

ISSN 2542-1069

# ШАГ В НАУКУ



Научный  
журнал

01

2024

ISSN 2542-1069

# ШАГ В НАУКУ

№ 1, 2024

---

---

**Журнал основан в 2016 году.**

**Учредитель:**  
**федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Журнал «Шаг в науку» зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций.  
Регистрационный номер ПИ № ФС77-75621  
от 19.04.2019 г.

**Рабочие языки издания:** русский, английский.

**Периодичность издания:** 4 раза в год.

Журнал размещается на eLIBRARY.RU,  
в НЭБ «КиберЛенинка», ЭБС «Лань» и Znanium,  
индексируется в РИНЦ, Google Scholar  
и реферируется в ВИНИТИ РАН.

*При перепечатке ссылка на журнал «Шаг в науку» обязательна.*

*Все поступившие в редакцию материалы  
подлежат двойному анонимному рецензированию.*

*Мнения авторов могут не совпадать с точкой зрения редакции.*

*Редакция в своей деятельности руководствуется рекомендациями  
Комитета по этике научных публикаций (Committee on Publication Ethics).*

*Условия публикации статей размещены на сайте журнала <http://sts.osu.ru>*



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### Главный редактор

Летута С. Н., д-р физ.-мат. наук, проректор по научной работе,  
Оренбургский государственный университет, Оренбург

### Ответственный секретарь

Петухова Т. П., канд. физ.-мат. наук, доцент,  
Оренбургский государственный университет, Оренбург

### Члены редакционной коллегии:

Боровский А. С., д-р техн. наук, профессор, проректор по развитию и трансферу технологий, заведующий кафедрой управления и информатики в технических системах, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Болдырева Т. А., канд. психол. наук, доцент кафедры общей психологии и психологии личности, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Вишняков А. И., д-р биол. наук, доцент, Оренбург;

Воробьев А. Л., канд. техн. наук, доцент, директор Института наук о Земле, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Гурьева В. А., д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой технологии строительного производства, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Журкина О. В., канд. юрид. наук, доцент, заведующий кафедрой организации судебной и прокурорско-следственной деятельности, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Зубова Л. В., д-р психол. наук, профессор, заведующий кафедрой общей психологии и психологии личности, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Калимуллин Р. Ф., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации автомобильного транспорта, Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Набережные Челны;

Каныгина О. Н., д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры химии, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Мищенко Е. В., д-р юрид. наук, доцент, декан юридического факультета, заведующий кафедрой уголовного процесса и криминалистики, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Носов В. В., д-р экон. наук, профессор, профессор базовой кафедры торговой политики, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Москва;

Ольховая Т. А., д-р пед. наук, профессор, директор Института управления проектами, профессор кафедры общей и профессиональной педагогики, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Парусимова Н. И., д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры банковского дела и страхования, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Пихтилькова О. А., канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры высшей математики-2, РТУ МИРЭА, Москва;

Пыхтина Ю. Г., д-р филол. наук, доцент, заведующий кафедрой русской филологии и методики преподавания русского языка, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Сизенцов А. Н., канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры биохимии и микробиологии, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Султанов Н. З., д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры систем автоматизации производства, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Тарасова Т. Ф., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры экологии и природопользования, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Торшков А. А., д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы и фармакологии, Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург;

Третьяк Л. Н., д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой метрологии, стандартизации и сертификации, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Чепурова О. Б., канд. искусствоведения, доцент, доцент кафедры дизайна, Оренбургский государственный университет, Оренбург;

Якунина Н. В., д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры автомобильного транспорта, Оренбургский государственный университет, Оренбург.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Хисамутдинова Ю. Р., Терентьева Т. А.**

Внутренний контроль как фактор повышения эффективности расчетов с покупателями и заказчиками автотранспортного предприятия .....4

### ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Склярова Н. С.**

Роль категории пространства в раскрытии любовной лирики С. А. Есенина .....9

### ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Павлова А. В., Пригода А. В.**

Стрессоустойчивость студентов технических специальностей .....12

### ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Четверикова Д. К.**

Синтез и идентификация трифенилвисмута .....16

**Четверикова Д. К., Клепикова С. М., Дадашов Э. Д.**

Структурные дефекты в полупроводниковом кремнии.....22

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Богданов П. А.**

Методы и технические решения выполнения основных требований к проектируемым сталежелезобетонным перекрытиям .....27

**Гнедова К. В.**

Сравнительный анализ видов кровельного материала и оценка технико-экономической эффективности устройства металлического покрытия .....35

**Гуров В. А.**

Усовершенствование автоматизированной системы нагрева продукта с применением подогревателя поверхностного типа .....41

**Кабаргин С. В.**

Влияние отложений и коррозии внутри трубопровода на работу тепловой сети .....48

**Котляров М. А., Сакипов А. К.**

Виды поверхностей в церковных куполах .....53

**Лысенкин В. В.**

Основные преимущества и недостатки применения клееных деревянных конструкций в качестве несущих конструкций .....60

**Павлов П. А., Фролов С. С.**

Программно-аппаратный лабораторный формирователь равноамплитудного комплексного ряда .....66

**Плотникова А. О., Фазлиева Р. А.**

Аквапоселения: реальность или фантазия .....73

**Сабуров В. С.**

Байесовский классификатор в машинном обучении ....  
.....78

**Ситникова Е. А.**

Энергосберегающие технологии для водогрейных котлов малой мощности .....82

**Фазуллин Д. Ф.**

Энергосбережение при передаче тепловой энергии в сетях теплоснабжения .....86

**Чернышов В. К.**

Использование метода анализа иерархий при разработке системы поддержки принятия решений по замене сетевого оборудования .....90

### ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Щеткин Ю. Ю.**

«Коридорное мышление», функциональная безграмотность и пробелы школьного образования .....96

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 657.633.5

### ВНУТРЕННИЙ КОНТРОЛЬ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСЧЕТОВ С ПОКУПАТЕЛЯМИ И ЗАКАЗЧИКАМИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Хисамутдинова Юлия Рамилевна**, магистрант, направление подготовки 38.04.01 Экономика, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: julieberry050501@gmail.com

**Терентьева Татьяна Александровна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: teraudit56@mail.ru

***Аннотация.** Данная статья посвящена исследованию проблемы внутреннего контроля расчетов с покупателями и заказчиками автотранспортного предприятия. Актуальность выбранной темы определена сложившейся трудной геополитической ситуацией и снижением платежеспособности российских предприятий – потребителей транспортных услуг. В связи с этим раскрыты актуальные проблемы организации внутреннего контроля расчетов с покупателями и заказчиками предприятия, оказывающего услуги по грузовым перевозкам. Цель исследования заключается в составлении действенной методики по оценке степени надежности покупателей и заказчиков по предпочтительности сотрудничества. На основе обобщения опыта деятельности и взаимодействия с дебиторами автотранспортного предприятия сделаны выводы о целесообразности проведения внутреннего контроля расчетов с дебиторами в текущих условиях и сформированы рекомендации по выбору контрагентов автотранспортного предприятия, что обуславливает практическую значимость проведенного исследования.*

***Ключевые слова:** внутренний контроль, управление рисками, дебиторская задолженность, кредитная политика.*

***Для цитирования:** Хисамутдинова Ю. Р., Терентьева Т. А. Внутренний контроль как фактор повышения эффективности расчетов с покупателями и заказчиками автотранспортного предприятия // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 4–8.*

### INTERNAL CONTROL AS A FACTOR IN INCREASING THE EFFICIENCY OF SETTLEMENTS WITH BUYERS AND CUSTOMERS OF A MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE

**Khisamutdinova Yulia Ramilevna**, postgraduate student, training program 38.04.01 Economics, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: julieberry050501@gmail.com

**Terentyeva Tatiana Aleksandrovna**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Audit, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: teraudit56@mail.ru

***Abstract.** The article addresses the subject of internal control of settlements with buyers and customers of a motor transport company. The relevance of the chosen topic is determined by the current difficult geopolitical situation and*



*the decline in the solvency of Russian enterprises – consumers of transport services. In the course of the study, the actual problems of the organization of internal control of settlements with buyers and customers of an enterprise providing cargo transportation services are revealed. The purpose of the study is to compile an effective methodology for assessing the degree of reliability of buyers and customers according to the preference of cooperation. Based on the generalization of the experience of activity and interaction with debtors of a motor transport company, conclusions are drawn about the expediency of conducting internal control of settlements with debtors in the current conditions and recommendations are formed on the choice of counterparties of a motor transport company, which determines the practical significance of the study.*

**Key words:** *internal control, risk management, accounts receivable, credit policy.*

**Cite as:** Khisamutdinova, Yu. R., Terentyeva, T. A. (2024) [Internal control as a factor in increasing the efficiency of settlements with buyers and customers of a motor transport enterprise]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 4–8.

Российская экономика подверглась масштабному удару под воздействием образовавшихся геополитической и рыночной обстановок, результаты которого отразились в том числе и на развитии транспортной отрасли. Начало логистического кризиса обусловлено пандемией коронавируса: нарушены цепочки поставок, одновременно тарифы на перевозки имеют тенденцию к повышению. Транспортные компании столкнулись с проблемой прекращения прямых поставок в Россию запасных и комплектующих частей для автомобильного парка. Платежная дисциплина контрагентов выступает неотъемлемым звеном в обеспечении финансовой устойчивости хозяйствующего субъекта, поэтому транспортное предприятие заинтересовано в комплексной проверке покупателей и заказчиков.

Соответственно транспортные предприятия вынуждены подстраиваться под современные реалии путем применения конкретных методов, направленных на положительную динамику показателей ликвидности, платежеспособности предприятия, непрерывности деятельности экономического субъекта и сокращения влияния финансовых рисков деятельности. Возникает необходимость в организации системы контроля, в основе которой – предупреждение и оценивание экономических явлений автотранспортного предприятия, что позволит снизить риски, связанные с дебиторской задолженностью.

Система управления дебиторской задолженностью автотранспортного предприятия должна быть адекватной и надежной, способствующей экономической эффективности, своевременности расчетов с покупателями и заказчиками.

Актуальность исследуемой проблемы подтверждается тем, что проведение внутреннего контроля расчетов с покупателями и заказчиками позволяет не только упорядочить деятельность экономического субъекта, но и предупредить экономические преступления внутри предприятия и со стороны контрагентов.

Руководство предприятия, оказывающего услуги по грузовым перевозкам, заинтересовано в том, чтобы получить полную картину финансово-экономического развития предприятия для принятия управленческих решений относительно расчетов с покупателями и заказчиками. Как следствие, увеличение удельного веса дебиторской задолженности за оказанные транспортные услуги может препятствовать расширению масштабов финансово-хозяйственной деятельности автотранспортного предприятия [3]. «Важным этапом анализа расчетов с разными дебиторами и кредиторами является исследование влияния изменений величин дебиторской и кредиторской задолженности на финансовое состояние коммерческой организации через основные характеристики: имущественное положение, финансовую устойчивость, платежеспособность и ликвидность, деловую активность» [7]. На процесс ценообразования автотранспортных услуг оказывает влияние система ограничений, связанная с плавающими тарифами на грузовые перевозки, зависимостью цен на грузоперевозки от грузоподъемности привлекаемых единиц транспортной техники [2].

«Несмотря на достаточную степень научной изученности проблемы, в настоящее время остаются нерешенными вопросы относительно оптимизации дебиторской задолженности автотранспортного предприятия в кризисных условиях, а также методики определения рейтинговой оценки надежности дебиторов для целей формирования управленческих решений в части возможности предоставления отсрочки платежа за услуги автотранспортного предприятия» [1]. Следовательно, в условиях экономической неопределенности, которая характерна для российской экономики в целом в настоящее время, на объем дебиторской задолженности автотранспортного предприятия воздействуют внутренние факторы, обусловленные, в свою очередь, стратегией управления дебиторской задолженностью, выбранной предприятием; внешними факторами, например, состояние расчетов в государстве, уровень инфляции.

При рассмотрении влияния внутренних факторов на величину дебиторской задолженности автотранспортного предприятия требуют внимания условия, предусмотренные договорными отношениями, которые могут привести к изменениям кредитной политики экономического субъекта в отношении контрагентов. Суть анализа величины обязательств контрагентов перед автотранспортным предприятием заключается в изучении размеров задолженности, состава долгов, определении прогнозных значений дебиторской задолженности и выявлении причин ее динамики. Для проведения анализа дебиторской задолженности на автотранспортном предприятии необходимо оперировать данными бухгалтерской (финансовой), статистической и управленческой отчетности предприятия, счетов учета расчетов с покупателями и заказчиками, необходимыми внутреннему аудиту

с целью осуществления контроля данного фактора и сведения к минимуму возможных рисков [6].

В условиях инфляции величина дебиторской задолженности теряет свою стоимость, соответственно снижается величина покупательной стоимости долга, что негативно отражается на деятельности автотранспортного предприятия, поэтому уровень инфляции можно считать ключевым внешним фактором.

Однако наибольший научный интерес представляет организация внутреннего контроля дебиторской задолженности покупателей и заказчиков автотранспортного предприятия.

Целесообразно представить этапы организации системы внутреннего контроля расчетов с покупателями и заказчиками автотранспортного предприятия в виде схемы (рисунок 1).

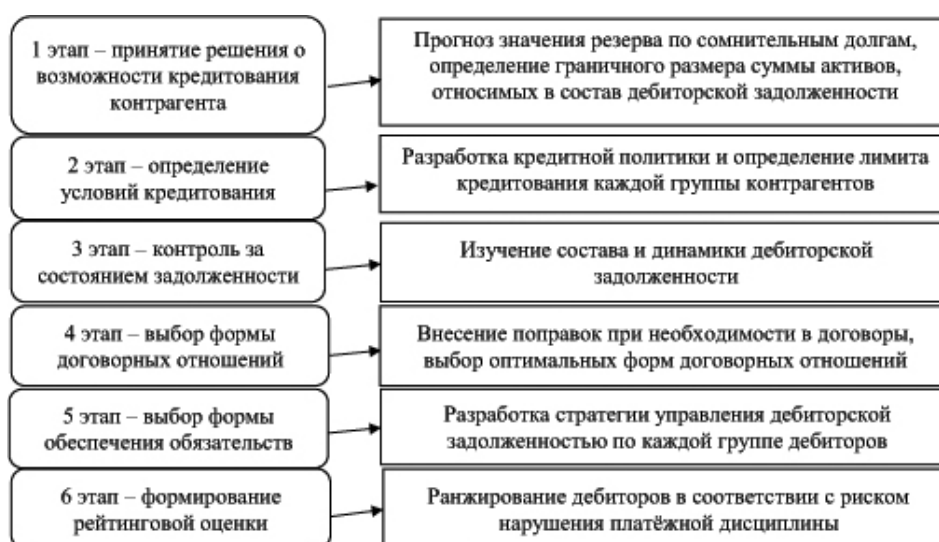


Рисунок 1. Организация системы внутреннего контроля расчетов с покупателями и заказчиками автотранспортного предприятия

Источник: разработано автором Ю. Р. Хисамутдиновой

Шестой этап – формирование рейтинговой оценки покупателей и заказчиков связан с определением автотранспортным предприятием наиболее значимых критериев выбора контрагентов: финансовое положение, деловая репутация, наличие ресурсов для исполнения обязательств. Полученные оценки необходимы руководителю службы внутреннего аудита автотранспортного предприятия для дифференциации покупателей и заказчиков по степени надежности [5].

