листы с целью выявления потребности в представлении практик по «узким местам» организаций – представителей отрасли, участвующих в бенчмаркингowej площадке, общим голосованием выбираются наиболее существенные проблемы, методом Делфи выявляется предприятие, чей опыт решения «узких мест», выносимых на стажировочную сессию,

определяется как эталон, на его базе организуется производственная площадка, привлекаются сторонние спикеры, специалисты, представители экспертного совета Комитета Государственной думы Федерального Собрания Российской Федерации, преподаватели РАНХиГС при Президенте РФ, преподаватели ЮГУ и других вузов, ФЦК города Ханты-Мансийска, лин-лаборатория при ЮГУ, город Ханты-Мансийск, представители регулирующих органов муниципальных образований.

2. Аналитический этап – в течение двух дней участники на базе эталонного предприятия знакомятся с практикой внедрения вынесенных на сессию функций и процессов, заслушивают доклады привлеченных к стажировочной сессии экспертов.

3. Экспертный этап – определяются эталонные показатели исследуемых процессов и функций, согласовываются метрики, ведутся консультации с ведущими экспертами.

4. Итоговый этап – по результатам сессии протокол сессии и сопутствующая регламентная документация выкладываются на бенчмаркинговой площадке в едином координирующем центре через систему «Битрикс 24» по согласованной участниками сессии диаграмме Ганта. Консультации экспертов на площадке и ответы на интересующие вопросы участники получают по факту возникновения.

Межотраслевая бенчмаркингвая площадка разворачивается на 2-3 дня. Для решения организационных вопросов по проведению межотраслевой бенчмаркингвой площадки необходимо создать организационный комитет, обозначить периодичность встреч и составить перечень вопросов. Организационные вопросы занимают 2-3 месяца, включая подготовку раздаточных материалов, специальной продукции с логотипами площадки.

При организации бенчмаркингвой площадки необходимо уделить внимание подготовке пресс-релизов, организации работы со СМИ, обеспечить возможности пресс-подходов ведущих экспертов площадки.

Отдельно выносятся вопросы по подготовке программы работы площадки, работы пленарного заседания, организации работы секций, консультаций экспертов, подбор модераторов, разработка сценариев открытия и закрытия площадки, приглашения официальных лиц, представителей органов власти, бизнеса, общественности.

Обязательным условием работы площадки является проведение референс-визитов на предприятия города, которые будут делиться лучшими практиками. Предприятия рекомендуем подбирать из разных отраслей, с эффективными, апробированными практиками, имеющими обоснованный экономический либо социальный эффект. На проведение таких визитов рекомендуем выделить не менее 2 часов, чтобы у участников площадки была возможность пообщаться с коллегами, задать вопросы, получить обратную связь.

Результатом деятельности межотраслевой бенчмаркингвой площадки становятся кейсы предприятий различных отраслей по повышению операционной эффективности. С помощью экспертов данные кейсы, отдельные инструменты, лучшие практики рекомендуются к применению на предприятиях водоснабжения и водоотведения.

В ходе применения лучших практик организации и предприятия повышают эффективность производственных процессов. Как отметили участники первой сессии, внедрение инструментов бережливого производства значительно влияет на экономические показатели.

Например, внедрение 5S в складских помещениях предприятий позволяет не только организовать логистику, но и провести аудит имеющегося оборудования, экономия по результатам аудита составляет до 4 млн рублей.

Внедрение офисных инструментов бережливого производства существенно позволяет повысить производительность труда сотрудников от 7 до 36%.

Внедрение инструментов принятия решений, досок визуального управления, инструментов позволяет повысить производительность труда управленческого персонала до 23%.

Предложенная концепция создания межотраслевой бенчмаркингвой площадки с единым координирующим центром прошла успешную апробацию на базе ресурсобеспечивающего предприятия МП «Водоканал» города Ханты-Мансийска. Обмен передовым опытом

предприятий-участников, обсуждение узких мест в бизнес-процессах, вынесенных на площадку, с привлеченными экспертами в соответствующих направлениях, обмен информацией по внедрению лучших практик, полученных в процессе стажировочной сессии, в значительной степени способствует росту производительности труда и повышению эффективности деятельности предприятий сферы водоснабжения и водоотведения.

### **Заключение и выводы**

Межотраслевая бенчмаркиговая площадка позволяет оценить экономический эффект от внедрения тех или иных инструментов, увидеть возможности их адаптации и применения, получить консультации ведущих экспертов и сформировать наиболее эффективный адресный набор методов и инструментов, подходящих предприятию.

Полученные в ходе работы площадки результаты могут использоваться в практической деятельности компаний сферы жилищно-коммунального хозяйства, будут полезны органам муниципального и регионального управления для оценки деятельности и повышения операционной эффективности управления муниципальными предприятиями.

Результаты практической деятельности компаний, лучшие практики по улучшению условий труда, повышению производительности, эффективности управления представляют интерес для научно-исследовательских, аналитических работ в сфере ЖКХ. Здесь возможны различные коллаборации с фабриками процессов, лин-лабораториями, вузами, исследовательскими центрами, корпоративными университетами. Как показал опыт проведения бенчмаркиговых площадок, научные исследования в части оптимизации производственных процессов, внедрения улучшений, повышения производительности труда актуальны и востребованы предприятиями.

Создание площадок для обмена опытом муниципальных предприятий коммунального хозяйства, науки и бизнеса позволяет транслировать и тиражировать лучшие практики, объединять усилия по внедрению передового опыта, добиваться синергетического эффекта, который значительно ускоряет темпы развития отрасли, в данном случае ЖКХ.

### **Литература**

1. Веселицкий, О. И. Применение бенчмаркинга в сфере ЖКХ / О. И. Веселицкий. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. – 2018. – № 8. – С. 42–48.
2. Гоцко, Т. В. Бенчмаркинг. Рекомендации для муниципальной власти / Т. В. Гоцко. – Текст : электронный // Метод. – 2019. – № 1. – URL: <https://gosmetod.ru/online/2019/1/> (дата обращения 24.04.2022).
3. Джейкоб, Д. Новая цель. Как объединить бережливое производство, шесть сигм и теорию ограничений / Д. Джейкоб, С. Бергланд, Д. Кокс. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2020. – 641 с. – Текст : непосредственный.
4. Курина, Т. Н. Бенчмаркинг в системе современного менеджмента / Т. Н. Курина. – Текст : непосредственный // Креативная экономика. – 2022. – Том 16, № 3. – С. 1015–1030.
5. Месхия, Д. О. Сущность системы бенчмаркинга как современного управления организацией / Д. О. Месхия. – Текст : непосредственный // Проблемы теории и практики современной науки : сборник трудов конференции. – Москва, 2020. – С. 282–287.
6. Ситько, Д. Ю. Бенчмаркинг как один из современных и эффективных механизмов совершенствования работы предприятий / Д. Ю. Ситько, М. Ф. Валеев. – Текст : непосредственный // Modern Science. – 2021. – № 1–2. – С. 109–112.
7. Сигидов, Ю. И. Развитие управленческого учета в рамках концепции кайдзен : монография / Ю. И. Сигидов, М. С. Рыбьянцева. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 179 с. – Текст : непосредственный.
8. Соловьева, Ю. Н. Конкурентные преимущества и бенчмаркинг : учебное пособие для вузов / Ю. Н. Соловьева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 139 с. – Текст : непосредственный.
9. Семерикова, Л. Н. Формирование механизма бенчмаркигового взаимодействия предприятий в сфере инновационной деятельности : монография / Л. Н. Семерикова, Т. И. Шерстобитова. – Москва : Инфра-М, 2020. – 160 с. – Текст : непосредственный.

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА  
НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО РЕГИОНА  
(НА ПРИМЕРЕ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ)**

**Слободян Малика Лутаевна**  
кандидат экономических наук, доцент  
доцент кафедры экономики и бизнеса  
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»  
Ханты-Мансийск, Россия  
E-mail: m\_slobodyan@ugrasu.ru

*Предметом исследования является развитие горнопромышленного комплекса Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.*

*Цель. Настоящее исследование предполагает определение экономического состояния, особенностей функционирования организаций горнопромышленного комплекса, а также научное обоснование необходимости развития горнопромышленного комплекса как драйвера пространственного развития региона.*

*Перечень методов и объектов исследования. Исследование проводилось с использованием методов познания, применяемых в социальных (экономических) науках. Индуктивный, дедуктивный, системно-структурный методы и контент-анализ применялись при исследовании содержания горнопромышленного комплекса, его особенностей в нефтегазодобывающем регионе и его роли в пространственном развитии региона. Диалектический метод использовался при изучении тенденций экономического развития горнопромышленного комплекса. При анализе экономического и финансового состояния ведущих организаций горнопромышленного комплекса Ханты-Мансийского автономного округа – Югры применялись метод сравнения, логический и системно-структурный методы.*

*Результаты. Проанализировано экономическое состояние горнопромышленного комплекса региона, определены особенности развития горнопромышленного комплекса Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.*

*Ключевые слова: горнопромышленный комплекс; пространственное развитие; добыча полезных ископаемых, экономический потенциал, анализ отрасли, специфика горнопромышленного комплекса, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра.*

**FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE MINING INDUSTRIAL COMPLEX  
OF THE OIL AND GAS PRODUCING REGION (ON THE EXAMPLE OF THE  
KHANTY-MANSIYSKY AUTONOMOUS REGION – YUGRA)**

**Malika L. Slobodyan**  
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor  
Associate Professor of the Department of Economics and Business  
Yugra State University  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: m\_slobodyan@ugrasu.ru

*The subject of the research is the development of the mining complex of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra.*

*The purpose of research: This study involves the definition of the economic state, the features of the functioning of organizations of the mining complex, as well as the scientific justification for the need to develop the mining complex as a driver of the spatial development of the region.*

*Methods and objects of research: The study was conducted using the methods of cognition used in the humanities (economic) sciences. Inductive, deductive, system-structural methods and content analysis were used in the study of the content of the mining complex, its features in the oil and gas region and its role in the spatial development of the region. The dialectical method was used in studying the trends in the economic development of the mining complex. When analyzing the economic and financial condition of the leading organizations of the mining complex of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra, the method of comparison, logical and system-structural methods were used.*

*Results. The economic state of the mining complex of the region is analyzed, the features of the development of the mining complex of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra are determined.*

*Keywords: mining complex; spatial development; mining, economic potential, industry analysis, specifics of the mining complex, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra.*

---

## **Введение**

Значение горнопромышленного комплекса в экономике народного хозяйства исторически менялось по мере развития научно-технического прогресса, смены технологических укладов. Активное развитие горной отрасли было обусловлено промышленной революцией и становлением индустриального типа производства. Корреляция между товарной продукцией горнопромышленного комплекса и спросом со стороны других отраслей промышленности определила статус горной промышленности в индустриальную эпоху как подчиненной отрасли.

В современных условиях в основу устойчивого развития, конкурентоспособности, инновационной и инвестиционной активности региональной экономики положена кластерная модель становления форм организации производства. Экономический рост определяется жизнеспособностью, инновационным развитием локальных кластеров. Так, согласно Концепции промышленной политики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры горнопромышленный кластер заявлен как одна из точек роста пространственного развития [3].

Эффективность создания промышленных кластеров достигается благодаря локализации, смягчающей негативное влияние высоких северных издержек, транспортных и энергетических издержек.

## **Результаты и обсуждение**

Исходя из нового этапа развития теории освоения Севера, локализованный кластер становится определяющим в процессе освоения. Основные эффекты освоения обеспечиваются за счёт промышленной кластеризации, которая предполагает, что ресурсная корпорация выступает драйвером развития, воплощает в практику пилотный проект, внедряет новые технологии для дальнейшего тиражирования передового опыта. Эффект экономии на издержках при генерации нового знания определяет динамику и структуру пространственного развития северных территорий.

Эффективность горнопромышленного кластера возможна только при условии учета специфики северных территорий. Экономика северных территорий базируется на природно-ресурсном потенциале, что предопределяет размещение и развитие промышленных кластеров, в том числе горнопромышленного кластера.

При решении вопроса о локализации горнопромышленного комплекса на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры необходимо исходить из концептуального подхода к управлению пространственным развитием северных территорий. Для региона характерно существенное различие в уровне развития муниципальных образований. Так, с позиции новой экономической географии имеет место незначительная территория, характери-



зующаяся конкурентным преимуществом в виде синергетического эффекта пространственной концентрации экономических агентов. Однако для большинства северных территорий кластерная политика требует поправки на законы северной экономики, для которой характерны пространственная рассредоточенность, цикличность освоения минерально-сырьевых ресурсов, влияние крупных вертикально интегрированных компаний.

Базовая категория концепции северной экономики – это фронтальный цикл освоения северных территорий. Именно руководствуясь зоной ресурсного фронта, определяются муниципальные образования в качестве точки роста горнопромышленного кластера. В этой связи целесообразно рассматривать Березовский район как площадку формирования горнопромышленного кластера региона.

Березовский район в контексте фронтального цикла относится к третьей зоне «Окружной резерв: территории ранних стадий освоения, территории традиционного землепользования», а значит, развитие горнопромышленного комплекса рассматривается как объективная необходимость диверсификации экономики и не будет испытывать подавляющего влияния корпоративной экономики нефтегазовых компаний.

Целесообразность развития горнопромышленного комплекса в Березовском районе подтверждается и схемой территориального планирования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры [4]. Так, на период 2014–2035 годов запланировано создание 9 инвестиционных площадок в сфере развития горнопромышленного комплекса.

На территории региона 91 предприятие имеет право пользования на основании 450 лицензий, имеется 36 разведанных месторождений твердых полезных ископаемых (ТПИ).

По видам полезных ископаемых месторождения распределяются:

- бурые угли – 6;
- кварцевое сырье – 7;
- золото рудное (коренное) – 3;
- золото россыпное – 14;
- цеолиты (природные адсорбенты) – 2;
- железные руды, яшмы – по 1 месторождению.

Функционирует 7 организаций, имеющих действующие лицензии на пользование недрами для целей геологического изучения, разведки и добычи твердых полезных ископаемых: ООО «УП-П № 9»; АО «Полярный кварц»; ООО «Территория»; ООО «Урал»; ООО «Золото Хальмерью»; АО «Компания МТА»; ООО «Дивес Девелопмент».

Рассматривая особенности развития горнопромышленного комплекса региона, следует представить оценку деятельности ведущих организаций в данной отрасли.

ООО «Управляющая Компания «Юграгидрострой» (код по ОКВЭД 70.10.1 «Деятельность по управлению финансово-промышленными группами») зарегистрирована в ЕГРЮЛ 14 лет назад 13 декабря 2007 года.

По состоянию на 2020 год численность персонала компании составляла 46 человек. По сравнению с 2019 годом показатель увеличился на 9 человек, или 20 %.

Организацией сформирован уставный капитал в размере 10 тысяч рублей. Для ООО это минимально допустимая величина первоначального капитала.

По данным отчета о финансовых результатах за 2020 год, доход заявлен в размере 4,9 млрд руб., это на 7 %, или 367 млн руб., меньше, чем финансовый результат предыдущего года. В 2020 году организация начислила налог на добычу полезных ископаемых 39,8 млн руб. (табл. 1).

Таблица 1 – Основные показатели деятельности, тыс. руб.

Показатели	2020 г.	Темп прироста 2020 г. к 2019 г., %	2019 г.	Темп прироста 2019 г. к 2018 г., %	2018 г.
Имущество на 31.12	414 043	-7,3	4 760 504	14,1	4 172 952
Основные средства на 31.12	641 212	-1,7	652 487	-1,8	664 313

*Особенности развития горнопромышленного комплекса нефтегазодобывающего региона  
(на примере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры)*

Уставный капитал на 31.12	10	0,0	10	0,0	10
Выручка	4 869 361	-7,0	5 236 246	70,8	3 065 726
Себестоимость продаж	4 380 681	-10,1	4 871 583	70,7	2 854 060
Чистая прибыль (убыток)	194 754	2,0	190 905	79,9	106 112

По данным на 31 декабря 2020 года, стоимость имущества организации составляла 4,4 млрд руб. Это на 7,3 %, или 346 млн руб., меньше, чем показатель предыдущего года.

Величина чистых активов организации достигла к 31.12.20 значения 627 млн руб.

Финансово-результативный показатель эффективности работы организации – чистая прибыль (убыток) составила 195 млн руб. Годовой темп прироста итогового показателя эффективности деятельности организации составил 2 %.

АО «Уралсибгидрострой» (код по ОКВЭД 43.12.3 «Производство земляных работ») зарегистрировано в ЕГРЮЛ 24 года назад – 3 июля 1997 года.

По состоянию на 2020 год численность персонала компании составляла 297 человек. По сравнению с 2019 годом показатель уменьшился на 84 человека, или 28 %.

Организацией сформирован уставный капитал в размере 106 тысяч рублей.

По данным отчета о финансовых результатах за 2020 год, доход заявлен в размере 6,2 млрд руб., это на 16 %, или 857 млн руб., больше, чем финансовый результат предыдущего года. В 2020 году организация начислила налог на добычу полезных ископаемых 18 млн руб. (табл. 2).

Таблица 2 – Основные показатели деятельности, тыс. руб.

Показатели	2020 г.	Темп прироста 2020 г. к 2019 г., %	2019 г.	Темп прироста 2019 г. к 2018 г., %	2018 г.
Имущество на 31.12	4 278 285	2,2	4 185 989	-9,0	4 599 772
Основные средства на 31.12	917 106	-23,6	1 201 140	32,7	905 299
Уставный капитал на 31.12	106	0,0	106	0,0	106
Выручка	6 208 661	16,0	5 351 355	-16,0	6 367 451
Себестоимость продаж	5 813 183	22,0	4 764 094	-17,3	5 760 921
Чистая прибыль (убыток)	209 563	1,9	205 620	-12,0	233 631

По данным на 31 декабря 2020 года, стоимость имущества организации составляла 4,3 млрд руб. Это на 2,2 %, или 92,3 млн руб., больше, чем показатель предыдущего года.

Величина чистых активов организации достигла к 31.12.20 значения 1,5 млрд руб.

Финансово-результативный показатель эффективности работы организации – чистая прибыль (убыток) составила 210 млн руб. Годовой темп прироста итогового показателя эффективности деятельности организации составил 1,9 %.

ООО «ГидроМехСервис» (код по ОКВЭД 08.12 «Разработка гравийных и песчаных карьеров, добыча глины и каолина») зарегистрировано в ЕГРЮЛ 8 лет 9 месяцев назад – 15 февраля 2013 года.

По состоянию на 2020 год численность персонала компании составляла 11 человек. По сравнению с 2019 годом показатель уменьшился на 2 человека, или 18 %.

Организацией сформирован уставный капитал в размере 100 тысяч рублей.

По данным отчета о финансовых результатах за 2020 год, доход заявлен в размере 795 млн руб., это на 15,7 %, или 148 млн руб., меньше, чем финансовый результат предыдущего года. В 2020 году организация начислила налог на добычу полезных ископаемых 1,36 млн руб. (табл. 3).

Таблица 3 – Основные показатели деятельности, тыс. руб.

Показатели	2020 г.	Темп прироста 2020 г. к 2019 г., %	2019 г.	Темп прироста 2019 г. к 2018 г., %	2018 г.
Имущество на 31.12	622 506	54,8	402 049	23,7	325 030
Основные средства на 31.12	129 395	135,6	54 915	160,2	21 108
Уставный капитал на 31.12	100	0,0	100	0,0	100
Выручка	795 370	-15,7	943 808	67,4	563 845
Себестоимость продаж	707 670	-13,9	822 362	76,9	464 977
Чистая прибыль (убыток)	43 457	-38,0	70 043	6,1	66 021

По данным на 31 декабря 2020 года, стоимость имущества организации составляла 623 млн руб. Это на 54,8 %, или 220 млн руб., больше, чем показатель предыдущего года.

Величина чистых активов организации достигла к 31.12.20 значения 380 млн руб.

Финансово-результативный показатель эффективности работы организации – чистая прибыль (убыток) составила 43,5 млн руб. Годовой темп прироста итогового показателя эффективности деятельности организации составил -38 %.

Организация имеет статус среднего предприятия.

ООО «Карьер-Ресурс» (код по ОКВЭД 43.12.3 «Производство земляных работ») зарегистрировано в ЕГРЮЛ 11 лет назад – 17 мая 2010 года.

По состоянию на 2020 год численность персонала компании составляла 85 человек. По сравнению с 2019 годом показатель не изменился.

Организацией сформирован уставный капитал в размере 10 тысяч рублей.

По данным отчета о финансовых результатах за 2020 год, доход заявлен в размере 533 млн руб., это на 11 %, или 65,6 млн руб., меньше, чем финансовый результат предыдущего года. В 2020 году организация начислила налог на добычу полезных ископаемых 2,37 млн руб. (табл. 4).

Таблица 4 – Основные показатели деятельности, тыс. руб.

Показатели	2020 г.	Темп прироста 2020 г. к 2019 г., %	2019 г.	Темп прироста 2019 г. к 2018 г., %	2018 г.
Имущество на 31.12	263 018	-18,9	324 465	-3,6	336 410
Основные средства на 31.12	15 252	-6,7	16 346	-10,4	18 234
Уставный капитал на 31.12	10	0,0	10	0,0	10
Выручка	532 625	-11,0	598 269	113,4	280 394
Себестоимость продаж	454 248	-8,2	494 572	136,2	209 352
Чистая прибыль (убыток)	14 179	-60,4	35 841	477,5	6 206

По данным на 31 декабря 2020 года, стоимость имущества организации составляла 263 млн руб. Это на 18,9 %, или 61,4 млн руб., меньше, чем показатель предыдущего года.

Величина чистых активов организации достигла к 31.12.20 значения 105 млн руб.

Финансово-результативный показатель эффективности работы организации – чистая прибыль (убыток) составила 14,2 млн руб. Годовой темп прироста итогового показателя эффективности деятельности организации составил -60,4 %.

Организация имеет статус малого предприятия.

ООО «НТГМ» (код по ОКВЭД 43.12.3 «Производство земляных работ») зарегистрировано в ЕГРЮЛ 17 лет назад – 16 апреля 2004 года.

По состоянию на 2020 год численность персонала компании составляла 662 человека. По сравнению с 2019 годом показатель уменьшился на 86 человек, или 13 %.

Организацией сформирован уставный капитал в размере 100 тысяч рублей.

*Особенности развития горнопромышленного комплекса нефтегазодобывающего региона  
(на примере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры)*

По данным отчета о финансовых результатах за 2020 год, доход заявлен в размере 2,9 млрд руб., это на 7,9 %, или 214 млн руб., больше, чем финансовый результат предыдущего года. В 2020 году организация начислила налог на добычу полезных ископаемых 4,21 млн руб. (табл. 5).

Таблица 5 – Основные показатели деятельности, тыс. руб.

Показатели	2020 г.	Темп прироста 2020 г. к 2019 г., %	2019 г.	Темп прироста 2019 г. к 2018 г., %	2018 г.
Имущество на 31.12	1 881 743	9,2	1 723 858	-15,3 %	2 035 339
Основные средства на 31.12	524 862	-5,6	555 807	17,9 %	471 373
Уставный капитал на 31.12	100	0,0	100	0,0 %	100
Выручка	2 906 740	7,9	2 692 966	-10,5 %	3 007 477
Себестоимость продаж	2 592 437	2,8	2 521 943	-11,4 %	2 848 036
Чистая прибыль (убыток)	85 256	-36,9	135 131	2,4 %	131 973

По данным на 31 декабря 2020 года, стоимость имущества организации составляла 1,9 млрд руб. Это на 9,2 %, или 158 млн руб., больше, чем показатель предыдущего года.

Величина чистых активов организации достигла к 31.12.20 значения 937 млн руб.

Финансово-результативный показатель эффективности работы организации – чистая прибыль (убыток) составила 85,3 млн руб. Годовой темп прироста итогового показателя эффективности деятельности организации составил -36,9 %.

АО «Полярный кварц» (код по ОКВЭД 08.99.34 «Добыча пьезокварца») зарегистрировано в ЕГРЮЛ 18 лет назад – 4 декабря 2003 года.

По состоянию на 2020 год численность персонала компании составляла 46 человек. По сравнению с 2019 годом показатель увеличился на 13 человек, или 28 %.

Организацией сформирован уставный капитал в размере 3,3 млрд руб.

По данным отчета о финансовых результатах за 2020 год, доход заявлен в размере 5,3 млн руб., это на 57,5 %, или 7,1 млн руб., меньше, чем финансовый результат предыдущего года. В 2020 году организация начислила налог на добычу полезных ископаемых 803 тыс. руб. (табл. 6).

Таблица 6 – Основные показатели деятельности, тыс. руб.

Показатели	2020 г.	Темп прироста 2020 г. к 2019 г., %	2019 г.	Темп прироста 2019 г. к 2018 г., %	2018 г.
Имущество на 31.12	2 677 182	-27,7	3 704 012	-1,6	3 766 058
Основные средства на 31.12	1 248 604	-30,1	1 786 346	-0,6	1 797 985
Уставный капитал на 31.12	3 280 452	0,0	3 280 452	0,0	3 280 452
Выручка	5 254	-57,5	12 366	74,8	7 075
Себестоимость продаж	14 529	-15,9	17 267	1884,7	870
Чистая прибыль (убыток)	(789 374)	-213,5	(251 808)	-42,6	(176 536)

По данным на 31 декабря 2020 года, стоимость имущества организации составляла 2,7 млрд руб. Это на 27,7 %, или 1 млрд руб., меньше, чем показатель предыдущего года.

Величина чистых активов организации достигла к 31.12.20 значения 1,1 млрд руб.

Финансово-результативный показатель эффективности работы организации – чистый убыток составил 789 млн руб. Годовой показатель эффективности деятельности организации ухудшился по сравнению с 2019 годом в 3 раза.

Анализируя данные финансового состояния организаций, представляющих горнопромышленный сектор региона, можно отметить в качестве региональной особенности нестабильность показателей деятельности организаций, что, на наш взгляд, связано с высокой чувствительностью сектора к изменениям в топливно-энергетическом комплексе. В то же время сравнительный анализ позволяет выявить другую особенность: крупные компании, как правило, достигают показателей, значительно превышающих как среднеотраслевые, так и российские показатели, а малые и средние представители горнопромышленного комплекса демонстрируют обратную тенденцию.

В этой связи представляет интерес анализ развития горнопромышленного комплекса в целом.

Анализ развития отрасли за период с 2005 по 2020 год проведен на основе официальных статистических данных Управления Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области, Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре и Ямало-Ненецкому автономному округу [5].

Следует отметить, что статистические данные представлены по результатам мониторинга деятельности лишь тех организаций, для которых вид экономической деятельности «добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических» заявлен как основной.

Важным показателем текущего состояния и экономического потенциала отрасли хозяйствования является индекс промышленного производства.

Динамика индекса промышленного производства по виду экономической деятельности «добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических» представлена на рис. 1.

Данные динамики индекса промышленного производства позволяют сделать вывод о существенном увеличении масштабов деятельности горнопромышленного комплекса Ханты-Мансийского автономного округа –Югры за сравнительно небольшой период времени. Так, объем добычи полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических, более чем вдвое увеличился в 2006 году по сравнению с показателем 2005 года. Наблюдающееся снижение индекса промышленного производства в 2009 году объясняется переходом на уведомительную систему добычи полезных ископаемых для собственных производственных и технологических нужд и необходимостью подготовки нормативной базы в его обеспечение, процесс добычи по объективным причинам был частично приостановлен.

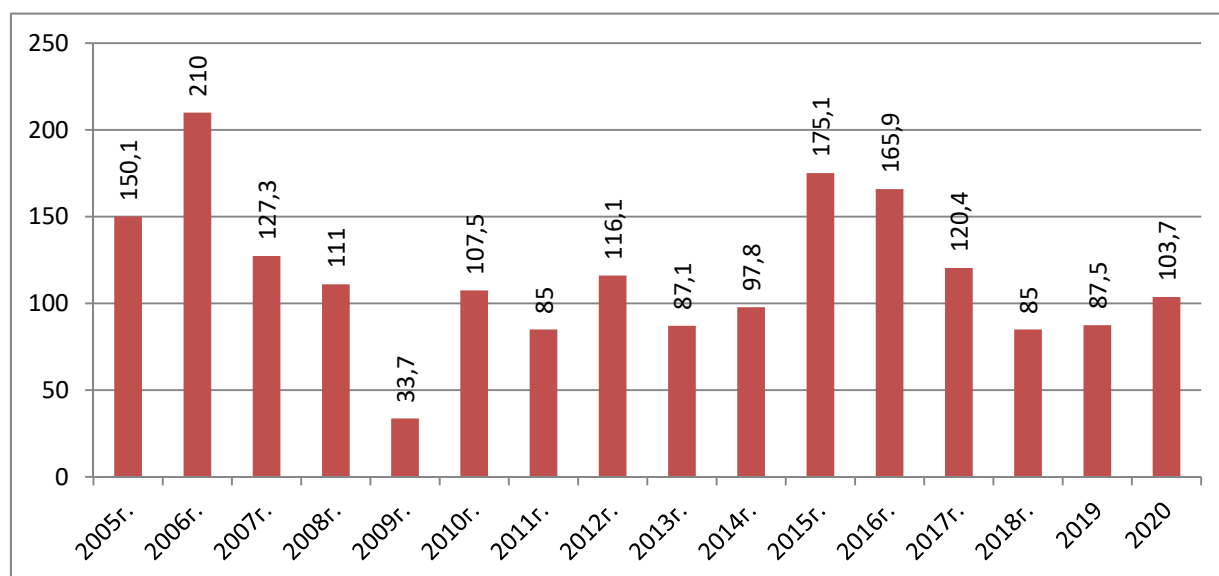


Рисунок 1 – Динамика индекса промышленного производства, %

Значительный рост добычи наблюдался также в 2015 и 2016 годах – на 75,1 % и 65,9 % соответственно. На протяжении последующих лет анализируемого периода темпы роста индекса промышленного производства несколько замедлились, однако в абсолютном выражении по добыче полезных ископаемых отрасль существенно не утратила достигнутых позиций.

*Особенности развития горнопромышленного комплекса нефтегазодобывающего региона  
(на примере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры)*

Показатели развития хозяйствующих субъектов горнодобывающей отрасли (по основному коду ОКВЭД 08 «Добыча прочих полезных ископаемых») в стоимостном выражении представлены в табл. 7.

По данным таблицы 7, объем отгруженной продукции по рассматриваемым хозяйствующим субъектам увеличился с 1525,7 млн рублей в 2006 году до 6410,0 млн рублей в 2020 году, или в 4,2 раза. Частично ситуация объясняется инфляционными процессами, однако во многом увеличение объема отгруженной продукции связано с перманентным ростом производства, сложившимся в отрасли.

Таблица 7 – Показатели деятельности хозяйствующих субъектов отрасли

Годы	Показатели					
	объем выполненных работ и услуг собственными силами организаций, млн рублей	абсолютное отклонение (+/--текущий год к предыдущему) от объема выполненных работ и услуг собственными силами организаций, млн рублей	использование среднегодовой производственной мощности в организациях, в процентах	абсолютное отклонение (+/--текущий год к предыдущему) использования среднегодовой производственной мощности в организациях, в процентах	сальдированный финансовый результат деятельности организаций, млн. рублей	абсолютное отклонение (+/--текущий год к предыдущему) сальдированного финансового результата деятельности организаций, млн. рублей
2005	47,0	17,8	-	-	-4,1	3,0
2006	1525,7	1478,7	-	-	8,5	12,6
2007	881,3	-644,4	-	-	17,8	9,3
2008	2251,7	1370,4	-	-	-120,4	-138,2
2009	2535,8	284,1	-	-	-55,9	64,5
2010	3019,6	483,8	73,3	-	20,8	76,7
2011	2485,6	-534	20,5	-52,8	-24,4	-45,2
2012	2187,8	-297,8	52,5	32	185,3	209,7
2013	2248,4	60,6	77,2	24,7	-148,4	-333,7
2014	2827,7	579,3	51,7	-25,5	-30,0	118,4
2015	2458,9	-368,8	54,4	2,7	2,6	32,6
2016	3330,2	871,3	59,5	5,1	32,8	30,2
2017	6495,6	3165,4	73,7	14,2	188,4	155,6
2018	4706,8	-1788,8	69,6	-4,1	163,4	-25
2019	6093,2	1386,4	63,7	-5,9	3,4	-160
2020	6410,0	316,8	60,0	-3,7	466,3	462,9

Деятельность организаций, представляющих вид экономической деятельности «добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических», на протяжении последних пяти лет приносит прибыль, что подтверждает положительный тренд развития отрасли.

Следует отметить, что отрасль имеет достаточный потенциал в наращивании объема производства. Производственные мощности рассматриваемых организаций используются на 60–70 %.

Финансовая результативность хозяйствующих субъектов отрасли представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели финансовой результативности хозяйствующих субъектов отрасли

Го- ды	Рентабельность продукции (товаров, работ, услуг), про- центов		Рентабельность активов ор- ганизаций, процентов		Удельный вес прибыльных организаций, в процентах от общего числа организаций	
	добыча полез- ных ископае- мых, кроме топливно- энергетиче- ских	всего по ви- дам экономи- ческой дея- тельности ор- ганизаций по региону	добыча полез- ных ископае- мых, кроме топливно- энергетиче- ских	всего по ви- дам экономи- ческой дея- тельности ор- ганизаций по региону	добыча полез- ных ископае- мых, кроме топливно- энергетиче- ских	всего по ви- дам экономи- ческой дея- тельности ор- ганизаций по региону
2005	-7,2	28,2	-0,4	18,7	50,0	67,0
2006	14,3	23,3	0,4	23,8	50,0	71,0
2007	17,0	21,4	0,8	5,0	66,7	78,1
2008	3,1	14,3	-4,0	2,0	40,0	77,2
2009	5,4	18,5	-1,6	17,0	75,0	73,0
2010	4,6	15,7	0,5	11,6	33,3	75,8
2011	13,4	17,5	-0,6	10,7	60,0	77,5
2012	12,6	17,6	4,1	11,8	33,3	79,4
2013	12,5	14,6	-3,2	10,9	64,3	81,3
2014	7,2	12,4	-0,6	15,7	76,5	80,8
2015	3,5	15,4	0,0	17,3	86,7	82,3
2016	4,1	14,6	0,6	1,3	86,7	81,6
2017	5,6	12,4	1,6	4,4	62,5	81,9
2018	9,5	17,5	1,9	13,7	73,3	82,3
2019	3,7	16,4	0,0	11,3	61,1	81,5
2020	22,7	9,1	5,8	5,1	47,6	80,1

На протяжении всего анализируемого периода с 2006 года рентабельность продукции (работ, услуг) по отрасли имеет положительное значение. Наибольшая прибыльность продаж наблюдалась в 2006–2007 и 2011–2013 гг.

Показатель рентабельности активов заметно уступает рентабельности продаж, в отдельные годы наблюдается убыточность активов. Это говорит о необходимости пересмотра инвестиционной и финансовой деятельности организаций, занятых добычей твердых и общераспространенных полезных ископаемых.

В то же время следует отметить наметившуюся тенденцию финансовой устойчивости основных организаций, представляющих отрасль. Удельный вес прибыльных организаций составляет более половины от всех действующих организаций, а в 2015 и 2016 годах превышает среднерегиональное значение.

Учитывая данную динамику, можно говорить о высоком потенциале действующих предприятий в наращивании как объемов производства, так и росте рентабельности продаж и общей рентабельности активов.

Значимой особенностью является то, что в настоящее время горнопромышленный комплекс в части добычи твердых полезных ископаемых не оказывает существенного влияния на социально-экономические показатели экономики региона.

Доля отрасли «Добыча прочих полезных ископаемых» в отраслевой структуре валовой добавленной стоимости региона на протяжении всего анализируемого периода не превысила 0,1 %. Организации отрасли обеспечивают рабочими местами более 1 400 человек (табл. 9), однако в общей численности занятых доля отрасли также не превышает 0,1 %.

На сегодняшний день горнопромышленная отрасль в части добычи твердых полезных ископаемых по причине незначительных масштабов деятельности не является ведущей в решении проблемы занятости и трудоустройства населения региона.

Таблица 9 – Показатели занятости в отрасли

Годы	Показатели			
	Распределение среднегодовой численности занятых в отрасли, тыс. человек	В процентах к итогу	Распределение среднегодовой численности работников организаций отрасли, тыс. человек	В процентах к итогу
2005	0,1	0,0	0,2	0,0
2006	0,1	0,0	0,2	0,0
2007	0,2	0,0	0,5	0,1
2008	0,3	0,0	0,7	0,1
2009	0,5	0,1	0,6	0,1
2010	1,0	0,1	0,6	0,1
2011	1,0	0,1	0,4	0,0
2012	1,0	0,1	0,3	0,0
2013	1,0	0,1	0,3	0,0
2014	1,0	0,1	0,3	0,0
2015	1,0	0,1	0,2	0,0
2016	1,0	0,1	0,6	0,1
2017	1,3	0,1	1,0	0,1
2018	1,5	0,1	0,6	0,1
2019	1,4	0,1	0,4	0,1
2020	1,4	0,1	0,4	0,1

Отличительной особенностью является и тот факт, что для отрасли характерна высокая текучесть кадров (табл. 10), что приводит к дополнительной нестабильности на рынке труда.

Таблица 10 – Показатели движения кадров, занятых в организациях отрасли

Годы	Показатели			
	принято работников, тыс. человек	в процентах к списочной численности	выбыло работников, тыс. человек	в процентах к списочной численности
2005	-	-	-	-
2006	-	-	-	-
2007	0,1	66,4	0,1	54,6
2008	0,1	50,4	0,1	51,6
2009	0,2	39,0	0,2	45,8
2010	0,2	37,0	0,2	53,9
2011	0,1	43,8	0,1	70,3
2012	0,0	15,1	0,1	68,1
2013	0,1	71,0	0,0	47,0
2014	0,0	35,6	0,0	27,5
2015	0,2	85,1	0,2	76,5
2016	0,1	119,4	0,0	11,7
2017	0,0	18,3	0,2	91,9
2018	0,4	48,9	0,8	93,2
2019	0,5	53,0	0,5	54,1
2020	0,4	48,5	0,4	40,3

Высокий уровень текучести кадров приводит к росту затрат, а следовательно, снижению рентабельности экономики отрасли. Рост затрат обусловлен необходимостью учета потерь от простоев, расходов на поиск и обучение новых кадров, потерь, связанных с уходом обученных, опытных работников, и сравнительно низкой производительностью новичков в первые месяцы.

### Заключение и выводы

Все вышесказанное позволяет, на наш взгляд, сделать вывод о необходимости активизировать усилия по развитию горнопромышленного комплекса по добыче твердых полезных



ископаемых с учетом обозначенных региональных особенностей. В качестве приоритетных направлений следует выделить:

- 1) научно-исследовательскую проработку проектов по освоению месторождений;
- 2) создание горнодобывающего кластера в контексте ESG;
- 3) обновление материально-технической базы исходя из принципов бережливого производства;
- 4) межрегиональное экономическое сотрудничество;
- 5) развитие человеческого капитала и обеспечение квалифицированными кадрами.

Диверсификация экономики региона, снижение зависимости от конъюнктуры рынка топливно-энергетических ресурсов, создание новых рабочих мест и, как следствие, рост доходов населения (в 2020 году среднемесячная номинальная начисленная заработная плата одного работника, занятого в отрасли, превысила среднерегиональный показатель на 12172,9 рубля) окажут благотворное влияние на социально-экономические показатели развития экономики региона.

### Литература

1. Каплунов, Д. Р. Состояние и перспективы развития некоторых отраслей горнопромышленного комплекса России / Д. Р. Каплунов, В. А. Юков. – Текст : непосредственный // Маркшейдерский вестник. – 2020. – № 2 (135). – С. 6–16.

2. Пешкова, Г. Ю. Анализ проблем и перспектив развития горнопромышленного комплекса Ленинградской области / Г. Ю. Пешкова. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. – 2016. – № 2. – С. 212–216.

3. О концепции промышленной политики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры : постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры : от 29.12.2015 № 519-п. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/8600201601040002?rangeSize=50> (дата обращения: 25.03.2022).

4. Об утверждении Схемы территориального планирования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры : постановление Правительства Ханты-мансийского автономного округа – Югры : от 26 декабря 2014 года № 506-п : (с изменениями на 1 октября 2021 года)». – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/411715362> (дата обращения: 25.03.2022).

5. Статистический ежегодник. Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (1990–2020) : в II частях, в 3 томах Часть I. 1990–2016 ; Часть II. 2017–2020. – Текст : электронный // Управление Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области, Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре и Ямало-Ненецкому округу. – URL: <https://tumstat.gks.ru/ofpublic/document/72219> (дата обращения: 25.03.2022).

УГОЛОВНОЕ ПРАВО РОССИИ  
И ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН:  
ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ  
И ПРАКТИКИ

---



**УГОЛОВНО-ПРАВОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ:  
ОПЫТ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОСМЫСЛЕНИЯ**

**Корнеев Сергей Александрович**

*кандидат юридических наук,  
преподаватель кафедры уголовного права  
Академии права и управления ФСИИ России  
Рязань, Россия  
ORCID: 0000-0001-9555-1195  
E-mail: kornei\_lam@mail.ru*

*Предметом настоящего исследования является выработанная доктриной уголовного права категория «уголовно-правовое воздействие».*

*Цель исследования заключается в определении сущности заявленного юридического феномена, а равно систематизации мер государственного принуждения, входящих в его объем.*

*Методология. Методологическая основа представлена диалектическим методом научного познания. В процессе исследования использовались также применяемые в гуманитарных науках частнонаучные методы познания. Так, при изложении эмпирического материала, формулировании выводов и результатов исследования применялись методы формальной логики. При определении сущности уголовно-правового воздействия, а равно критериев для систематизации мер государственного принуждения, входящих в его объем, были использованы индуктивный, дедуктивный и метод контент-анализа.*

*Результаты. На основании анализа уголовного законодательства, теоретических исследований рассматриваемого правового поля сформулировано понятие уголовно-правового воздействия, определена его сущность и формы реализации.*

*Ключевые слова: уголовно-правовое воздействие; уголовная ответственность; наказание; иные меры уголовно-правового характера; меры государственного принуждения; систематизация мер уголовно-правового характера.*

**CRIMINAL LEGAL IMPACT: EXPERIENCE OF THEORETICAL UNDERSTANDING**

**Sergey A. Korneev**

*Candidate of Law Sciences  
Lecturer of the Department of Criminal Law,  
Academy of Law and Management  
of the Federal Penitentiary Service of Russia  
Ryazan, Russia  
ORCID: 0000-0001-9555-1195  
E-mail: kornei\_lam@mail.ru*

*The subject of this study is the category of "criminal legal impact" developed by the doctrine of criminal law.*

*The purpose of the study is to determine the essence of the declared legal phenomenon, as well as to systematize the measures of state coercion included in its scope.*

*Methodology. The methodological basis is represented by the dialectical method of scientific cognition. In the course of the research, private scientific methods of cognition used in the humanities were also used. Thus, when presenting empirical material, formulating conclusions and research results, methods of formal logic were used. When determining the essence of the criminal*

*legal impact, as well as criteria for systematization of state coercion measures included in its scope, inductive, deductive, and content analysis methods were used.*

*Results. Based on the analysis of criminal legislation, theoretical studies of the legal field under consideration, the concept of criminal legal impact is formulated, its essence and forms of implementation are determined.*

*Keywords: criminal-legal impact; criminal liability; punishment; other measures of a criminal-legal nature; measures of state coercion; systematization of measures of a criminal-legal nature.*

---

## Введение

В настоящее время в теории уголовного права актуализирована тематика уголовно-правового воздействия. Данный юридический феномен стал предметом всестороннего обсуждения как в рамках исследовательских проектов при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований [18], так и в ряде доктринальных работ, в том числе фундаментального характера. Отдельные ученые осветили в своих трудах проблему идеологии уголовно-правового воздействия, целей и средств его реализации [3], другие акцентировали внимание на определении сущности уголовно-правового воздействия [17; 11, с. 7], его объекта [19, с. 25], теоретико-практического механизма реализации [6, с. 28], предприняли попытку разграничения его структурных элементов [23, с. 46; 16, с. 462], соотнесли уголовно-правовое воздействие с иными фундаментальными институтами уголовного права [2, с. 379]. Несмотря на имеющиеся разработки, в теории уголовного права остается ряд нерешенных, дискуссионных и отчасти противоречивых вопросов относительно рассматриваемого юридического феномена.

Так, неоднозначной видится сущность уголовно-правового воздействия, а равно систематизация мер государственного принуждения, входящих в его объем. Действующий уголовный закон не определяет единую систему мер уголовно-правового воздействия, что свидетельствует об их рассогласованности на законодательном уровне. Вызывают определенные сложности вопросы, касающиеся отнесения тех или иных мер к уголовной ответственности, к иным мерам уголовно-правового характера, соотношения указанных мер в рамках единого института, определения мер уголовно-правового воздействия в целом и объекта уголовно-правового воздействия в частности. Ввиду этого решение заявленной проблемы обладает не только теоретической, но и сугубо практической значимостью. Последняя видится в формулировании предложений по систематизации мер уголовно-правового воздействия, которую, на наш взгляд, целесообразно использовать в рамках действующего уголовного закона.

## Результаты и обсуждение

Нормы Уголовного кодекса Российской Федерации (далее – УК РФ) не содержат понятия уголовно-правового воздействия, а равно не определяют его сущность и структурные элементы. В то же время следует отметить тот факт, что отечественное уголовное законодательство давно перешагнуло объем наказания как единственной меры государственного принуждения. Уголовная ответственность как более емкая фундаментальная категория в настоящее время не может охватить все те формы воздействия, которые применяются от имени государства в отношении лица, совершившего запрещенное уголовным законом деяние. Ввиду того, что феномен уголовно-правового воздействия является сугубо результатом доктринальных разработок, полагаем, что решение искомых, заявленных ранее вопросов возможно лишь с учетом научных исследований.

В теории уголовного права нет единой точки зрения относительно определения сущности рассматриваемой категории, а все имеющиеся подходы с определенной долей условности можно изложить следующим образом. Уголовно-правовое воздействие – это:

- наказание, реализуемое в совокупности с другими мерами уголовно-правового характера (судимость; принудительные меры медицинского характера (далее – ПММХ); меры госу-

- дарственного принуждения, применяемые в рамках освобождения от наказания; условное осуждение; принудительные меры воспитательного воздействия (далее – ПМВВ) [19, с. 35];
- уголовная ответственность [14, с. 7; 12, с. 57];
  - совокупность мер государственного принуждения, регламентированных как уголовным законом [5, с. 406], так и источниками иных отраслей российской системы права [23, с. 46; 7, с. 25];
  - правовая категория, содержанием которой выступают уголовное право, уголовно-правовая политика и уголовное законодательство [11, с. 7];
  - процесс криминализации и декриминализации общественно опасных деяний [12, с. 57];
  - специальное юридическое и общеидеологическое правовое влияние на лиц, конечный результат которого заключается в установлении правового режима функционирования социума, обеспечении правомерного характера осуществляемой ими деятельности, обусловленной удовлетворением частных и общественных интересов [15, с. 284];
  - система мер, применение которых обусловлено установлением юридически значимого факта – совершение общественно опасного деяния [10, с. 22].

Думается, что большинство из представленных суждений носят неоднозначный и дискуссионный характер. Сложно не согласиться с утверждением о том, что уголовно-правовое воздействие не ограничивается наказанием, а может быть реализовано посредством иных мер, применяемых уполномоченными органами государственной власти в отношении лица, совершившего запрещенное уголовным законом деяние. Как справедливо отмечает М. В. Бавсун, представление рассматриваемого юридического феномена исключительно с позиции наказания является зауженным и непродуктивным. Таким образом, перечень элементов, формирующих содержание уголовно-правового воздействия, должен подвергаться расширительному толкованию, а не сводиться к единственному способу реагирования на преступность [2, с. 379].

Неоднозначным видится вопрос соотношения наказания и иных мер уголовно-правового характера, назначаемых в рамках освобождения от уголовной ответственности и наказания, – ПМВВ и ПММХ. Действительно, уголовный закон не исключает возможности одновременной реализации заявленных мер государственного принуждения в отношении несовершеннолетнего или лица, страдающего психическим расстройством, однако это не свидетельствует об их тождественности и единстве. Заявленные меры существенно отличаются от наказания по своей социально-правовой природе: содержанию, основанию применения и преследуемому конечному результату. Достижение регламентированных уголовным законом целей наказания по истечении назначенного судом срока не свидетельствует об излечении, улучшении психического состояния, воспитании лица, совершившего общественно опасное деяние, равно как целевая установка ПММХ и ПМВВ не тождественна целевому предназначению наказания. Так, к примеру, ремиссия лица, страдающего психическим заболеванием (расстройством), может служить лишь условием прекращения принудительного лечения, направления уголовного дела для производства предварительного расследования в общем порядке, возобновления исполнения назначенного судом наказания (ст. 103 УК РФ). В данном случае справедливой видится точка зрения А. Д. Кононова, полагающего, что применение ПММХ необходимо рассматривать как в период отбывания наказания, так и после его отбытия [8, с. 26].

Представляется несовершенной точка зрения относительно отождествления уголовно-правового воздействия и уголовной ответственности ввиду принципиальной разницы указанных категорий по своему объему. В данном случае исследователи не уделяют соответствующего внимания иным мерам уголовно-правового характера, реализация которых находится в иной плоскости юридического содержания.

Полагаем, что уголовно-правовое воздействие не исчерпывается ни наказанием, ни уголовной ответственностью, так как нормы действующего уголовного закона определяют иные, обособленные меры уголовно-правового характера, которые применяются в отноше-

нии лица в связи с совершением общественно опасного деяния, и не являются материальным выражением уголовной ответственности – ПМВВ и ПММХ.

Определенного рода сомнения вызывает факт непризнания уголовной ответственности видом уголовно-правового воздействия [3, с. 48-51], а равно суждение об исключении рассматриваемого фундаментального института из уголовного права по причине доктринальных перманентных споров относительно ее дефиниции и форм практической реализации [22, с. 69].

По справедливому мнению Ю. Е. Пудовочкина, бесполезность уголовной ответственности в теории уголовного права должным образом не аргументирована. Решением же сложившейся проблемы является не прекращение дискуссии о сущности и формах реализации уголовной ответственности, а углубление в нее, вывод научной полемики на более высокий методологический уровень [16, с. 462].

Появление в уголовном праве более емких категорий, таких как «уголовная ответственность», «меры социальной защиты» (УК РСФСР 1922 г.), «иные меры уголовно-правового характера», «уголовно-правовое воздействие», не исключает иных институтов, которые предопределили их развитие – «наказание», «меры медицинского и воспитательного характера» (УК РСФСР ред. 1926 г.). Законодательное закрепление уголовной ответственности, теоретическая разработка уголовно-правового воздействия не свидетельствуют об отказе государства, например, от уголовного наказания, кризис которого часто обсуждается в специализированной литературе в последнее время [20, с. 138]. Эволюционный процесс предполагает, что мера, применяемая за совершение деяния, запрещенного источником уголовного права, с течением времени трансформируется в более емкую по содержанию, а потому и обособляемую категорию.

Таким образом, полагаем, что уголовная ответственность представляет собой вид юридической ответственности, включающий в себя все меры государственного принуждения, применяемые в отношении лица, признанного виновным в совершении преступления. На основании изложенного мы склонны относить уголовную ответственность к содержанию уголовно-правового воздействия и считать ее формой реализации последнего.

Обоснованной видится точка зрения А. И. Марцева, относящего к истинным свойствам мер, входящих в объем рассматриваемого юридического феномена, как принуждение, так и способность решения задач превенции общественно опасных деяний. Это имеет большое значение с позиции наличия у той или иной меры, регламентированной уголовным законом, реальной возможности влияния на всех граждан в целом, а не только на тех, кто склонен к совершению преступления [13, с. 43].

Исходя из этого, считаем наиболее обоснованной позицию исследователей, относящих к содержанию уголовно-правового воздействия все меры, предусмотренные УК РФ.

Так, В. К. Дуюнов определяет уголовно-правовое воздействие в качестве объемной категории, включающей в себя все меры, регламентированные уголовным законом. К формам его реализации исследователь относит наказание и иные меры уголовно-правового характера, освобождение от уголовной ответственности и наказания, условное осуждение, а также ПМВВ [5, с. 406].

Безусловно, уголовно-правовое воздействие – это емкая категория, в объем которой включены все меры уголовно-правового характера. Однако ввиду того, что не все социальные группы граждан, которые нарушили уголовно-правовой запрет, способны нести уголовную ответственность, так как априори не являются субъектами преступления, необходима систематизация указанных мер. Во-первых, наказание, виды от его освобождения, условное осуждение – это меры, поглощаемые категорией «уголовная ответственность». Во-вторых, считаем, что ПМВВ, равно как ПММХ, должны быть отнесены к институту иных, отличных от уголовной ответственности мер уголовно-правового характера. Уголовная ответственность и иные меры уголовно-правового характера принципиально отличаются между собой, имеют собственные цели и задачи, разное основание применения. Однако общим является то, что они назначаются в результате установления юридически значимого факта – совершение общественно опасного деяния; предусмотрены уголовным законом; связаны с охраной

общественных отношений от общественно опасных посягательств; преследуют общую цель – предупреждение совершения новых деяний, запрещенных уголовным законом.

Таким образом, представляется, что иные меры уголовно-правового характера – это самостоятельный, обособленный от уголовной ответственности институт, не имеющий карательной составляющей. Иные меры уголовно-правового характера, наряду с наказанием, являются правовым последствием совершения общественно опасного деяния, но, в отличие от наказания, реализуются вне рамок уголовной ответственности.

Состоятельной является точка зрения исследователей, наполняющих содержание уголовно-правового воздействия мерами государственного принуждения, регламентированными УК РФ и источниками иных отраслей российской системы права для лиц, совершивших запрещенное уголовным законом деяние. Так, В. А. Якушин включает в объем заявленной категории «связанные и несвязанные с уголовной ответственностью меры уголовно-правового воздействия». К первой группе исследователь относит меры уголовно-процессуального принуждения; наказание; иные меры уголовно-правового характера; ПМВВ; условное осуждение; отсрочку наказания; судимость; освобождение от уголовной ответственности и наказания. Ко второй – ПММХ, назначаемые невменяемым, совершившим общественно опасное деяние [23, с. 46].

К подобной классификации приходит и Ю. Е. Пудовочкин, говоря о мерах, применяемых вне рамок уголовной ответственности (судебный штраф, ПМВВ), и мерах, являющихся частью ответственности, классифицируя их на основные (наказание, условное осуждение, ПМВВ) и дополнительные (ПММХ, конфискация имущества) [16, с. 469].

Отметим, что подобная систематизация мер государственного принуждения, формирующих содержание уголовно-правового воздействия, является актуальной и востребованной в специализированной литературе. В то же время нерешенным остается вопрос соотношения тех или иных мер с уголовной ответственностью.

Действительно, к содержанию уголовно-правового воздействия относятся меры, являющиеся материальным выражением уголовной ответственности, и иные, отличные от нее меры, назначаемые в отношении лица в связи с нарушением уголовно-правового запрета. Однако полагаем, что ПММХ, реализуемые в сочетании с наказанием в отношении лица, страдающего психическим расстройством, не исключающим вменяемости, и ПМВВ не являются формами реализации уголовной ответственности. Данный вывод основан на том, что ПММХ, вне зависимости от объекта применения («ограниченно вменяемый», невменяемый), направлены на восстановление здоровья, излечение, улучшение психического состояния лица, совершившего общественно опасное деяние, достижение им возможности адекватно и здраво оценивать свои действия, а не на восстановление социальной справедливости и исправление осужденного. Применение же к несовершеннолетним ПМВВ возможно только в случае их освобождения от уголовной ответственности (ст. 90 УК РФ) или наказания (ст. 92 УК РФ). Таким образом, применение ПМВВ, равно как и ПММХ, нельзя признать разновидностью привлечения лица к уголовной ответственности [9, с. 75].

Достаточно сложно поддержать или опровергнуть научные подходы к определению сущности уголовно-правового воздействия в широком смысле, в соответствии с которыми оно может быть представлено в качестве уголовного права, законодательства, процесса криминализации и декриминализации деяний, воздействия права на поведение социума и т. д. Безусловно, данные суждения обогащают теорию уголовного права, однако не раскрывают основных сущностных признаков рассматриваемого юридического феномена, имеющих практическую значимость.

Обоснованной видится позиция исследователей, относящих к содержанию уголовно-правового воздействия структурированную систему мер, применение которых обусловлено установлением юридического факта в виде совершения общественно опасного деяния. Так, М. В. Бавсун полагает, что уголовно-правовое воздействие представляет собой основанную на официально-властном волеизъявлении систему закрепленных в уголовном законе мер, необходимых для эффективного решения задач уголовного закона [3, с. 11]. А. И. Чучаев опре-



деляет уголовно-правовое воздействие в качестве совокупности способов уголовно-правового выражения государственного принуждения в ответ на общественно опасное деяние [17, с. 22].

Уголовно-правовое воздействие реализуется как в отношении лица, признанного виновным в совершении преступления, – в форме уголовной ответственности, так и в отношении лиц, совершивших общественно опасное деяние, не являющееся преступлением – в форме иных мер уголовно-правового характера. Исходя из этого, под уголовно-правовым воздействием необходимо понимать систему мер государственного принуждения, применяемых в отношении лица, нарушившего уголовно-правовой запрет.

В силу того, что формами уголовно-правового воздействия являются разнородные по своей социально-правовой природе категории, в теории уголовного права неоднозначно решается вопрос о наполнении рассматриваемого юридического феномена карательной составляющей.