Содержание шестого этапа при организации системы внутреннего контроля расчетов с покупателями и заказчиками автотранспортного предприятия можно представить в виде алгоритма (рисунок 2).

Система внутреннего контроля расчетов с покупателями и заказчиками автотранспортного предприятия – субъекта малого предпринимательства состоит из двух взаимосвязанных элементов: организации процедур контроля финансово-хозяйственной деятельности автотранспортного предприятия и процедур контроля при исчислении показателей бухгалтерской (финансовой) отчетности автотранспортного предприятия.

При организации внутреннего контроля расчетов с покупателями и заказчиками необходимо выбрать рациональные методы оценивания риска снижения платежеспособности контрагентов. Лица, осуществ-



ляющие внутренний контроль на автотранспортном предприятии, должны анализировать кредитную историю покупателей и заказчиков, в том числе и нарушения договорной дисциплины [4]. Чтобы правильно выбрать добросовестного контрагента,

следует пользоваться сервисом «Прозрачный бизнес: проверь себя и контрагента» на сайте ФНС России, проверив регистрацию контрагента в ЕГРЮЛ, постановку на налоговый учет.



Рисунок 2. Алгоритм оценки покупателей и заказчиков автотранспортного предприятия  
Источник: разработано автором Ю. Р. Хисамудиновой

Для урегулирования расчетов с контрагентами автотранспортному предприятию, осуществляющему деятельность на территории Оренбургской области, предлагается ввести методику идентификации и классификации дебиторов в зависимости от их финансово-экономического состояния партнеров и обеспечения исполнения обязательств:

- дебиторы, имеющие отличное финансовое состояние;
- дебиторы, имеющие удовлетворительное финансовое состояние;
- дебиторы, имеющие кризисное финансовое состояние.

Служба внутреннего контроля автотранспортного предприятия разрабатывает в отношении каждой группы контрагентов соответствующий тип кредитной политики, основываясь на результатах проведенного анализа партнеров по выбранным критериям: чем больше контрагент соответствует критериям отбора, тем больший лимит или отсрочку автотранспортное предприятие может ему предоставить [4].

Поскольку сотрудничество с дебиторами, имеющими кризисное финансовое состояние, связано с высоким уровнем риска, автотранспортному предприятию следует применять в отношении таких контрагентов жесткую кредитную политику – приостановление оказания транспортных услуг в случае нарушения платежной дисциплины. При работе с контрагентами, имеющими неудовлетворительное финансовое состояние, штатные специалисты по договорной работе автотранспортного предприятия должны разработать дополнительные положения в договоре, связанные с начислением неустойки, штрафов в случае нарушения покупателями и заказчиками обязательств.

Контрагентам, имеющим удовлетворительное финансовое положение, автотранспортное предприятие может предоставлять значительную отсрочку платежей. Либеральную кредитную политику автотранспортному предприятию необходимо применять в отношении надежных партнеров. Данный тип кредитной политики, с одной стороны, будет способствовать конкурентоспособности предприятия на рынке транспортных услуг, с другой стороны, может привести к возможным потерям от списания соответствующей задолженности.

Таким образом, обобщая все вышесказанное, можно сделать следующие выводы: система внутреннего контроля расчетов с покупателями и заказчиками автотранспортного предприятия может считаться результативной при условии, что она эффективно предупреждает о возникновении ложной информации и способствует выявлению недостоверности информации о покупателях и заказчиках в пределах ограниченного времени.

По нашему мнению, предложенный подход к организации внутреннего контроля дебиторской задолженности может быть полезен при разработке внутренних стандартов экономического субъекта и иных локальных нормативных актов в части организации внутреннего контроля на автотранспортном предприятии.

Проведение контрольных процедур, периодический анализ финансово-экономического состояния контрагентов, изучение состава долгов и внедрение внутреннего контроля позволит руководству составлять долгосрочные прогнозы и совершенствовать результаты деятельности автотранспортного предприятия.

### Литература

1. Ильина Ю. В. Сравнительная характеристика методик анализа и систем показателей оценки дебиторской и кредиторской задолженности // Социально-экономическое и научно-технологическое развитие: прогноз и перспективы: сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов, Волгоград, 22 декабря 2016 г. – Волгоград: НОО «Профессиональная наука», 2016. – С. 94–106.
2. Косаткина А. С. Подходы к анализу дебиторской и кредиторской задолженности предприятия // Актуальные вопросы развития экономических систем: формирование и реализация, проблемы функционирования, инновации: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Самара, 09 марта 2018 года / Под общ. ред. Н. М. Тюкавкина. – Самара: АНО «Издательство СНЦ», 2018. – С. 143–149.
3. Макаренко С. А. Методика внутреннего аудита дебиторской и кредиторской задолженности в организациях торговли: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.12 – Краснодар, 2014. – 214 с.
4. Малахова Д. Е., Кершис Е. А. Рекомендации по совершенствованию информационно-методического обеспечения учета и анализа дебиторской задолженности на примере предприятия // Молодой ученый. – 2018. – № 52(238). – С. 137–141.
5. Сметанко А. В. Прикладные аспекты внутреннего аудита расчетов с покупателями и заказчиками в условиях неопределённости и рисков // Международный бухгалтерский учет. – 2014. – № 17(311). – С. 13–25.
6. Терентьева Т. А., Свиридова Л. А. Процессный подход к организации бухгалтерского аутсорсинга // Международный бухгалтерский учет. – 2017. – Т. 20, № 13. – С. 779–792. – <https://doi.org/10.24891/ia.20.13.779>.
7. Шибилева О. В., Севостьянова Е. С., Бояркина Е. В. Стратегия развития малого предпринимательства в Российской Федерации до 2030 года // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 4(70). – С. 434–436. – <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-4-434-436>.

Статья поступила в редакцию: 15.05.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 82.02

### РОЛЬ КАТЕГОРИИ ПРОСТРАНСТВА В РАСКРЫТИИ ЛЮБОВНОЙ ЛИРИКИ

С. А. ЕСЕНИНА

Склярова Наталья Сергеевна, аспирант, направление подготовки 5.9.1. Русская литература и литературы народов Российской Федерации, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: np06091994@mail.ru

**Аннотация.** Особое место в поэтической системе С. А. Есенина занимает категория пространства, которая способствует выражению лика любви. Цель статьи заключается в рассмотрении эволюции темы любви в лирике С. А. Есенина с помощью исследования категории пространства. Особое внимание уделено стихотворениям, относящимся к различным периодам творчества поэта («За горами, за желтыми долами...» (1916), «Пой же, пой. На проклятой гитаре...» (1923), «Заметался пожар голубой» (1923), «Письмо к женщине» (1924). В статье использованы структурно-описательный и структурно-сопоставительный методы исследования. Установлено, что любовь как светлое чувство, исцеляющее лирического героя или дающее ему надежду на спасение, автор изображает на фоне открытого пространства. Закрытое пространство используется для выражения грубого физического чувства, приносящего герою разочарование и страдания. Практическая значимость статьи заключается в использовании материала на уроках литературы при изучении творчества С. А. Есенина.

**Ключевые слова:** категория пространства, тема любви, эволюция темы любви.

**Для цитирования:** Склярова Н. С. Роль категории пространства в раскрытии любовной лирики С. А. Есенина // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 9–11.

### THE ROLE OF THE CATEGORY OF SPACE IN REVEALING THE LOVE LYRICS OF S. A. YESENIN

Sklyarova Natalya Sergeevna, postgraduate student, training program 5.9.1. Russian literature and literature of the people of the Russian Federation, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: np06091994@mail.ru

**Abstract.** A special place in the poetic system of S. A. Yesenin is occupied by the category of space, which contributes to the expression of the face of love. The purpose of the article is to consider the evolution of the theme of love in the lyrics of S. A. Yesenin with the help of the study of the category of space. A. Yesenin's lyrics with the help of the study of the category of space. Particular attention is paid to the poems belonging to different periods of the poet's work («Behind the mountains, behind the yellow valleys ...» (1916), «Sing, sing. On a cursed guitar...» (1923), «Blue Fire Swept Away» (1923), «Letter to a Woman» (1924). The article uses structural-descriptive and structural-comparative methods of research. It is established that the author depicts love as a light feeling that heals the lyrical hero or gives him hope for salvation against the background of open space. Closed space is used to express a rough physical feeling that brings disappointment and suffering to the hero. The practical significance of the article lies in the use of the material in literature lessons when studying the works of S. A. Yesenin.

**Key words:** category of space, theme of love, evolution of the theme of love.

**Cite as:** Sklyarova, N. S. (2024) [The role of the category of space in revealing the love lyrics of S. A. Yesenin]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 9–11.

Любовная лирика С. А. Есенина многогранна. Каждый этап творчества поэта ознаменован своим ликом любви. Литературовед Е. Л. Карпов отмечает, что «любовная лирика Есенина поражает своей оду-



хотворенностью, в ней много естественно-человеческого, нежного и трепетного, мучительно-горького и трагически неразрешенного» [3, с. 211]. Особое место в поэтической системе поэта занимает категория пространства, которая способствует выражению лика любви.

Стихотворение «За горами, за желтыми долами...» написано в 1916 году. Первоначально произведение имело посвящение «Анне Сардановской», которое подразумевало внучатую племянницу отца Иоанна (священника села Константиново) Анну Алексеевну Сардановскую.

Стихотворение открывается фразеологическим оборотом «за горами, за долами» [1], который означает «очень далеко». Лирический герой устремляется к тому пространству, которое является пространством тишины, уединения, пространством сохранения патриархальных традиций («протянулась тропа деревень» [1]). Есенинское противопоставление «город-деревня» становится созвучно противопоставлению «ближе-дальше».

Пространство деревни обретает привычные образы (лес, плетень, церковные главы, озёра, мост). При этом лирический герой выступает наблюдателем вида сверху. Литературовед А. Н. Захаров отмечает, что небо и земля в художественном мире Есенина «соединяются с помощью дождя, солнечных лучей, лунного и звездного света, деревьев, растущих на земле» [2, с. 223]. Единое пространство, образованное путем соединения неба и земли, выступает пространством тишины и мира. Во втором четверостишии соединение неба и земли происходит при помощи метафоры «небесный песок».

Ключевым образом третьего четверостишия выступает монастырь. Именно с этим образом связано появление лирической героини в четвертом и пятом четверостишиях. Важным в рассмотрении образа бедной странницы становится образ пути. Лирическая героиня устремляется к монастырю, расположенному на высокой горе, с целью «поклониться любви и кресту» [1]. Движение лирической героини вверх позволяет рассмотреть в её образе религиозную девушку, кроткую духом, жадно слушающую ектенью. Именно её просит лирический герой помолиться за его погибшую душу «перед ликом Спасителя» [1].

В стихотворении «За горами, за желтыми долами...» любовь представлена на фоне пространства деревни, в рамках пространства монастыря. Она является чувством личным, светлым, дающим лирическому герою надежду на спасение.

Стихотворение «Пой же, пой. На проклятой гитаре...» написано в 1923 году. Произведение относится к имажинистскому периоду творчества Есенина

и входит в цикл стихотворений «Москва кабацкая». Оно посвящено американской танцовщице Айседоре Дункан.

Лирический герой находится в пространстве кабака. Об этом говорят атрибуты быта Москвы кабацкой: «на проклятой гитаре», «захлебнуться бы в этом угаре» [1]. Обозначенное закрытое пространство является отражением зародившегося у героя враждебного отношения к действительности [7, с. 245].

В образе возлюбленной автор представляет женщину, в которой физическое доминирует над нравственным («её запястья», «с плечей её льющийся шёлк», «в роковом размахе этих рук» [1]). Любовь героини расценивается как гибель для лирического героя.

В стихотворении «Пой же, пой. На проклятой гитаре...» любовь является чувством физическим, болезненным, стоящим в одном ряду со словами «зараза», «чума».

Стихотворение «Заметался пожар голубой» написано во второй половине 1923 года. Произведение открывает лирический цикл «Любовь хулигана» и представляет собой «отход поэта от стихии «кабака», этап на пути к духовному выздоровлению» [3, с. 212]. Оно посвящено актрисе Камерного театра А. Я. Таирова Августе Леонидовне Миклашевской.

Стихотворение открывает строфа «заметался пожар голубой», которая передает душевное состояние лирического героя, находящегося в состоянии любовного смятения. Прошлое находится в пространстве запущенного сада, в пространстве кабака, из которого герой стремится выйти («отрекаюсь скандалить», «разонравилось пить и плясать» [1]).

В образе возлюбленной лирического героя пленяет «глаз златокарий омут», «поступь нежная», «легкий стан», волосы «цветом в осень» [1]. Автор приходит к созданию обобщенного образа прекрасной женщины. Е. Л. Карпов отмечает, что «обобщение происходит в результате сплава частных элементов прототипа с вызревающим в воображении Есенина обликом женского идеала» [3, с. 212]. Именно с образом лирической героини связано духовное движение героя, его выздоровление («я б навеки пошел за тобой» [1]).

В стихотворении «Заметался пожар голубой» ярко выраженное пространство не отмечено. Любовь представлена на фоне пространства НЕ-кабака. Если ранее лирический герой отрицал романтическую любовь, то теперь он стремится выразить возвышенные чувства. Любовь является чувством исцеляющим.

Стихотворение «Письмо к женщине» написано в 1924 году и посвящено бывшей супруге Зинаиде Николаевне Райх.

Произведение начинается с обозначения личного пространства (пространства комнаты), в котором

происходит разговор между мужчиной и женщиной. Лирический герой находится в позиции «близ стены», которая является символом его расстроенного душевного состояния или символом его отношений с героиней.

Во втором четверостишии появляется движение, которое относится к лирическому герою («А мой удел – катиться дальше, вниз» [1]). Именно с этого момента возникают два пути героя – личный и общественный. Его общественный путь заканчивается фразой «Я избежал падения с кручи. Теперь в советской стороне / Я самый яростный попутчик» [1]. Личный путь героя завершается прощением, которое он просит у лирической героини.

В стихотворении «Письмо к женщине» личное пространство становится широким (комната – морская гладь). Лирический герой проходит два пути – личный и общественный. Любовь обретает для него

философское представление и становится чувством, лишенным эгоизма.

Таким образом, в любовной лирике Есенина категория пространства способствует выражению лика любви. Открытым является пространство светлого чувства, исцеляющего лирического героя или дающего ему надежду на спасение. Закрытым является пространство грубого физического чувства, приносящего герою разочарование и страдания (пространство кабака). А. Н. Захаров отмечает эволюцию категории пространства в творчестве поэта. Если для раннего Есенина характерна «пространственная узость мирка, ограниченного «деревенской или небесной околицей» [2, с. 224], то у позднего Есенина «художественное пространство становится более широким, объемным и многомерным» [2, с. 224]. В поздней лирике поэта любовь к матери и к женщине сливается с любовью к Родине.