Отдельные исследователи не видят разницы между уголовно-правовым воздействием и карой. Так, В. К. Дуюнов полагает, что «меры уголовно-правового воздействия имеют общий знаменатель – общее социальное назначение, единую (карательную) сущность, общую юридическую природу и общие цели... и по своей сути являются лишь разными формами реализации кары как негативной, справедливой и неотвратимой реакции государства на преступление и иные правонарушения» [4, с. 36; 5, с. 407–408].

Иной точки зрения придерживается М. В. Бавсун, говоря о явном, принципиальном отличии между карой и уголовно-правовым воздействием. В качестве доказывания своей позиции ученый приводит тезис о существовании воздействия на личность без порицания, которое является необходимым составляющим элементом в процессе реализации кары [1, с. 100].

Другие исследователи склонны отрицать карательную составляющую уголовно-правового воздействия [21, с. 1337].

Действительно, меры государственного принуждения, формирующие содержание уголовно-правового воздействия, имеют общее социальное назначение, общую юридическую природу, однако сложно согласиться с утверждением, констатирующим их единую карательную сущность. Отметим, что в объем уголовно-правового воздействия включены меры уголовно-правового характера, обременения которых служат либо средством контроля и воспитания (условное осуждение, ПМБВ), либо средством обеспечения безопасности и психиатрического лечения (ПММХ).

Таким образом, при реализации уголовно-правового воздействия в форме иных мер уголовно-правового характера (ПММХ, ПМБВ) карательная составляющая отсутствует. Сам факт наличия данных средств воздействия в уголовном праве подтверждает преобладающую потребность в обеспечении государственных интересов от общественно опасных деяний над необходимостью демонстрации степени порицания [3, с. 27]. В этом случае уголовно-правовому воздействию чужда карательная сущность, последняя будет выражаться либо в излечении и улучшении психического состояния, либо в воспитании несовершеннолетнего.

Сложно выделить и принципиальное отличие между карой и воздействием. Наказание и уголовно-правовое воздействие соотносятся друг с другом как часть и целое. Таким образом, если наказание в процессе исполнения предполагает реализацию кары (воздания, возмездия), соответственно, и при воздействии кара имеет место, только если она реализуется в определенных формах уголовной ответственности.

Исходя из вышеизложенного, считаем, что сущность уголовно-правового воздействия едина как в отношении лица, признанного виновным в совершении преступления, так и в отношении лица, совершившего общественно опасное деяние, и сводится к лишениям и ограничениям. Характер последних определяется исходя из оснований для применения соответствующей меры; юридических особенностей (статуса) лица, в отношении которого осуществляется уголовно-правовое воздействие; форм реализации уголовно-правового воздействия.

### **Заключение и выводы**

Подводя итог настоящего исследования, необходимо отметить следующее:

1. Уголовно-правовое воздействие представляет собой систему мер государственного принуждения, применяемых в превентивных целях в отношении лица, нарушившего уголовно-правовой запрет.

2. Сущность уголовно-правового воздействия сводится к лишениям и ограничениям, возлагаемым на лицо, совершившее общественно опасное деяние.

3. Уголовно-правовое воздействие реализуется в отношении лиц, признанных виновными в совершении преступления, – в форме уголовной ответственности, в отношении лиц, совершивших общественно опасное деяние, – в форме иных мер уголовно-правового характера.

Уголовное наказание, уголовная ответственность, иные меры уголовно-правового характера, исходя из содержания УК РФ, стали отдельными компонентами более емкой по своей юридической сущности категории – уголовно-правового воздействия.

Системно выстроенные в уголовном законе институты о мерах, применяемых к лицам, совершившим общественно опасные деяния, имеют теоретико-прикладное значение. Качественное системное толкование положений уголовного закона и правильность выбора необходимой меры государственного принуждения будут возможны с большей вероятностью, если на законодательном уровне будет осуществлено предельно четкое разграничение мер, которые применяются к преступнику либо к иному лицу, не подлежащему уголовной ответственности. Разумеется, что именно от этого зависит и эффективность решения задач, поставленных перед уголовным законодательством.

### **Литература**

1. Бавсун, М. В. Понятие и содержание уголовно-правового воздействия на преступность. – Текст : непосредственный / М. В. Бавсун // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 336. – С. 99–102.

2. Бавсун, М. В. Уголовно-правовое воздействие – уголовная ответственность – наказание: соотношение понятий / М. В. Бавсун, А. А. Нечипуренко. – Текст : непосредственный // Уголовное право. Общая часть. Наказание : академический курс. Т. 1. Понятие, цели уголовного наказания. Система уголовного наказания. Кн. 1. Понятие уголовного наказания / под ред. Н. А. Лопашенко. – Москва : Юрлитинформ, 2020. – С. 368–402.

3. Бавсун, М. В. Уголовно-правовое воздействие: идеология, цели и средства реализации : диссертация на соискание ученой степени доктора юридических наук / М. В. Бавсун. – Омск, 2014. – 396 с. – Текст : непосредственный.

4. Дуюнов, В. К. Механизм уголовно-правового воздействия: теоретические основы и практика реализации : диссертация на соискание ученой степени доктора юридических наук / В. К. Даюнов. – Тольятти, 2001. – 512 с. – Текст : непосредственный.

5. Дуюнов В.К. Об условиях эффективности уголовно-правового воздействия / В. К. Даюнов. – Текст : непосредственный // Уголовное право: стратегия развития в XXI веке : материалы XVII Международной научно-практической конференции. – Москва, 2020. – С. 406–411.

6. Дуюнов, В. К. Уголовно-правовое воздействие: теория и практика / В. К. Даюнов. – Москва : Научная книга, 2003. – 520 с. – Текст : непосредственный.

7. Закомолдин, А. В. Об уголовно-процессуальном принуждении как составляющей механизма уголовно-правового воздействия / А. В. Закомолдин, В. К. Дуюнов. – Текст : непосредственный // Уголовное судопроизводство. – 2020. – № 4. – С. 21–26.

8. Кононов, А. Д. Актуальные проблемы уголовной ответственности лиц с психическим расстройством, не исключающим вменяемости, и применения к этим лицам принудительных мер медицинского характера : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / А. Д. Кононов. – Москва, 2019. – 31 с. – Текст : непосредственный.

9. Лапшин, В. Ф. Природа иных мер уголовно-правового характера и конфискации имущества / В. Ф. Лапшин. – Текст : непосредственный // Вестник института: преступление, наказание, исправление. – 2008. – № 1. – С. 74–75.
10. Лапшин, В. Ф. Юридический анализ содержания категории «уголовно-правовое воздействие» / В. Ф. Лапшин. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2019. – № 3. – С. 7–13.
11. Лопашенко, Н. А. Основы уголовно-правового воздействия: уголовное право, уголовный закон, уголовно-правовая политика / Н. А. Лопашенко. – Санкт-Петербург : Юридический центр «Пресс», 2004. – 337 с. – Текст : непосредственный.
12. Маликов, Б. З. Уголовная ответственность и уголовно-правовое воздействие в системобразовании уголовного права / Б. З. Маликов, А. М. Салимова. – Текст : непосредственный // Вестник Ессентукского института управления, бизнеса и права. – 2016. – № 12. – С. 53–62.
13. Марцев, А. И. Избранные труды / А. И. Марцев. – Омск : Омская академия МВД России, 2005. – 271 с. – Текст : непосредственный.
14. Набиуллин, Ф. К. Некарательные меры уголовно-правового характера: природа, система и социально-правовое назначение : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук. – Казань, 2008. – 23 с. – Текст : непосредственный.
15. Петрова, Г. О. Куда идем мы с пяточком? / Г. О. Петрова. – Текст : непосредственный // Уголовно-правовое воздействие и его роль в предупреждении преступности : сборник статей по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции / под ред. Н. А. Лопашенко. – Саратов, 2019. – С. 283–285.
16. Пудовочкин, Ю. Е. Меры уголовно-правового характера и уголовная ответственность: научная дискуссия и поиск решения / Ю. Е. Пудовочкин. – Текст : непосредственный // Пенитенциарная наука. – 2020. – № 4. – С. 460–472.
17. Уголовно-правовое воздействие : монография / под ред. А. И. Рарога. – Москва : Проспект, 2015. – 288 с. – Текст : непосредственный.
18. Уголовно-правовое воздействие как специальная целенаправленная деятельность государства : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / ред.: В. К. Дуюнов, Р. В. Закомолдин. – Самара, 2021. – 220 с. – Текст : непосредственный.
19. Фирсова, А. П. Объект уголовно-правового воздействия : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / А. П. Фирсова. – Ульяновск, 2008. – 227 с. – Текст : непосредственный.
20. Хиллота, В. В. Наказание и уголовно-правовое воздействие: поиск оптимальной модели противодействия преступности / В. В. Хиллота. – Текст : непосредственный // Российский журнал правовых исследований. – 2019. – № 3. – С. 138–147.
21. Чучаев, А. И. Уголовно-правовое воздействие: сущность и характеристика / А. И. Чучаев, А. П. Фирсова. – Текст : непосредственный // Lex Russica. – 2008. – № 6. – С. 1330–1346.
22. Щедрин, Н. В. Меры уголовно-правового характера / Н. В. Щедрин. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы уголовного права : материалы Международной научно-практической конференции. – Омск, 2010. – С. 66–71.
23. Якушин, В. А. Наказание и иные меры уголовно-правового воздействия : монография. – Тольятти : Изд-во ВУиГ, 2018. – 337 с. – Текст : непосредственный.

**УГОЛОВНО-ПРАВОВОЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ  
СПЕЦИАЛЬНЫМ ОРГАНИЗОВАННЫМ ФОРМАМ  
ЭКСТРЕМИСТСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:  
ЗАКОНОДАТЕЛЬНО-ИНТЕРПРЕТАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ**

**Магнутов Юрий Сергеевич**

*Председатель Борского городского суда  
Нижегородской области  
Бор, Россия  
E-mail: gos4361@yandex.ru*

*Предмет исследования: специальные организованные формы экстремистской деятельности, закрепленные в ст. 282.1 и ст. 282.2 Уголовного кодекса Российской Федерации (далее – УК РФ).*

*Цель исследования: формулирование юридико-технических и интерпретационных предложений, нацеленных на модернизацию курса уголовной политики в области противодействия специальным организованным формам экстремистской деятельности, закрепленным в ст. 282.1 и ст. 282.2 УК РФ.*

*Перечень методов и объектов исследования. В целях получения достоверных и обоснованных результатов исследования использовались общенаучные и частнонаучные методы познания, применяемые в гуманитарных (юридических) науках. Исследование ст. ст. 35, 205.5, 210, 282.1, 282.2 УК РФ осуществлялось с использованием метода контент-анализа. Логический и системно-структурный при соотношении признаков экстремистского сообщества, террористического сообщества и преступного сообщества. На основе метода дедукции определены частные, концептуально юридически значимые признаки экстремистского сообщества. Метод индукции позволил определить уровень опасности специальных организованных форм экстремистской деятельности. Диалектический метод использовался при рассмотрении доктринальных уголовно-правовых позиций, определяющих направления противодействия специальным организованным формам экстремистской деятельности.*

*Выводы по результатам исследования: 1) обоснована потребность в юридической дифференциации ответственности за совершение преступлений в составе специально организованных в зависимости от формы соучастия; 2) предложено включение в Уголовный кодекс РФ статьи, предусматривающей ответственность за организацию экстремистской группы; 3) аргументирована необходимость дополнения ст. 35 УК РФ частью 41 с закреплением в ней новой формы соучастия «Экстремистское сообщество»; 4) представлена авторская редакция ч. 1 ст. 282.2 УК РФ; 5) обосновано усиление уровня уголовно-правовой репрессии для участников международных экстремистских организаций.*

*Ключевые слова: экстремизм, специальные организованные формы экстремистской деятельности, экстремистское сообщество, экстремистская организация, противодействие, уголовная политика.*

**CRIMINAL-LEGAL COUNTERACTION TO SPECIAL ORGANIZED FORMS  
OF EXTREMIST ACTIVITY: LEGISLATIVE AND INTERPRETIVE ASPECTS**

**Yuri S. Magnutov**

*Chairman of the Bor City Court*

*Nizhny Novgorod region*

*Bor, Russia*

*E-mail: gos4361@yandex.ru*

*Subject of research: special organized forms of extremist activity, enshrined in Art. 282.1 and Art. 282.2 of the Criminal Code of the Russian Federation (hereinafter – the Criminal Code of the Russian Federation).*

*The purpose of the study: the formulation of legal, technical and interpretative proposals aimed at modernizing the course of criminal policy in the field of countering special organized forms of extremist activity, enshrined in Art. 282.1 and Art. 282.2 of the Criminal Code of the Russian Federation.*

*List of methods and objects of research. In order to obtain reliable and reasonable research results, general scientific and particular scientific methods of cognition used in the humanities (legal) sciences were used. Research Art. 35, 205.5, 210, 282.1, 282.2 of the Criminal Code of the Russian Federation, was carried out using the content analysis method. Logical and system-structural in the correlation of signs of an extremist community, a terrorist community and a criminal community. On the basis of the deduction method, particular, conceptually legally significant features of an extremist community are identified. The method of induction made it possible to determine the level of danger of special organized forms of extremist activity. The dialectical method was used when considering doctrinal criminal law positions that determine the direction of countering special organized forms of extremist activity. Conclusions based on the results of the study: 1) the need for legal differentiation of responsibility for committing crimes in the composition of special organized crimes, depending on the form of complicity, is substantiated; 2) it is proposed to include in the Criminal Code of the Russian Federation an article providing for liability for organizing an extremist group; 3) the need to supplement Art. 35 of the Criminal Code of the Russian Federation, part 41, with the consolidation in it of a new form of complicity "Extremist community"; 4) the author's version of Part 1 of Art. 282.2 of the Criminal Code of the Russian Federation; 5) the strengthening of the level of criminal-legal repression for members of international extremist organizations is justified.*

*Keywords: extremism, special organized forms of extremist activity, extremist community, extremist organization, counteraction, criminal policy.*

---

**Введение**

На всех этапах развития цивилизации человечество борется с различными проявлениями организованной преступности, в том числе ставящей под угрозу государственное устройство. За последние тридцать лет такого рода групповая деликвентно-криминальная деятельность эволюционировала, приобрела новые качественно-количественные характеристики. Особо это прослеживается в развитии преступных организованных форм с признаками экстремистской деятельности. Отчасти являясь новым политико-правовым феноменом, экстремизм и сопровождающая его мотивация объединяют значительное количество людей, целью которых является подрыв основ конституционного строя и безопасности государства. Ярким примером могут выступить события, произошедшие в Сирии, Афганистане, Казахстане и других государствах. Например, организация «Талибан», признанная в России экстремистской, одномоментно и полностью захватила власть в стране. Без специального уровня ее организованности и особых характеристик личности экстремиста [7, с. 104-109] совершить такие

широкомасштабные действия было бы невозможно. Вышеизложенное предполагает различные возможные вариации развития уголовной политики во взятой для исследования области.

### **Результаты и заключение**

Концептуальной и первостепенной видится потребность в самостоятельной криминализации ответственности за организацию экстремистской группы и экстремистского сообщества. Связано это с тем, что на сегодняшний день мы видим минимум три разнополярных подхода, определяющих форму соучастия, к которой относится экстремистское сообщество.

В рамках первого (и он является наиболее распространенным) обосновывается идея о признании такого рода совместной преступной деятельности в качестве разновидности организованной группы [1, с. 105-106; 2, с. 195; 13, с. 51-54; 16, с. 12-15].

Второй подход, с чуть меньшей долей активности, обосновывает необходимость отнесения экстремистского сообщества к частному виду сообщества преступного [4, с. 120; 9, с. 247; 15, с. 160-161; 19, с. 14-15].

В третьем формируется позиция о целесообразности рассмотрения такого рода сообщества и через призму признаков организованной группы, так и через характеристики преступного сообщества [17, с. 9; 20, с. 11-16].

Рассматривая экстремистское сообщество через призму признаков организованной группы, обнаруживается согласованность положений ст. 282.1 УК РФ и ч. 3 ст. 35 УК РФ.

Полагаем, что в случае поддержки исследуемой позиции необходимо исключить из п. 12 постановления Пленума Верховного Суда РФ от 28 июня 2011 г. № 11 «О судебной практике по уголовным делам о преступлениях экстремистской направленности» позиции, допускающие наличие структурных подразделений или частей в экстремистском сообществе.

Однако считаем применение такого приема тупиковым по следующим причинам. Во-первых, он не будет симметричным в ответ на угрозы, исходящие от организованных форм экстремистской деятельности. Например, в настоящее время существует достаточное количество высокоорганизованных экстремистских сообществ, деятельность которых распространена на территории нескольких государств и субъектов Российской Федерации, что предполагает наличие обособленных структурных подразделений, тем самым легитимирует применение более жестких уголовно-правовых мер, соответствующих направлениям уголовной политики в области противодействия преступным сообществам. Ознакомившись со списком запрещенных на территории России экстремистских организаций, подчеркнем, что статусом международных обладают восемь таких общественных объединений и религиозных организаций [8].

Во-вторых, отказ от учета такого рода обстоятельства фактически приведет к искусственной латентности исследуемого вида групповой преступности и, как следствие, росту количества совершаемых деяний экстремистской направленности.

В-третьих, уровень уголовно-правового реагирования на такого рода преступную деятельность не будет соответствовать ее общественной опасности, что существенно снизит качество противодействия экстремизму.

В этой связи в доктрине уголовного права сформирована идея, допускающая рассмотрение экстремистского сообщества как разновидности сообщества преступного. В обосновании такого довода предлагается следующая аргументация.

Во-первых, преступное сообщество может быть сформировано и в рамках одной организованной группы, но включающей в себя ряд структурных подразделений. В ч. 1 ст. 282.1 УК РФ на это обращено особое внимание. Так, говоря о руководстве экстремистским сообществом, законодатель специально указывает на возможные варианты его построения, включающие в том числе его части и структурные подразделения, что присуще скорее сообществу преступному, нежели классической организованной группе.

Во-вторых, к организационно-структурному уровню преступного сообщества в том числе относится создание объединения организаторов, руководителей или иных представителей частей или структурных подразделений такого сообщества, что прямо закреплено в постановлении Пленума Верховного Суда РФ от 10.06.2010 № 12 «О судебной практике рассмотрения уголовных дел об организации преступного сообщества (преступной организации) или участия в нем (ней)».

В-третьих, о допустимости наличия структурных подразделений в сообществе экстремистской направленности сказано и в постановлении Пленума Верховного Суда РФ от 28 июня 2011 г. № 11 «О судебной практике по уголовным делам о преступлениях экстремистской направленности».

Актуализировать продемонстрированный выше подход хотелось бы мнением ученых о возможности рассмотрения экстремистского сообщества и как организованной группы, и как формы сообщества преступного [3, с. 156; 20, с. 11-16]. Полагаем, что это возможно только с определенной долей условности, так как признаки, указанные в ст. 282.1 УК РФ, в полном объеме не охватывают характеристики, отраженные в ч. 4 ст. 35 УК РФ.

Считаем, что, включая в УК РФ ст. 282.1, законодатель заложил в нее репродуктивную функцию, допускающую в перспективе разделение соучастия на организованную группу и преступное сообщество в рамках рассматриваемой формы группового экстремистского поведения, что подтверждается судебной практикой, формировавшейся до 2011 года.

Доказывается это и достаточным уровнем неопределенности по признакам экстремистского сообщества, закрепленным в постановлении Пленума Верховного Суда РФ от 28 июня 2011 г. № 11 «О судебной практике по уголовным делам о преступлениях экстремистской направленности».

К признакам организованной группы отнесены следующие: объединяющая цель – совершение преступлений экстремистской направленности и устойчивость. Выделяемые признаки могут подтверждаться наличием организатора, стабильностью состава и согласованностью преступных действий. Эти характеристики вытекают не только из положений ч. 3 ст. 35 УК РФ, но и основной массы интерпретационных актов, определяющих свойства организованной группы. Вместе с тем в п. 12 отмеченного выше интерпретационного акта включены и свойства преступного сообщества: возможное наличие структурных подразделений или частей; различные формы взаимодействия и обеспечительной деятельности, что прямо закреплено в постановлении Пленума Верховного Суда от 10.06.2010 № 12 «О судебной практике рассмотрения уголовных дел об организации преступного сообщества (преступной организации) или участия в нем (ней)».

Вышеизложенное дает основание выступить со следующей научной гипотезой. В актуальной юридико-технической редакции ст. 282.1 УК РФ закреплена гибридная норма, наделяющая экстремистское сообщество не только признаками организованной группы, но и юридически значимыми характеристиками сообщества преступного.

Для снятия такого рода коллизии нам видится следующий путь. Учитывая то обстоятельство, что с момента включения в УК РФ ст. 282.1 как в практической деятельности судов, так и на площадке научного сообщества сформировалось две устойчивые позиции, обосновывающие рассмотрение экстремистского сообщества не только как разновидности организованной группы, но и преступного сообщества, что сегодня подтверждается и уровнем организованности экстремистской деятельности. Считаем, что настал момент, когда необходимо провести такого рода дифференциацию в рамках более четкого разделения форм соучастия в рамках исследуемой разновидности криминальной организованной деятельности экстремистского толка.

Мы не приемлем ее решение в рамках одной статьи УК РФ, как было предложено рядом авторов, так как такой прием не соответствует тренду современной уголовной политики, а также опыту, положительно апробированному за рубежом. В частности, на необходимость отдельного закрепления ответственности за совершение группового преступления в составе

организованной группы или сообщества указывают не только положения ст. 35 УК РФ, но и отдельная криминализация бандитизма, и деятельности преступной организации – преступного сообщества в ст. 210 УК РФ.

Для дополнительной аргументации выдвигаемой научной гипотезы представим приемы, реализованные в исследуемой области в зарубежных странах.

Например, в Уголовном кодексе Республики Казахстан закреплена ст. 182 «Создание, руководство экстремистской группой или участие в ее деятельности». То есть на данный момент в Казахстане исследуемая форма преступного поведения рассматривается исключительно через признаки организованной группы.

В Республике Таджикистан в ст. 307 (2) УК РТ хотя и используется идентичное российскому уголовному законодательству понятие «экстремистское сообщество», вместе с тем оно также рассматривается через юридические характеристики организованной группы.

В Уголовном кодексе Украины в ст. 258-3 установлена ответственность за создание террористической группы или террористической организации, что также определяет конкретную форму соучастия такого рода организованной формы преступной деятельности.

Итак, приходим к выводу о том, что на территории постсоветского пространства групповая экстремистская преступная деятельность рассматривается через призму признаков организованной группы.

В этой связи считаем, что и в российском уголовном законодательстве ответственность должна быть отдельно установлена за организацию экстремистской группы и организацию экстремистского сообщества как новой формы соучастия. Решение предлагаемого подхода требует включения в ст. 35 УК РФ ч. 41 «экстремистское сообщество» в следующей редакции: «Преступление признается совершенным экстремистским сообществом, если оно совершено структурированной организованной группой или объединением организованных групп, действующих под единым руководством, члены которых объединены в целях совместного совершения одного или нескольких преступлений с признаками экстремистской деятельности».

Также назрела необходимость введения в законодательный оборот дефиниции, охватывающей иные экстремистские деяния, не обременённые мотивами политической, идеологической, расовой, религиозной ненависти или вражды. Подчеркнем, что по возможному развитию данного направления у нас имеется своя позиция. Связана она с необходимостью использования не нового, а уже имеющегося понятийно-категориального аппарата. Такой прием будет свидетельствовать об унифицированности, однополярности и эффективности государственной стратегии противодействия экстремизму. Это также позволит устранить смысловые противоречия как в законодательных, интерпретационных, так и доктринальных подходах, определяющих деяния экстремистского толка.

Реализация предлагаемого подхода вытекает из правовых последствий, наступивших в результате принятия федерального закона «О противодействии экстремистской деятельности», повлекшего кардинальные изменения ряда отраслевых законодательств, в том числе и уголовного. На первоначальном этапе это выразилось во включении в УК РФ ранее неизвестных отечественному праву деяний, при конструировании которых использовались однокоренные с экстремизмом понятия (экстремистское сообщество, экстремистская организация, преступления экстремистской направленности). Учитывая их доктринально-законодательную новизну, возникла масса проблем по применению соответствующих положений уголовного закона. На протяжении уже более чем десяти лет идет апробация их применения, вместе с тем все проблемы еще не решены. С нашей точки зрения, главная причина происходящего – это не рост экстремистских настроений и появление его новых форм, а терминологическая неопределенность. Подчеркивая имманентную связь федерального закона «О противодействии экстремистской деятельности» и антиэкстремистских уголовно-правовых запретов, отметим, что диспозиции деяний экстремистской направленности относятся к бланкетным, так как для установления признаков таких преступлений необходимо обратиться к отмеченному профильному нормативному акту. Высказанная позиция предполагает использование



идентичных понятий, так как цель, стоящая перед всеми органами и субъектами, задействованными в рассматриваемом процессе, одна – это выявление, предупреждение и пресечение экстремистской деятельности, а достичь ее путем использования разных юридических категорий невозможно. Случаи применения такого приема, конечно, есть. Например, в рассматриваемом федеральном законе и УК РФ используются такие термины, как «преступления экстремистской направленности», «экстремистская организация» и т. д. Но это не решает одну из важнейших уголовно-правовых проблем. И связана она с определением признаков и системы деяний с признаками экстремистской деятельности, так как понятие, закрепленное в примечании 2 к ст. 282.1 УК РФ, не охватывает всего перечня преступлений, относимых к экстремистским, определяя лишь одну из неотъемлемых его групп, основанную на особом виде мотивационного поведения. Это подтверждается не только активно развивающимся уголовным законодательством во взятой для исследования области, постоянно пополняемым новыми нормами во взятой для исследования области, но и содержанием ст. 1 ФЗ «О противодействии экстремистской деятельности», относящим к экстремизму (экстремистской деятельности) массу иных деяний, рассредоточенных по всему уголовному законодательству и не обремененных мотивами политической, идеологической, расовой, религиозной ненависти или вражды, прямо закрепленными в диспозициях. Например, ст. 78 УК РФ «Насильственный захват власти или насильственное удержание власти». Для устранения выявленной неопределенности в формировании понятия и системы деяний экстремистского толка целесообразно использование законодательно установленной дефиниции – «экстремистская деятельность». Применительно к уголовному законодательству это может быть представлено в следующей интерпретации – «преступления, связанные с экстремистской деятельностью», как предлагает С. Н. Фридинский [14, с. 46], или «преступления, сопряженные с экстремистской деятельностью». Такой прием сразу же снимет критику в отношении понятия «преступления экстремистской направленности», отнеся их к одной из групп предлагаемого термина, тем самым обоснованно интегрировав в него и иные деяния, содержащие в себе признаки экстремизма.

Соглашаясь с И. Я. Козаченко и С. В. Розенко в необходимости закрепления в Уголовном кодексе РФ этого понятия [5, с. 115-123], считаем, что оно должно найти свое отражение не в Общей, а в Особенной части УК РФ. Это связано с установившейся традицией размещения специализированного понятийного аппарата в примечаниях к статьям, расположенным с шестого по двенадцатый раздел уголовного закона. Примером могут выступить понятия «хищение», «должностное лицо» и т. д.

На основании вышеизложенного предлагаем введение в УК РФ следующей дефиниции: «Преступлениями, связанными с экстремистской деятельностью, признаются иные общественно опасные деяния с признаками экстремизма, в соответствии с законодательством о противодействии экстремистской деятельности».

Видится необходимость включения в систему отягчающих признаков специальных организованных форм экстремистской деятельности, использование информационно-телекоммуникационных сетей, включая сеть Интернет. Обусловлено это следующим.

Во-первых, гиперцифровизация общества повлекла за собой не только положительный, но и отрицательный эффект, выразившийся в проникновении преступности в виртуальное пространство, используемое при совершении разного рода преступлений, в том числе и с признаками экстремистской деятельности. В частности, с 2017 года ГИАЦ МВД России стал вести учет преступлений с использованием телекоммуникационных технологий. Так, если в 2017 году их было зарегистрировано 90 587, то в 2021 уже 517 762 деяния [6, 7].

Во-вторых, информационно-телекоммуникационные сети, включая сеть Интернет, стали главным инструментом распространения экстремистских идеологий как в легальных, так и нелегальных его секторах. Это подтверждается списками экстремистских материалов, учет которых ведет Министерство юстиции Российской Федерации [18].

В-третьих, с использованием такого рода инструмента происходит процесс активного вовлечения новых участников экстремистских сообществ и организаций, что позволяет оперативно не только существенно увеличить количество их членов, но и организовать, а также курировать в режиме реального времени такого рода преступную деятельность.

В-четвертых, учитывая, что активными пользователями виртуального пространства является молодое поколение, наблюдается резкий рост среди участников экстремистских сообществ и экстремистских организаций малолетних и несовершеннолетних. Полагаем, что вышеотмеченные позиции стали причиной создания в МВД России рабочей группы, задача которой – мониторинг интернет-ресурсов, замеченных в манипулировании несовершеннолетними в цифровом пространстве. Стратегической задачей такой группы стал поиск эффективных методов противодействия преступлениям с признаками криминального манипулирования сознанием несовершеннолетних [11].

В-пятых, цифровизация мирового пространства и, как следствие, проникновение в нее экстремистских идей, распространяющихся на всех континентах, придают исследуемому явлению принципиально иные, отличающиеся от ранее заложенных характеристик, позволяя придать организованным формам экстремистской деятельности статус наиболее актуальной общемировой проблемы – вируса, заразившего все человечество.

В-шестых, на это обращается особое внимание на международных площадках сотрудничества в области противодействия экстремизму. Например, в резолюции Совета Безопасности ООН № 2368 2017 года [12] на это обращено особое внимание. Так, отмечено, что телекоммуникационные сети в современном формате используются не только для вербовки новых участников, например таких запрещенных в России организаций, как «ИГИЛ» или «Аль-Каида», но и в целях их финансирования, что предполагает пересмотр уже имеющихся механизмов противодействия такой деятельности.

Не можем мы не акцентировать внимание и на текстуальном изложении диспозиции ч. 1 ст. 282.2 УК РФ. Проблема, которую мы хотим поднять, активно обсуждается и в рамках противодействия преступлениям террористической направленности на примере ч. 1 ст. 205.5 УК РФ. Это касается не только тавтологической формы изложения нормы уголовного закона, о чем свидетельствует трехкратное использование терминов «организация» и «деятельность» с различным их смысловым содержанием, но и усложнения тем самым понимания ее смысла.

Наиболее приемлемым ее решением видится упрощение изложения признаков объективной стороны исследуемого деяния с учетом рекомендаций, изложенных в постановлении Пленума Верховного Суда РФ, где под организацией понимается только продолжение или возобновление противоправной деятельности, что существенно уже семантического содержания такого термина, как «организация». В этой связи считаем целесообразным построить диспозицию ч. 1 ст. 282.2 УК РФ по следующей форме ее описания: «Организация, то есть продолжение или возобновление деятельности, общественного или религиозного объединения либо иной организации, которая в соответствии с законодательством Российской Федерации признана экстремистской, за исключением террористических организаций...»

На основании вышеизложенного считаем лишним указание в рассматриваемой уголовно-правовой норме следующей части текста «...за исключением организаций, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации признаны террористическими», так как такого рода диспозиция является не только описательной или бланкетной, но и ссылочной, и для определения признаков выделяемого деяния необходимо обратиться к ст. 205.5 УК РФ, где уже сделано подобного рода указание. Такой прием также будет указывать на единство и унифицированность уголовно-правового противодействия таким неразрывным и внутренне схожим явлениям, как экстремизм и терроризм, что подтверждается буквально однообразным токованием продолжения или возобновления деятельности экстремистской или террористической организации, даваемым главным интерпретатором.

Уверены в том, что упрощение изложения редакции ч. 1 ст. 282.2 УК РФ не только не исказит истинного смысла, вложенного в нее законодателем, но и упростит понимание ее ключевых уголовно-правовых признаков, тем самым повысит уровень превентивного воздействия на распространение деятельности экстремистских организаций в России.

В рамках ст. 282.2 УК РФ также определяется возможность реализации еще одного направления более глубокой дифференциации ответственности. Это касается учета уровня распространенности экстремистской организации по территории. Не вызывает сомнения, что общественная опасность экстремистских организаций, действующих только на территории Российской Федерации и имеющих свои представительства за рубежом, разная. Ознакомившись со списком запрещенных на территории России экстремистских организаций, подчеркнем, что статусом международных обладают восемь таких общественных объединений и религиозных организаций (Международное религиозное объединение «Нурджулар»; Международное религиозное объединение «Таблиги Джамаат»; Международное религиозное объединение «Ат-Такфир Валь-Хиджра»; Международное объединение «Кровь и Честь»; Международное общественное движение «Арестантское уголовное единство»).

Такой формат их существования указывает на значительную численность участников. Возможность проведения одномоментных преступных акций сразу же на территории нескольких государств. Как следствие, более высокий уровень организованности и сплоченности, что требует адекватного уголовно-правового реагирования по причине наступления в результате их деятельности более значимых последствий.

В этой связи считаем необходимым дополнить ч. 3 ст. 282.2 УК РФ п. «в» следующего содержания: «деяния, предусмотренные, ч. 1, 1.1 или 2 настоящей статьи, совершенные лицом, являющимся участником международного общественного объединения и религиозной организации, в отношении которых судом принято вступившее в законную силу решение о ликвидации или запрете деятельности на территории Российской Федерации».

### **Заключение и выводы**

Подводя итог проведенному исследованию, подчеркнем, что выдвигаемые предложения, конечно же, требуют глубокого обсуждения как среди ученых, так и представителей законодательной и судебной власти. Вместе с тем они подчеркивают не только опасность, исходящую от современного формата специальных организованных форм экстремистской деятельности, но и подталкивают к дальнейшей модернизации курса уголовной политики во взятой для рассмотрения области.

Современный законотворческий концепт уголовно-правового противодействия специальным организованным формам экстремистской деятельности может выглядеть в следующем формате:

- а) установление ответственности за организацию экстремистского сообщества;
- б) включение в ст. 35 УК РФ новой формы соучастия с закреплением ее в части 41 «Экстремистское сообщество»;
- в) закрепление в примечании к ст. 282.1 УК РФ новой категории общественно опасных деяний «преступления, связанные с экстремистской деятельностью»;
- г) отнесение к системе отягчающих признаков специальных организованных форм экстремистской деятельности, использование информационно-телекоммуникационных сетей, включая сеть Интернет;
- д) в разрезе унификации антиэкстремистского и антитеррористического законодательства целесообразно приведение во внутриотраслевое соответствие диспозиций ст. 205.5 и 282.2 УК РФ;
- е) дополнение ч. 3 ст. 282.2 УК РФ п. «в» следующего содержания: «деяния, предусмотренные ч. 1, 1.1 или 2 настоящей статьи, совершенные лицом, являющимся участником международного общественного объединения и религиозной организации,

в отношении которых судом принято вступившее в законную силу решение о ликвидации или запрете деятельности на территории Российской Федерации».

### Литература

1. Борисов, С. В. Экстремистское сообщество как вид организованной группы / С. В. Борисов. – Текст : непосредственный // Закон и право. – 2010. – № 1. – С. 105-106.
2. Борисов, С. В. Квалификация преступлений экстремистской направленности : учебное пособие / С. В. Борисов, А. В. Жеребченко. – Москва : Волтерс Клувер, 2011. – 288 с. – Текст : непосредственный.
3. Горемычкин, И. Е. Уголовно-правовые нормы о групповых преступлениях в институте соучастия : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / И. Е. Горемычкин. – Москва, 2020. – 201 с. – Текст : непосредственный.
4. Зубалова, О. А. Уголовно-правовые меры борьбы с организацией экстремистского сообщества : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / О. А. Зубалова. – Нижний Новгород, 2013. – 180 с. – Текст : непосредственный.
5. Козаченко, И. Я. О совершенствовании правовой регламентации преступлений экстремистской направленности / И. Я. Козаченко, С. В. Розенко. – Текст : непосредственный // Правоведение. – 2013. – № 1 (306). – С. 115-123.
6. Краткая характеристика состояния преступности в Российской Федерации за январь – декабрь 2017 года. – Текст : электронный // URL: <https://мвд.рф/reports/item/12167987/> (дата обращения: 11.04.2022).
7. Краткая характеристика состояния преступности в Российской Федерации за январь – декабрь 2021 года. – Текст : электронный // URL: <https://мвд.рф/reports/item/28021552/> (дата обращения: 11.04.2022).
8. Международное религиозное объединение «Нурджулар»; Международное религиозное объединение «Таблиги Джамаат»; Международное религиозное объединение «Ат-Такфир Валь-Хиджра»; Международное объединение «Кровь и Честь»; Международное общественное движение «Арестантское уголовное единство» – Текст : электронный // Перечень общественных объединений и религиозных организаций, в отношении которых судом принято вступившее в законную силу решение о ликвидации или запрете деятельности по основаниям, предусмотренным Федеральным законом от 25.07.2002 № 114-ФЗ «О противодействии экстремистской деятельности» // URL: <https://minjust.gov.ru/ru/documents/7822/> (дата обращения: 11.04.2022).
9. Петрянин, А. В. Личность экстремиста: криминологический аспект / А. В. Петрянин. – Текст : непосредственный // Юридическая наука и практика: Вестник Нижегородской академии МВД России. – 2012. – № 4 (20). – С. 104-109.
10. Петрянин, А. В. Концептуальные основы противодействия преступлениям экстремистской направленности: теоретико-прикладное исследование : диссертация на соискание ученой степени доктора юридических наук / А. В. Петрянин. – Нижний Новгород, 2015. – 490 с. – Текст : непосредственный.
11. Полиция решила оградить российских подростков от манипуляторов и АУЕ в Сети. – URL: <https://lenta.ru/news/2020/09/01/protect/> (дата обращения: 11.04.2022). – Текст : электронный.
12. Резолюция № 2368, принятая Советом Безопасности ООН на его 8007-м заседании 20 июля 2017 г. – URL: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N17/223/48/PDF/N1722348.pdf> (дата обращения: 11.04.2022). – Текст : электронный.
13. Тюнин, В. Организация экстремистского сообщества / В. Тюнин. – Текст : непосредственный // Уголовное право. – 2006. – № 3. – С. 51-54.

14. Фридинский, С. Н. Борьба с экстремизмом: уголовно-правовые и криминологические аспекты : монография / С. Н. Фридинский. – Ростов-на-Дону : РЮИ МВД России, 2004. – 195 с. – Текст : непосредственный.

15. Фридинский, С. Н. Противодействие экстремистской деятельности (экстремизму) в России (социально-правовое и криминологическое исследование) : диссертация на соискание ученой степени доктора юридических наук / С. Н. Фридинский. – Москва, 2011. – 366 с. – Текст : непосредственный.

16. Хлебушкин, А. Г. Квалификация деятельности экстремистской организации / А. Г. Хлебушкин. – Текст : непосредственный // Законность. -2012. – № 3. – С. 12-15.

17. Хлебушкин, А. Г. Преступный экстремизм: понятие, виды, проблемы криминализации и пенализации : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / А. Г. Хлебушкин. – Саратов, 2007. – 27 с. – Текст : непосредственный.

18. Экстремистские материалы. – URL: <https://minjust.gov.ru/ru/extremist-materials/> (дата обращения: 11.04.2022). – Текст : электронный.

19. Юдичева, С. А. Уголовная ответственность за организацию экстремистского сообщества и участие в нем : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / С. А. Юдичева. – Москва, 2014. – 219 с. – Текст : непосредственный.

20. Яни, П. С. Квалификация преступлений экстремистской направленности / П. С. Яни. – Текст : непосредственный // Российская юстиция. – 2011. – № 10. – С. 11-16.

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАВОПРИМЕНИТЕЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ**

**Назаренко Геннадий Васильевич**  
доктор юридических наук, профессор,  
профессор кафедры уголовного права  
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»  
Курск, Россия  
E-mail: nazarenkogen@gmail.com

*В данной публикации предметом исследования являются теоретические проблемы и явления, препятствующие нормальному информационному обеспечению правоприменительной политики. В связи с этим в статье дан правовой анализ информационного обеспечения соответствующей политики. В качестве цели исследования выступает поиск путей преодоления некачественной правовой информации, функционирующей в публичной сфере и негативно отражающейся на проводимой правоприменительной политике. В методологическую основу исследования включены диалектический, исторический, сравнительно-правовой методы и законодательно-текстологическая интерпретация ряда публикаций. Основные результаты и выводы: в результате проведённого исследования сделан вывод, что информационное обеспечение правоприменительной политики представляет собой целенаправленную правовую деятельность, которая включает теоретический и прикладной аспекты. При этом важнейшую роль в информационном обеспечении выполняют носители правовой информации, которые создают и распространяют сведения, имеющие политико-правовое значение.*

*Ключевые слова: правоприменительная политика, правовое обеспечение политики, носители правовой информации, постмодернистские построения.*

## **INFORMATION SUPPORT OF LAW ENFORCEMENT POLICY**

**Gennady V. Nazarenko**  
Doctor of Law Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Criminal Law,  
Southwest State University  
Kursk, Russia  
E-mail: nazarenkogen@gmail.com

*In this publication, the subject of research is theoretical problems and phenomena that hinder the normal information support of law enforcement policy. In this regard, the article provides a legal analysis of the information support of the relevant policy. The aim of the study is to find ways to overcome low-quality legal information functioning in the public sphere and negatively affecting the law enforcement policy. The methodological basis of the research includes the dialectical, historical, comparative legal methods and the legislative and textual interpretation of a number of publications. Main results and conclusions: as a result of the conducted research, it was concluded that the information support of law enforcement policy is a purposeful legal activity that includes theoretical and applied aspects. At the same time, the most important role in information support is played by legal information providers who create and disseminate information of political and legal significance.*

*Keywords: law enforcement policy, legal provision of policy, legal information carriers, post-modern structures.*

## Введение

Об актуальности темы научной публикации свидетельствует ряд факторов: во-первых, предметом информационного обеспечения правоприменительной политики являются закономерности возникновения и функционирования правовой информации в политическом пространстве; во-вторых, сторонники постмодернизма активно пользуются рецептами своих западных наставников, что позволяет размывать устоявшиеся правовые понятия, а также манипулировать ложными понятиями. Целью исследования является определение путей преодоления некачественной правовой информации, функционирующей в публичной сфере, которая негативно отражается на проводимой правоприменительной политике. Задачами настоящего исследования являются: показ качества правовой информации, циркулирующей в юридической сфере, в том числе на примере теоретических изысканий специалистов по проблемам общей теории права и представителей постмодерна в отраслевых юридических науках. Методологической основой исследования являются диалектический, исторический и сравнительно-правовой методы исследования, которые дали возможность рассмотреть информационное обеспечение правоприменительной политики в развитии и взаимосвязи с другими социальными явлениями, а законодательно-текстологическая интерпретация публикаций по теме исследования позволила выявить методологическую порочность постмодернизма в правовой сфере. О научной новизне исследования свидетельствуют следующие выводные положения: 1) информационные искажения, создаваемые сторонниками постмодернизма в общей теории права и отраслевых науках, не способствуют осуществлению эффективной правоприменительной политики; 2) постмодернистский подход к действующему законодательству Российской Федерации и правоприменительной политике исключает объективность, так как главным проявлением постмодернизма является релятивизм и критическое отношение к социальной реальности, в том числе в правовой сфере.

## Результаты и обсуждение

Концепт «информационное обеспечение» прочно вошёл в научный и практический оборот и широко используется при рассмотрении проблем управления в целом и управления в органах юстиции. Вместе с тем в трудах правоведов проблемы информационного обеспечения правоприменительной политики разработаны недостаточно. Более того, нередко используемая информация имеет некачественный, частично искажённый характер. В этой связи представляется необходимым восполнить имеющийся теоретический пробел.

В юридической литературе информационное обеспечение правоприменительной политики понимается как целенаправленная деятельность по собиранию, анализу, систематизации, хранению, распространению правовой информации и созданию условий для её оптимального использования при разработке политических директив, принятии законов и других нормативных актов, а также в правоприменительной деятельности [2, с. 177].

Приведённая дефиниция в основном характеризует прикладную, то есть практическую сторону информационного обеспечения правоприменительной политики. Но есть и другая сторона информационного обеспечения политики, которая включает в себя научный, теоретический аспект. Соответственно, под информационным обеспечением политики следует понимать доктрину, предметом которой являются закономерности возникновения и функционирования правовой информации в политическом пространстве. Поскольку такая доктрина в настоящее время не создана, на повестку дня следует вынести задачи её разработки специалистами различных отраслей права.

Важнейшую составную часть информационного обеспечения правовой политики составляют специалисты, владеющие правовой информацией, производящие и воспроизводящие правовые знания в письменной и устной форме. В качестве таких лиц, прежде всего, выступает профессорско-преподавательский состав юридических вузов, факультетов и сотрудники научных учреждений, которые являются носителями, создателями и распространителями

правовой информации, пригодной для использования в правоприменительной и законодательной деятельности в рамках проводимой правоприменительной политики.

Рассмотрим качество правовой информации, циркулирующей в юридической сфере на примере теоретических изысканий специалистов по проблемам теории государства и права, и попытаемся определить, насколько эта информация способствует информационному обеспечению правоприменительной политики государства, которое согласно статье 1 Конституции Российской Федерации представляет собой демократическое федеративное государство с республиканской формой правления.

Профессор О. Э. Лейст, соавтор широко известного труда по проблемам теории государства и права, рассматривая общество, право и государство, отмечает, что в случае победы тоталитаризма в стране (имеется в виду отечественное государство. – *Н. Г.*) восстанавливаются многие черты, свойственные сословно-кастовому строю, что проявляется в установлении привилегий должностных лиц, развитии властно-собственнических отношений, в дотошной правовой регламентации частной жизни и подмене принципа законности всеобщей законопокорностью. При этом указанный автор солидаризируется с мнением М. Восленского, согласно которому в наше время наблюдается «прорыв феодального прошлого», эдакий «промышленный феодализм» [3, с. 596-598; 7, с. 58]. Справедливости ради отметим, что О. Э. Лейст делает оговорку: отождествление тоталитаризма и феодализма, которое проводит его предшественник, уместно лишь как публицистическая метафора. Но при этом он последовательно рассматривает классово-сословное деление общества как кастово-сословное и необоснованно ставит в один ряд касты, варны и социальные страты, при этом отождествляя привилегированные сословия с кастами [7, с. 36].

Судя по всему, отечественные теоретики полагают, что сословное и кастовое общество – суть родственные явления феодализма. Между тем общеизвестно, что индоведы, то есть специалисты по общественному устройству Индии, признают наличие каст, но отрицают историческое существование феодализма в этой стране. Так что обобщать сословия и касты, а тем более ставить их в один ряд со стратами, которые не имеют никакого отношения к феодализму, неуместно.

Точку зрения О. Э. Лейста без оговорок поддерживает девиантолог Я. И. Гишинский. Он пишет о сползании России в феодализм как о тенденции политической деградации, а в качестве примера феодальных порядков приводит привлечение к уголовной ответственности участниц «Pussy Riot», которые осуждены к лишению свободы за хулиганство в храме Христа Спасителя. Указанный автор считает, что суд вынес неправомерный приговор, так как в действиях осуждённых якобы отсутствует состав хулиганства, предусмотренный ст. 213 УК РФ [8; 11, с. 123]. Я. И. Гишинский использует термин «феодализм» как оценочное понятие, символизирующее в его представлении негативные явления, которые имели место в средневековье и якобы продолжают существовать в наше время.

Возникает вопрос – какое качество информационного обеспечения правоприменительной политики способна обеспечить информация, противоречащая Конституции Российской Федерации и Уголовному кодексу РФ, охраняющие существующие общественные отношения от посягательств, к тому же растиражированная тысячами экземпляров и многократно воспроизведённая на лекциях, семинарах и в квалификационных работах.

Исследование автора данной статьи показывает, что идея о существовании феодализма в современной России оказалась настолько вирусной, что её сторонники в вузовской среде убеждены: феодализм в России – неоспоримый факт. Свою позицию эти лица аргументируют тем, что наличие феодализма подтверждает формирование сословий, имеющих разные права и обязанности, закреплённые законодательно. При этом они упускают из виду, что права и обязанности сословий в феодальном обществе передавались по наследству, а в демократическом обществе не существует каких-либо сословных границ, закреплённых пожизненно действующим законодательством. Важнейшей особенностью современного российского общества является социальная мобильность, которая даёт возможность индивиду перемещаться с одной социальной позиции на другую по горизонтали либо по вертикали. Признаки реального феодализма эта группа учёных игнорирует и безапелляционно использует



упрощённую модель стратификации, которая включает в себя деление общества на элиту (т.н. «включенные») и социальную массу («исключенные») [4, с. 91]. Однако современные стратификационные модели намного сложнее и вариативнее. С юридической точки зрения можно построить несколько стратификационных моделей, основой которых являются правовые статусы, ранги, льготы, специальные звания и так далее.

На мой взгляд, одна часть сторонников концепции неофеодализма лукавит в политических целях, несколько не задумываясь о том, что не способствует созданию реальных представлений о содержании общественных отношений в современной России и тем самым препятствует нормальному информационному обеспечению правоприменительной политики. Другая часть сторонников этой концепции пребывает в состоянии неведения, так как не может отличить оппозиционные лозунги и публицистические выпады в адрес действующей власти, как и метафорическое употребление термина «феодализм» применительно к общественному устройству Российской Федерации от научных концепций. В данном случае научная концепция, в которой имеется концептуальное ядро и периферические положения, свидетельствующие о наличии развитой теории, отсутствует.

Парадоксальным образом представления о существовании феодализма в современной России в высказываниях учёных-юристов сочетаются с утверждениями о том, что в Российской Федерации вступило в свои права общество постмодерна. И. Л. Честнов, например, пишет, что постмодернизм представляет собой релятивистский взгляд на мир и выступает как рефлексия, отрицающая незыблемые истины, взамен которой предлагается новое видение социальной реальности. Он точно отмечает, что критицизм постмодерна распространяется на представления о праве в привычном правопонимании [9, с. 4-16].

Проповедники постмодернизма активно пользуются рецептами своих западных наставников: размывают общепринятые правовые концепции, устоявшиеся научные понятия и категории, игнорируют предписания действующего законодательства, вносят неопределённость, относительность и многозначность в правовую информацию, фрагментируют целостное знание о государстве, праве и правовой политике, оперируют симулякрами, наподобие промышленного феодализма, а также манипулируют микронарративами и ложными понятиями. Неслучайно один из теоретиков постмодернизма П. Андерсон отмечает шизофреническую раздвоенность постмодерна как свойственную ему особенность [1, с. 7]. В постмодернистских построениях причудливо сочетается несочетаемое: феодализм и постмодернизм, норма и не норма, дозволенное и недозволенное.

Постмодернистский подход к действующему законодательству Российской Федерации и правоприменительной политике исключает объективность, так как главным проявлением постмодернизма является релятивизм и критическое отношение к социальной реальности, в том числе в правовой сфере. Я. И. Гишинский, последовательный сторонник осуществления правоприменительной политики на постмодернистской основе, пишет, что ему хотелось бы последовать призыву немецкого профессора Х. Йешека об отмене уголовного законодательства как несовместимого с правами и свободой человека [5, с. 22]. В этой связи отечественный автор предлагает декриминализовать многие преступления против конституционных прав и свобод (глава 19 УК) и большинство преступлений, совершаемых в сфере экономической деятельности (глава 22 УК), и таким же образом поступить с преступлениями против интересов службы в коммерческих и иных организациях (глава 23 УК), а заодно объявляет бессмысленными и надуманными составы преступлений, предусматривающие ответственность за экстремистскую деятельность, так как эти составы отсутствуют в зарубежных криминальных кодексах [5, с. 20]. Однако такого рода предложения не поддерживаются специалистами по уголовному праву и криминологии, признающими общественную опасность указанных видов преступлений [6, 21-25; 10, с. 42-49].

Сказанное означает, что правовое сознание лиц, призванных участвовать в информационном обеспечении правоприменительной политики, подверглось значительной деформации, и в настоящее время процесс информационного обеспечения правоприменительной политики поддерживается на должном уровне в основном за счёт правоприменительной практики. Можно ожидать, что в бли-

жайшие годы уровень информационного обеспечения существенно снизится, а вместе с ним правовое регулирование общественных отношений приобретёт более проблемный характер. Постмодернистский подход к правоприменительной политике деструктивен и не нуждается в нормальном информационном обеспечении, ибо понятие нормы сторонники постмодернизма релятивируют, а правовую информацию субъективируют либо отрицают за ненадобностью

### **Заключение и выводы**

В данной публикации представлены следующие результаты и выводы: 1) предметом информационного обеспечения правоприменительной политики являются закономерности возникновения и функционирования правовой информации в политическом пространстве; 2) концепция нефеодализма, введенная в научный оборот идеологами постмодернизма, не способствует созданию реальных представлений о содержании общественных отношений в современной России и тем самым препятствует нормальному информационному обеспечению правоприменительной политики; 3) сторонники осуществления правоприменительной политики на постмодернистской основе призывают к отмене уголовного законодательства как несовместимого с правами и свободой человека, предлагают декриминализовать многие преступления против конституционных прав и свобод, в сфере экономической деятельности, против интересов службы в коммерческих и иных организациях, необоснованно объявляют бессмысленными и надуманными составы преступлений, предусматривающие ответственность за экстремистскую деятельность. О практической значимости научной публикации свидетельствует необходимость проведения дальнейших исследований в сфере информационного обеспечения правоприменительной политики, поскольку постмодернистский подход к правоприменительной политике деструктивен, ибо главным проявлением постмодернизма является релятивизм и критическое отношение к социальной реальности, в том числе в правовой сфере.

### **Литература**

1. Андерсон, П. Истоки постмодернизма / П. Андерсон. – Москва : Территория будущего, 2011. – 208 с. – Текст : непосредственный.
2. Босхолов, С. С. Основы уголовной политики : монография / С. С. Босхолов. – Москва : Центр ЮрИнфоР, 2004. – 301 с. – Текст : непосредственный.
3. Восленский, М. С. Номенклатура / М. С. Восленский. – Москва : МР «Октябрь», 1991. – 624 с. – Текст : непосредственный.
4. Горлач, М. Ю. Правонарушители в обществе «исключённых». – Текст : непосредственный // Евразийский юридический журнал. – 2018. – № 6 (121). – С. 90–93.
5. Гишинский, Я. И. Уголовная политика и общие вопросы уголовного права / Я. И. Гишинский. – Текст : непосредственный // Уголовное право: стратегия развития в XXI веке. – Москва : Проспект, 2017. – С. 19–22.
6. Кужиков, В. Н. Уголовная политика по противодействию преступлениям в сфере экономической деятельности / В. Н. Кужиков, Р. Л. Габдрахманов, М. В. Денисенко. – Текст : непосредственный // Российский следователь. – 2017. – № 1. – С. 21–25.
7. Лейст, О. Э. Общество, право и государство / О.Э. Лейст. – Текст : непосредственный // Проблемы теории государства и права : учебное пособие. – Москва : Проспект, 1999. – С. 30–62.
8. Творчество как позитивная девиантность : монография / И. Я. Гишинский [и др.]. – Санкт-Петербург : Алеф Пресс, 2015. – 279 с. – Текст : непосредственный.
9. Честнов, И. К. Правопонимание в эпоху постмодерна / И. К. Честнов. – Текст : непосредственный // Правоведение. – 2002. – № 2 (241). – С. 4–16.
10. Фёдоров, А. В. Российская уголовно-правовая политика и правовое содержание уголовного закона / А. В. Фёдоров. – Текст : непосредственный // Российский следователь. – 2017. – № 13. – С. 42–49.
11. Хуторянин, Е. Миражи высшего образования / Е. Хуторянин. – Орёл, 2018. – 128 с. – Текст : непосредственный.

**ДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ПРОСТУПКИ ОСУЖДЕННЫХ  
ПО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВУ ИСПАНИИ**

**Сиряков Алексей Николаевич**

*кандидат юридических наук, доцент,  
доцент кафедры уголовно-исполнительного права,  
Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний  
Рязань, Россия  
E-mail: 643350@mail.ru*

*Предмет исследования: дисциплинарный проступок как юридическое основание привлечения осужденных к ответственности.*

*Цель исследования: формирование предложений о возможности использования испанского опыта при совершенствовании уголовно-исполнительного законодательства России.*

*Перечень методов и объектов исследования. Для получения результатов исследования использовались методы познания, применяемые в гуманитарных (юридических) науках. Метод контент-анализа применялся при исследовании содержания решений Конституционного суда Испании, провинциальных пенитенциарных судов. Логический и системно-структурный методы были применены при исследовании построения дисциплинарных проступков в нормативных документах. Сравнительно-правовой метод использовался при сопоставлении испанских и российских норм о дисциплинарных проступках.*

*Выводы по результатам исследования: 1) испанскими нормативно-правовыми актами предусматриваются особо злостные, злостные и незначительные деяния; 2) содержание многих проступков пересекается с признаками преступлений, что вызывает межотраслевые коллизии. Их разрешение, при определенных условиях, допустимо путем применения одновременно дисциплинарного взыскания и уголовного наказания; 3) разновидности проступков вызывают проблему их отграничения друг от друга, что требует судебного вмешательства и толкования; 4) испанский опыт целесообразно учитывать при формировании отечественной системы дисциплинарных взысканий.*

*Ключевые слова: дисциплинарные проступки, осужденные, лишение свободы, Испания.*

**DISCIPLINARY OFFENSES OF PRISONERS ON LEGISLATION SPAIN**

**Alexey N. Siryakov**

*Candidate of Law Sciences,  
Associate Professor of the Department of Criminal Executive Law  
Academy of Law and Administration of the Federal Penitentiary Service  
Ryazan, Russia  
E-mail: 643350@mail.ru*

*Subject of research: a disciplinary offense is a legal basis for bringing prisoners to justice.*

*Purpose of the study: formulation of proposals about the possibility of using the Spanish experience in improving the penal enforcement legislation of Russia.*

*List of methods and objects of research. To obtain the results of the research, the methods of cognition used in the humanities (legal) sciences were used. The methods content analysis was used in the study Decisions of the Constitutional Court of Spain, Provincial Penitentiary Courts. Logical and systemic-structural methods they were used in the study of the construction of disciplinary of-*

*fenses in regulatory documents. The comparative legal method was used when comparing Spanish and Russian norms on disciplinary offenses.*

*Conclusions based on the result of the study: 1) particularly grave offenses, grave offenses and minor offenses are provided for in the regulatory legal acts of Spain; 2) the content of many offenses intersects with the elements of a crimes. This causes conflict branch of law. Simultaneous application of disciplinary punishment and criminal punishment is permissible under certain conditions; 3) types of disciplinary offenses pose a challenge of their separation from each other, which requires judicial intervention and interpretation; 4) the Spanish experience may be taken into account in the formation of the domestic system of disciplinary offenses.*

*Keywords: disciplinary offenses, prisoners, imprisonment, Spain.*

---

## **Введение**

В отечественной науке уголовно-исполнительного права и практике исполнения лишения свободы одним из актуальных и востребованных вопросов является правовое регулирование и реализация юридической ответственности осужденных нарушителей.