#### Литература

1. Есенин С. А. Полное собрание сочинений: в 7 т. / ред. Ю. Л. Прокушева, ИМЛИ им. А. М. Горького РАН. – М.: Наука, 1995–2002. – URL: <http://feb-web.ru/feb/esenin/default.asp?feb/esenin/texts/es0.html> (дата обращения: 12.09.2023).
2. Захаров А. Н. Художественный мир поэта // Сергей Есенин. Проблемы творчества : сб. ст. / под ред. П. Ф. Юшина. – М.: Современник, 1978. – С. 220–234.
3. Карпов Е. Л. Из наблюдений над поэтикой Есенина // Сергей Есенин. Проблемы творчества : сб. ст. / под ред. П. Ф. Юшина. – М.: Современник, 1978. – С. 211–219.
4. Новиков Д. С. Любовь в художественной картине мира С. Есенина // Инновационная наука – 2015. – № 11–1. – С. 250–252.
5. Ткаченко Т. С. Эволюция темы любви в лирике С. А. Есенина // XXIII Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета, Нижневартовск, 06–07 апреля 2021 года. Том Ч. 8. – Нижневартовск: Нижневартковский государственный университет, 2021. – С. 158–163.
6. Хадзиева А. А., Буражева М. Б. Любовь в художественной картине мира С. А. Есенина // СОВРЕМЕННАЯ НАУКА: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ : сборник статей II Международной научно-практической конференции. В 4 частях, Пенза, 05 июня 2018 года / Ответственный редактор Гуляев Герман Юрьевич. Том Часть 1. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. – С. 139–140.
7. Юшин П. Ф. Сергей Есенин. Идеино-творческая эволюция. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1969. – 479 с.

Статья поступила в редакцию: 15.09.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

## ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 174

### СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

**Павлова Анастасия Викторовна**, студент, специальность 37.05.02 Психология служебной деятельности, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: pavlova555aa@yandex.ru

**Пригода Анастасия Вячеславовна**, студент, специальность 37.05.02 Психология служебной деятельности, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: anastasia@mail.ru

Научный руководитель: **Епанчинцева Галина Александровна**, доктор психологических наук, доцент, профессор кафедры общей психологии и психологии личности, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: galinamar@mail.ru

***Аннотация.** В настоящее время проблема возникновения стрессовых ситуаций, присутствующих в жизни студентов, становится все более актуальной, в результате чего этот вопрос находится в центре внимания ученых, социальных педагогов, психологов, медицинских работников. Возникновение стрессовых ситуаций не только негативно сказывается на успешности студентов в учебе, на отношениях с окружающими, но и регулярное повторение стресса может негативно сказаться на здоровье студентов. Экзаменационный стресс занимает одно из первых мест среди многих причин, вызывающих психическое напряжение обучаемых. Стресс у студентов возникает, в основном, из-за большого количества новой информации, конфликта с преподавателем, трудностей, связанных с неуспеваемостью, а также нехваткой времени в период сессии. Это оказывает влияние на психологическое и физическое состояние молодого человека. В период обучения в вузе возникает потребность в сохранении психического здоровья студентов. Таким образом, проблема экзаменационного стресса у студентов нуждается в изучении.*

***Ключевые слова:** стрессовая ситуация, студенты, стресс, личность, сессия.*

***Благодарности.** Выражаем благодарность своему научному руководителю за помощь при написании статьи.*

***Для цитирования:** Павлова А. В., Пригода А. В. Стрессоустойчивость студентов технических специальностей // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 12–15.*

### STRESS RESISTANCE OF STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES

**Pavlova Anastasia Viktorovna**, student, specialty 37.05.02 Psychology of official activity, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: pavlova555aa@yandex.ru

**Prigoda Anastasia Vyacheslavovna**, student, specialty 37.05.02 Psychology of official activity, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: anastasia@mail.ru

Research advisor: **Epanchintseva Galina Alexandrovna**, Doctor of Psychology, Associate Professor, Professor of the Department of General Psychology and Personality Psychology, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: galinamar@mail.ru



**Abstract.** Currently, the problem of stressful situations arising in the lives of students is becoming more and more relevant, as a result of which this issue is in the focus of attention of scientists, social educators, psychologists, and medical workers. The occurrence of stressful situations not only negatively affects students' academic success and relationships with others, but regular repetition of stress can negatively affect students' health. Examination stress ranks among the many reasons that cause mental stress in students. Stress in students arises mainly due to a large amount of new information, conflict with the teacher, difficulties associated with poor progress, as well as lack of time during the session. This has an impact on the psychological and physical state of the young person. During the period of study at a university, there is a need to preserve the mental health of students. Thus, the problem of exam stress among students needs to be studied.

**Key words:** stress situation, students, stress, personality, session.

**Acknowledgments.** We express our gratitude to our research advisor for assistance in writing the article.

**Cite as:** Pavlova, A. V., Prigoda, A. V. (2024) [Stress resistance of students of technical specialties]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 12–15.

Возникновение стрессовых ситуаций в студенческой жизни определяется наличием стрессогенных факторов в обучающей среде, таких как экзамены, периоды социальной адаптации, необходимость личностного самоопределения в будущей профессиональной деятельности [11]. Постоянное состояние стресса и его последствия составляют серьезную угрозу психическому здоровью студентов.

Стресс есть неспецифический ответ организма на любое предъявленное ему требование [8]. В концепции Г. Селье стресс трактуется в статусе «генерального адаптационного синдрома». Он выделяет три структурно-динамические характеристики этого феномена: общая стадия тревоги, стадия резистентности, стадия истощения.

В свою очередь, под стрессоустойчивостью понимается общее качество личности, которое характеризуется способностью противостоять стрессовым факторам за период времени, необходимого для организации новых условий, в которых данный стрессор не будет угрожающим [5; 2].

Цель нашего исследования – выявить уровень стрессоустойчивости у студентов технической специальности и соотнести с уровнем стрессоустойчивости у студентов, обучающихся на других специальностях.

В нашем исследовании приняло участие 52 студента вторых и третьих курсов технических специальностей Оренбургского аграрного колледжа имени дважды Героя Социалистического Труда В. М. Чердинцева по двум профилям: Автоматизация машиностроения и Право и социальное обеспечение. Испытуемые были разделены на две группы: основная группа (далее – ОГ) (студенты, обучающиеся по специализации автоматизация машиностроения) – 27 человек (юноши), группа сравнения (далее – ГС) (студенты, обучающиеся по специализации земельно-имущественные отношения) – 25 человек (18 девушек и 7 юношей).

Основными методиками исследования были вы-

– копинг-тест Р. Лазаруса и С. Фолкман, адаптированный Т. Л. Крюковой, Е. В. Куфтяк, М. С. Замышляевой [9];

– методика для определения вероятности развития стресса (Т. А. Немчин);

– опрос «Способы снятия стресса» (на основании данных Всесоюзного центра исследования общественного мнения (ВЦИОМ).

Рассмотрим результаты по методике копинг-теста, разработанного Ричардом Лазарусом и Сьюзан Фолкман в 1988 году, адаптированного Т. Л. Крюковой, Е. В. Куфтяк, М. С. Замышляевой в 2004 году. Копинг-стратегии можно определить как способы сознательного управления ситуацией в соответствии с ее логикой и значимостью для жизни человека, его психологическими возможностями. Психологическое назначение копинга состоит в том, чтобы как можно лучше адаптировать человека к требованиям ситуации. Не стоит позволять ему овладевать ситуацией и стремиться уменьшить или смягчить эти требования – это может лишь ослабить стрессовое воздействие обстановки [10].

По итогам проведения методики копинг-теста в двух группах, а также после подсчета средних значений по всем параметрам, было обнаружено, что основной копинг-стратегией как у студентов основной группы, так и у студентов из группы сравнения является планирование.

Реже всего студенты из группы сравнений используют такую стратегию, как конфронтацию, а студенты основной группы стараются не прибегать к копинг-стратегии бегство.

Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что студенты технических специальностей пользуются каждой из копинг-стратегий, но в большей степени придерживаются стратегии планирования, почти в равном соотношении студенты других специальностей также придерживаются этой копинг-стратегии. Данное поведение предполагает разбор ситуации, прогнозирование своих действий с учетом предыдущего опыта и имеющихся ресурсов [10; 2].

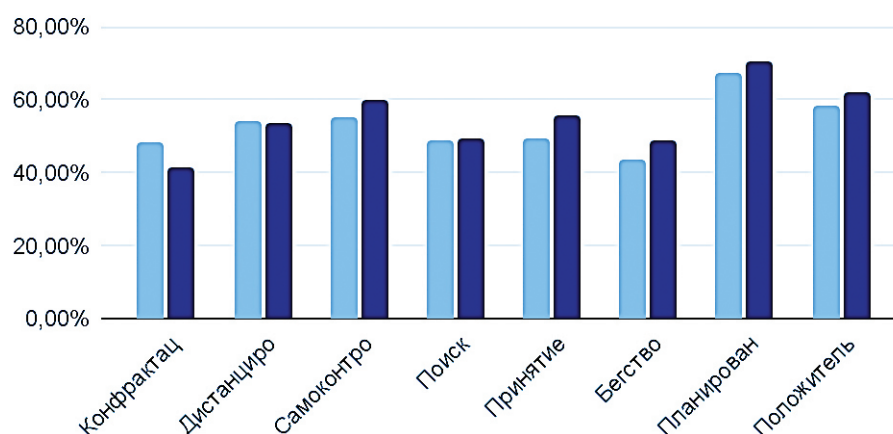


Рисунок 1. Диаграмма. Средние значения ОГ и ГС по опроснику Копинг-тест Р. Лазаруса и С. Фолкман  
 Источник: разработано авторами на основе опросника Копинг-теста Р. Лазаруса и С. Фолкман

Помимо планирования решений второй из ведущих копинг-стратегий была выделена стратегия положительной переоценки, у ОГ и ГС группы. Это означает, что студенты используют её в преодолении стрессовых ситуаций за счет положительного переосмысления проблемы [7]. Но данная стратегия имеет свои минусы, так, например, во время сессии, студенты могут обесценивать важность той или иной дисциплины, надеясь только на положительный исход событий.

Студенты из ОГ стараются как можно меньше использовать бегство в трудных ситуациях, что нельзя сказать про студентов из ГС. Они активно применяют бегство в своих копинг-стратегиях, но при этом в меньшей степени стараются прибегать к конфронтации. Это говорит о том, что испытуемые во время негативных переживаний стараются не отстраняться и не отрицать те или иные проблемы. А студенты других специальностей реже всего используют та-

кую стратегию как конфронтация. С одной стороны, она позволяет им активно противостоять проблемам и стрессовым воздействиям. С другой стороны, она приводит к отсутствию целенаправленности и рациональности поведения в проблемных ситуациях [4].

Следующая методика была направлена на определение вероятности развития стресса (Т. А. Немчин), она предназначена для выявления подверженности стрессу. В предложенном тесте перечисляется ряд утверждений с одним вариантом ответа: либо «да», либо «нет». Нужно отметить утверждения, с которыми вы согласны. Подсчитывается общее количество утверждений, как «нет», так и «да», с которыми вы согласны.

По результатам проведённого теста мы посчитали среднее значение по каждому показателю у студентов ОГ и ГС. Полученные данные мы представили в таблице, разработанной авторами.

Таблица 1. Средние значения по методике на определение развития стресса (Т. А. Немчина) в ГС и ОГ

Группа показатель	Экспериментальная группа		Контрольная группа	
	кол-во человек	%	кол-во человек	%
Высокая стрессоустойчивость	23	85	20	80
Средняя стрессоустойчивость	4	15	5	20
Низкая стрессоустойчивость	0	0	0	0

Источник: разработано авторами

Из таблицы следует, что высокая стрессоустойчивость в ОГ выявлена у 85% из группы (23 человека), а в ГС – у 80% (20 человек). Средняя стрессоустойчи-

вость в ОГ – у 15% (4 человека), в ГС – 20% (5 человек), высокая вероятность развития стресса в ОГ и ГС отсутствует.



Таким образом, подводя итог анализа результатов стрессоустойчивости у студентов технических специальностей, можно сделать вывод о том, что у них высокий уровень стрессоустойчивости. Это означает, что студенты умеют ориентироваться в ситуации и принимать мгновенные решения. Также способны адекватно воспринимать критику, не реагируя на провокации со стороны других, и извлекать из нее знания для улучшения своей работы, при этом контролируя эмоции, рационализируя эмоциональное выражение, подчиняя разуму, рационализируя события [1; 3].

Также стоит отметить, что у студентов данных специальностей совершенно отсутствует показатель низкой стрессоустойчивости. Это означает, что они могут противостоять трудностям, не впадая в панику и уныние, возможно не сразу, но в любом случае находят выход из сложившейся неприятной ситуации. Что касается студентов ГС, которые обучаются на других специальностях, их уровень стрессоустойчивости также на высоком уровне, как и у студентов ОГ.

Помимо методик испытуемым был предложен опросник, в котором они должны были выбрать способы снятия стресса.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что основными приемами снятия стресса у студентов ОГ и ГС является сон, общение с друзьями, прогулка на свежем воздухе, вкусная еда и секс. В

значительно малом проценте прослеживаются такие способы снятия стресса, как наркотики, поддержка или совет от родителей.

По результатам методик копинг-теста Р. Лазаруса, С. Фолкман и «Оценка нервно-психического напряжения» Т. А. Немчина нами был произведен статистический подсчет по критерию Стьюдента.

Он показал отсутствие в различиях по средним показателям шкал методики копинг-теста. Также различия по данному критерию не были обнаружены и по результатам методики Т. А. Немчина.

Таким образом, подводя итог исследования, нами была выдвинута гипотеза о том, что у студентов технических специальностей уровень стрессоустойчивости выше, чем у студентов других специальностей [11]. А также студенты технических специальностей предрасположены к планированию решений: так как это является одним из важных качеств в их будущей профессии. Что также было доказано при помощи методики Копинг-тест Р. Лазаруса, С. Фолкман.

Впоследствии при помощи методики «Оценка нервно-психического напряжения» Т. А. Немчина наша гипотеза была доказана полностью, так как уровень стрессоустойчивости у студентов технических специальностей на высоком уровне и в процентном соотношении выше, чем у остальных студентов, обучающихся на других специальностях.

### Литература

1. Аболин Л. М. Психологические механизмы эмоциональной устойчивости человека. – Казань: изд-во Казан. ун-та, 1987. – 262 с.
2. Анциферова Л. И. Личность в трудных жизненных условиях: переосмысливание, преобразование ситуаций и психологическая защита // Психологический журнал. – 1994. – Т. 15, № 1. – С. 3–18.
3. Бодров В. А. Проблема преодоления стресса. Часть 1: «COPING STRESS» и теоретические подходы к его изучению // Психологический журнал. – 2006. – Т. 27, № 1. – С. 122–133.
4. Бодров В. А. Психологический стресс: развитие и преодоление – М.: Per Se, 2006. – 523 с.
5. Бодров В. А., Обознов А. А. Система психической регуляции стрессоустойчивости человека-оператора // Психологический журнал. – 2000. – Т. 21, № 4. – С. 32–40.
6. Брайт Д., Джонс Ф. Стресс: теории, исследования, мифы. Секреты болезни цивилизации: Пер. с англ. – СПб.: Прайм-Еврознак, 2003. – 352 с.
7. Варданян Б. Х. Механизмы саморегуляции эмоциональной устойчивости. – М.: Наука, 2008. – 380 с.
8. Гринберг Дж. Управление стрессом / Пер. с англ. Л. Гительман, М. Потапова. – М.: Питер, 2002. – 495 с.
9. Лазурский А. Ф. Об естественном эксперименте // Экспериментальная психология. – 2010. – Т. 3, № 2. – С. 87–98.
10. Нартова-Бочавер С. К. «Coping Behavior» в системе понятий психологии личности // Психологический журнал. – 1997. – Т. 18. – № 5. – С. 20–30.
11. Особенности проявления стресса у студентов с учетом условий их проживания / В. И. Дунай [и др.] // Военная медицина: научно-практический рецензируемый журнал. Белорусский государственный медицинский университет. Изд-во «Белорусский Дом печати». – 2012. – № 2. – С. 44–47.

Статья поступила в редакцию: 18.06.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 547.1

### СИНТЕЗ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТРИФЕНИЛВИСМУТА

**Четверикова Дарья Константиновна**, студент, специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: [dasha\\_chetver@mail.ru](mailto:dasha_chetver@mail.ru)

Научный руководитель: **Строганова Елена Алексеевна**, кандидат химических наук, доцент кафедры химии, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: [Stroganova\\_Helen@mail.ru](mailto:Stroganova_Helen@mail.ru)

***Аннотация.** Металлоорганические соединения находят широкое применение в различных областях практической деятельности и науки. В частности, висмуторганические соединения исследуются в связи с возможностью их потенциального использования в качестве лекарственных, биологически активных препаратов, обладающих меньшей токсичностью в сравнении с комплексами тяжелых металлов [6]. Некоторые органические соединения висмута используются в качестве катализаторов и реагентов в органическом синтезе [1]. Синтез новых комплексов этого металла и изучение их физико-химических свойств являются важной и актуальной задачей. Разложением металлическим порошком висмута двойной соли хлорида фенилдиазония с хлоридом висмута получен трифенилвисмут. Идентификация производилась методом ИК-спектроскопии. Впервые результаты были представлены тезисно на VIII Всероссийской (заочной) молодежной конференции (г. Уфа, 25–26 мая 2023 г.)<sup>1</sup>.*

***Ключевые слова:** трифенилвисмут, диазометод Несмеянова, металлоорганические соединения, синтез, ИК-спектроскопия.*

***Для цитирования:** Четверикова Д. К. Синтез и идентификация трифенилвисмута // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 16–21.*

### SYNTHESIS AND IDENTIFICATION OF TRIPHENYLBISMUTH

**Chetverikova Daria Konstantinovna**, student, specialty 04.05.01 Fundamental and Applied Chemistry, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: [dasha\\_chetver@mail.ru](mailto:dasha_chetver@mail.ru)

Research advisor: **Stroganova Elena Alekseevna**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: [Stroganova\\_Helen@mail.ru](mailto:Stroganova_Helen@mail.ru)

***Abstract.** Organometallic compounds are widely used in various fields of practical activity and science. In particular, organobismuth compounds are being studied in connection with the possibility of their potential use as medicinal, biologically active preparations that are less toxic in comparison with heavy metal complexes [6]. Some organic bismuth compounds are used as catalysts and reagents in organic synthesis [1]. The synthesis of new complexes of this metal and the study of their physicochemical properties are an important and urgent task. By decomposing the double salt of phenyldiazonium chloride with bismuth chloride with bismuth metal powder, triphenylbismuth was*

---

<sup>1</sup> Четверикова Д. К., Строганова Е. А. Синтез и идентификация трифенилвисмута // Достижения молодых ученых: химические науки: тезисы докладов VIII Всероссийской (заочной) молодежной конференции (г. Уфа, 25–26 мая 2023 г.) / отв. ред. Р. М. Ахметханов. – Уфа: РИЦ УУНИТ, 2023. – С. 128–129.



obtained. Identification was made by IR spectroscopy. For the first time, the results were presented in abstract at the VIII All-Russian (correspondence) youth conference (Ufa, May 25–26, 2023).

**Key words:** triphenylbismuth, Nesmeyanov's diazomethode, organometallic compounds, synthesis, IR spectroscopy.

**Cite as:** Chetverikova, D. K. (2024) [Synthesis and identification of triphenylbismuth]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 16–21.

В настоящее время актуальной и быстроразвивающейся областью химии является химия элементорганических соединений V группы. Например, висмуторганические соединения с карбоксилатными остатками имеют важное фундаментальное и прикладное значение. Они используются в качестве эффективных реагентов в тонком органическом синтезе для введения фенильных групп по гидроксигруппам спиртов, фенолов, енолов, по аминогруппам алифатических и ароматических аминов, по C–H связям непредельных соединений, кетонов, фенолов.

С помощью висмуторганических соединений уже синтезируют многие биологически активные вещества, например, аналоги природных алкалоидов, производные индола, 4-гидроксикумарина, хроман-4-она, метилгидрогоната, хининона, гингколидов и макролидов.

Для некоторых висмутсодержащих комплексов обнаружены практически важные свойства, такие как сверхпроводимость или полупроводимость. В этой связи одной из фундаментальных проблем химии непереходных металлов является синтез устойчивых арильных соединений висмута, что существенно раздвинет границы их использования

в различных областях химии. Висмуторганические соединения представляют не только практический интерес. Большой размер атома висмута и особенности его электронного строения обуславливают большие возможности его координационной сферы. Исследования структур комплексов высококоординированного висмута углубят представления о невалентных взаимодействиях и внесут свой вклад в развитие теории химической связи.

В настоящее время в органический синтез вовлечено крайне ограниченное число наиболее доступных производных висмута: трифенилвисмут, пентафенилвисмут, тозилат и трифторацетат тетрафенилвисмута, карбонат, дихлорид, диацетат трифенилвисмута. Это обусловлено, прежде всего, тем, что ряд известных устойчивых висмуторганических соединений, которые в своем большинстве являются арильными производными, действительно немногочислен.

Актуальность данной работы состоит в исследовании доступного высокоэффективного экспрессного способа получения одного из основных используемых субстратов висмуторганического синтеза – трифенилвисмута (рисунок 1), который также является высокоэффективным окисляющим реагентом.

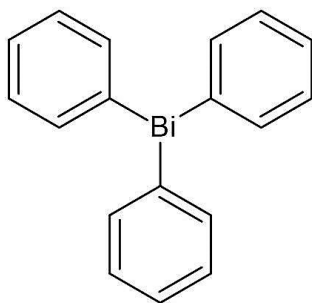


Рисунок 1. Структурная формула трифенилвисмута

Источник: разработано автором в редакторе Chems sketch

Соединения висмута общей формулы  $Ar_3Bi$  синтезируют, как правило, из галогенидов висмута (III) [7].

Одним из наиболее важных методов синтеза металлоорганических соединений, а именно через диазосоединения, является метод двойных диазониновых солей или диазометод Несмеянова, заключающийся в разложении двойных солей арилдиазонийгалогени-

дов и галогенидов тяжелых металлов металлическими порошками [3].

Метод открыт в 1929 г. на примере ртутноорганических соединений. В последующие годы он был распространен на синтез металлоорганических соединений олова, свинца, таллия, висмута, мышьяка и сурьмы [2; 4].



Дальнейшим видоизменением диазометода Несмеянова является прямое воздействие хлористого диазония на металлы, серу и теллур.

Механизм реакций диазосоединений, приводящих к синтезу металлоорганических веществ, и, в частности, механизм реакции Несмеянова до конца не выяснен, несмотря на наличие ряда исследований по этому вопросу. Широкая применимость диазометода дала возможность получать разнообразные металлоорганические соединения (ртути, олова, свинца, сурьмы, мышьяка, висмута), содержащие в ароматическом ядре различные функциональные группы. Механизм реакции неясен; поскольку, однако, реакции образования металлоорганических соединений олова, мышьяка,

сурьмы протекают лишь в растворителях с малой диэлектрической постоянной (в ацетоне, этилацетате, но не в спирте и не в воде), предполагается, что процесс происходит с гомолитическим разрывом связей. Однако, впоследствии, данная теория была поставлена под сомнение – после проведения исследований зависимости скорости реакции от вида заместителей было доказано, что скорость реакции возрастает прямо пропорционально увеличению электронодонорных свойств самих заместителей, что говорит о гетеролитическом характере протекания реакции<sup>2</sup> [5] и, следовательно, возможности её осуществления в спиртовой среде, что было осуществлено автором. Схема реакции представлена на рисунках 2 и 3.

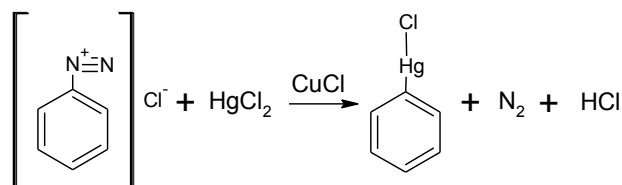


Рисунок 2. Исторический способ осуществления синтеза  
Источник: разработано автором в редакторе Chemsketch



Рисунок 3. Стехиометрическая схема протекания реакции  
Источник: разработано автором в редакторе Chemsketch

Как видно из рисунка 3, возможно использование различных металлов для осуществления реакции, исходя из наличия реагентов и необходимого продукта. Согласно схеме, изображенной на рисунке 3, в качестве катализатора использовался хлорид меди, однако, впоследствии, экспериментальным путём была доказана большая эффективность применения в качестве восстановителя мелкодисперсного образца того же металла, который должен включиться в структуру органического продукта реакции. Автором этот факт подтверждён, синтез в присутствии хлорида меди в идентичных описанных ниже условиях осуществить не удалось.

Мелкодисперсный порошок металлического висмута для использования в качестве катализатора был получен путём взаимодействия оксида висмута с гидразингидратом [6]. На рисунке 4 изображён процесс

образования продукта, на рисунке 5 – схема протекания реакции.

Таким образом, по методу двойных диазониновых солей Несмеянова был синтезирован в лабораторных условиях трифенилвисмут. В качестве восстановителя использовалась пыль висмута.

Схема установки для синтеза представлена на рисунке 6. Эксперимент проводился в спиртовой среде путём взаимодействия солянокислого фенилгидразина с хлоридом висмута (III) в установке, состоящей из трёхгорлой круглодонной колбы (4), прямого холодильника для выхода азота (2), нагревательного элемента (5), установленного термометра для контроля температуры системы (1) и компрессора (3), обеспечивающего постоянный приток воздуха для протекания и ускорения реакции.

<sup>2</sup> Серрей А. Справочник по органическим реакциям: Именные реакции в органич. химии: Пер. с англ. / Под ред. и с доп. д-ра хим. наук Н. С. Вульфсона. – М.: Госхимиздат, 1962. – 299 с.

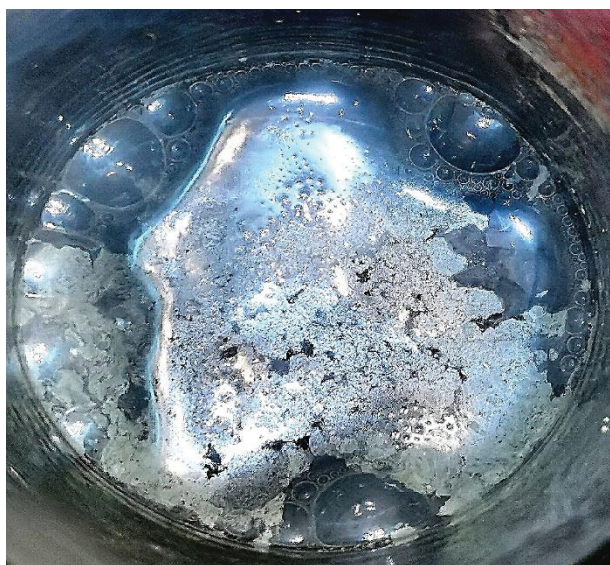


Рисунок 4. Процесс образования металлического висмута

Источник: разработано автором

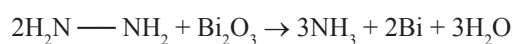


Рисунок 5. Схема реакции получения металлического висмута

Источник: разработано автором в редакторе Chemsketch

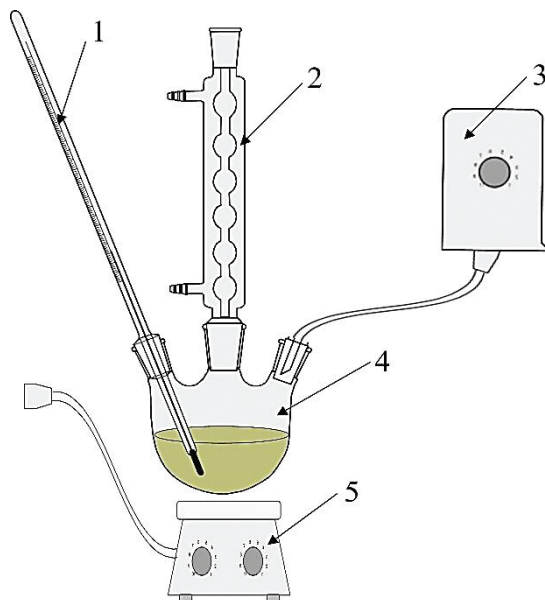


Рисунок 6. Схема установки для синтеза

Источник: разработано автором в редакторе Chemsketch

После завершения процесса осадок был отфильтрован на воронке Бюхнера, дважды промыт бензо-

лом, как хорошим растворителем. Бензол был отогнан методом простой перегонки, осадок проанализирован

методом ИК-спектроскопии на Фурье-спектрометре «ИНФРАЛИОМ ФТ-02». Результаты представлены на рисунке 7.

Согласно результатам спектрального анализа, отчетливо прослеживается поглощение ароматического кольца:  $3200\text{ см}^{-1}$   $\nu(\text{C-H})$ ; дублет  $1600, 1525, 1550, 1450\text{ см}^{-1}$   $\nu(\text{C=C})$ ;  $900, 860, 760, 725\text{ см}^{-1}$   $\delta(\text{C-H})$  монозамещенное кольцо. Связь ароматического коль-

ца с металлом характеризуется смещением полосы валентных колебаний ( $\text{C-H}$ ) в длинноволновую область: полоса поглощения ( $\text{C-H}$ ) должна наблюдаться в области от  $3105$  до  $3000\text{ см}^{-1}$ , однако на данном спектре –  $3200$ . Таким образом, следует констатировать наличие в веществе монозамещенных ароматических ядер, ассоциированных или ковалентно связанных с металлом.

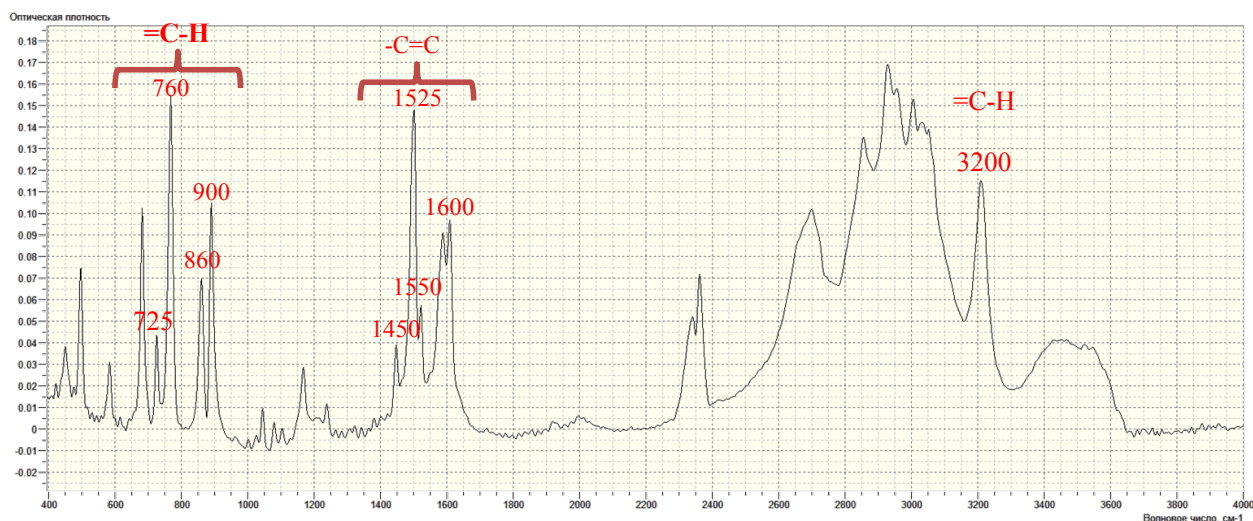


Рисунок 7. ИК-спектр продукта синтеза

Источник: разработано автором

В качестве дополнительного подтверждения осуществлено наложение теоретически разработанного спектра трифенилвисмута (рис. 7).