В их основе лежат различные деяния, допускаемые осужденными в процессе отбывания лишения свободы. Оставляя за скобками уголовные, гражданско-правовые и административные меры, достаточно интересной представляется специфика оснований привлечения осужденных к дисциплинарной ответственности, предусмотренной ст.ст. 115 и 116 Уголовно-исполнительного кодекса РФ (далее – УИК РФ). О необходимости изменений в этой области на уровне диссертационных и монографических исследований В. С. Епанешникова (2000) [1, С. 26–29], А. М. Меликяна (2000) [2, С. 10–16], П. Е. Конегера (2002) [3, С. 129–178], Г. В. Курбатовой (2003) [4, С. 15–16], (2018) [5, С. 35–76] отстаиваются мнения о необходимости правового оформления понятия дисциплинарного проступка, классификации нарушений, исчерпывающего списка проступков, соответствующих (рекомендованных) им взысканий, детализации порядка привлечения к дисциплинарным взысканиям путем внесения соответствующих изменений в УИК РФ, разработки дисциплинарного устава (инструкции).

Вместе с тем для обоснования необходимости изменений важно обращение к опыту зарубежных стран. На примере Испании интересно оценить специфику нормативной основы дисциплинарных проступков и практику ее реализации. Это позволит расширить знания о потенциале правового регулирования данной сферы, сформулировать выводы о положительных и отрицательных сторонах дисциплинарного режима, соответствия российским реалиям исполнения лишения свободы.

## **Результаты и обсуждение**

Закрепление дисциплинарной ответственности осужденных к лишению свободы в Испании содержится в трех документах. К ним относятся Органический закон 1/1979, от 26 сентября «Общий пенитенциарный закон» (далее LOGP); Королевские указы 1201/1981 от 8 мая «Об утверждении пенитенциарного регламента» (далее RP81); 190/1996 от 9 февраля «Об утверждении пенитенциарного регламента» (далее – RP). Нетрудно заметить одновременное действие двух пенитенциарных регламентов. Более двадцати шести лет назад в ходе проведения испанской реформы уголовного и пенитенциарного законодательства поднимался вопрос о необходимости включения перечня дисциплинарных проступков в LOGP, однако при рассмотрении законопроекта на Пленарном заседании Конгресса депутатов (нижняя палата) осенью 1995 года он был отклонен [6]. Депутаты посчитали необходимым более тщательную его проработку. Вскоре был принят Уголовный кодекс Испании (далее – CP), а через несколько месяцев – новый RP. Старый регламент (RP81) отменили за исключением статей 108, 109, 110 и 111, касающихся перечня дисциплинарных проступков и взысканий.

В соответствии с RP81 все дисциплинарные проступки классифицированы на три группы (категории). Их последовательное расположение «особо злостные (muu graves) – злостные (graves) – незначительные (leves)» позволяет заявить об определенной системе.

Отчетливо прослеживаются горизонтальные связи между всеми или отдельными группами (категориями) деяний. Один и тот же проступок в зависимости от квалифицирующих признаков может быть отнесен ко всем трем группам. Например, посягательство на личность любого лица, находящегося в учреждении (кроме осужденных), администрацию, должностных лиц суда или учреждения как внутри, так и за его пределами рассматривается как особо злостное (при нападении, угрозе или понуждении, когда происходит воздействие на здоровье, свободу действий личности); злостное (клевета, оскорбление, надругательство, грубая бестактность – при действиях против чести и достоинства); незначительное, когда имеет место незначительное неуважение без проявления грубости, деяние. Отличием здесь выступает охраняемый объект и форма посягательства. Неисполнение приказа органа или должностного лица, законно осуществляющего свои полномочия, – особо злостный (в случае активного и серьезного сопротивления приказу), злостный (при отсутствии признака активности и серьезности либо наличии пассивности); незначительный (то же деяние, не приводящее к нарушению режима и порядка в учреждении) дисциплинарный проступок. В основу разделения здесь положен способ совершения деяния, наступившие последствия. Порча имущества также может быть особо злостным (умысел в сочетании с крупным ущербом); злостным (умысел в сочетании с незначительным ущербом либо серьезный ущерб в сочетании с безрассудной халатностью) и незначительным (серьезный ущерб в сочетании отсутствия осмотрительности или заботы) проступком, в зависимости от формы вины и наступивших последствий.

Юридически значимым признаком для разграничения особо злостных и злостных деяний выступает стадия совершения дисциплинарного проступка. Оконченное деяние в виде участия в бунтах, коллективных протестах, массовых беспорядках или подстрекательство к ним – есть особо злостный проступок, покушение на них – злостный. Имеет значение цель. Если распространение заведомо ложных сведений или данных совершается с намерением подорвать безопасность учреждения – особо злостный проступок, а направленное на режим учреждения – злостный. Посягательство на личность осужденных в зависимости от охраняемого объекта и степени причинения вреда в форме нападения (здоровье) или тяжкого понуждения (свобода действий) – особо злостное деяние, а оскорбление других заключенных (честь) или побои (здоровье) – злостное.

Наглядно связь деяний возможно наблюдать в табл. 1.

Таблица 1 – Распределение квалифицирующих признаков деяния по категориям проступков

Ст. 108 особо злостные	Ст. 109 злостные	Ст. 110 незначительные
<b>посягательство на личность любого лица (кроме осужденного)</b>		
b) нападение, угроза, понуждение	a) клевета, оскорбление, надругательство, грубая бестактность	a) незначительное неуважение
<b>неисполнение приказа</b>		
d) активное и серьезное сопротивление	b) неповиновение приказам, пассивное сопротивление их исполнению	b) неповиновение приказам, не приводящее к нарушению режима и порядка
<b>порча имущества</b>		
умышленная порча недвижимого и движимого имущества, оборудования учреждения или собственности других лиц, если это повлекло причинение		e) причинение серьезного ущерба недвижимому и движимому имуществу, оборудованию учреждения или собственности других лиц вследствие отсутствия осмотрительности или заботы
f) крупного ущерба	e) незначительного ущерба, а также серьезного ущерба при безрассудной халатности	

<b>бунты, коллективные протесты, массовые беспорядки</b>	
а) или подстрекательство к ним, если они имели место	с) подстрекательство без получения поддержки со стороны осужденных
<b>посягательство на личность осужденного</b>	
с) нападение или тяжкое понуждение	д) оскорбление других осужденных или побой
распространение заведомо ложных сведений или данных с намерением подорвать	
h) безопасность учреждения	h) надлежащий порядок учреждения

Остальные проступки между собой не связаны. К ним относятся: покушение, содействие либо доведение до конца побега, 108(е); хищение материалов или имущества учреждения, других лиц, 108(г); посягательство на общественный порядок с актами серьезных неприличных поступков, 108(и) (особо злостные деяния); пронос, изготовление или хранение в учреждении запрещенных предметов, 109(ф); организация или участие в запрещенных азартных играх, 109(г); употребление алкогольных напитков, наркотических средств и психотропных веществ, за исключением разрешенных в медицинском порядке, 109(и) (злостные); предъявление жалоб в неустановленном порядке, 110(с); злоупотребление и нанесение вреда предметами, не запрещенными нормами внутреннего режима, 110(д); любые другие действия или бездействие заключенного, нарушающие режим и порядок, не охватываемые пенитенциарным регламентом, 110(ф) (незначительные).

О наличии системы свидетельствует вертикальное размещение проступков в зависимости от степени их общественной опасности: от наиболее опасных к наименее. В частности, в ст. 124 RP81 указывается: первые шесть деяний ст. 108 RP81 – есть случаи грубого нарушения дисциплины (*actos de indisciplina grave*), на которые согласно ст. 44.3 LOGP не распространяются правила отсрочки при обжаловании. За совершение особо злостных проступков предусматривается более строгая дисциплинарная ответственность в виде изоляции в камере до 14 суток либо изоляции до семи выходных, а за совершение незначительных – лишение общих прогулок и развлекательных мероприятий продолжительностью до трех дней и выговор (статья 233 RP).

Анализ УИК РФ дает основания полагать, что существует два вида проступков: злостные и незлостные нарушения установленного режима отбывания наказания. Для первой группы зафиксирован исчерпывающий перечень из девяти дисциплинарных проступков и сделана оговорка, что любое повторное нарушение, если за каждое из них осужденный был подвергнут взысканию в виде водворения в штрафной изолятор или дисциплинарный изолятор, может быть злостным. Остальные нарушения проистекают из содержания обязанностей, запретов правил внутреннего распорядка исправительных учреждений, а именно: незаправленная постель, несоблюдение распорядка дня, нанесение татуировок, участие в играх с целью получения материальной выгоды, неявка по вызову администрации исправительного учреждения, самовольный выход за пределы изолированного участка и другие.

При сравнении испанских и российских норм мы находим прямое сходство по ряду проступков, что наглядно представлено в табл. 2.

Таблица 2 – Сопряжение дисциплинарных проступков в Испании и России

RP81	Ст. 116 УИК РФ
Бунты, коллективные протесты, массовые беспорядки, 108(a), 109(c)	Организация забастовок или иных групповых неповиновений, а равно активное участие в них; организация группировок осужденных, направленных на совершение указанных в настоящей статье правонарушений, а равно активное участие в них;
неисполнение приказа, 108(d), 109(b), 110(b)	угроза, неповиновение представителям администрации исправительного учреждения или их оскорбление при отсутствии признаков преступления;
посягательство на общественный порядок с актами серьезных неприличных поступков, 108(i)	мелкое хулиганство;
употребление алкогольных напитков, наркотических средств и психотропных веществ, за исключением разрешенных в медицинском порядке, 109(i)	употребление спиртных напитков либо наркотических средств или психотропных веществ;
пронос, изготовление или хранение в учреждениях запрещенных предметов, 109(f)	изготовление, хранение или передача запрещенных предметов

Как видим, часть испанских особо злостных и злостных проступков не совпадает с отечественным содержанием злостных проступков, и наоборот. Так, уклонение от исполнения принудительных мер медицинского характера или от обязательного лечения, назначенного судом или решением медицинской комиссии; мужеложство, лесбиянство; отказ от работы или прекращение работы без уважительных причин в испанской юрисдикции не нашли нормативного оформления. В свою очередь, отечественному уголовно-исполнительному законодательству неизвестны проступки в виде посягательств на личность, распространения заведомо ложных сведений или данных с намерением подорвать безопасность или порядок учреждения, побега, порчи имущества, хищения, организации и участия в азартных играх. Однако такие проступки, предусмотренные испанским законодательством, в российских исправительных учреждениях получают не дисциплинарную, а уголовно-правовую и административную оценку.

Испанцами дано исчерпывающее перечисление особо злостных и злостных проступков и открытый перечень незначительных, а в ч. 2 ст. 116 УИК РФ оставлена возможность любые повторные взыскания признавать злостными, если за каждое из них в течение года следовало взыскание в виде водворения в штрафной изолятор. Очевидно, вывод о чрезмерной суровости российских дисциплинарных мер, как может показаться на первый взгляд, будет преждевременным. В испанской пенитенциарной практике статьи о неисполнении приказа являются наиболее применимыми [7, Р. 132]. По факту они проистекают из содержания обязанностей и запретов осужденных, что означает возможность их приложения к значительному количеству форм поведения осужденных.

При некотором сходстве характера запрещенных деяний в отечественном законодательстве отсутствует система дисциплинарных проступков, проявляющаяся в наличии горизонтальных и вертикальных связей. Злостные нарушения перечисляются через запятую, что свидетельствует о равной степени их вредности с позиции законодателя. Взыскания по действующему российскому законодательству, в отличие от испанского, не привязаны к имеющимся нарушениям (за исключением дисциплинарного штрафа), позволяют администрации исправительного учреждения иметь свободу маневра и применять любые виды взысканий в зависимости от обстоятельств совершения нарушения, личности осужденного, его предшествующего поведения. Единственное требование состоит о соответствии взыскания тяжести и характеру нарушения.

Качество юридических текстов о дисциплинарных проступках осужденных в Испании нельзя оценить однозначно. Заслуживает внимания дифференциация дисциплинарных проступков и привязка к конкретным видам взысканий. Спорным выглядит выделение дисциплинарных проступков, пересекающихся или совпадающих с имеющимися в СР преступлениями-

ми. Еще в 1986 году в разъяснении 3/1986 Генеральной прокуратуры Испании (Consulta 3/1986, de 1 de diciembre, sobre reconocimiento de los derechos y garantías procesales de todo detenido a los reclusos autores de faltas disciplinarias que puedan constituir infracciones delictivas) указывалось на общность особо злостных и злостных дисциплинарных проступков с преступлениями [8].

Бунты, коллективные протесты, массовые беспорядки находят свой запрет как в RP81, так и в CP, ст. 544 которого устанавливает ответственность за мятеж – публичное и массовое воспрепятствование силой, другими незаконными способами органу власти, официальной корпорации или должностному лицу осуществлять свои функции, исполнять решения административных и судебных органов. Массовые беспорядки (*desórdenes colectivos*) имеют сходство с нарушениями общественного порядка (*De los desórdenes públicos*), предполагающими телесные повреждения, имущественный ущерб, захват зданий или сооружений, запрещенный ст.ст. 557-559 CP.

Нападение (*agredir*), угроза (*amenazar*) или понуждение (*coaccionar*) на лиц, не являющихся осужденными (ст. 108 п. »b» RP, ст. 109 п. »a» RP81) и осужденных ст. 108(с), ст. 109(d), неисполнение приказа в виде активного и грубого сопротивления (ст. 108(d) RP81) могут получить уголовно-правовую оценку в значительном количестве преступлений, о чем свидетельствуют наименования глав Книги II CP, «Угрозы» (*de las amenazas*), «Понуждения» (*de las coacciones*), содержание уголовного закона. Предусмотрена ответственность за преступления, направленные на то или иное повреждение телесной целостности человека (ст. 147 CP и др.); за угрозу убийством, причинение телесного повреждения, посягательство на половую свободу и неприкосновенность, честь, имущество (ст. 169 CP и др.); препятствование или понуждение к тому или иному действию (ст. 172 CP); нападение на представителей власти или оказание им серьезного сопротивления с использованием запугивания и насилия (ст. 550 CP); оказание серьезного сопротивления или неповиновения представителям власти при исполнении ими своих обязанностей (ст. 556 CP).

Покушение, содействие либо доведение до конца побега, ст. 108(e) RP81, довольно близко с диспозицией ст. 469 CP, установившей наказуемость побега из места заключения с использованием насилия или запугивания.

Аналогичная ситуация наблюдается в отношении порчи имущества (ст.ст. 108(f), 109(e), 110(e) RP81) и ст. 263 CP об уголовном наказании за причинение ущерба чужому имуществу.

Хищение материалов или имущества учреждения, других лиц (ст. 108(g) RP81) может быть квалифицировано по ст.ст. 234-235 CP как кража. Неисполнение приказа (ст.ст. 108(d), 109(b), 110(b) подлжит проверке на предмет выяснения признаков ст. 634 CP о невежливом и непочтительном обращении с должностным лицом или представителем власти либо оказании им незначительного неповиновения во время исполнения своих функций.

Эти и другие случаи порождают закономерные вопросы об уголовной либо дисциплинарной ответственности нарушителя, конкуренции CP и RP или допустимости одновременного привлечения к двум видам ответственности, поскольку положения ч. 4 ст. 232 RP гласят: «За деяния, влияющие на обеспечение безопасности и порядка, представляющие собой преступления, также могут быть наложены дисциплинарные взыскания. В таких случаях в соответствии со ст. 284 закона об уголовном судопроизводстве о случившемся доводится до сведения прокуратуры и компетентного судебного органа после проведения обеспечительных следственных действий».

В специальной литературе и судебной практике Испании данная проблема нашла свое разрешение в виде исключения в ряде случаев действия общепризнанного принципа *non bis in idem* о невозможности повторного привлечения к ответственности за одно и то же правонарушение [9, с. 86–87]. Отмечается, что еще в XIX веке немецкие ученые-юристы (О. Майер), стоявшие у истоков административного права, разработали концепцию особых подчиненных отношений (*supremacía especial*). Их публично-правовой характер предполагает взаимодействие субъектов, наделенных властью, и подчиняющихся им лиц (госслужащие, военнослужащие, осужденные и т. д.) для достижения какой-либо государственной задачи. Разновидностью указанных отношений являются право-пенитенциарные (*jurídico-penitenciaria*), возникающие с момента вступления в законную силу судебного приговора и



прекращающиеся отбытием осужденным наказания [10, Р. 148–149]. Их сторонами являются пенитенциарная администрация, компетентные судебные органы, заключенный под стражу или осужденный [11, Р. 109]. При совершении осужденным преступления, одновременно являющегося дисциплинарным проступком, должно следовать уголовное наказание, назначаемое судом, и дисциплинарное взыскание, налагаемое администрацией в рамках право-пенитенциарных отношений, но только если деяние было направлено на безопасность и порядок в учреждении и после вынесения приговора [12, Р. 568]. В качестве иллюстрации приведем случай, когда осужденный, желающий совершить суицид, предупредил своего соседа по камере, угрожая убийством, не сообщать о своих попытках сотрудникам. С одной стороны, деяние посягает на свободу действий и здоровье потерпевшего и охватывается ст. 172.1 СР, с другой – направлено на безопасность и порядок в учреждении, квалифицируется как особо злостный проступок в виде понуждения осужденных (ст. 108(с) RP81). Именно направленность посягательства на нарушение безопасности и порядка в учреждении является критерием, позволяющим назначить дисциплинарное взыскание в дополнение к уголовному наказанию.

Еще пример связан с признанием законным Провинциальным судом Сарагосы (*Sentencia de la Audiencia Provincial de Zaragoza de fecha 24/09/01. Del artículo 232.4 del Reglamento Penitenciario de deriva la posibilidad de dualidad de sanciones*) одновременного применения ст. 634 СР о незначительном неповиновении должностному лицу при исполнении своих обязанностей и RP81. Закрывая камеру, сотрудник учреждения обнаружил курящего, по его предположению, наркотическое средство осужденного и несколько раз предложил предъявить ему окурки. Осужденный, проигнорировав просьбы сотрудника учреждения, выбросил окурки в окно. Суд, процитировав ч. 4 ст. 232 RP, подтвердил возможность двойственных санкций и исключение из принципа *non bis in idem* [13, Р. 481–482].

В следующем деле осужденный не вернулся в учреждение из отпуска, впоследствии задержан и привлечен одновременно к уголовной и дисциплинарной ответственности за побег. Провинциальный суд Гранады (*Auto de la Audiencia Provincial de Granada de fecha 20/01/03. Aplicación del principio “non bis in idem”. Supuesto de quebrantamiento tras un permiso. No hay falta del artículo 108 e.*) постановил решение об отмене дисциплинарного взыскания при условии вынесения окончательного обвинительного приговора, поскольку побег не ставил под угрозу безопасность и порядок в учреждении [13, Р. 483–484]. В аналогичной ситуации побега осужденный был привлечен к уголовной ответственности по статье 468.1 СР, но в жалобе пытался отменить приговор, ссылаясь на нарушение принципа *non bis in idem*, поскольку после своего задержания привлекался за побег к дисциплинарной ответственности, находясь 10 дней в одиночной камере. Интересно, но Провинциальный суд Мадрида своим решением не удовлетворил жалобу (*Sentencia de la audiencia Provincial de Madrid Sección N° 15 de fecha 14/01/2019*) [14, Р. 509–516]. Во-первых, суд сослался на приоритет уголовного наказания над дисциплинарным взысканием, во-вторых, допуская возможность вычета ранее наложенного дисциплинарного взыскания из размера уголовного наказания, он указал на недоказанность факта привлечения осужденного к дисциплинарному взысканию.

В практике Конституционного суда такой подход был отмечен целым рядом решений. Принцип *non bis in idem* предполагает не налагать двойные наказания – административные и уголовные в случаях тождества личности, факта и основания при полном отсутствии особых отношений подчинения – должностных лиц, государственных служащих, обладателей раз-решений и так далее..., способных реализовывать *ius puniendi* (право наказания) в рамках своих административных полномочий (*Sentencia Tribunal Constitucional 2/1981, de 30 de enero, п. 4*) [15]. Неоднократно подчеркивалось подчиненное администрации положение осужденного (*Sentencia Tribunal Constitucional 74/1985, de 18 de junio, п. 2, Sentencia Tribunal Constitucional 2/1987, de 21 de enero, п. 4*) [16, 17]. Основные права, провозглашенные в ст. 25.1 Конституции, не препятствуют параллелизму любых санкций и санкционных процедур, даже если они направлены на одни и те же деяния, но эти основные права заключаются

именно в том, чтобы не подвергаться двойному наказанию и не подвергаться двойному наказанию за те же деяния и на тех же основаниях (Sentencia Tribunal Constitucional 126/2011, de 18 de julio, п. 16) [18]. Предписывалось разрешать коллизию между судебным и административным производством в пользу первого посредством судебного контроля за административными актами через их обжалование; невозможность осуществлять административное преследование за проступок, являющийся преступлением до вынесения приговора; необходимость соблюдения решения суда (Sentencia Tribunal Constitucional 77/1983, de 3 de octubre) [19].

Здесь необходимо отнести пенитенциарную администрацию к субъектам, осуществляющим мероприятия по расследованию преступлений, в соответствии с ч. 7 ст. 283 Закона об уголовном судопроизводстве в редакции 02.07.2021 (Real Decreto de 14 de septiembre de 1882 por el que se aprueba la Ley de Enjuiciamiento Criminal (LECRIM) [20]. Они отражены в ст.ст. 282, 284, 286, 287 LECRIM и предоставляют полномочия по установлению подозреваемого, изъятию орудий и предметов преступления, собиранию доказательств, уведомлению следственного судьи и прокурора о совершении преступления, исполнении решений, вынесенных следственным судьей [21, С. 12–13]. Следовательно, при обнаружении события преступления пенитенциарная администрация проводит первоначальные мероприятия по расследованию преступления, после чего доводит информацию до сведения прокуратуры и компетентного судебного органа и приостанавливает дисциплинарное разбирательство до вынесения судом соответствующего решения.

Помимо необходимости разрешения межотраслевых коллизий еще одним недостатком испанского законодательства следует считать постоянную потребность отграничения одних дисциплинарных проступков от других при квалификации деяний, требующих судебного вмешательства. Так, в суде по надзору за пенитенциарными учреждениями провинции Кастильон (Auto del Juzgado de Vigilancia Penitenciaria de Castellón de fecha 04/02/11. La resistencia es consustancial al desorden colectivo) обжаловалось назначение двух дисциплинарных взысканий за драку между несколькими осужденными в тюремном дворе, которую разнимали сотрудники. Администрация привлекла виновных к ответственности по ст. 108(a) и ст. 108(d) RP81 за участие в бунтах, коллективных протестах, массовых беспорядках, а также за активное и серьезное сопротивление исполнению приказам. Суд отменил последнее взыскание, поскольку сопротивление является неотъемлемой частью массового беспорядка, имевшего место в пенитенциарном учреждении [22]. В Центральном суде по надзору за пенитенциарными учреждениями (Auto del Juzgado Central de Vigilancia Penitenciaria de fecha 28/02/2019) обжаловалось дело по привлечению к дисциплинарной ответственности за неповиновение приказам, ст. 109(b) и умышленную порчу недвижимого имущества, ст. 109(e). Основанием для взыскания явилось изображение осужденным на потолке своей камеры символа, похожего на флаг исламского государства, с несколькими словами на арабском языке. Суд посчитал такую квалификацию неверной и переквалифицировал деяние как незначительный проступок в виде неповиновения приказам, не приводящий к нарушению режима и порядка в учреждении, ст. 110(b) [14, Р. 521–523]. К такой же квалификации пришел данный суд (Auto del Juzgado Central de Vigilancia Penitenciaria de fecha 28/03/2019), рассматривая жалобу на взыскание по ст. 109(b) – злостный проступок, наложенное за заклеивание осужденным вентиляции в камере. По мнению суда, пенитенциарная администрация должна руководствоваться принципами применения взысканий, в том числе соразмерности [14, Р. 523–525]. Недостаточная правовая определенность приводит к необходимости судебного толкования деяний, правильного применения закона. Так, осужденный, получивший разрешение на выезд из учреждения, по возвращении опоздал на четыре часа десять минут и был привлечен к ответственности по уже известной нам ст. 109(b). Однако суд при рассмотрении жалобы в своем решении (Auto del Juzgado Central de Vigilancia Penitenciaria de fecha 10/12/2019) не считал возможным согласиться с квалификацией или применить ст. 108(f) – побег. Как следует из решения суда, опоздание на несколько часов с дисциплинарной точки зрения квалификации не подлежит, но не исключает негативных последствий в будущем при решении вопроса о предоставлении или отказе в

предоставлении разрешения на выезд, а при повторении такого поведения будет рассматриваться как злостный проступок [14, Р. 532–533].

Подобные вопросы связаны с нечетким формулированием законом отдельных деяний, использованием широких по своему объему или неопределенных терминов. Испанские специалисты полагают считать бунт обывательским наименованием мятежа, проявляющимся, в отличие от коллективного протеста, в форме активных насильственных, запугивающих действий [11, Р. 164]; нет единого понимания угроз в отношении любого лица, находящегося в учреждении ст. 108(b); невозможно выяснить без обращения к судебным прецедентам отличие сопротивления ст. 108(d), 109(b) от неповиновения ст. 109(b), 110(b); не устанавливается какой-либо дифференциации ответственности за пронос, изготовление или хранение в учреждении запрещенных предметов.

### Заключение и выводы

1. Оформление дисциплинарных нарушений в Испании в настоящее время требует своего совершенствования в направлении пересмотра перечня дисциплинарных взысканий и места их закрепления. Особенное возражение с нашей стороны вызывает наличие межотраслевых коллизий, требующих постоянной судебной аргументации соблюдения принципа *non bis in idem*. Несмотря на наличие в испанской доктрине оживленных дискуссий о необходимости завершения реформы пенитенциарного законодательства, правовая реальность остается без каких-либо существенных изменений.

2. В качестве положительного опыта следует рассматривать воплощение идеи юридического построения системы дисциплинарных взысканий. Испанская классификация дисциплинарных проступков представляется более дифференцированной в сравнении с аналогичной классификацией, предусмотренной в российском уголовно-исполнительном законодательстве. Это позволяет испанским властям обеспечивать справедливое применение мер дисциплинарного воздействия в зависимости от наличия или отсутствия квалифицирующих признаков в совершенном проступке осужденного. Улучшению положения дел в рассматриваемой области будет способствовать и привязка проступков к конкретным взысканиям.

### Литература

1. Епанешников, В. С. Юридическая ответственность осужденных : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора юридических наук / В. С. Епанешников. – Москва, 2000. – 39 с. – Текст : непосредственный.

2. Меликян, А. М. Дисциплинарные проступки, совершаемые осужденными в исправительных учреждениях, и их профилактика : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / А. М. Меликян. – Ростов-на-Дону, 2000. – 27 с. – Текст : непосредственный.

3. Конегер, П. Е. Дисциплинарная ответственность как разновидность воспитательно-го воздействия на осужденных к лишению свободы : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / П. Е. Конегер. – Саратов, 2002. – 203 с. – Текст : непосредственный.

4. Курбатова, Г. В. Дисциплинарная ответственность осужденных к лишению свободы : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Г. В. Курбатова. – Рязань, 2003. – 26 с. – Текст : непосредственный.