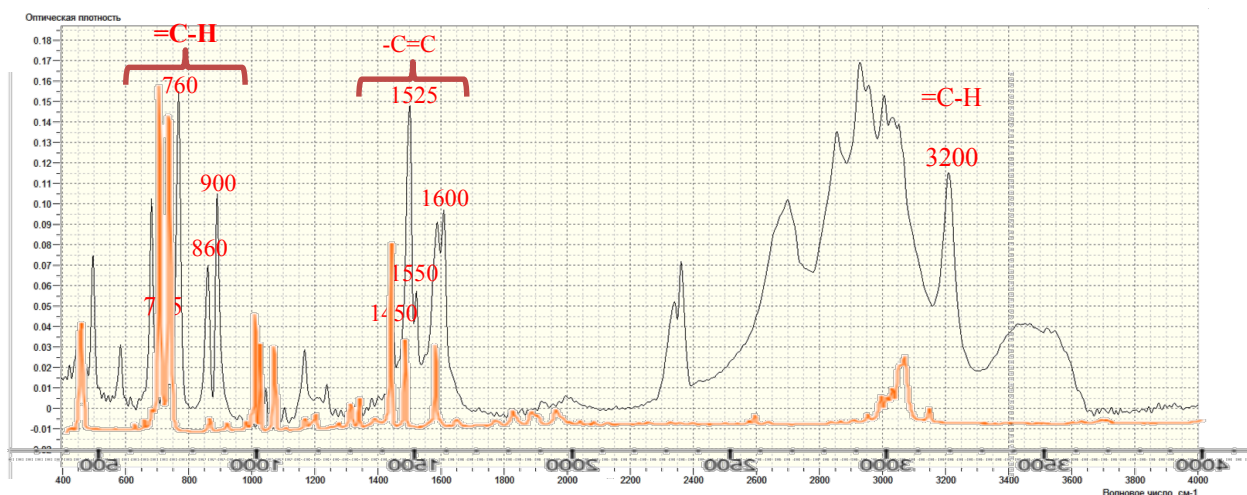


Рисунок 8. Наложение спектров

Источник: разработано автором

Очистка осуществлялась методом перекристаллизации. Выход вещества составил 60%.

### Литература

1. Висмутсодержащие материалы: строение и физико-химические свойства / В. М. Денисов [и др.]. – Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 2000. – 528 с.
2. Кузнецов В. И. Развитие химии металлоорганических соединений в СССР / Акад. наук СССР. Ин-т истории естествознания и техники. – М.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1956. – 222 с.
3. Малеева А. И. Получение фенильных производных сурьмы(V) и висмута(V) с некоторыми непредельными карбоновыми кислотами: дис. ... канд. хим. наук. – Нижний Новгород, 2020. – 153 с.
4. Малышева Ю. Б. Органические производные висмута(v)  $Ag_3BiX_2$  в катализируемой палладием реакции С-арилирования непредельных соединений: дис. ... канд. хим. наук. – Нижний Новгород, 2008. – 150 с.
5. Термодинамические свойства дибензоата трифенилвисмута  $Ph_3Bi(OC(O)Ph)_2$ : экспериментальные исследования и сравнительный анализ с сурьмасодержащим аналогом // А. В. Маркин [и др.] / Журнал физической химии. – 2021. – Т. 95, № 11. – С. 1651–1657.
6. Четверикова Д. К., Юдин А. А. Получение металлического висмута и его структурный анализ // Физическое материаловедение. Актуальные проблемы прочности: сборник материалов X Международной школы, посвященной 10-летию лаборатории «Физика прочности и интеллектуальные диагностические системы» и LXIII Международной конференции, Тольятти, 13–17 сен. 2021 г. – Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2021. – С. 49–51.
7. Шарутин В. В., Мосунова Т. В. Синтез, строение и применение арильных соединений висмута // Вестник ЮУрГУ. Серия: Химия. – 2020. – Т. 12, № 3. – С. 7–66.

Статья поступила в редакцию: 30.06.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.



УДК 539.186:537; 539.19

## СТРУКТУРНЫЕ ДЕФЕКТЫ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ КРЕМНИИ

**Четверикова Дарья Константиновна**, студент, специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: [dasha\\_chetver@mail.ru](mailto:dasha_chetver@mail.ru)

**Клепикова София Михайловна**, студент, специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: [gosusksm@yandex.ru](mailto:gosusksm@yandex.ru)

**Дадашов Эльнур Дахилевич**, студент, направление подготовки 04.03.01 Химия, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: [dadashov9000@gmail.com](mailto:dadashov9000@gmail.com)

Научный руководитель: **Каныгина Ольга Николаевна**, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры химии, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: [onkan@mail.ru](mailto:onkan@mail.ru)

***Аннотация.** В настоящее время полупроводниковые пластины из монокристалла кремния нашли широкое применение в создании солнечных фотоэлектрических систем (ФЭС), систем прямого преобразования световой энергии солнечного излучения в электричество. Производство солнечных ФЭС является одним из наиболее перспективных направлений «зеленой» энергетики и растет быстрыми темпами во многих странах. Однако на данный момент времени ФЭС не способны полностью удовлетворить потребности человечества в энергии, ведь пластины монокристалла кремния заполняются дефектами и дислокациями, которые, в свою очередь, оказывают огромное влияние на электропроводные свойства кремния.*

*Таким образом, выявление дислокаций необходимо осуществить до начала использования пластин, однако данный дефект может быть использован на производстве – разработан метод структурирования кремниевых подложек с помощью дислокаций, нашедший широкое применение в микроэлектронике [7].*

***Ключевые слова:** кремниевые пластины, монокристаллы, дислокации, травление, микросхемы, плотность дислокаций.*

***Для цитирования:** Четверикова Д. К., Клепикова С. М., Дадашов Э. Д. Структурные дефекты в полупроводниковом кремнии // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 22–26.*

## STRUCTURAL DEFECTS IN SEMI-CONDUCTOR SILICON

**Chetverikova Darya Konstantinovna**, student, specialty 04.05.01 Fundamental and Applied Chemistry, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: [dasha\\_chetver@mail.ru](mailto:dasha_chetver@mail.ru)

**Klepikova Sofia Mikhailovna**, student, specialty 04.05.01 Fundamental and Applied Chemistry, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: [gosusksm@yandex.ru](mailto:gosusksm@yandex.ru)

**Dadashov Elnur Dakhilevich**, student, training program 04.03.01 Chemistry, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: [dadashov9000@gmail.com](mailto:dadashov9000@gmail.com)

Research advisor: **Kanygina Olga Nikolaevna**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor of the Department of Chemistry, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: [onkan@mail.ru](mailto:onkan@mail.ru)



**Abstract.** Currently, semiconductor wafers made from single crystal silicon are widely used in the creation of solar photovoltaic systems (PVS), systems for directly converting the light energy of solar radiation into electricity. The production of solar PV is one of the most promising areas of «green» energy and is growing rapidly in many countries. However, at this point in time, FES are not able to fully satisfy humanity's energy needs, because single-crystal silicon wafers are filled with defects and dislocations, which in turn have a huge impact on the electrically conductive properties of silicon.

Thus, the identification of dislocations must be carried out before the wafers are used, but this defect can be used in production - a method for structuring silicon substrates using dislocations has been developed, which has found wide application in microelectronics [7].

**Key words:** silicon wafers, single crystals, dislocations, etching, microcircuits, dislocation density.

**Cite as:** Chetverikova, D. K., Klepikova, S. M., Dadashov, E. D. (2024) [Structural defects in semi-conductor silicon]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 22–26.

Основным методом получения кремниевых пластин является выращивание монокристаллического кремния методом Чохральского (рисунок 1). Очищенный поликристаллический кремний расплавляют в тигле из кварца, вводят монокристаллическую за-

травку, после оплавления медленно поднимают и вращают. При резке кремниевых полупроводниковых пластин для элементов солнечных батарей до 50% слитка уходит в опилки, которые находят применение как сырье для синтеза нитрида кремния [2].

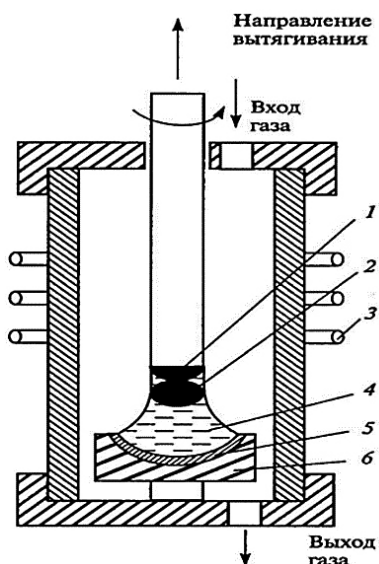


Рисунок 1. Выращивание монокристалла кремния из расплава

Источник: взято из [2]

Как видно из рисунка 1, устройство состоит из заправки (1), монокристалла (2), высокочастотного редуктора (3), расплава (4), тигля из кварца (5), графитового нагревателя (6).

Однако при выращивании монокристалла кремния в его кристаллической решетке могут появиться линейные дефекты – дислокации.

Дислокации – точечные дефекты кристалла – линии, вдоль и вблизи которых нарушено характерное для кристалла расположение атомных плоскостей.

Существует большое количество методов наблюдения дислокаций, но наиболее распространённым

из них является метод избирательного травления. Его суть заключается в подборе реактива, в результате воздействия которого на поверхности кристалла образуются мелкие ямки травления. Однако этот метод применим лишь для кристаллов с плотностью дислокаций меньше, чем  $10^6 \text{ см}^{-2}$ .

Более наглядным и более сложным является метод декорирования, в котором дислокации делаются видимыми в результате осаждения чужеродных частиц. При использовании данного метода дислокация наблюдается как на поверхности, так и внутри структуры. Поля напряжений, которые создают дислокации,

можно наблюдать благодаря явлению фотоупругости. Поля напряжений в них фиксируются по возникающему двойному лучепреломлению.

Как известно, кристаллическая решетка кремния имеет вид решетки алмаза, состоящей из двух взаимопроникающих ГЦК решеток (рисунок 2) [6]. В кремнии дислокация представлена в виде винтовой дислокации вектором Бюргерса. При этом есть два варианта дислокаций – «скользящего набора» и «перетасованного набора». Для каждого варианта характерна своя структура ядра, причем ядра дислокации должны

содержать одномерные цепочки оборванных связей. Благодаря данным электронной микроскопии высокого разрешения, установлено, что большая часть дислокаций в кремнии расщеплена на две параллельные частичные дислокации с лентой дефекта упаковки между ними. В кремнии преобладает дислокация скользящего набора [3].

Некоторое количество оборванных связей остаётся незамкнутым, что вызывает «дефекты реконструкции», от которых можно избавиться отжигом при температуре выше 900 °С [4].

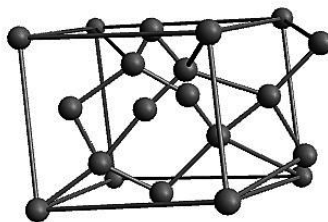


Рисунок 2. Кристаллическая решетка кремния

Источник: разработано авторами

Дислокация может оказывать влияние на электропроводность и хрупкость вещества, создавать дырочную проводимость. Таким образом, вводимые примеси должны отвечать высоким требованиям чистоты полупроводниковых материалов и их кристаллической структуре с наименьшей концентрацией несовершенств.

Дислокации также воздействуют на прочность и пластические свойства кристаллов. Даже при содержании небольшого числа дислокаций происходит снижение их прочности по сравнению с теоретическими данными на несколько порядков. Одним из путей решения проблемы является получение кри-

сталлов с идеально бездефектным строением – идеальных кристаллов или усюв. Их прочность почти совпадает с теоретическими возможностями и достигает сотни тысяч МПа [1].

Объектом экспериментального исследования являлись пластины монокристалла кремния марки КДБ12 с легирующей примесью бора. Эксперимент ставился на одной партии пластин (в состав одной партии входит 4 пластины). До начала травления, с целью выявления механических повреждений, все образцы были сфотографированы на микроскопе с увеличением X 200 крат (рисунок 3).



Рисунок 3. Пластина монокристалла кремния; X 200

Источник: разработано авторами

Механические повреждения при данном увеличении на поверхности образцов обнаружены не были. За период времени, в течение которого проводился эксперимент, средства технологического оснащения, технологические режимы, используемые основные и вспомогательные материалы не изменялись.

Для непосредственного выявления дислокацион-

ной картины использован водный раствор, содержащий HF и  $\text{CrO}_3$  в отношении 1:1 к 7 соответственно. Эксперимент проводился тремя параллельными сериями в течение 10, 20 и 30 минут. Результаты являются идентичными, дислокационные дефекты выражены достаточно явно. На рисунке 4 представлено изображение одного из исследуемых образцов.

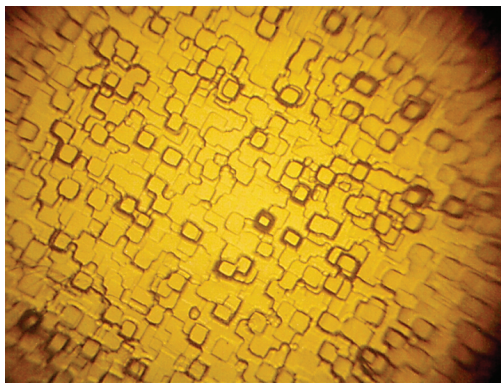


Рисунок 4. Дислокационная картина травления; X 200

Источник: разработано авторами

На рисунке 4 наблюдаются квадратные плоскодонные ямки травления, что соответствует (100) кристаллографической ориентации монокристаллов кремния. Для такой ориентации характерна малая плотность атомов в решетке. Однако существует методика получения пирамидальных скоплений [5].

Вдоль данных линий дислокаций нарушено энергетическое состояние кристаллографических плоскостей, что приводит к формированию определённой геометрии вытравливаемых структур.

Плотность дислокаций была рассчитана по формуле:

$$p = \frac{i_{\text{ср}} \cdot M}{S},$$

где

$i_{\text{ср}}$  – среднее значение ямок травления;

$M$  – увеличение микроскопа;

$S$  – площадь квадрата,  $\text{см}^2$ .

Необходимые графические элементы для расчёта приведены на рисунке 5.

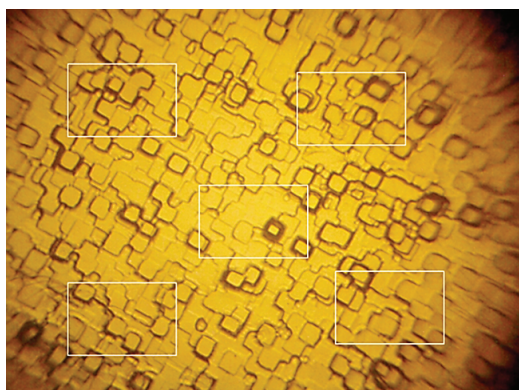


Рисунок 5. Графические элементы для расчёта дислокаций; X 200

Источник: разработано авторами



Рассчитанная плотность дислокаций в образце монокристалла кремния составила  $2,61 \cdot 10^3 \text{ см}^{-2}$ , что в 2,61 раза превышает норму плотности дислокаций в пластинках кремния.

Применение методов селективного травления кремния позволило экспериментально выявить дислокации в его кристаллической структуре. Одной из причин образования дислокаций может быть сегрегация примесей, например, бора. Предполагается, что, если кристаллы содержат примеси, микроскопиче-

ская неоднородность этих примесей обуславливает локальные изменения параметра решетки кристалла, приводящее к образованию дислокаций.

Рассчитанная плотность превысила норму в 2,61 раза, поэтому исследованные пластины непригодны для создания технологических компонентов и оборудования, так как из-за слишком большого скопления дислокаций повреждена кристаллическая структура, а следствием этого является ухудшение электрических и полупроводниковых свойств кремния.

#### Литература

1. Артемьев С. Р., Белан С. В. Свойства и основные способы получения нитевидных кристаллов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 5, № 1(65). – С. 22–25.
2. Ашиккалиева К. Х., Каныгина О. Н., Васильченко А. С. Модификации поверхности монокристаллического кремния при изотермическом и лазерном отжигах // Вестник ОГУ. – 2012. – №9 (145). – С. 96–100.
3. Горюшенко В. Ф., Тиванов М. С., Залесский В. Б. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов // Альтернативная энергетика и экология. – 2009. – №1. – С. 59–124.
4. Мельников В. В. Структура и спектральные свойства малых молекул и примесных центров молекулярного типа в кристаллических материалах: теория и приложения : дис. ... д-ра физ.-мат. наук. – Томск, 2018. – 208 с.
5. Способ обработки поверхности монокристаллического кремния ориентации (111): пат. 2501057 Рос. Федерация. № 201212418912; заявл. 09.06.12; опубл. 10.12.13, Бюл. №34. – 6 с.
6. Хорошева М. А. Взаимодействия дислокаций с примесями и дефектами в кремнии и их влияние на электронные свойства кремния: дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Черноголовка, 2015. – 135 с.
7. Юхневич А. В. Некоторые особенности атомной структуры монокристаллов кремния // Изб. науч. труды Белорусского гос. ун-та.: в 7 томах. – Минск: БГУ, 2001. – Т. 5. – С. 89–122.

Статья поступила в редакцию: 25.05.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 691.3

## МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОЕКТИРУЕМЫМ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ ПЕРЕКРЫТИЯМ

**Богданов Павел Александрович**, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: pawel0030@mail.ru

Научный руководитель: **Кузнецова Елена Владимировна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии строительного производства, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: com4lena@mail.ru

***Аннотация.** Данная тема рассматривает методы и некоторые из возможных технических решений для выполнения основных требований к проектируемым сталежелезобетонным перекрытиям.*

*Каждая строительная конструкция должна быть безопасна, долговечна, насколько позволяет используемый материал, и пригодна к эксплуатации в соответствии со своим прямым назначением. Именно поэтому на этапе проектирования сталежелезобетонных конструкций нужно учитывать необходимые мероприятия, позволяющие выполнить основные требования к таким конструкциям согласно п. 4.2.5 СП<sup>1</sup>:*

- по безопасности,
- по эксплуатационной пригодности,
- по долговечности.

***Ключевые слова:** стальной профилированный настил, несъемная опалубка, вертикальные стержневые анкера, рифы, сталежелезобетонные плиты перекрытия, огнезащита, ТВР.*

***Для цитирования:** Богданов П. А. Методы и технические решения выполнения основных требований к проектируемым сталежелезобетонным перекрытиям // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 27–34.*

## METHODS AND TECHNICAL SOLUTIONS FOR MEETING THE BASIC REQUIREMENTS FOR DESIGNED STEEL-REINFORCED CONCRETE FLOORS

**Bogdanov Pavel Alexandrovich**, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: pawel0030@mail.ru

Research advisor: **Kuznetsova Elena Vladimirovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction Production Technology, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: com4lena@mail.ru

***Abstract.** This topic examines methods and some of the possible technical solutions for meeting the basic requirements for designed steel-reinforced concrete floors.*

*Each building structure must be safe, durable, as far as the material used allows, and suitable for use in accordance with its intended purpose. That is why, at the design stage of steel-reinforced concrete structures, it is necessary to take*

<sup>1</sup> СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования. – URL: <https://docs.cndt.ru/document/456044285> (дата обращения: 25.05.2023).

into account the necessary measures to fulfill the basic requirements for such structures in accordance with clause 4.2.5 of the SP:

- on safety,
- according to operational suitability,
- in terms of durability.

**Key words:** *profiled steel decking, fixed formwork, vertical rod anchors, reefs, steel-reinforced concrete floor slabs, fire protection, TVR.*

**Cite as:** Bogdanov, P. A. (2024) [Methods and technical solutions for meeting the basic requirements for designed steel-reinforced concrete floors]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 27–34.

Целью данной работы является рассмотрение методов достижения необходимых показателей по долговечности и эксплуатационной пригодности, а также технических решений по безопасности при проектировании сталежелезобетонных перекрытий.

При применении профилированного листа в качестве несъемной опалубки и внешней арматуры плиты перекрытия одним из главных вопросов является его совместная работа с бетоном. Существующие нормативные документы позволяют рассматривать профилированный настил как арматуру только при наличии устройств, обеспечивающих совместность

его работы с бетоном [3].

Стальной профилированный настил, используемый в качестве арматуры плиты, должен иметь надежное сцепление с бетоном, что обеспечивается выштампованными при прокате рифами, образующими шпонки на его гранях, и специальными анкерными устройствами [3].

В качестве анкерных устройств рекомендуются вертикальные стержневые анкеры из арматурной стали, привариваемые в процессе монтажа через лист настила к верхней полке стального прогона (см. рисунок 1) <sup>2</sup>.

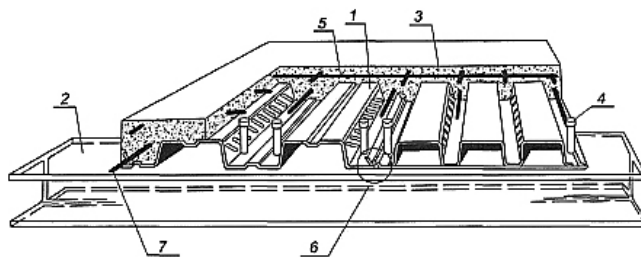


Рисунок 1. Конструкция монолитного перекрытия по СПН с вертикальными стержневыми анкерами

1 – СПН с рифлеными стенками гофр; 2 – элемент балочной клетки; 3 – монолитный бетон плиты; 4 – вертикальный стержневой анкер; 5 – сетка противоусадочного армирования; 6 – соединение гофрированных профилей между собой; 7 – рабочая арматура.

*Источник: взято из источника «Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом» <sup>2</sup>*

Вертикальные стержневые анкеры приваривают по всем прогонам, служащим опорами СПН, обеспечивая совместную работу прогонов с железобетонной плитой, а также анкеровку по его концам. Число анкеров принимают не менее одного в каждом гофре по концам СПН и не менее одного через два гофра на промежуточных опорах при непрерывности настила<sup>3</sup>.

Расстояние от анкера до края СПН и грани прогона должно быть не менее  $1,5d$  (где  $d$  – диаметр анкера), а между осями анкеров в одном гофре – не менее  $70d$  <sup>3</sup>.

Длину анкеров следует принимать равной высоте плиты за вычетом величины защитного слоя от торца анкера до поверхности бетона. Ширина гофра для приварки анкеров должна быть не менее 50 мм <sup>4</sup> (см. рисунок 2).

<sup>2</sup> Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом. – М.: НИИЖБ, ЦНИИПромзданий. 2007. – 43 с.

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования. –URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044285> (дата обращения: 25.05.2023).

Для обеспечения совместной работы бетона и металлического настила, помимо анкеровки, необходимы следующие условия:

– выштамповка рифов глубиной 3–5 мм различной формы на поверхности наклонных стенок гофров;

– увеличенная площадь сцепления листовой стали с бетоном, что достигается применением СПН с частым расположением гофр, в которых соотношение  $b/S_n$  не более 0,6 [2].

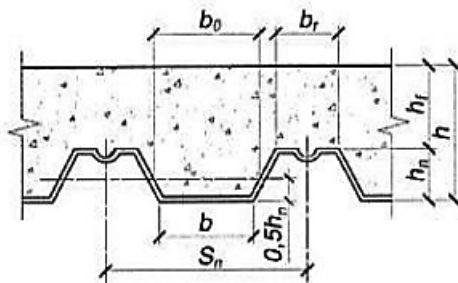


Рисунок 2. Максимальное соотношение ширины основания и шага гофра  
Источник: взято из [2]

При несоблюдении условия сцепления листовой стали с бетоном происходит взаимное проскальзывание на границе материалов, что уменьшает несущую способность и увеличивает прогиб плиты [2].

Опытным путем выяснено, что форма рифов напрямую влияет на прочность сцепления листовой стали с бетоном. От соединения бетона с профнастилом зависит работа плиты – чем больше жесткость кон-

тактного шва, тем лучше передаются усилия от одного материала к другому [6]. В ЦНИИСК им. Мельникова был проведен эксперимент, в ходе которого прямоугольные металлические пластины с выштампованными рифами различной формы, имитирующие стенки гофров, были связаны между собой монолитным бетонным блоком (см. рисунок 3) [2].

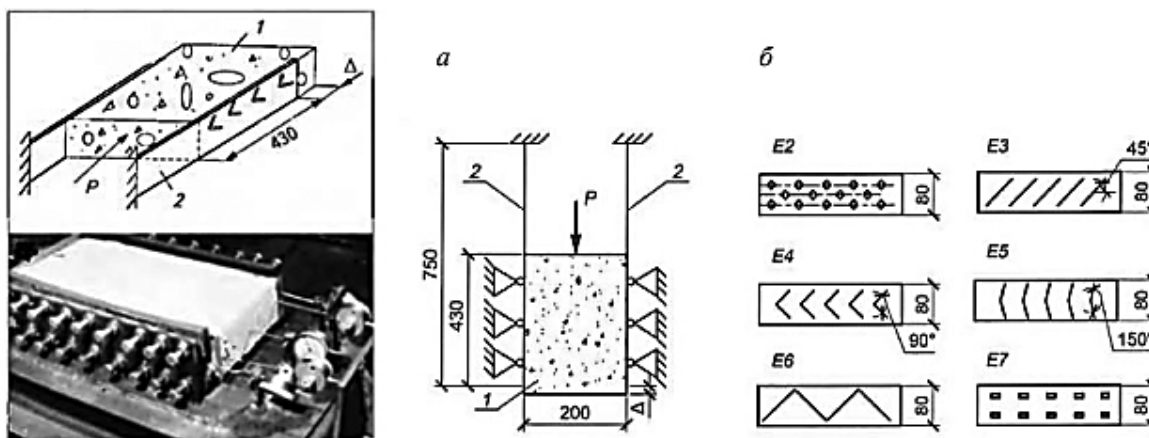


Рисунок 3. Испытания на сдвиг при различной форме рифов.  
а – расчетная схема испытаний; б – пластины различной формы рифов  
Источник: взято из [2; 7]

Испытания осуществлялись путем сдвига бетонного блока относительно неподвижно закрепленных стальных пластин. В результате выяснилось, что зигзагообразные выштамповки имеют наилучший показатель жесткости и прочности сцепления с бетоном.

При форме выштамповок Е6 сдвигающие усилия наиболее равномерно распределялись по контактной поверхности бетона. В образце Е2 средний ряд не был задействован в работе, а в образцах Е4 и Е5 результат зависел от угла наклона рифов (см. таблицу 1) [2].

Таблица 1. Результаты испытаний образцов на сдвиг

Обозначение пластины с выштамповками	Вид выштамповки	Сдвигающая сила Р, кН		Прототип или разработчик типа выштамповки
		при сдвиге 0,3 мм	при разрушении	
Е1	Без выштамповки	1,9	2,5	–
Е2		4	8,8	Германия
Е3		6	13,5	США
Е4		6,4	13,3	США
Е5		8,8	14,6	Россия
Е6		10	17,3	Россия

Источник: взято из [5]

После испытания на сдвиг, проводилось испытание плит на поперечный изгиб при аналогичных вариантах рифления СПН (профили с выштамповкой Е2 с наихудшими после первого испытания результатами не использовали). Второй эксперимент

проводился с целью удостовериться в данных, полученных в первом испытании, в реальной работе конструкций, и выяснить влияние анкерных упоров на обеспечение совместной работы бетона и стального листа (см. рисунок 4) [2].

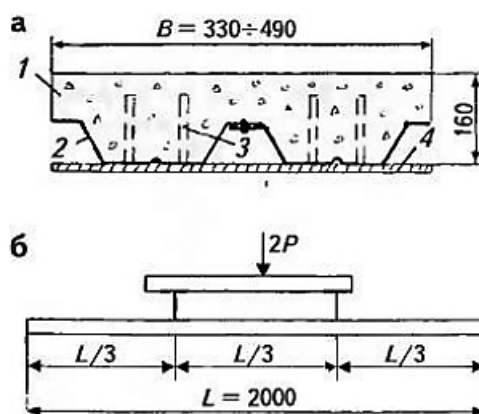


Рисунок 4. Испытание плит на изгиб  
а – сечение плиты на опоре; б – схема испытаний; 1 – бетон; 2 – СПН; 3 – анкерный упор; 4 – опорная пластина

Источник: взято из [2]

Жесткость плит с профилированным листом, имеющим выштамповки Е6, оказалась наибольшей как с анкерами, так и без. Отсутствие анкерных болтов не позволило реализовать полностью прочностные свой-

ства плиты ни при каких формах рифления, что доказывает необходимость их применения в конструкции (см. рисунки 5, 6) [2].