5. Дисциплинарная ответственность осужденных к лишению свободы / Г. В. Курбатова, В. Е. Южанин, А. Н. Павлухин, Н. Д. Эриашвили. – Москва : Юнити-Дана, 2018. – 143 с. – Текст : непосредственный.

6. Renart García Felipe. El régimen disciplinario en el ordenamiento penitenciario Español: luces y sombras. – Madrid, 2002 / Renart García Felipe. –URL: <https://publicaciones.ua.es/va/detall.php?idet=649> (date of application: 12.02.2022).

7. Batlle Manonelles Ares. Régimen disciplinario y mujeres presas un análisis criminológico con perspectiva de género. – Madrid, 2020. – 291 s. / Batlle Manonelles Ares. – URL: <https://www.inmujeres.gob.es/publicacioneselectronicas/documentacion/Documentos/DE1817.pdf> (date of application: 12.02.2022).
8. Consulta 3/1986, de 1 de diciembre, sobre reconocimiento de los derechos y garantías procesales de todo detenido a los reclusos autores de faltas disciplinarias que puedan constituir infracciones delictivas. – URL: [https://www.boe.es/buscar/abrir\\_fiscalia.php?id=FIS-Q-1986-00003.pdf](https://www.boe.es/buscar/abrir_fiscalia.php?id=FIS-Q-1986-00003.pdf) (date of application: 12.02.2022).
9. Игнатенко, Г. В. Запрет повторного привлечения к ответственности (non bis in idem) как общий принцип права / Г. В. Игнатенко. – Текст : непосредственный // Российский юридический журнал. – 2005. – № 1 (45). – С. 75–87.
10. Pablo Jose Diez S. Derechos fundamentales de los reclusos : tesis doctoral – Madrid, 2017. – 445 p. / Pablo Jose Diez S. – URL: // <https://corteidh.or.cr/tablas/r38299.pdf> (date of application: 12.02.2022).
11. Colmenar Launes Ángel. El régimen disciplinario y su procedimiento en el sistema penitenciario Español: tesis doctoral. – Madrid. 2016. – 471 p. / Colmenar Launes Ángel. – URL: [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:Derecho-Acolmenar/COLMENAR\\_LAUNES\\_Angel\\_Tesis.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:Derecho-Acolmenar/COLMENAR_LAUNES_Angel_Tesis.pdf) (date of application: 12.02.2022).
12. Villanueva, C. N. La necesaria reformulación del principio «non bis in idem» en el procedimiento disciplinario de la administración penitenciaria / C. N. Villanueva, 2013, P. 565–578 // VLEX. – URL: <https://vlex.es/vid/necesaria-bis-disciplinario-penitenciaria-481094618> (date of application: 12.02.2022)
13. Jurisprudencia Penitenciaria 2000-2014. Régimen Disciplinario. 1.<sup>a</sup> edición Septiembre. – Madrid, 2015. – 680 s. – URL: [http://www.interior.gob.es/documents/642317/1201664/Jurisprudencia\\_penitenciaria\\_2000-2014\\_R.Disciplinario\\_126150439.pdf/b2d5295d-37ce-4c01-9ecf-19183ba9e3da](http://www.interior.gob.es/documents/642317/1201664/Jurisprudencia_penitenciaria_2000-2014_R.Disciplinario_126150439.pdf/b2d5295d-37ce-4c01-9ecf-19183ba9e3da) (date of application: 12.02.2022).
14. Jurisprudencia Penitenciaria 2019. – Madrid, 2020. – P. 509–516. – URL: [http://www.interior.gob.es/documents/642317/1202317/Jurisprudencia\\_Penitenciaria\\_2019\\_1261500402.pdf/9137b5f1-c18b-4dfa-91a6-a56d16495c57](http://www.interior.gob.es/documents/642317/1202317/Jurisprudencia_Penitenciaria_2019_1261500402.pdf/9137b5f1-c18b-4dfa-91a6-a56d16495c57) (date of application: 12.02.2022).
15. Sentencia Tribunal Constitucional 2/1981, de 30 de enero. – URL: <http://hj.tribunalconstitucional.es/HJ/ru/Resolucion/Show/2> (date of application: 12.02.2022).
16. Sentencia Tribunal Constitucional 74/1985, de 18 de junio. – URL: <http://hj.tribunalconstitucional.es/HJ/es/Resolucion/Show/454> (date of application: 12.02.2022).
17. Sentencia Tribunal Constitucional 2/1987, de 21 de enero. – URL: <http://hj.tribunalconstitucional.es/HJ/es/Resolucion/Show/734> (date of application: 12.02.2022).
18. Sentencia Tribunal Constitucional 126/2011, de 18 de julio. – URL: <http://hj.tribunalconstitucional.es/HJ/es/Resolucion/Show/6908> (date of application: 12.02.2022).
19. Sentencia Tribunal Constitucional 77/1983, de 3 de octubre. – URL: <http://hj.tribunalconstitucional.es/HJ/es/Resolucion/Show/205> (date of application: 12.02.2022).
20. Real Decreto de 14 de septiembre de 1882 por el que se aprueba la Ley de Enjuiciamiento Criminal. – URL: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1882-6036> (date of application: 12.02.2022).
21. Ромеу, Ф. Р. Уголовный процесс Испании: равенство сторон в досудебных стадиях / Ф. Р. Ромеу. – Текст : непосредственный // Уголовное судопроизводство. – 2012. – № 2. – С. 4–18.
22. Auto del Juzgado de Vigilancia Penitenciaria de Castellón de fecha 04/02/11. La resistencia es consustancial al desorden colectivo. – URL: <https://derechopenitenciario.com/jurisprudencias/jvp-castellon-04-02-2011-infracciones-y-sanciones-tipicidad-estima-parcialmente-en-el-expediente-sancionador-se-imputa-al-interno-la-comision-de-sendas-faltas-muy-graves-tipificadas-en-los-aparta/> (date of application: 12.02.2022).



ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ  
И ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПРОБЛЕМ ОБРАЗОВАНИЯ

---



## **МОЛОДОЙ УЧИТЕЛЬ В ЗЕРКАЛЕ ПЕРЕМЕН**

**Подымова Людмила Степановна**

*доктор педагогических наук, профессор  
заведующий кафедрой психологии образования,  
Московский педагогический государственный университет  
Москва, Россия  
E-mail: pod\_ls@mail.ru*

**Чуприянова Оксана Михайловна**

*руководитель ЦНППМ,  
начальник учебно-методического отдела,  
КАУ ДПО «Алтайский институт развития  
образования им. А.М. Топорова»,  
Барнаул, Россия  
E-mail: chom@iro22.ru*

*Повышение требований к результатам деятельности системы образования вызывало необходимость поиска молодыми педагогами индивидуальных образовательных маршрутов профессионального развития. Таким образом, предметом представленного исследования является выбор индивидуального образовательного маршрута, а объектом исследования выступает молодой педагог.*

*Цель данной работы заключается в исследовании выбора индивидуального образовательного маршрута молодыми педагогами.*

*Материалы и методы. Основными методами данного исследования являются дедуктивный метод и метод педагогического анализа, которые позволяют по-новому взглянуть на традиционные проблемы и устоявшиеся взгляды на выбор профессионального развития молодыми педагогами. Наш научный анализ категории индивидуального образовательного маршрута направлен на всестороннее изучение сущности и задач выбора молодыми педагогами индивидуального пути реализации своего профессионального потенциала.*

*Результаты. Проведенное исследование показало, что на выбор индивидуального образовательного маршрута профессионального развития влияют как внутренние, так и внешние факторы. Во многом этот выбор определяется личностными характеристиками молодого педагога, его интересами, направлениями, связанными с задачами своего профессионального становления.*

*Выводы. Анализ результатов опытно-экспериментальной работы доказывает объективность осознаваемого выбора педагогами компонентов индивидуального образовательного маршрута. Выбор компонентов во многом обусловлен системными изменениями в профессионально-педагогической деятельности педагогов.*

*Ключевые слова: педагогическая деятельность, молодой учитель, индивидуальный образовательный маршрут, системные изменения.*



## A YOUNG TEACHER IN THE MIRROR OF CHANGE

**Lyudmila S. Podymova**

*Doctor of Pedagogical Sciences, Professor  
Head of the Department of Psychology of Education,  
Moscow Pedagogical State University  
Moscow, Russia  
E-mail: pod\_ls@mail.ru*

**Oksana M. Chuprianova**

*Head of the Center for Continuous Professional Development,  
head of the Educational and Methodological Department  
of the Altai Institute for the Development  
of Education named after A.M. Toporov,  
Barnaul, Russia  
E-mail: chom@iro22.ru*

*Increasing requirements for the results of the education system made it necessary for young teachers to search for individual educational routes for professional development. Thus, the subject of the present study is the choice of an individual educational route, and the object of the study is a young teacher.*

*The purpose of this work is to study the choice of an individual educational route by young teachers.*

*Materials and methods. The main methods of this study are the deductive method and the method of pedagogical analysis, which allow a fresh look at traditional problems and established views on the choice of professional development by young teachers. Our scientific analysis of the category of an individual educational route is aimed at a comprehensive study of the essence and tasks of choosing an individual way for young teachers to realize their professional potential.*

*Results. The study showed that the choice of an individual educational route for professional development is influenced by both internal and external factors. In many ways, this choice is determined by the personal characteristics of a young teacher, his interests, directions related to the tasks of his professional development.*

*Findings. An analysis of the results of experimental work proves the objectivity of the perceived choice by teachers of the components of an individual educational route. The choice of components is largely due to systemic changes in the professional and pedagogical activities of teachers.*

*Keywords: pedagogical activity, young teacher, individual educational route, systemic changes.*

---

### Введение

Многие ученые и практики отмечают важность подготовки педагогов для обновленной системы образования [1–4]. Исчезает территориальная привязка обучающегося к месту обучения; трансформируется классно-урочная система обучения; появляется возможность обучения школьников по индивидуальным образовательным маршрутам; расширяются каналы восприятия информации и способы организации обратной связи с воспитанниками; становятся актуальными компетенции, связанные с использованием образовательных баз данных и цифровых технологий, в том числе для организации удаленного обучения. Возникает необходимость освоения технологий организации образовательного процесса, отличного от того, которые студенты осваивали в вузах.

Одним из факторов, определяющих системное изменение профессионально-педагогической деятельности педагогов, стали требования к компетенции педагога в услови-

ях реализации федеральных государственных образовательных и профессиональных стандартов [5,6].

Появились новые виды профессиональной деятельности, профессиональные обязанности, роли, компетенции: проектирование образовательного процесса в логике системно-деятельностного подхода; выбор технологий, позволяющих достичь предметные, метапредметные, личностные результаты обучения, их диагностика и оценка; использование электронных учебников, организация новых форм учебной и внеурочной деятельности, взаимодействия с родителями, создание электронных учебно-методических пособий, ведение делопроизводства, сопровождение одаренных детей и школьников с ОВЗ и т.п.

Изменилось и содержание самого образовательного пространства, оно обрело новые смыслы как в отношении сетевых ресурсов, так и в отношениях учителя с учениками – представителями цифрового поколения, их социальной ситуации развития, мотивации, особенностях мышления и усвоения материала и др. Педагогическая деятельность учителя реализуется в открытом образовательном пространстве, где взаимодействуют все субъекты образования, меняется формат общения, отношение к культурным традициям общества, трансформируется система ценностей.

Следует отметить также и такие тенденции в модернизации непрерывного педагогического образования как интеграция предметных областей, снятие «предметных перегородок», возрастание удельного веса междисциплинарных, межпредметных и метапредметных компонентов содержания образования, введение проектного обучения, создание альтернативных моделей образования, выстраивание различных образовательных траекторий, в том числе и индивидуальных образовательных маршрутов.

В связи с этим педагоги должны постоянно повышать уровень своих профессиональных компетенций в меняющейся образовательной среде, в условиях проектирования и реализации различных моделей и технологий обучения и воспитания школьников.

Отмечая важность исследований по адаптации молодых педагогов за счет ресурсов школ, стоит признать, что проблема развития профессиональной деятельности молодого учителя остается все еще актуальной. По данным различных исследований лишь небольшой процент молодых педагогов остается в профессии после первого года работы.

Значительную роль в решении выше названной проблемы может сыграть региональная система дополнительного профессионального образования, направленная на развитие и совершенствование профессиональных компетенций педагогов, в том числе молодых, в условиях системных изменений профессионально-педагогической деятельности.

Направление исследований, связанных с развитием педагогической деятельности молодых педагогов за счет проектирования индивидуальных образовательных маршрутов с учетом дефицитов, ресурсов региональной системы образования, корректировки требований к профессионально-педагогической деятельности, остается актуальным [7].

### **Результаты и обсуждение**

Исследование особенностей проектирования индивидуальных образовательных маршрутов молодыми педагогами осуществлялось с применением следующих методов: анализ выбранных молодыми педагогами компонентов, составляющих индивидуальный образовательный маршрут; из направлений профессионального развития в контексте системных изменений профессионально-педагогической деятельности; форм реализации компонентов индивидуального образовательного маршрута; опрос молодых педагогов по оценке удовлетворенности компонентами индивидуального образовательного маршрута.

Анализ результатов анкетирования молодых педагогов показал, что большинство из них затрудняются самостоятельно сформулировать направления профессионального развития и сделать выбор образовательных элементов индивидуального образовательного маршрута.

Исследование показало, что все педагоги в ходе проектирования индивидуального образовательного маршрута пользовались консультационной поддержкой тьютора, причем большинство опрошенных в качестве тьютора выбирают регионального представителя.

В целом 74,6% молодых педагогов удовлетворены помощью тьютора при проектировании индивидуальных образовательных маршрутов. Самый низкий уровень удовлетворённости зафиксирован у молодых педагогов (22,2%), использующих консультации муниципальных руководителей сообщества молодых педагогов. Муниципальный руководитель сообщества молодых педагогов – общественная должность в каждом муниципалитете. Данный общественный институт находится на этапе становления. Мы считаем, что региональный тьютор обладает более широким спектром информации о возможностях профессионального развития и оценки профессиональных компетенций; в его присутствии молодые педагоги не испытывают эмоциональный дискомфорт, тревожность. Отсутствует при этом оценка со стороны администрации образовательной организации профессиональных компетенций молодого педагога, его способностей.

Изучая предлагаемые варианты образовательных программ, событий, стажерских практик, молодые педагоги выбрали в большей степени программы, связанные с развитием методических компетенций. В меньшей степени ими осознаются дефициты, связанные с воспитательной работой, спецификой работы классного руководителя, взаимодействия с детьми и родителями.

Одной из проблемных зон в осознании молодыми педагогами индивидуальных маршрутов развития является незнание новых функций и социально-профессиональных ролей педагогов – организаторов разных видов коммуникации, конструкторов совместного обучения, организаторов эффективного использования технологий в обучении, тьюторов, организаторов рефлексии по проблемам этических ценностей и мировоззрения, мета-когнитивных функций и др.

Анализ выбора форм индивидуального образовательного маршрута показал, что из предлагаемых направлений профессионального развития 81,4% педагогов выбрали направление «учитель-предметник». Для 10,2% педагогов актуальным является выбор направления «учитель-воспитатель»; для 6,8% – «учитель-эксперт» и 1,6% – «учитель-руководитель» (кадровый резерв). На наш взгляд, выбор в пользу первого направления обусловлен желанием педагогов развиваться в привычной, знакомой предметной сфере деятельности (таблица 1).

Таблица 1 – Выбор форм индивидуальных образовательных маршрутов молодыми педагогами

Направления / структурные компоненты ИОМ	учитель-предметник		учитель-эксперт		учитель – воспитатель		учитель-наставник		учитель-руководитель (кадровый резерв)	
	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%
Самооценка профессиональных компетенций педагогов	59 чел (100%)									
Курсы повышения квалификации	48	81,4	4	6,8	6	10,2	0	0	1	1,6
Стажерские практики	43	72,9	0	0	6	10,2	0	0	1	1,6
Краевые педагогические игры или летняя школа для молодых педагогов	6	10,2	0	0	0	0	0	0	0	0
Вебинары, марафоны в рамках деятельности университета молодых педагогов	37	62,7	4	6,8	4	6,8	0	0	1	1,6
Профессиональные конкурсы для молодых педагогов	4	6,8	1	1,7	0	0	0	0	0	0

Диагностика показала, что среди эффективных компонентов профессионального развития педагоги выбирают краткосрочные стажерские практики, позволяющие посмотреть видеозаписи урока, предлагаемые методы и технологии организации образовательной деятель-

ности учащихся; познакомиться с фактически действующими документами. Вебинары, марафоны, проводимые более опытными молодыми педагогами – участниками Ассоциации молодых педагогов, позволили учителям сформировать определенный набор лайфхаков, опробовать его непосредственно в профессиональной деятельности.

По итогам опытно-экспериментальной работы отмечается достаточно высокий уровень удовлетворенности молодыми педагогами сделанного выбора индивидуального образовательного маршрута (таблица 2).

Таблица 2 – Удовлетворенность выбором направлений индивидуальных образовательных маршрутов молодыми педагогами

Направления / структурные компоненты ИОМ	учитель-предметник		учитель-эксперт		учитель – воспитатель		учитель-наставник		учитель-руководитель (кадровый резерв)	
	Да (чел./%)	Нет (чел./%)	Да (чел./%)	Нет (чел./%)	Да (чел./%)	Нет (чел./%)	Да (чел./%)	Нет (чел./%)	Да (чел./%)	Нет (чел./%)
Курсы повышения квалификации	42/87,5	6/12,5	4/100		5/83,3	1/16,7	0	0	1/100	0
Стажерские практики	40/92	3/8	0	0	6/100	0	0	0	1/100	0
Краевые педагогические игры или летняя школа для молодых педагогов	6/100	0	0	0	0	0	0	0	0	
Вебинары, марафоны в рамках деятельности университета молодых педагогов	35/94,6	2/5,4	3/75	1/25	4/66,7	0	0	0	1/100	0
Профессиональные конкурсы для молодых педагогов	4/100	0	1/100	0	0	0	0	0	0	0

Исследование показало, что 88,3% молодых педагогов удовлетворены выбором курсов повышения квалификации; 94% – выбранными стажерскими практиками; 93,5% – вебинарами и марафонами, проводимыми профессиональным сообществом молодых педагогов.

Большая часть выбираемых направлений профессионального развития была связана с формированием методических, психолого-педагогических компетенций (79,6%), что соответствует дефицитам молодых учителей, выявленных в процессе самооценки, а также системным изменениям в профессионально-педагогической деятельности учителя.

В ходе опроса педагогам было предложено также сформулировать дефициты, а также тематику направлений предполагаемого профессионального развития. Практически 80% опрошенных отмечают дефицит времени. Молодым педагогам достаточно сложно правильно распределить время и собственные ресурсы. Наиболее часто называемые причины – большая нагрузка (более 30 часов учебной нагрузки в школе), завершение образования в вузе. Следующие по степени значимости дефициты – недостаточный опыт работы с детьми (73%), планирование своей деятельности и распределение ресурсов (61%). Менее других составили дефициты владения предметными компетенциями.

Руководство образовательных организаций, курирующих молодых педагогов в школах, отмечает по результатам анализа серии уроков, результатов текущего контроля освоения школьниками учебной программы, собеседований, в первую очередь недостаточный уровень сформированности у молодых педагогов предметных, методических компетенций, организации учебной коммуникации с детьми. Подчеркивается неготовность молодого педагога адекватно и гибко использовать современные приемы, методы, технологии обучения, зачастую молодые педагоги действуют по жестким схемам без учета специфики детей в классе. Моло-

дые педагоги проявляют на уроках недостаточный уровень владения учебным материалом, встречаются фактические ошибки. Отмечаются претензии руководства к организации дисциплины в классе, сложности в организации профессионального диалога учителя с детьми. Тем не менее, сами молодые учителя эти дефициты не отмечают.

Проблемы слабой предметной компетентности молодыми педагогами не называются, в явном виде учителями они не осознаются, они не понимают причины возникающих проблем в организации учебной деятельности.

Так, в ходе беседы, только 14% молодых педагогов отметили необходимость совершенствования предметных компетенций, на втором месте по значимости они отметили важность методических умений.

Опрос показал, что для молодых педагогов, имеющих стаж менее двух лет, область профессиональных дефицитов составляют проблемы, связанные с дисциплиной, стрессоустойчивостью, вниманием детей на уроках. Для педагогов, имеющих стаж более 2 лет, профессиональные интересы лежат в области проектирования современного урока, освоения современных образовательных технологий, организации образовательного процесса с детьми ОВЗ, методов и приемов гуманной педагогики. Но, более 65% педагогов затруднились сформулировать профессиональные интересы. В ходе изучения программ повышения квалификации педагоги отметили программы, связанные с цифровыми технологиями обучения, а также курсы, направленные на развитие предметных, психолого-педагогических компетенций. Такой образовательный запрос обусловлен активным использованием ИКТ-технологий при организации учебного процесса в школе.

Молодые педагоги в школах выступают как ресурс для более опытных педагогов в вопросах применения цифровых технологий, получают поддержку и востребованность коллег, чувствуют свою значимость в коллективе. Интерес вызывают и программы, направленные на формирование функциональной грамотности, метапредметных результатов обучения. Учителя выбирают курсы, которые направлены на формирование методических компетенций, связанных с изучением современных методик и технологий обучения, что на их взгляд сможет решить вопросы организации успешной учебной коммуникации.

### **Заключение и выводы**

Таким образом, большинство молодых педагогов затрудняются самостоятельно сформулировать направления профессионального развития и сделать выбор той или иной образовательной программы. Тем не менее, изучая предлагаемые варианты образовательных программ, они выбирают в большей степени программы, направленные на развитие методических компетенций. В меньшей степени ими осознаются дефициты, связанные с воспитательной работой, спецификой работы классного руководителя, взаимодействием с детьми и родителями.

Одной из проблемных зон в осознании молодыми педагогами индивидуальных траекторий развития является незнание новых функций и социально-профессиональных ролей педагогов – организаторов разных видов коммуникации, конструкторов совместного обучения, организаторов эффективного использования технологий в обучении, тьюторов, организаторов рефлексии по проблемам этических ценностей и мировоззрения, мета-когнитивных функций и др.

Очевидно, что традиционная организация курсов повышения квалификации для педагогов не может в полной мере удовлетворять новым потребностям молодых учителей, так как эффективность унифицированного подхода ко всем педагогам низкая. Кроме того, доступность самых передовых знаний в связи с распространением Интернета, ведет к тому, что школа как транслятор знаний уже не обладает монополией. Возникла необходимость в новой организации образовательного процесса, которая могла бы решить проблемы выбора педагогами образовательного маршрута, повысить их самостоятельность в определении целей и путей их достижения, учесть разные стили и способы получения знаний, а также разный уровень и темп освоения компетенций.

Анализ результатов опытно-экспериментальной работы доказал объективность осознанного выбора педагогами компонентов индивидуального образовательного маршрута. Выбор компонентов во многом обусловлен системными изменениями в профессионально-педагогической деятельности педагогов: изменение роли и функции педагога в быстро меняющемся цифровом мире, компетентностное содержание, технологии, условия и критерии личностно-профессионального развития учителя, освоения опыта взаимодействия педагога со всеми субъектами в открытом образовательном пространстве, необходимость непрерывного профессионального развития через проектирование индивидуального образовательного маршрута.

В качестве форм реализации индивидуальных образовательных маршрутов были выбраны: курсы повышения квалификации, стажерские практики. Значительную роль на выбор компонентов также оказала деятельность профессиональных педагогических сообществ – ассоциации молодых педагогов края. Вебинары, марафоны выбраны практически всеми участниками исследования; идеи горизонтального обучения оказывают значительную роль в развитии профессиональной деятельности педагогов.

Результаты исследования, опросы молодых педагогов также подтверждают факт, что самодиагностика профессиональных компетенций пока не рассматривается молодыми педагогами, как объективный инструмент развития. Существует определённый психологический барьер недостаточной объективности в процессе самооценки компетенций.

В целом все педагоги удовлетворены выбором компонентов индивидуального образовательного маршрута, темпов его прохождения, в будущем рассматривают его в качестве инструмента профессионального развития.

### **Литература**

1. Агаркова, Е. И. Тьюторское сопровождение повышения квалификации учителей начальных классов / Е. Агаркова, С. Загребельная. – Текст : непосредственный // Народное образование. – 2008. – № 6. – С. 105–112.
2. Бырдина, О. Г. Транспрофессиональные компетенции педагогов в условиях неопределённости: взгляд изнутри / О. Г. Бырдина, С. Г. Долженко, Е. А. Юринова. – Текст : непосредственный // Высшее образование сегодня. – 2021. – № 4. – С. 20–24.
3. Кандаурова, А. В. Повышение квалификации педагогов в условиях изменений социального взаимодействия : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук / А. В. Кандаурова. – Москва, 2020. – 40 с. – Текст : непосредственный.
4. Подымова, Л. С. Персонифицированная модель психолого- педагогического сопровождения молодого учителя / Л. С. Подымова. – Текст : непосредственный // Психолого-педагогическая подготовка будущих учителей: история, методология и технологии : материалы межвузовской конференции. – Москва, 2019. – С. 25–30.
5. Потемкина, Т. В. Проектирование системы оценки профессиональной деятельности учителя : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук / Т. В. Потемкина. – Москва, 2012. – 47 с.
6. Слостенин, В. А. Профессионализм учителя как явление педагогической культуры / В. А. Слостенин. – Текст : непосредственный // Педагогическое образование и наука. – 2008. – № 12. – С. 4–15.
7. Чуприянова, О. М. Модель проектирования индивидуальных образовательных маршрутов молодых педагогов в дополнительном образовании / О. М. Чуприянова. – Текст : непосредственный // Высшее образование сегодня. – 2021. – № 5. – С. 36–40.

**РИСКОВОЕ ПОВЕДЕНИЕ ШКОЛЬНИКОВ:  
ФОРМЫ, ЭТИОЛОГИЯ, ПОСЛЕДСТВИЯ**

**Смирнов Александр Васильевич**

*доктор психологических наук,  
профессор кафедры общей психологии и конфликтологии  
Института психологии  
Уральского государственного педагогического университета  
Екатеринбург, Россия  
E-mail: k-66756@planet-a.ru*

*Исследование выполнено в рамках выполнения Государственного задания Министерства Просвещения РФ «Научный анализ применения единой методики социально-психологического тестирования обучающихся, направленного на раннее выявление немедицинского потребления наркотических средств и психотропных веществ, и ее доработка».*

*Целью статьи является представление форм, последствий и этиологии рискованного поведения современных школьников.*

*Методы и объекты исследования: определяя понятие рискованного поведения, автор, анализируя данные академических первоисточников с помощью технологий контентного, контекстного, ассоциативного и эвристического анализа информации, указывает, что наиболее адекватную информацию о рейтинге и характере социальной опасности рискованных форм поведения дают первоисточники, эмпирически исследующие эпидемиологические данные в социальной сфере школьников. Наиболее представленными являются социологическое, персонологическое, терапевтическое (клиническое), диагностическое, феноменологическое направления исследований. Представляя рейтинг рискованных форм поведения школьников по критерию масштабов эпидемиологии, автор описывает их этиологию и возможные последствия.*

*Результаты исследования: материал статьи показывает, что различная природа форм рискованного поведения подростков побуждает исследователей вставать на различные методологические и методические позиции. Эта методологическая изолированность и связанная с ней предметная узость не позволяют пока создать универсальный инструмент для диагностики всех рассмотренных форм рискованного поведения подростков.*

*Ключевые слова: рискованное поведение школьников, аддикции, алкоголизм, наркомания, ад-рениалиномания, профилактика.*

**RISK BEHAVIOR OF SCHOOLCHILDREN:  
FORMS, ETIOLOGY AND CONSEQUENCES**

**Alexander V. Smirnov**

*Doctor of Psychological Sciences, Docent,  
Professor of Cathedra of General Psychology and Conflictology,  
Psychology Institute of Ural State Pedagogical University  
Ekaterinburg, Russia  
E-mail: k-66756@planet-a.ru*

*The research was conducted within the framework of the State task of the Ministry of Education of the Russian Federation "Scientific analysis of the use of an unified methodology of socio-psychological testing of students aimed at early detection of non-medical use of narcotic drugs and psychotropic substances, and its improvement".*

*The purpose of the article is to present the forms, consequences and etiology of the risky behavior of modern schoolchildren.*

*Methods and objects of research: Defining the concept of risky behavior, the author, analyzing the data of academic primary sources, using technologies of content, contextual, associative and heuristic information analysis, indicates, that the most adequate information about the rating and nature of the social danger of risky behaviors is provided by primary sources that empirically study epidemiological data in the social stratum schoolchildren. The most represented are sociological, personological, therapeutic (clinical), diagnostic, phenomenological areas of research. Presenting the rating of risky forms of behavior of schoolchildren according to the criterion of the scale of epidemiology, the author describes their etiology and possible consequences.*

*Results of research: The material of the article shows that the different nature of the forms of risky behavior of adolescents encourage researchers to take different methodological and methodological positions. This methodological isolation and the subject narrowness associated with it do not yet allow creating a universal tool for diagnosing all the considered forms of adolescent risk behavior.*

*Keywords: risky behavior of schoolchildren, addictions, alcoholism, drug addiction, adrenaline addiction, prevention*

---

## **Введение**

Рисковое поведение подростков – именно такой термин закрепился сегодня в научной литературе, активно обсуждается всеми участниками воспитательного процесса – родителями, педагогами, психологами, медиками, юристами и самими школьниками. Интерес к обсуждению поддерживается продолжающейся в стране кампанией социально-психологического тестирования детей на предмет аддиктивного поведения. Давайте проясним, что представляет рисковое поведение школьников с точки зрения современных академических исследований и какова на сегодня степень изученности проблемы.