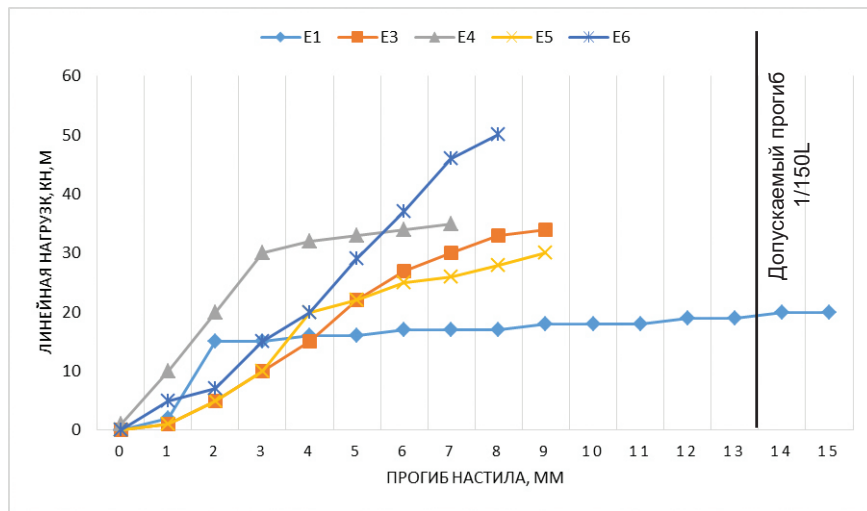


Рисунок 5. Зависимость прогиба от нагрузки для плит без анкерных упоров  
 Источник: взято из [2]

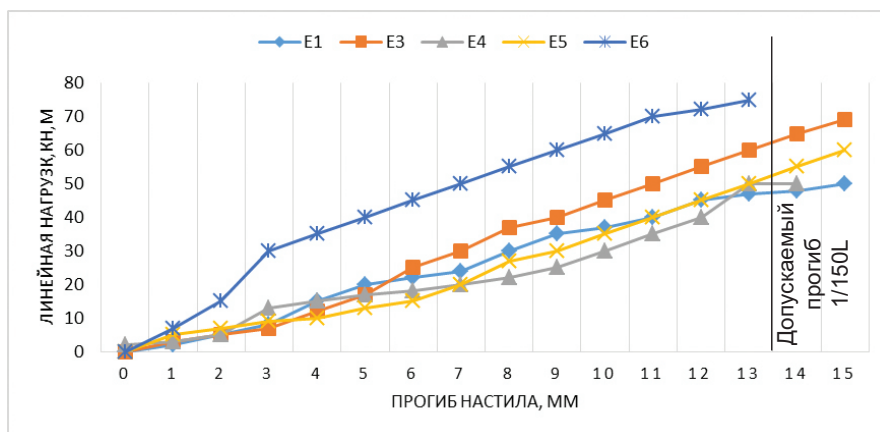


Рисунок 6. Зависимость прогиба от нагрузки для плит с анкерными упорами  
 Источник: взято из [2]

Установка вертикальных анкеров в опорных сечениях повышает эффективность работы профилированного листа в качестве арматуры. В испытуемых образцах предельная нагрузка увеличивается в 2 раза.

Помимо достижения надежного сцепления бетона с СПН, также необходимо выполнять необходимые требования по долговечности сталежелезобетонного перекрытия и его эксплуатационной пригодности.

Поверхность соединительной детали, воспринимающей усилие отрыва (например, нижняя по-

верхность головки стержневого анкера (стад-болта), должна выступать не менее чем на 30 мм над нижней арматурой. Кроме того, должна быть обеспечена толщина защитного слоя, при необходимости – местное армирование, вуты определенной конфигурации и размеров, шаг соединительных деталей<sup>5</sup>.

При сооружении перекрытий с использованием профлиста также следует соблюдать следующие правила:

- длина опирания профлиста вдоль гофра на несущие стены и балки должна быть не менее 80 мм;

<sup>5</sup> СТО 57398459-035-2014. Плиты перекрытий зданий и сооружений сталежелезобетонные с применением стальных профилированных листов. Нормы проектирования. – URL: [https://www.proflist.ru/techinfo/STO\\_57398459-035-2014.pdf](https://www.proflist.ru/techinfo/STO_57398459-035-2014.pdf) (дата обращения: 25.05.2023).



– в тех случаях, когда длина опирания получается меньше 80 мм, рекомендуется на опоре под профлист уложить полоску профлиста той же марки шириной 150–200 мм;

– при монтаже профлистов заранее следует предусмотреть установку креплений подвесного потолка.

Слабым звеном в сталежелезобетонном перекрытии по СПН в плане эксплуатации является именно нижний слой рабочей арматуры – стальной профилированный настил. Для обеспечения необходимых условий безопасной эксплуатации такой конструкции необходимо соблюдение следующих требований<sup>5</sup>:

– открытые поверхности стальных листов должны быть защищены от непосредственного атмосферного воздействия;

– профилированные листы из оцинкованной стали без дополнительного защитно-декоративного покрытия допускается применять только в неагрессивной среде;

– эксплуатация профилированных листов из неоцинкованной стали без дополнительного защитно-декоративного покрытия не допускается;

– если предусмотрено цинковое покрытие, то оно должно соответствовать требованиям<sup>6</sup>;

– цинковое покрытие общей массой 275 г/м<sup>2</sup> (с обеих сторон) является достаточным для листов, расположенных внутри зданий и эксплуатируемых в неагрессивной среде, но технические условия на покрытие могут изменяться в зависимости от условий эксплуатации.

Разбирая вопрос об организации огнезащиты сталежелезобетонных плит перекрытия, следует обратиться к правилам организации подвесного потолка.

Одним из возможных решений организации огнезащиты может стать конструкция огнезащитного подвесного потолка на двухуровневом каркасе типа П 232 с однослойной обшивкой из плит КНАУФ-Файерборд толщиной 12,5 мм.<sup>7</sup> Такие плиты используются в зданиях различного назначения по всей России, соответственно имеется большой опыт использования, что и является гарантией надежности. Примерами являются:

– торговый комплекс «МЕГА» в г. Самара;

– здание МИДа в г. Москва;

– торговый центр «Стокманн» в г. Санкт-Петербург и т. д.

Каркас подвесного потолка представляет собой конструкцию, собираемую непосредственно при мон-

таже и состоящей из:<sup>7</sup>

– подвесов, прикрепленных при помощи анкерных дюбелей к несущему основанию потолка (стальные балки двутаврового сечения);

– основных профилей (ПП 60/27), которые закрепляются в подвесах;

– несущих профилей (ПП 60/27), закрепляемых при помощи соединительных изделий к основным профилям;

– шпаклевочная смесь КНАУФ-Фаерборд Шпахтель с армирующей лентой, для заделки стыков плит (см. рисунок 7).

По результатам проведенных испытаний конструкций подвесного потолка П 232 на двухуровневом каркасе с однослойной обшивкой из плит КНАУФ-Фаерборд было выявлено, что достижение критической температуры в 500 °С на стальных балках, защищенных конструкцией подвесного потолка, составляет 151 минуту. Предельных состояний по потере целостности и потере несущей способности не достигнуто<sup>7</sup>.

Данная конструкция огнезащитного подвесного потолка позволяет достичь необходимых требований по огнезащите конструкций сталежелезобетонного перекрытия. Несомненно, другие системы огнезащиты стальных конструкций также могут эффективно защитить от воздействия высоких температур при пожаре. Однако данная конструкция одновременно с функцией огнезащиты позволяет достичь и эстетических целей – закрыть собой металлические балки перекрытий, элементы инженерных сетей, прокладываемых в гофрах несъемной опалубки сталежелезобетонного перекрытия.

Также методом огнезащиты (пожаротушения) может быть ТВР – тонкораспыленная вода – эффективное и экономичное средство тушения пожаров. Благодаря использованию в качестве огнетушащего вещества воды, подаваемой под высоким давлением, и получению капель величиной не более 100–150 микрон создается мелкодисперсный туман, который быстро насыщает защищаемый объем помещения, сокращая при этом концентрацию кислорода, значительно увеличивая эффективность пожаротушения при использовании минимального количества воды. Кроме того, при испарении воды в зоне горения образуется пар, который на время препятствует газообмену продуктов горения с кислородом, а также участвует в снижении концентрации кислорода вблизи зоны горения [2].

<sup>6</sup> ГОСТ Р 52246-2016. Прокат листовой горячеоцинкованной. Технические условия. –URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139182> (дата обращения: 25.05.2023).

<sup>7</sup> Протокол испытаний № 15-1-С-17. Конструкция огнезащитного подвесного потолка на двухуровневом каркасе типа П 232 с однослойной обшивкой из плит КНАУФ-Файерборд толщиной 12,5 мм. – URL: [https://prozask.ru/f/fajerbord\\_125mm-potolok\\_podvesnoj\\_s\\_dopolnieniem\\_re150.pdf](https://prozask.ru/f/fajerbord_125mm-potolok_podvesnoj_s_dopolnieniem_re150.pdf) (дата обращения: 25.05.2023).

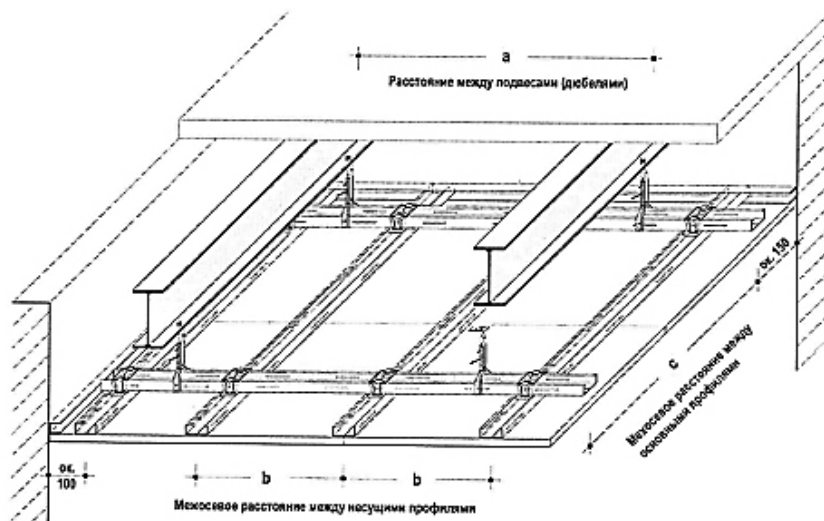


Рисунок 7. Схема подвесного потолка

Источник: взято из протокола испытаний №15-1-С-17<sup>7</sup>

Данный механизм пожаротушения применяется во многих системах комплексной безопасности зданий повышенной этажности. Снижение расхода воды при тушении пожара и отсутствие вреда для предметов интерьера и мебели делают его особенно привлекательным. Имеется также опыт в использовании механизма ТВР в зданиях со сталежелезобетонными плитами перекрытия по СПН – «Лахта Центр» [5].

Проанализировав представленные материалы, можно сделать вывод, что сталежелезобетонные конструкции отвечают требованиям по долговечности и эксплуатационной пригодности. Представленные в статье варианты рифов совместно с анкерными болтами и арматурными сетками позволяют получить необходимую степень адгезии бетона к металлу в сталежелезобетонных перекрытиях. Рассмотренные в статье способы огнезащиты сталежелезобетонных конструкций достаточны для огнезащиты. Также следует помнить, что представленные методы не единст-

венные, а общая номенклатура таких конструктивных решений обширна. В целом, сталежелезобетонные конструкции являются достойным аналогом таких распространенных конструкций в строительстве, как металлические и железобетонные.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования предложенных материалов и технологических решений для привлечения внимания заказчиков, проектных организаций и строительно-монтажных организаций к работе со сталежелезобетонными конструкциями, обеспечивая экономическую эффективность и уменьшая затраты как при строительстве, так и при реконструкции зданий и сооружений.

На основе данной работы возможно проведение натурных испытаний объекта в условиях, соответствующих условиям эксплуатации, с подтверждением выводов и контролем измеряемых параметров.

### Литература

1. Айрумян Э. Л., Румянцева И. А. Армирование монолитной железобетонной плиты перекрытия стальным профилированным настилом // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 4. – С. 25–27. – EDN: HZQWMH
2. Дубровина О. Б., Голова А. И. Применение систем пожаротушения тонкораспыленной водой для защиты складских комплексов и терминалов. Сравнительная характеристика // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2018. – № 11(131). – С. 48–53. – EDN: VLCNPN
3. Комлев А. А., Краснощек Ю. В. О совместной работе профилированного настила с бетоном в монолитных перекрытиях // Труды аспирантов и студентов ГОУ «СибАДИ»: Сборник научных трудов, Т. 8. – Омск: СибАДИ, 2011. – С. 76–79. – EDN: WCIACF



4. Обеспечение совместной работы бетона и профлиста / Э. Ч. Цораев [и др.] // Современные тенденции развития информационных технологий в научных исследованиях и прикладных областях: сборник докладов II Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 29–30 апр. 2021 г. – Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 2021. – С. 224–228. – EDN: ZINDYW

5. Симоненко Я. Б. Комплексная безопасность зданий повышенной этажности «Лахта Центра» // AlfaBuild. – 2018. – № 5(7). – С. 7–15. – <https://doi.org/10.34910/ALF.7.1> EDN: BWMKXO.

6. Тамразян А. Г., Арутюнян С. Н. К учету профилированного настила как рабочей арматуры при расчете монолитных сталежелезобетонных плит перекрытий // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 7. – С. 64–68. – EDN: WHKJWT

7. Узун Д. А. Особенности устройства и работы стальных профилированных листов с разными типами сечений и видами рифов // Молодой исследователь: вызовы и перспективы. – 2020. – Т. 45 (192). – С. 490–501. – EDN: UYTYBK

Статья поступила в редакцию: 09.06.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

УДК 69.01

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВ КРОВЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА И ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ

**Гнедова Кристина Викторовна**, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: kristina\_gnedova@mail.ru

Научный руководитель: **Гурьева Виктория Александровна**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии строительного производства, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: victoria-gurieva@rambler.ru

**Аннотация.** В данной работе был проведен анализ характеристик кровельного покрытия при переустройстве плоской кровли в скатную, рассмотрена классификация материалов, их основные достоинства и недостатки.

При научном исследовании были поставлены цели и задачи:

- сравнение существующих кровельных материалов;
- сравнение основных характеристик кровельного покрытия;
- подбор кровельного материала при переустройстве крыши многоквартирного дома, исходя из полученных знаний в ходе исследования.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования предложенных материалов в практической деятельности для повышения эффективности строительно-монтажных работ по капитальному ремонту общедомового имущества, позволяющих повысить срок службы многоквартирных жилых домов, обеспечивая экономическую эффективность и уменьшая затраты на эксплуатацию.

Актуальность исследования определяется разнообразием кровельных материалов на рынке; выявлением наиболее выгодного по стоимости и эксплуатационным характеристикам.

**Ключевые слова:** кровельное покрытие, характеристики кровельного покрытия, использование материалов, классификация кровельных материалов.

**Для цитирования:** Гнедова К. В. Сравнительный анализ видов кровельного материала и оценка технико-экономической эффективности устройства металлического покрытия // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 35–40.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF TYPES OF ROOFING MATERIAL AND ASSESSMENT OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF METAL COATING DEVICE

**Gnedova Kristina Viktorovna**, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: kristina\_gnedova@mail.ru

Research advisor: **Gurieva Victoria Alexandrovna**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Construction Production Technology, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: victoria-gurieva@rambler.ru

**Abstract.** In this work, an analysis was carried out of the characteristics of the roofing covering when converting a flat roof into a pitched one, the classification of materials, their main advantages and disadvantages was considered.

During the scientific research, the following goals and objectives were set:

- comparison of existing roofing materials;
- comparison of the main characteristics of the roofing;
- selection of roofing material when reconstructing the roof of an apartment building, based on the knowledge gained during the study.

The practical significance of the work lies in the possibility of using the proposed materials in practical activities to increase the efficiency of construction and installation work on major repairs of common property, allowing to increase the service life of multi-apartment residential buildings, ensuring economic efficiency and reducing operating costs.

The relevance of the study is determined by the variety of roofing materials on the market; identifying the most advantageous in terms of cost and performance characteristics.

**Key words:** roofing, characteristics of roofing, use of materials, classification of roofing materials.

**Cite as:** Gnedova, K. V. (2024) [Comparative analysis of types of roofing material and assessment of the technical and economic efficiency of metal coating device]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 35–40.