## **Результаты и обсуждение**

Рисковое поведение можно охарактеризовать как целостную активность человека, которая направлена на удовлетворение психологических, биологических, физиологических и социальных потребностей, связанных с повышенным риском [3, с. 62]. Рисковое поведение подростка – поведение, несущее добровольное допущение риска для здоровья или жизни субъекта, содержащее определенные выгоды и цели и неочевидный баланс положительных и отрицательных исходов, субъективно воспринимаемый как значимый, при этом субъективное значение положительных и отрицательных исходов такого поведения для подростка существенно больше, чем для взрослого [2, с. 45]. Таким образом, в рисковом поведении подростков выделяют такие характеристики, как добровольность риска и неясность результатов с точки зрения вероятности отрицательного исхода [3, с. 62]. Рисковое поведение может выступать для подростка в качестве источника различных новых, интенсивных и сложных ощущений, ощущений и переживаний, быть пробой собственных сил и возможностей. В рисковом поведении можно увидеть и элементы инициации, известной как в архаичных, так и в традиционных культурах, связанной с преодолением ограничений и трудностей [2, с. 45]. Переоценка ценностей, неизбежная в отрочестве, ведет и к переоценке риска. Не сознавая степень риска, подростки проверяют границы своих возможностей и часто считают себя неуяз-



вимыми. Недооценка вероятности негативного исхода приводит к тем негативным последствиям рискового поведения, которые и служат источником общественного беспокойства [2, с. 45].

Обращение к первоисточникам на академическом ресурсе e-library.ru показало, во-первых, какие формы рискового поведения действительно присущи современным школьникам, во-вторых, проявило исследовательские приоритеты (см. табл. 1) и направления научно-исследовательской работы. Сразу оговоримся, что изучение содержания 645 478 первоисточников проходило как традиционным способом, так и с помощью компьютерных технологий контентного, контекстного, ассоциативного и эвристического анализа информации.

Из таблицы видно, что опасности отрочества вовсе не ограничиваются аддикциями, которые пытаются диагностировать с помощью инструментов СПТ. Кроме того, видно, что опасности киберпространства и связанное с ними поведение изучаются с очень большим отрывом от всех остальных опасностей. Однако это вовсе не означает, что именно эта форма рискового поведения является сегодня доминирующей проблемой. Реально представленный рейтинг определяется таким критерием, как доступность получения информации. Действительно, исследовать, например, интернет-зависимость или специфику социальной сети можно не вставая со стула, с помощью тех же кибертехнологий Google, и совсем другое дело получить информацию от участника тоталитарной секты или экстремистской организации – степень доступности информации и возможностей исследования просто несоизмеримы.

Таблица 1 –Рейтинг форм рискового поведения подростков в зависимости от количества академических первоисточников на ресурсе e-library (данные на 20.07.2021)

№	Описание опасности	Количество первоисточников	Процент от общего числа первоисточников
1	Интернет-среда и социальные сети	270735	42
2	Различные формы аддиктивного поведения, характерные для школьников: алкоголизм, наркомания, адреналиномания, интернетомания	108593	16,8
3	Снижение уровня соматического здоровья школьников как результат образа жизни	101515	15,7
4	Агрессивное и деструктивное поведение	63026	9,8
5	Межэтнические конфликты в школе и проблемы адаптации мигрантов к учебному процессу и школьной среде	44186	6,8
6	Аутоагрессия и суицид подростков	17727	2,7
7	Различные формы расстройства пищевого поведения	15759	2,5
8	Вовлечение в организации экстремистского толка типа А.У.Е. или «Колумбайн» или автономный скулшутинг	8415	1,3
9	Буллинг (травля) в школе	7066	1,1
10	Проблема педагогической запущенности школьников	4614	0,7
11	Вовлечение школьников в деструктивные культы	3842	0,6
<b>ВСЕГО</b>		<b>645478</b>	<b>100</b>

Более адекватную информацию о рейтинге и характере социальной опасности дают первоисточники, рассматривающие проблему эпидемиологии опасных явлений в социальной среде школьников. Но и здесь все непросто. Во-первых, прослеживается интересная тенденция предоставляемых данных. Если автор или первоисточник относится к организациям, призванным оказывать медицинскую, психологическую или социальную помощь школьникам, то эпидемиологические показатели, как правило, завышаются, поскольку масштабность проблемы напрямую связана с текущим или будущим финансированием соответствующих организаций. Если автор или первоисточник относится к организациям, призванным

бороться с крайне опасными проявлениями и последствиями рискованного поведения подростков, например экстремизмом или наркоманией, то показатели понижаются, чтобы показать эффективность работы соответствующих организаций [39, с. 34]. Во-вторых, авторы представляют эпидемиологические показатели с огромным разбросом данных – от десятых долей до десятков процентов и в различных масштабах измерения – на 100, 10 000 или 100 000 человек. Поэтому для объективизации информации ее отбор и оценка производились по следующим критериям: 1) областью исследований выступают медицина, психология, педагогика, социальная психология, культурология; 2) данные получены в ходе эмпирических исследований; 3) исследования проводились в период 2015–2021 гг. только в отношении школьной страты населения; 4) темой исследований было рискованное поведение, его формы, этиология, механизмы формирования, последствия, коррекция, профилактика; 5) эпидемиологический диапазон по каждой форме опасности определялся по нескольким источникам с применением аппроксимации данных (средние значения, доверительные интервалы, учет ошибки измерения). Отметим, что согласно ВОЗ и Комитета по наркотикам ООН негативное явление, достигающее показателей 5 %-ной распространенности, считается социально опасным [54]. Систематизация данных дала следующие результаты (см. табл. 2).

Таблица 2 – Уточненные аппроксимированные эпидемиологические показатели известных форм рискованного поведения школьников в РФ по данным эмпирических исследований за период 2015–2021 гг. (данные на 20.07.2021)

№	Описание опасности	Средний процент	Эпидемиологический диапазон в процентах
1	Снижение уровня соматического здоровья школьников как результат образа жизни	53	44÷62
2	Адреналиномания	45	34÷56
3	Различные формы расстройства пищевого поведения	42	34,5÷49,5
4	Буллинг в школе	39	33÷45
5	Интернет-среда и социальные сети	24	22,5÷26,5
6	Аутодеструктивное поведение и суицид	23	17÷29
7	Межэтнические конфликты в школе и проблемы адаптации мигрантов к учебному процессу и школьной среде	13,8	9,8÷17,8
8	Алкоголизм (дистилляты, ректификаты, пивной)	13	15÷17
9	Интернет- и компьютерная аддикция и гаджет-зависимость	10,7	3,9÷17,5
10	Вовлечение в организации экстремистского толка типа «А.У.Е.» или «Колумбайн» или автономный скулшутинг	5,9	3,6÷8,1
11	Вовлечение школьников в деструктивные культы	3,8	3,3÷4,3
12	Наркомания	0,8	0,5÷1,1
По данным источников: 2 4 5 6 8 9 11 12 13 14 15 16 18 19 20 21 21 23 25 28 30 31 32 33 35 36 37 38 41 42 43 44 45 48 50 52 53 55			

Представленный рейтинг более объективен, он отражает закономерности культурогенеза, социогенеза и даже антропогенеза в условиях появления новых компьютерных технологий и интенсивной информатизации, приведших к изменению уклада жизни. Прогресс с новыми удобствами всегда приносит новые культурные феномены [21], а значит, и новые девиации и новые патологии [39; 42]. Показатели этого рейтинга угрожают будущим кризисом культуры и социальной стабильности. И этот рейтинг вновь показывает, что диагностика аддикций у школьников, не прошедших психометрическую оценку средствами СПТ, вовсе не является главной задачей. Существуют более выраженные опасности. Сегодня эти опасности изучаются в рамках нескольких направлений.

Социологическое направление является наиболее представленным в ряду других направлений по количеству исследований. Это обстоятельство объясняется прямой и косвенной социальной опасностью различных форм рискового поведения школьников для культуры. Общество реагирует на его проявления изучением и оценкой того ущерба, который такое поведение может нанести различным социальным институтам. В этом направлении преимущественно представлено несколько аспектов: эпидемиология различных форм рискового поведения школьников; оценка социального ущерба и степени социальной опасности от рискового поведения; социальные факторы распространения рискового поведения в страте школьного населения (факторы риска); влияние рискового поведения школьников на культуру и социум; социальные и социально-психологические аспекты этиологии рискового поведения школьников; исследование различных подростковых субкультур [5; 6; 14; 19; 20; 23; 32; 35; 37; 41; 42; 43].

Направление психологии личности является вторым по масштабу направлением в изучении рискового поведения школьников. Здесь изучаются личностные особенности лиц с различными формами и проявлениями рискового поведения. Исследования можно свести к четырём основным направлениям: поиску и систематизации личностных диспозиций, свойств, состояний и процессов, характерных для представителей различных форм рискового поведения; поиску и анализу факторов, препятствующих продуктивной социализации и социальной адаптации; поиску различных маркеров, указывающих на развитость или потенциальное развитие рискового поведения в будущем; поиску и определению устойчивых дифференцирующих и типологизирующих признаков различных групп риска или субкультур. Как правило, исследования ведутся с целью развивать эффективные меры психотерапии, коррекции, профилактики [1; 4; 7; 11; 15; 18; 26; 36; 47; 50; 51].

Направление коррекции, терапии личности, склонной к рисковому поведению, и его профилактики выступает третьим по количеству исследований направлений в изучении рискового поведения в социальной страте школьников. Работы ведутся по нескольким векторам, которые хорошо коррелируют с направлениями работ в личностном направлении, описанном выше. Коррекция личностных диспозиций, свойств, состояний и процессов, приводящих к асоциальной направленности, снижению уровня социальной адаптированности, социальной самоизоляции; устранение и профилактика факторов, препятствующих продуктивной социализации и социальной адаптации; развитие механизмов продуктивной саморегуляции поведения и деятельности детей; прямая профилактика всех форм рискового поведения; развитие методов усиления жизнестойкости детей; разработка концептуальных моделей реабилитации, ресоциализации, культурной инкорпорированности представителей различных групп риска. В качестве форм работы используются личностная психотерапия, тренинги, спортивные мероприятия, различные виды социально-культурной деятельности, семейная терапия и коррекция детско-родительских отношений, терапия творческим самовыражением, психолого-педагогические средства воздействия [9; 10; 12; 13; 16; 17; 18; 21; 23; 34; 44].

Диагностическое направление является четвертым направлением изучения рискового поведения школьников по числу исследований. В рамках этого направления ученые пытаются решать три основные задачи.

Первая из них состоит в выявлении детей, потенциально склонных стать инициаторами или жертвами различных форм рискового поведения. Хотя информация, получаемая на основе интеркорреляции критериев (возраст, пол, социально-экономические показатели семьи, семейный климат, место проживания), уже позволяет разрабатывать эффективные способы терапии, коррекции и профилактики, тем не менее здесь ученые сталкиваются с необходимостью разрешения буквально противоположных проблем. Например, коморбидность подростковых аддикций. Сходство этиологии, клиники, патогенеза, последствий аддиктивных форм поведения при химических и поведенческих аддикциях [39], казалось бы, облегчает задачу создания инструментов для прогностической диагностики, однако явление смены форм аддиктивного поведения и устойчивое стремление аддиктов скрывать свою аддикцию существенно осложняют достижение цели [39]. С другой стороны, различная природа форм рис-

кового поведения подростков, например скулшутинг и вовлечение в тоталитарный культ, деструктивное поведение и жертвы кибербуллинга, побуждают исследователей вставать на различные методологические и методические позиции. Эти позиции определяют достаточно узкую предметную область интереса в отношении рискованного поведения, по-разному представляющих его эпидемиологические, этиологические, патогенетические факторы и исходящих из своей схемы патогенеза или методологии терапии и профилактики. Эта методологическая изолированность и связанная с ней предметная узость не позволяют пока создать универсальный инструмент для диагностики всех известных форм рискованного поведения подростков. Пока сформировалась тенденция к своеобразному описательному «коллекционированию» личностных диспозиций, свойств, состояний и процессов детей и подростков, склонных к рискованному поведению, этиологических, патогенетических факторов такого поведения, представлению множества моделей механизмов его развития или коррекции. Пока не происходит необходимой интеграции психофизиологического, психологического и социального подходов в изучении индивидуальности человека [23; 25; 31; 39; 52].

Вторая задача состоит в создании инструментария для различных по тематике академических исследований индивидуальности школьников, склонных к рискованному поведению. Здесь исследователи также сталкиваются с аналогичными проблемами [23; 25; 31; 39; 52].

Третья задача – решение диагностики рискованного поведения как группового, социального явления. Исследователи справедливо отмечают, что большинство форм рискованного поведения школьников это «...комплексное явление, которое формируется в относительно стабильной группе, характеризуется активным вовлечением в этот процесс ее участников и посторонних лиц...» [46, с. 143], которое чаще не является очевидным, явным, а часто и преднамеренно маскируется его участниками, поэтому это является действительной диагностической проблемой [52].

Таким образом, именно в диагностическом практико-ориентированном направлении неразрешимые пока противоречия проступают очень явственно, затрудняя создание универсального диагностического инструмента, на роль которого претендует методика СПТ-диагностики. Анализ показывает, что большинство указанных противоречий и проблем связано именно с тем, что предметные области и методология каждого из исследований существенно ограничивают диапазон изучаемых факторов, детерминирующих развитие индивидуальности человека. Необходима обобщающая теоретико-методологическая основа, тем более что во всех формах рискованного поведения школьников отчетливо просматриваются подростковые феномены социальной протестности, изолированности, девиантности, тяги к риску и новизне.

Феноменологическое направление является пятым по представленности направлением исследований рискованного поведения школьников. Здесь описывается феноменология всех исследуемых форм рискованного поведения; выделяются и анализируются социальные и личностные детерминанты форм рискованного поведения; определяются социальные противоречия, создающие условия для поддержания известных и появления новых форм рискованного поведения [4; 5; 6; 8; 14; 15; 20; 21; 25; 37; 41; 43; 44].

Клиническое направление – данное направление традиционно рассматривает вопросы этиологии рискованного поведения, его патогенеза, клинических проявлений и терапии. Необходимо отметить, что в рамках клинического направления большее внимание уделяется тем формам рискованного поведения, которые с точки зрения клиницистов считаются более опасными для жизни детей – снижение уровня соматического здоровья, алкоголизм, наркомания, адрениалиномания, нарушения пищевого поведения, аутодеструктивное поведение и суицид [4; 5; 6; 13; 23; 30; 32; 38].

Поскольку в рамках данной статьи мы уточнили и конкретизировали рейтинг и перечень рисков детства, то будет вполне уместно уточнить и конкретизировать содержание указанных форм рискованного поведения. В силу того, что материал достаточно обширен и весь не может уместиться в объем статьи, изложим материал кратко, следуя структуре, – проявления, этиология, последствия.

Снижение уровня соматического здоровья школьников как результат образа жизни и влияния новых феноменов культуры. Проявляется в росте заболеваемости школьников за последние 5-6 лет на 27–30 %. Отмечается рост онкологических, сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний ЖКТ и крови, офтальмологической патологии и болезней мочеполовой и репродуктивной систем, отмечается значительный рост ожирения и расстройств питания по типу анорексии, ИППП. В качестве прямых **этиологических факторов** клиницисты определяют следующий перечень: реакции эмансипации; реакции подражания поведению лидера группы с постоянным интересом и составом; реакция гиперакцентированного интереса к сексуальной сфере; гиперинформатизация жизнедеятельности; снижение двигательной активности; минимизация прямого человеческого общения; развод родителей и напряженность внутрисемейных отношений; конфликтогенность семьи; нездоровое питание подростков с выраженным предпочтением фастфуда; опасное пренебрежение собственным здоровьем [24]. В качестве последствий клиницистами определяются: снижение физической адаптации и выносливости; снижение витальности; снижение стрессоустойчивости; увеличение деструктивных форм поведения; недоразвитие механизмов и снижение ресурса социальной адаптации; снижение когнитивных функций; увеличение числа лиц с физическим и психологическим недоразвитием [24, с.12–14].

И химические, и поведенческие аддикции подростков имеют общие симптомы, которые выступают и как общие диагностические критерии этих аддикций. К ним относятся: рецидивирующая компульсивно возникающая тяга к реализации аддиктивного поведения и неспособность от него отказаться; прогрессивность развития, необходимость постоянного увеличения объема (дозы) или времени для получения нужного уровня удовольствия в связи с повышением толерантности; наличие абстинентного синдрома; продолжение аддиктивного поведения, несмотря на явные негативные последствия для жизни или здоровья; сверхзначимость аддиктивной деятельности для аддикта; получение физического или психологического удовольствия от аддиктивной деятельности и предпочтение аддиктивного источника удовольствия другим источникам; пренебрежение ответственными делами и обязанностями ради реализации аддиктивного поведения; прибегание к аддиктивной деятельности как к копинг-стратегии; реализация аддиктивных эпизодов в ситуациях, опасных для жизни, или ситуациях, требующих повышенной собранности и ответственности. Наличие любых трех симптомов, устойчиво проявляющихся в течение трех месяцев, уже может говорить о наличии аддикции [39, с. 141].

В основу классификации форм проявления алкогольной аддикции и ее стадий у подростков положен принцип тяжести *последствий* алкогольной интоксикации. Донозологические формы употребления алкоголя не рассматриваются как алкогольная аддикция, к которым относятся острая алкогольная интоксикация с алкогольным опьянением различной степени тяжести и атипичная форма патологического опьянения. В качестве собственно алкогольной аддикции принято считать хронический алкоголизм начальной, развернутой и исходной стадии (соответственно первой, второй и третьей стадии). Устойчивыми признаками наступления первой стадии являются первые четыре признака (выделены курсивом) [40]. Представление о наркотической аддикции как о множественных формах наркоманий базируется на том основании, что различные наркотические препараты оказывают различное воздействие на организм человека, отличаются своими свойствами, действием, характером наркотического опьянения, фармакокинетикой, динамикой метаболизма, спецификой течения передозировки. Однако сравнительная характеристика течения этих наркоманий показывает общие диагностические симптомы, позволяющие говорить об общей синдроматике всех видов наркоманий, все из которых содержат так называемый большой наркоманический синдром. В него входят следующие три синдрома, которые отражены в диагностических критериях аддиктивного поведения: синдром измененной реактивности организма к действию употребляемого наркотика – изменение формы потребления; повышение толерантности к наркотику; снижение и последующее исчезновение естественных защитных физиологических, психофизиологических реакций организма на интоксикацию; изменение наркотического опьянения;

синдром психологической зависимости; синдром физической зависимости. Однако о начальных стадиях наркомании можно говорить при появлении первых четырех симптомов, как и при алкоголизме [40]. В отношении адреналиномании подростков исследователями наиболее часто выделяются следующие ее формы: страсть к опасностям, риску в воздухе, на земле, на воде, на снегу; страсть ездить на повышенной скорости и др.; страсть к приключениям, экстремальным путешествиям; страсть совершать рискованные трюки, например паркур; прыжки на динамической веревке (с мостов, кранов, телебашен, со скал и т. д.) – роуп-джампинг (rope-jumping), прыжки на эластичном канате «тарзанке» – банги-джампинг (bungee jumping), сверхнизкие прыжки с парашютом со зданий, антенн, мостов, скал (BASE-jumping, от первых букв Building, Antenna, Span, Earth) или прыжки и перемещение по крышам домов и карнизам – руфинг (roof – крыша). Существуют и «неспортивные» формы рискованного поведения подростков, связанные с адреналиноманией: получение удовольствия от путешествий без определенной цели и продуманного и рассчитанного маршрута; стремление оказываться в ситуациях, имеющих неопределенный исход, и получение от этого удовольствия; получение удовольствия от участия в ситуациях, вызывающих страх и желание повторить их; стремление внезапно совершать откровенно неадекватные «сумасшедшие» поступки «ради смеха»; предпочтение окружать себя знакомыми и друзьями с непредсказуемым поведением; любовь к вечеринкам, на которых отсутствуют нормы поведения («вписки»); модификации тела через уродующий внешность пирсинг или татуаж. Диагностические критерии – аналогичные для химических аддикций [39]. Авторы достаточно однозначны в определении форм реализации интернет-аддикции как подростками, так и взрослыми – существенных различий не отмечается: бесконечное совершенствование технико-эксплуатационных характеристик компьютера и средств обеспечения интернет-связи; навязчивый тематический или бессистемный поиск информации в сети Интернет; участие в интернет-лотереях онлайн; участие в виртуальных азартных играх онлайн; участие в виртуальных компьютерных играх онлайн и стационарных компьютерных играх; участие в виртуальных социальных сетях. Навязчивый просмотр информации и проверки почты от соратников по сети или обновление информации о себе; постоянный поиск общения и знакомства в социальных сетях, а также постоянное виртуальное общение в видеосессиях; виртуальный шопинг – покупки в интернет-магазинах; виртуальный секс – поиск и просмотр порнографической продукции; написание вирусного программного обеспечения и осуществление индивидуальных или коллективных вирусных атак на серверы организаций, взломы баз данных, преднамеренное похищение информации, преднамеренное дистанционное нарушение нормальной работоспособности оборудования; преднамеренное распространение слухов и дезинформации, фальсификаций в сети Интернет; ведение агрессивных дискуссий (кибербуллинг) в сети Интернет; осуществление мошенничества и похищение средств с применением компьютера и виртуальных сетей электронного банкинга [40].

В отношении этиологии алкогольной и наркотической аддикции в настоящее время существует три ведущие точки зрения. Концепция токсического воздействия ПАВ на структуры мозга в результате его систематического и прогрессивного употребления, ведущего к нарушению нормального функционирования эволюционной мезо-кортико-лимбической системы подкрепления, что проявляется в патологическом нарушении метаболизма нейромедиаторов в головном мозге и формировании устойчивой биологической стимульно-реактивной связи, требующей включенности ПАВ в процессы метаболизма организма, обусловленной употреблением ПАВ. Концепция мутации генов связывает перечисленные нарушения не с токсическим воздействием ПАВ на структуры мозга, а с тем, что потенциальные или реальные аддикты уже имеют в своем генотипе гены, создающие преморбидную основу аддикции, которая запускается при соответствующих средовых условиях. Исследования показывают, что на генном уровне в развитии алкогольной и наркотической аддикции может принимать участие 1 381 ген. Третья точка зрения в контексте социально-психологического направления указывает, что алкоголизм и наркомания являются результатом дефицитарности

и фрустрированности в раннем детстве потребности в любви со стороны первичного объекта бытийной мощи – матери [40]. В отношении этиологии адреналиномании подростков направление психологии личности сосредотачивает внимание на ряде личностных черт и соответствующих потребностях, характерных для адреналиноманов, а именно: выраженная экстравертированность, импульсивность, стремление к новизне, стремление к поиску острых ощущений, нарциссичность, аутичное (в иных интерпретациях оккультно-мистическое) мышление (вера в «фарт», «фатум» и т. п.), социальная оппозиционность и асоциальность, стремление выйти за пределы допустимого. Эти черты формируют своеобразную неизбежную «экзистенцию» и поведение аддикта – адреналиномания оказывается подходящей сферой манифестации этих черт и реализации соответствующих потребностей. В клинической нейропсихологии исследования нейромедиаторного обмена в структурах мезо-кортико-лимбической системы мозга адреналиноманов показали нарушение метаболизма и секреции нейромедиаторов, дефицитарность которых связывается с повышенной возбудимостью, неспособностью контроля поведения и импульсивностью, нехваткой чувства удовольствия и связанным с этим постоянным стремлением к поиску внешних стимулов для его получения. Дефицитарность нейротрансмиттеров связывается с неблагоприятной мутацией 991 гена [40, с. 56]. В вопросе этиологии интернет- и компьютерной аддикции также рассматривается несколько точек зрения. В рамках социальной психологии эта аддикция является формой замещения живого общения у тех людей, кто не может установить отношения с лицами противоположного пола в связи с чрезвычайно высокими и даже невыполнимыми требованиями, критериями, которым должна соответствовать противоположная сторона. Аддикция подавляет страх одиночества людей, реально имеющих низкий социальный статус в своих микро-социумах и неспособных к установлению реальных продуктивных отношений с другими людьми [40, с. 61]. Клиническая нейропсихология отмечает, что в основе рассматриваемой аддикции лежат все те же патологические механизмы нарушения нейромедиаторного обмена, связанные с избытком, дефицитом нейромедиаторов, сбоем механизма обратного захвата или дефектом синапсов, как и у алкоголиков. По данным генетических исследований, мутации примерно в 421 гене человека связываются с отклонениями в социальной адаптации, социальной коммуникации, способностях к социальному взаимодействию. В рамках направления психологии личности направление интернет-аддикция также рассматривается как форма совладания с тревогой, возникающей в связи с неспособностью установить продуктивные отношения с окружающими. Другая точка зрения, применимая больше к азартным интернет-гэмблерам и хакерам, указывает на дефицитарность интеллектуальной стимуляции и дефицитарности возбуждения ЦНС, в связи с чем аддикты в буквальном смысле соревнуются с компьютером во время аддиктивных сеансов, находясь в приятном для них состоянии возбуждения [40, с. 61].

Последствия употребления алкоголя и наркомании хорошо известны – сокращение жизни или даже ранняя смерть, личностная и интеллектуальная, социальная деградация, появление множества патологических синдромов и дисфункций различных систем организма (висцеропатия), развитие психозов, бесплодие, риск уродств плода, рождение умственно отсталых и мертворождение в будущем. Среди последствий адреналиномании и явлений, сопровождающих ее у школьников, отмечается следующее: вероятность смертельного исхода, развитие клинических форм депрессии; вероятность соматической патологии и инвалидизации; привлечение к административной ответственности. Высоковероятными последствиями интернет-аддикции и всех форм ее проявлений у школьников могут оказываться: отчуждение аддикта от социума, реальных отношений, семейных дел и обязанностей, пренебрежение всем прежде ценным ради взаимодействия с машиной; развитие жесткого эгоцентризма и эмоциональной уплощенности; гинекологические и урологические заболевания, заболевания сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, желудочно-кишечного тракта; финансовые потери семейного и личного бюджета в связи с тратами на оплату трафика и

покупку техники или программного обеспечения; арест полицией и привлечение к уголовной ответственности за криминальные действия.

Различные формы нарушения пищевого поведения также имеют свои особенности. Анорекия проявляется в резком ограничении себя в питании, изнурительных ненормированных физических упражнениях с целью похудеть; в периодах преднамеренного усиленного похудания, сменяющихся приступами переедания; вызывании у себя рвоты; злоупотреблении слабительными, диуретиками, кофеин- и кодеинсодержащими препаратами. Такая поведенческая активность может сопровождаться пограничными расстройствами психики – тревожным расстройством, компульсивно-обсессивным расстройством; злоупотреблением ПАВ; истерическим расстройством. Отмечается наличие патологической сверхценной идеи «иметь стройную фигуру» и т. п. или появление фобии «прибавить в весе» и т. п. [29, с. 44–45]. Аналогичными симптомами проявляется и булимия – расстройство, которое вызывает повышенный аппетит, чувство сильного голода и заканчивается обжорством, после которого больной старается искусственно вызывать рвоту или каким-либо другим способом очистить желудок. Клиническая картина заболевания схожа с анорексией. Утрата контроля над пищевым поведением является ведущим проявлением заболевания, характеризующегося приступами переедания и попытками различными способами избавиться от их последствий. Так же, как и при анорексии, при булимии отмечается наличие патологической сверхценной идеи «не толстеть» или появление фобии «прибавить в весе» [49].

С точки зрения этиологии недавние медико-психологические исследования показали, что при анорексии ведущими психологическими факторами нарушения пищевого поведения являются: депрессивный фон настроения, выраженная алекситимия, высокий уровень тревожности, андрогинность. Корреляции с пониженной самооценкой или с неудовлетворенностью образом своего тела выявлено не было. Не было также и обнаружено наличия специфического комплекса неполноценности у лиц из группы «анорексия» [49, с. 65]. «Для группы «булимия» ведущими психологическими факторами нарушения пищевого поведения являются: выраженная алекситимия, максимально выраженный комплекс неполноценности, выраженная неудовлетворенность образом своего тела, низкая самооценка, высокий уровень тревожности, фемининность. Не выявлено клинически выраженного уровня депрессии» [49, с. 65]. Для представителей обеих групп характерно наличие вторичных выгод – снижение конфликтности в семье, сохранение инфантильности и выгод, связанных с ней, попытки решения проблем социальной включенности через идею «достижения красивой телесной конституции» [29, с. 43].

Последствия нарушения пищевого поведения уже были нами описаны в рамках клинического направления исследований – снижение физической адаптации и выносливости; снижение витальности; снижение стрессоустойчивости; увеличение деструктивности поведения; недоразвитие механизмов и снижение ресурса социальной адаптации; снижение когнитивных функций; увеличение числа лиц с физическим и психологическим недоразвитием [24, с. 12–14].

Традиционно буллинг понимается как эпизодически регулярное или постоянное агрессивное преследование одного из членов коллектива со стороны другого лица, но также часто группы лиц, причем необязательно из одного формального или признаваемого другими коллектива. Различают травлю прямую, когда ребенка бьют, обзывают, обманывают, ставят в неловкое положение, делают жертвами злых розыгрышей, унижают, дразнят, портят его вещи или отбирают деньги; косвенную: распространение слухов и сплетен, бойкотирование, избегание, манипуляция дружбой, также могут использоваться унижительные комментарии, жесты, угрозы, клички. Эти же явления переместились в интернет-среду и получили название кибербуллинга. Другими словами, проявляется активность, подчеркивающая неполноценность, вторичность и непривлекательность жертвы буллинга по отношению к окружающим [16; 21; 42; 43; 44; 46]. Сегодня уже говорят не об индивидуальном характере буллинга по типу «агрессор – жертва», а о его коллективной природе – речь идет о проявлении определенной структуры отношений в формальном или стихийном коллективе (группе), когда



выделяются четкие роли его участников – «инициатор» (он же «лидер» и «агрессор»), «помощники», «жертва», «защитники», «наблюдатели» [43; 44; 46]. В связи с этим изначальное «виктимологическое» направление в изучении буллинга (кибербуллинга) дополняется социально-психологическими исследованиями [19; 41; 42; 43], где исследуются причины и этиология буллинга (кибербуллинга). В качестве таковых отмечают: стремление к превосходству и доминированию как следствие травматичного комплекса неполноценности и социальной дезадаптации; зависть, ревность, месть и форма разрядки агрессивных аффектов; конформизм и нежелание оказаться в роли жертвы; дефицитарность теплоты человеческих отношений в семье; общий недостаток контроля; отсутствие границ дозволенного или гиперконтроль ребенка; социальная незрелость и неумение разрешать конфликты [16; 19; 21; 41; 42; 43; 44; 46].

Последствия буллинга (кибербуллинга) – социальная самоизоляция и уход в андеграундные агрессивные субкультуры; резкое снижение успеваемости и апатия по отношению к учебе; понижение самооценки, вплоть до самоуничижительных оценок; депрессивность с суицидальными мыслями; социальная тревожность и страхи; задержка психоэмоционального развития; полиморфные психосоматические расстройства.

Исследования в области аддиктологии [39; 40] показывают сходство психологических механизмов образования аддикции отношений, вовлечения в тоталитарные секты или экстремистские группировки, включая группировки типа «Колумбайн». Авторы отмечают, что сектантские группы или экстремистские группировки формируются по критерию ненависти определенной группы людей к другим людям по общему основанию – половому, социальному, религиозному, политическому, этническому, материальному и т. п. В такие «группы ненависти» объединяются люди, полагающие себя униженными и обиженными некими общими «другими», «не такими, как мы». И хотя опыт унижения и обид отдельных людей конкретен, как отмечает В. И. Красиков, он экстраполируется на всю категорию «обидчиков» [19, с. 82]. Следует отметить, что неудачи и унижения подростковых групп происходят из естественных экзистенциальных и возрастных особенностей подростков [19, с. 82].

Другой общий признак таких групп – продолжает В. И. Красиков – это попытка перекроить традиционно установившееся соотношение разрешений и запретов, утвердив тем самым свою «новую свободу». Гендерные группы стремятся освободиться от «тирании» противоположного пола и реально установить свой новый контроль. Для троллей (буллеров) свобода – синоним самодурства, для скулшутеров – свобода апокалиптического ресентимента (Ф. Ницше), для криминализованной молодежи – «сумеречная зона» понятий преступного мира («А.У.Е.»), для догхантеров – освобождение от фундаментального запрета культуры на убийство [19, с. 82].

Следующий общий признак, как отмечает В. И. Красиков, «двойная бухгалтерия» целей и средств: одни для презентации, другие для внутреннего негласного взаимопонимания и эмоционального единения. Подобная «бухгалтерия» нужна для «нормализации» своей субкультуры, придания ей респектабельности, а себе – чувства неординарности, особой значимости и роли в обществе, истории, повседневной жизни, для упреждения обвинений в экстремизме и ненависти [19, с. 82]. Специфичными являются признаки наличия символики, атрибутики – формирования закрытой субкультуры и постоянное самовоспроизводство [19, с. 83].

Помимо Каиновой обиженности на мир, мести и ненависти, участники таких групп несут такие личностные и поведенческие черты, которые сближают их с аддиктами отношений. Отмечают: неспособность в ситуациях принятия ответственных решений принять такое решение (совершить выбор) самостоятельно без помощи, поддержки и опеки со стороны объекта привязанности или группы. Компульсивное побуждение искать поддержку и опеку значимого лица или группы в таких ситуациях выбора; перекладывание бремени принятия решения (выбора) на объект привязанности или группу; детерминированность эмоций, настроения и установок поведения установками, формируемыми объектом привязанности или эмоциональным фоном, настроением группы или групповым поведением; неспособность быть одному, стремление быть в группе или рядом с объектом привязанности. Переживания чувства собственной малоценности, находясь вне группы или вне отношений с объектом привязанности.

занности. Единобытие с группой или конкретным лицом (объектом привязанности) воспринимается как источник бытийной мощи; компульсивные и навязчиво повторяющиеся стремления постоянно убеждаться в позитивности отношений со значимым лицом или группой, в правильности своего поведения со стороны группы или значимого лица; неспособность противопоставлять свои взгляды, мнение, поведение взглядам, мнению, поведению значимого лица или группы; избегание конфликтности в отношениях с объектом зависимости или группой [40, с. 124–125].

В настоящее время существует несколько точек зрения относительно ведущих этиологических факторов развития таких зависимых отношений. Согласно первой точке зрения в качестве фактора формирования зависимых отношений выступает фиксация на эдипальной стадии психосексуального развития, которая заставляет искать «утраченный родительский объект и отношения» в отношениях с не-родительскими объектами. Личность с силой привязывается к тем лицам из своего окружения, которые либо несут в себе «имаго родителя», либо строят с реципиентом такие отношения, которые напоминают ему отношения с родителем, к которому он привязан. Другая точка зрения акцентируется на том, что к формированию зависимости от отношений могут приводить психотравмирующие события, не связанные с угрозой жизни и здоровью, например развод, разрыв отношений. Борясь с возникающей реактивной депрессией, человек стремится заполнить пустоту новыми отношениями, в которых новый объект любви или объект привязанности уже начинает выступать как источник бытийной мощи. Третья точка зрения гласит, что пропаганда социальной успешности и отсутствие ресурсов для этого создают у человека чувство «заброшенности на обочину жизни». Следствием такого конфликта между «сущим и должным» является выбор человеком тех отношений, которые не связаны с его внутренними потребностями. Человек стремится «казаться и соответствовать» той среде, пребывание в которой означает для него «полноту жизни» [40, с. 126], что уж говорить о подростках с несформированной системой ценностей, неумением различать добро и зло.

В качестве наиболее негативных последствий таких отношений можно выделить тотальную подчиненность человека воле объекта привязанности или группы, его психологическую, финансовую или сексуальную эксплуатацию, вовлечение в любые уголовно наказуемые деяния и ограничение свободы и воли действий.

Аутоагрессивное (самоповреждающее) поведение, в том числе суицид, классифицируется следующими формами проявления. Суицидальные мысли – размышления о причинении себе вреда или о самоубийстве, начиная от пассивного желания до реального планирования [23, с. 18]. Попытка самоубийства – несмертельное, саморазрушительное действие с явным или предполагаемым намерением умереть, чаще запланированная [23, с. 18]. Самоубийство – самоповреждающий смертельный поступок с явным или предполагаемым намерением лишить себя жизни, что часто определено судмедэкспертом или доверенным лицом [23, с. 18]. Несуицидальное самоповреждение – действие с несмертельным исходом, при котором лицо преднамеренно демонстрирует непривычное для себя поведение, приводящее при отсутствии вмешательства со стороны к тяжелым самоповреждениям [23, с. 18]. В связи с этими особенностями различают демонстративный, аффективный и истинный суицид. По мнению практикующих суицидологов, подростковый суицид имеет характерные особенности – подростки не могут четко обозначить причину, по которой они решили совершить суицид, кроме того, они не могут четко вербализовать свои чувства, поделиться своими переживаниями, рассказать о них, отрефлексировать их. Специалисты признают, что причины, по которым подростки принимают решение о самоубийстве, во многом остаются непонятными, и пока ни медицина, ни психология, ни социология не могут однозначно ответить, что заставляет подростков покончить с собой [27, с. 42–43]. Однако выделяют устойчивый перечень «маяков», указывающих на повышенную вероятность суицида [23; 27]. Сюда относят: прямые высказывания о намерении суицида; косвенные намеки («Скоро вы от меня отдохнете»); активное увлечение литературой о похоронных традициях, сакрализацию смерти, «загробной жизни»; демонстративно шутливое отношение к смерти сочетается с частыми разговорами о ней; не-

объяснимая, импульсивно возникающая раздача личных, эмоционально значимых вещей; примирение с обидчиками, врагами; смена опрятного внешнего вида неряшливостью, пренебрежением гигиеной; пренебрежение учебой; эмоциональное отстранение от семьи и друзей; частые и затяжные уединения; сомнительные звонки подростку на телефон [27, с. 45].

Этиология суицида остается непроясненной, однако выделяется довольно внушительный перечень факторов риска суицида, повышающих его вероятность. Специалисты выделяют импульсивность, слабый самоконтроль эмоций; сензитивность; застревание аффекта, аффективную ригидность; самонеприятие, самообесценивание, включая неприятие собственного тела; перфекционизм и нарциссичность; слабую стрессоустойчивость; неопределенную или нарушенную психосексуальную идентичность; шизоформную психопатию, депрессивное пограничное расстройство, аффективное расстройство, биполярное расстройство; неизлечимую болезнь; бессонницу; социальную неприспособленность; чувство безнадежности и неспособность соответствовать стандартам социальной успешности; бедность; социальную изолированность; психотравмы; школьную травлю; конфликтогенную атмосферу в семье [23, с. 28–35]. Перечень, указывающий на сложность проблемы суицида вообще и как-то способствующий прояснению этиологии, например в плане создания опросников.

Межэтнические конфликты в школе принимают форму типичных подростковых межличностных или межгрупповых конфликтов, но практически всегда окрашены «национальным вопросом», в котором он играет скорее роль «пускового» механизма в конфликте, нежели является его сущностью. Исследования показывают, что межэтнические конфликты являются результатом столкновения традиций «коренной» и «пришлой» культуры, в которой культура мигрантов «не желает» или «не может» ассимилироваться и продолжает активно поддерживаться в семьях или диаспоре мигрантов – не происходит взаимопроникновения и взаимообогащения культур – встреча культур идет по принципу «кто кого». Эмпирические исследования показывают проявления индивидуальности мигрантов, которые вызывают их негативное восприятие со стороны школьников «коренной культуры». Сюда относят: дерзость, навязывание другим своей точки зрения, неуважение, злость, конфликтность, упрямство, гордость, уверенность в себе, самолюбие, обидчивость, наглость, невоспитанность, самовлюбленность, демонстративное поведение, вредные привычки, надменность. Попробуйте дифференцировать по этому перечню русских, татар, армян, грузин, таджиков, турок и т. д., полагаем, попытка потерпит неудачу. Специалисты указывают, что предвзятое отношение формируется по принципу «непохожести на своих», этому принципу могут отвечать внешность (фенотип), язык (акцент), поведение (традиция), не свойственные «коренной культуре», – это качественные критерии первичной идентификации «свой – чужой», а далее происходит формирование позитивной (или негативной) установки на восприятие. Поэтому межнациональные конфликты в школе неизбежны, но их профилактике способствует освоение языка, максимизация внешней схожести (минимизация непохожести), желание ассимилироваться в «коренную культуру», с одной стороны, и воспитание толерантного отношения «к инаковости» – с другой, мероприятия, направленные на знакомство культур и их понимание и взаимообогащение [25].

### **Заключение и выводы**

1. На основании современного исследовательского материала были выделены основные формы рискованного поведения школьников, и по каждой из форм представлены аппроксимированные эпидемиологические данные.

2. Эти данные позволили выстроить процентный рейтинг форм рискованного поведения школьников, где наиболее выраженной оказывается проблема снижения уровня соматического здоровья, а не проблема химических аддикций.

3. Были установлены и содержательно описаны основные направления научных исследований рискованного поведения школьников – социологическое, феноменологическое, диагностическое, персонологическое, клиническое, профилактическое.

4. Установлено, что различная природа форм рискованного поведения подростков побуждает исследователей вставать на различные методологические и методические позиции. Эти позиции по-разному представляют эпидемиологические, этиологические, патогенетические факторы рискованного поведения подростков. Эта методологическая изолированность и связанная с ней предметная узость не позволяют пока создать универсальный инструмент для диагностики всех известных форм рискованного поведения подростков.

5. Выделенные формы рискованного поведения подростков были описаны с точки зрения проявлений, этиологии и последствий. Представленная информация может быть использована для разработки надежного и валидного диагностического инструментария.

### Литература

1. Абдуллина, Л. Б. Особенности развития мотивационной сферы подростков группы риска / Л. Б. Абдуллина, Р. Р. Абдуллин. – Текст : непосредственный // Мир науки, культуры, образования. – 2017. – № 6 (67). – С. 194–195.
2. Авдулова, Т. П. Склонность к риску в отрочестве / Т. П. Авдулова. – Текст : непосредственный // Психология обучения. – 2011. – № 2. – С. 43–52.
3. Авдулова, Т. П. Рисковое поведение в юности: отклонение или норма? / Т. П. Авдулова, Е. В. Витковская, Е. В. Поневаж. – Текст : непосредственный // Клиническая и специальная психология. – 2013. – № 3. – С. 62–73.
4. Аджигельдиева, А. С. Характеристика особенностей пищевого поведения, эмоционально-личностных особенностей детей с ожирением / А. С. Аджигельдиева, Н. Э. Ахундзаде. – Текст : непосредственный // МНСК-2020. Медицина : материалы LVIII Международной научной студенческой конференции. – Новосибирск, 2020. – С. 24.
5. Мониторинг состояния здоровья детей Астрахани по результатам профилактических медицинских осмотров / А. А. Антонова, Г. А. Яманова, В. Ф. Боговденова, [и др.]. – Текст : непосредственный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 3 (105). – С. 53–57.
6. Основные тенденции заболеваемости среди детского населения / А. А. Антонова, Г. А. Яманова, В. Ф. Боговденова, Д. Н. Умарова. – Текст : непосредственный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 1–3 (103). – С. 6–9.
7. Аптикиева, Л. Р. Различия подростков «группы риска» и типичных подростков: психолого-педагогический аспект / Л. Р. Аптикиева. – Текст : непосредственный // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2019. – № 3 (221). – С. 6–14.
8. Агрессия и суицидальное поведение подростков в различных условиях социализации / Н. А. Бохан, А. Ф. Аболонин, А. И. Мандель, [и др.]. – Текст : непосредственный // Суицидология. – 2018. – Т. 9, № 2 (31). – С. 50–59.
9. Бояршинова, И. М. Проблемы реабилитации наркозависимой молодежи в условиях приграничного региона Оренбургской области / И. М. Бояршинова. – Текст : непосредственный // Научный альманах. – 2015. – № 9 (11). – С. 1360–1368.
10. Булычева, Е. С. Технология педагогического сопровождения семьи в профилактике наркомании подростков / Е. С. Булычева. – Текст : непосредственный // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Педагогика. – 2013. – Т. 14, № 1. – С. 137–141.
11. Власова, Ю. В. О мотивах, способствующих вовлечению в деструктивные культы подростков и молодежи / Ю. В. Власова. – Текст : непосредственный // Международный психиатрический журнал. – 2016. – № 3. – С. 30–33.
12. Гогиберидзе, Г. М. Профилактика вовлечения подростков в деструктивные секты / Г. М. Гогиберидзе. – Текст : непосредственный // Герценовские чтения: психологические исследования в образовании. – 2019. – № 2. – С. 240–247.
13. Егоров, А. Ю. Современные подходы к терапии и коррекции интернет-аддикции / А. Ю. Егоров, С. В. Гречаный. – Текст : непосредственный // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2019. – Т. 119, № 6. – С. 152–159.

14. Егорова, И. А. Психовегетативные особенности соматических дисфункций у детей младшего школьного возраста / И. А. Егорова, А. Д. Бучнов, Е. С. Михайлова. – Текст : непосредственный // Международная остеопатическая конференция: Современные проблемы лечения боли. Особенности остеопатической диагностики и лечения в междисциплинарном подходе : сборник статей и тезисов. – Санкт-Петербург, 2017. – С. 67–78.

15. Ермолаева, Е. С. Алкоголизм в подростковой среде / Е. С. Ермолаева. – Текст : непосредственный // Приоритетные направления развития науки и образования : материалы VII Международной научно-практической конференции. – Москва : Наука и просвещение, 2015. – С. 211–214.

16. Кабанов, В. Л. Психолого-педагогическая поддержка подростка, пострадавшего от буллинга / В. Л. Кабанов, А. А. Печенкина. – Текст : непосредственный // Воспитание как стратегический национальный приоритет : Международный научно-образовательный форум. – Екатеринбург, 2021. – С. 122–125.

17. Коростина, В. П. Рекомендации по профилактике агрессивного поведения подростков (из опыта работы учреждения дополнительного образования) / В. П. Коростина. – Текст : непосредственный // Современное общественно ориентированное образование: диалог концепций : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – Орехово-Зуево, 2015. – С. 204–214.

18. Кошенова, М. И. Особенности социально педагогической адаптации старших школьников, склонных к риску / М. И. Кошенова, М. Г. Сухорукова. – Текст : непосредственный // Вестник по педагогике и психологии Южной Сибири. – 2019. – № 3. – С. 71–85.

19. Красиков, В. И. «Хейтеры» в российском сегменте интернета / В. И. Красиков. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – 2021. – № 59. – С. 73–86.

20. Кувшинова, А. И. Результаты исследования асоциального влияния религиозных культов на подростков в социально-педагогической среде общеобразовательного учебного заведения / А. И. Кувшинова, Т. В. Некру. – Текст : непосредственный // Современные научные исследования и разработки. – 2018. – № 7 (24). – С. 100–103.

21. Кузьмина, Ю. М. Профилактика буллинга среди обучающихся образовательных учреждений / Ю. М. Кузьмина, Г. Е. Приоров, Е. М. Приорова. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности : материалы VII Международной научно-практической конференции. – Москва, 2021. – С. 70–78.

22. Курносова, Е. С. Социальные сети в цифрах / Е. С. Курносова. – Текст : электронный // MEDIASCOPE. – URL: [https://mediascope.net/upload/iblock/f97/18.04.2019\\_Mediascope\\_Екатерина%20Курносова\\_РИФ+КИБ%202019.pdf](https://mediascope.net/upload/iblock/f97/18.04.2019_Mediascope_Екатерина%20Курносова_РИФ+КИБ%202019.pdf) (дата обращения: 10.05.2022).

23. Любов, Е. Б. Самоповреждающее поведение подростков: дефиниции, эпидемиология, факторы риска и защитные факторы. Сообщение I / Е. Б. Любов, П. Б. Зотов, Г. С. Банников. – Текст : непосредственный // Суицидология. – 2019. – 10 (4). – С. 16–46.

24. Состояние здоровья школьников – медицинские и социальные проблемы / С. В. Мальцев, Л. З. Сафина, А. А. Биктимирова, Г. Ш. Мансурова. – Текст : непосредственный // Практическая медицина. – 2019. – Т. 17, № 5. – С. 8–15.

25. Межэтническая напряженность в меняющемся социальном контексте: результаты исследования / редактор М. Ф. Черныш. – Электрон. текст. дан. (1,7 Мб). – Москва : ФНИСЦ РАН, 2017. – 133 с. – Текст : электронный.

26. Ольховая, Т. А. Поколение Z: новые реалии социализации / Т. А. Ольховая, А. А. Чернова, В. Б. Парамонов. – Текст : непосредственный // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 4. – С. 28.

27. Паршутин, И. А. Причины и профилактика подросткового суицида / И. А. Паршутин. – Текст : непосредственный // Психология и педагогика в служебной деятельности. – 2018. – № 1. – С. 42.

28. Попова, О. С. Анализ и оценка организации питания, режима дня, труда и отдыха подростков / О. С. Попова, А. А. Штанова. – Текст : непосредственный // Профилактическая медицина – 2020 : сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Санкт-Петербург, 2020. – С. 171–176.
29. Попов, Ю. В. Нервная анорексия у девушек-подростков: варианты течения, факторы рецидива и суицидальный риск на ранних этапах терапии / Ю. В. Попов, А. А. Пичиков. – Текст : непосредственный // Обзорение психиатрии и медицинской психологии. – 2017. – № 4. – С. 41.
30. Поройский, С. В. Изменение метаболических процессов организма на фоне алкогольной интоксикации / С. В. Поройский, А. Т. Яковлев, Л. П. Кнышова. – Текст : непосредственный // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2019. – № 1. – С. 25–27.
31. Рахимкулова, А. С. Кластеризация рискованного поведения подростков: анализ результатов исследования / А. С. Рахимкулова. – Текст : непосредственный // Суицидология. – 2018. – Т. 9, № 2 (31). – С. 60–71.
32. Рахимкулова, А. С. Последствия рискованного поведения для физического и психического здоровья подростков / А. С. РАХИМКУЛОВА. – Текст : непосредственный // Девиантология. – 2020. – Т. 4, № 1 (6). – С. 3–15.
33. Половозрастные изменения показателей смертности детей и подростков Хабаровского края (за период 2017–2019 гг.) / М. Ф. Рзынкина, П. Г. Романов, И. В. Власюк, Е. К. Пискунова. – Текст : непосредственный // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы : сборник статей / под редакцией: А.И. Авдеева, И.В. Власюка, А.В. Нестерова. – Хабаровск, 2020. – С. 100–103.
34. Рязанова, Н. Б. Теоретические подходы к педагогической профилактике подросткового экстремизма и терроризма посредством этнообразовательного туризма / Н. Б. Рязанова, Н. М. Сажина. – Текст : непосредственный // Znanstvena Misel. – 2020. – № 38 (38). – С. 61–65.
35. Савостьянов, А. И. Подростковый алкоголизм: двойная опасность / А. И. Савостьянов. – Текст : непосредственный // Педагогическая наука и практика. – 2018. – Вып. 2 (20). – С.105–110.
36. Сагалакова, О. А. Нарушение произвольной регуляции психической деятельности при социальной тревоге в контексте формирования антивиталяного и суицидального поведения / О. А. Сагалакова, Д. В. Труевцев. – Текст : непосредственный // Инновации в науке. – 2015. – № 49. – С. 93–101.
37. Семина, Н. В. Масштабы и причины наркомании в молодежной и подростковой среде / Н. В. Семина, М. И. Казаков. – Текст : непосредственный // Лучшие практики субъектов Российской Федерации в сфере профилактики наркомании и других социально-негативных явлений : материалы I Всероссийского Байкальского форума профилактических проектов и лучших практик в сфере профилактики незаконного потребления наркотических средств и психотропных веществ и других социально-негативных явлений, Иркутск, 28–30 мая 2019 г. / ред.: В. Ю. Дорофеев [и др.]. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2019. – 535 с.
38. Слипка, М. И. Подросток: здоровье и болезни в современном мире / М. И. Слипка, А. М. Мамедьяров, О. И. Маслова. – Текст : непосредственный // Системная интеграция в здравоохранении. – 2015. – № 1 (25). – С. 50–64.
39. Смирнов, А. В. Психология аддиктивного поведения : монография / А. В. Смирнов ; Уральский государственный педагогический университет. – Екатеринбург, 2014 – 379 с. – Текст : непосредственный.
40. Смирнов, А. В. Психологические особенности аддиктивного поведения у мужчин и женщин : монография / А. В. Смирнов ; Уральский государственный педагогический университет. – Екатеринбург, 2015 – 396 с. – Текст : непосредственный.
41. Солдатова, Г. У. Виды киберагрессии: опыт подростков и молодежи / Г. У. Солдатова, Е. И. Рассказова, С. В. Чигарькова. – Doi: 10.11621/npj.2020.0201. – Текст : непосредственный // Национальный психологический журнал. – 2020. – № 2(38). – С. 3–20.

42. Солдатова, Г. У. Онлайн-риски и проблема психологического здоровья детей и подростков / Г. У. Солдатова, М. А. Ртищева, В. В. Серёгина. – Текст : непосредственный // Академический вестник Академии социального управления. – 2017. – № 3 (25). – С. 29–37.
43. Солдатова, Г. У. Эволюция онлайн-рисков: итоги пятилетней работы линии помощи «Дети онлайн» / Г. У. Солдатова, В. Н. Шляпников, М. А. Журина. – Текст : непосредственный // Консультативная психология и психотерапия. – 2015. – № 3 (87). – С. 50–66.
44. Солдатова, Г. У. Кибербуллинг: особенности, ролевая структура, детско-родительские отношения и стратегии совладания / Г. У. Солдатова, А. Н. Ярмина. – Текст : непосредственный // Национальный психологический журнал. – 2019. – № 3(35). – С. 17–31.
45. Влияние деструктивного интернет-контента на аутоагрессивное поведение подростков (по материалам психиатрического стационара) / А. Г. Софронов, Е. Ю. Абриталин, А. Е. Добровольская [и др.]. – Текст : непосредственный // Психиатрия, психотерапия и клиническая психология. – 2019. – Т. 10, № 1. – С. 13–21.
46. Сперанская, А. В. Диагностика буллинга в подростковой среде / А. В. Сперанская, С. А. Прокопьева, Д. А. Кузнецова. – Текст : непосредственный // Теоретические подходы к обоснованию существования буллинга в детской и подростковой среде : коллективная монография. – Ялта, 2021. – С. 143–157.
47. Тарасова, С. Ю. «Неадекватное спокойствие» как форма тревожности у жертв школьной травли / С. Ю. Тарасова, И. Н. Симакова, М.К. Кабардов. – Текст : непосредственный // Вестник государственного университета Дубна. Серия: Науки о человеке и обществе. – 2017. – Т. 2, № 2 (4). – С. 55–63.
48. Тенденции развития интернета в России и зарубежных странах : аналитический доклад / Г. И. Абдрахманова, О. Е. Баскакова, К. О. Вишневский [и др.]. – Москва : НИУ ВШЭ, 2020. – 144 с. – Текст : непосредственный.
49. Труфанова, О. К. Психологические факторы нарушений пищевого поведения / О. К. Труфанова. – Текст : непосредственный // Инновационная наука: Психология. Педагогика. Дефектология. – 2018. – Т. 1, № 2. – С. 56.
50. Фёдорова, Е. Я. Особенности структуры самоотношения девушек-подростков с нарушениями пищевого поведения / Е. Я. Фёдорова. – Текст : непосредственный // Современные проблемы подростковой медицины и репродуктивного здоровья молодежи : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции / под ред.: А.М. Куликова, М.Ф. Ипполитовой. – Санкт-Петербург, 2020. – С. 123–135.
51. Чумичёва, И. В. Особенности процесса социализации подростков из разных этнических групп / И. В. Чумичёва. – Текст : непосредственный // Вестник Московского государственного областного университета. – 2015. – № 1. – С. 12.
52. Щипанова, Д. Е. Исследование кибербуллинга: разработка диагностического инструментария / Д. Е. Щипанова. – Текст : непосредственный // Наука. Информатизация. Технологии. Образование : материалы XIV Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2021. – С. 587–593.
53. Южанин, М. А. Интернет-зависимость как социально-психологическая проблема общества XXI века / М. А. Южанин. – Текст : непосредственный // Путеводитель предпринимателя. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 225–239.
54. ЮНОДОК (UNODOC) : Всемирный доклад о наркотиках (Вашингтон, июнь 2012 года). – Вашингтон : Организация Объединенных Наций, 2012. – 153 с. – Текст : непосредственный.
55. ЮНОДОК (UNODOC) : Всемирный доклад о наркотиках (Вашингтон, июнь 2021 года). – Вашингтон : Организация Объединенных Наций, 2021. – 444 с. – URL: World Drug Report 2021 (unodc.org) (дата обращения: 10.05.2022). – Текст : электронный.





*Научное издание*

# ВЕСТНИК ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

*Выпуск 2 (65)/2022*

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.

Дата выхода в свет 30.06.2022

Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 24. Тираж 1000 экз. Заказ № 269.

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)