При изменении конструкции крыши в ходе капитального ремонта из плоской в скатную в многоквартирных домах особое внимание уделяется кровельному материалу, качество которого (надёжность, герметичность и др.) может отразиться на комфортном про-

живании жильцов и на длительности эксплуатации здания в целом.

Классификация материалов по виду покрытия приведена на рисунке 1.



Рисунок 1. Классификация кровельных материалов

Источник: взято из Одинокоев С. Д., Завражин Н. Н. *Кровельные работы: справочник* – М. : Стройиздат, 1971. – 167 с.

Предложенная классификация позволяет рассмотреть материалы по группам:

1. Листовые материалы. К ним относятся: шифер, профнастил, металлочерепица и ондулин. Кре-

пление к прогонам или обрешетки крыши осуществляется в зависимости от вида материала с помощью кровельных саморезов или гвоздей. Листы могут быть заданного профиля или плоскими. Данные изде-

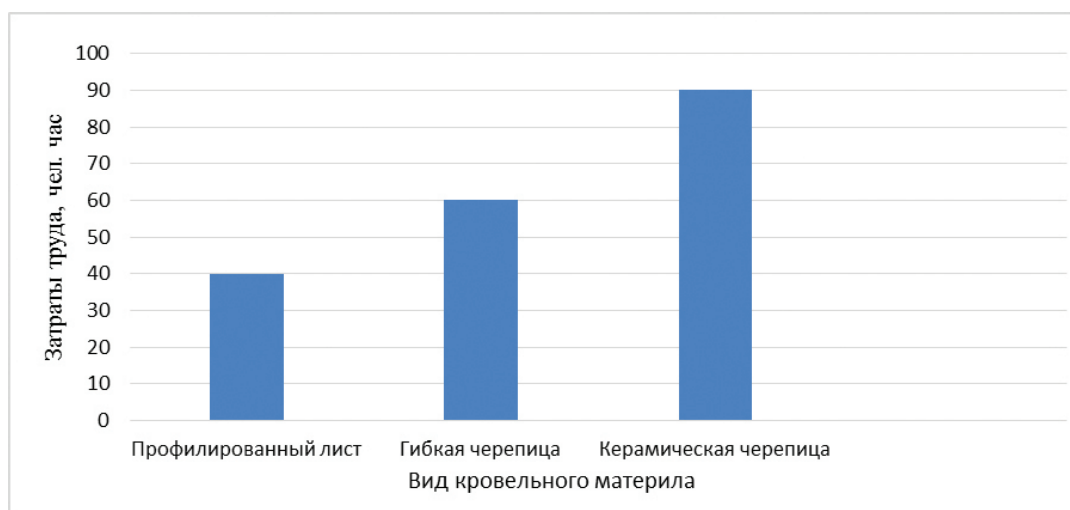


Рисунок 2. Результат сравнения гидроизоляционных кровельных покрытий по трудозатратам

Источник: разработано автором на основе источника «Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы». – М. : Минстрой, 1986. – Сборник 7. *Кровельные работы*. – 30 с.

ля заводского изготовления удобны в монтаже и не требуют дополнительного оборудования [7].

2. Гибкие («мягкие») кровельные материалы. К ним относятся: мастики, мембраны и рулонные материалы, которые легко монтируются на кровле любой сложности. Гибкие материалы могут быть рулонными и штучными, наплаваемыми с помощью специального оборудования или самоклеющимися.

3. Штучные кровельные материалы изготавливаются из глины, асбеста, стали, сланца, древесины, битума и цементно-песчаной смеси. Размер не превышает 1 м<sup>2</sup> [9].

На рисунках 2–6, представлены результаты сравнения наиболее важных характеристик кровельного покрытия: затраты труда, срок эксплуатации, вес и стоимость материалов.

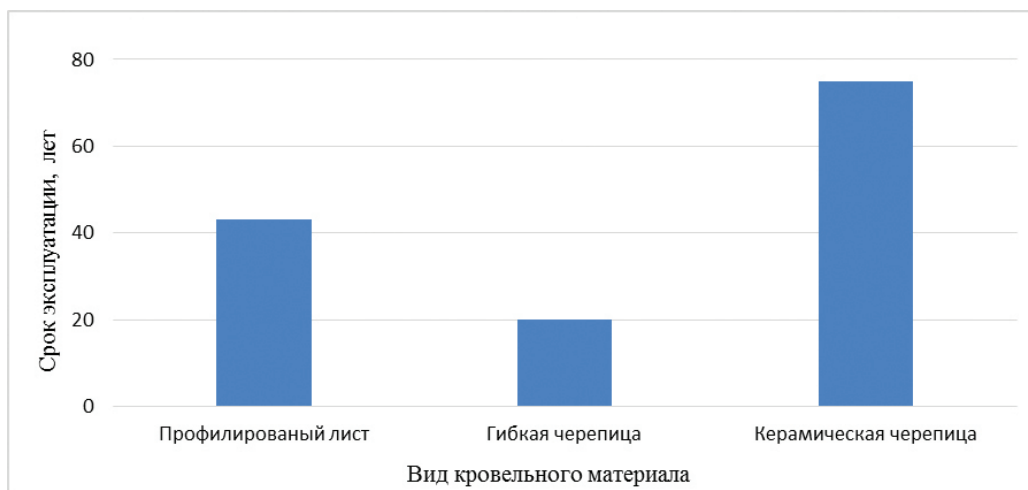


Рисунок 3. Результаты сравнения гидроизоляционного кровельного покрытия по сроку эксплуатации  
Источник: разработано автором на основании опроса строительно-монтажных организаций

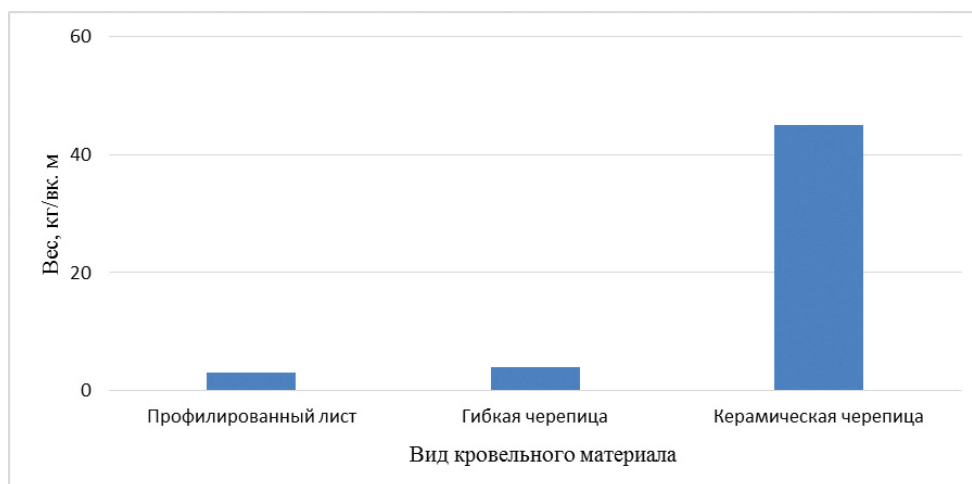


Рисунок 4. Результаты сравнения гидроизоляционного кровельного покрытия по нагрузке, от собственного веса материала

Источник: разработано автором на основе источника «Анализа строительных магазинов»<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Анализ строительных магазинов. – URL: <https://tkstroitel.ru/>; [https://orenburg.leroymerlin.ru/?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://orenburg.leroymerlin.ru/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F); <https://xn---btbklglkeftkmdu0joa.xn--p1ai/> (дата обращения: 05.06.2023).

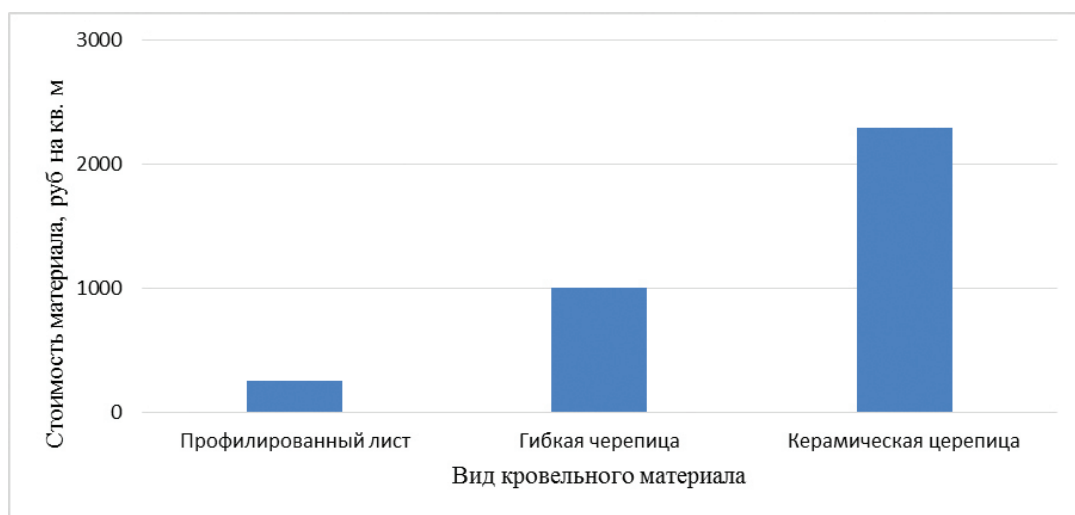


Рисунок 5. Результаты сравнения гидроизоляционного кровельного покрытия по стоимости материала  
Источник: разработано автором на основе Анализа строительных магазинов<sup>1</sup>

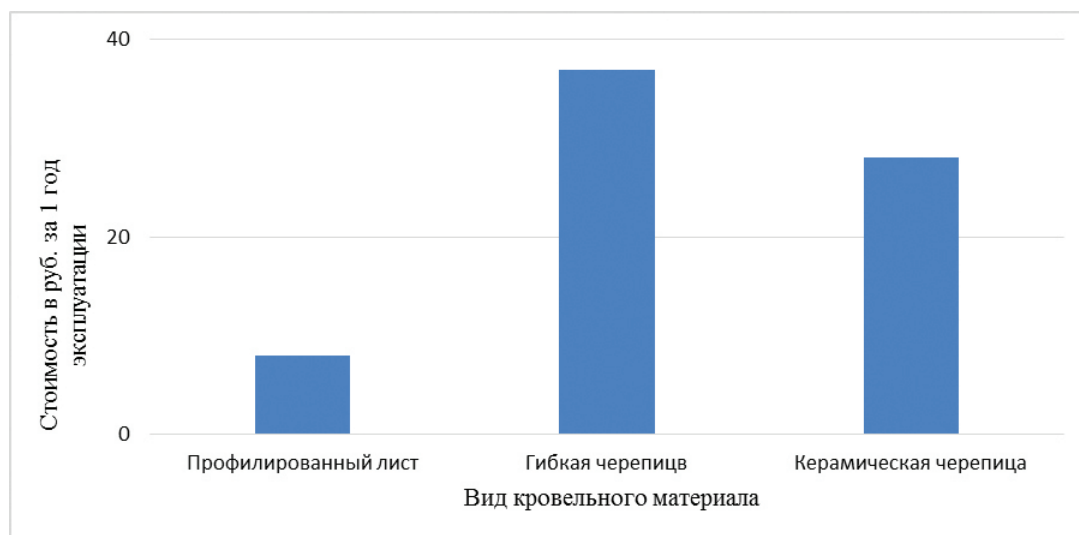


Рисунок 6. Результаты сравнения гидроизоляционного кровельного покрытия по стоимости за 1 год эксплуатации

Источник: разработано автором на основании опроса строительно-монтажных организаций

По результатам анализа для изменения типа конструкции крыши при капитальном ремонте многоквартирных жилых зданий наиболее широко применяемыми материалами являются металлические листовые материалы.

Для изготовления гидроизоляционного покрытия кровель уже много столетий применяются такие металлы как железо, медь, олово, цинк, свинец и никель [4]. Благодаря пластичности металлов и использования различного рода приспособлений и кровельных машин, возможно производство кровельного изде-

лия любой формы и последующий монтаж легкой и длительно эксплуатируемой скатной кровли любой конфигурации.

В настоящее время различают следующие типы металлических кровельных изделий: профилированные листы, штучная металлочерепица (фальцевая), листовая или рулонная сталь [4].

1. Покрытия из профилированного листа.

Профнастил – это современный строительный материал. Металлопрофиль получают методом холодного проката, в результате чего увеличивается устой-

чивость к внешним нагрузкам, а также улучшаются эстетические свойства кровельного покрытия [1].

Конструкция крыши с применением этого типа кровельного материала сооружается по типовым (стандартным) технологиям – возведение скатных крыш: возводится стропильная система, устраивается слой гидро-ветрозащитной мембраны с фиксацией контрбрусом по стропилам и устройством прогонов (обрешетки), с последующим монтажом кровельного пирога и непосредственно металлопрофильного листового покрытия.

Основные особенности монтажа:

- укладываемые профилированные листы строго выравнивают по карнизу;
- при укладке в поперечном направлении производят устройство нахлеста в одну волну (гофру);
- если при монтаже кровельного покрытия необходимо произвести стыковку профилированных листов, в продольном направлении необходимо обеспечить нахлест не менее 200 мм.

Между покрытием, выполненным из профилированного настила, и подкровельным пространством или

утеплителем, устраивается слой гидро-ветрозащитной пленки (мембраны), который препятствует проникновению конденсата с внутренней стороны профилированного настила в пространство чердака или на утеплитель. Мембрану укладывают на стропильные ноги параллельно карнизному свесу (снизу-вверх), крайние кромки первого ряда от карнизного свеса выводят из-под настила на капельник для отвода конденсата в водосточный желоб [6]. Для кровельного покрытия применяют несущий профилированный настил (Н, НС) с высотой профиля от 35 мм (НС 35, Н 44 и т. д.), способный воспринимать расчетные нагрузки. Для крыши с уклоном от 6 до 11 градусов следует предусматривать дополнительную герметизацию продольных и поперечных стыков. Несущая способность профнастила и его прочность зависят от двух параметров: толщина листа проката (примененного при изготовлении профиля) и геометрические параметры профиля. С увеличением указанных параметров возрастает прочность изделия, его стоимость и трудоемкость изготовления [8].

В таблице 2 приведены достоинства и недостатки покрытий из профилированного листа.

Таблица 2. Достоинства и недостатки покрытия

Достоинства	Недостатки
1. Простота монтажа	1. Низкий кровель шумоизоляции
2. Срок эксплуатации	2. Теплопроводность
3. Небольшой вес материала;	3. Коррозия
4. Низкая стоимость;	4. Большой расход материала (за счет отходов от подрезки)
5. Разнообразие цветового оформления	
6. Возможность перекрытия крыши без стыков	

Источник: разработано автором на основе источника «Анализа строительных магазинов»<sup>2</sup>

## 2. Фальцевая кровля.

Фальцевой называют кровлю из штучных металлических элементов, скрепленных между собой специальным соединением в виде отгиба кромок листов. Данный вид кровли является наилучшим вариантом для крыш сложной геометрической формы, а также для крыш с небольшим уклоном [3]. Раньше соединение картин фальцем выполняли только вручную, что увеличивало трудоемкость процесса монтажа. В настоящее время разработано и внедрено профессиональное оборудование, которое обеспечивает получение ровных стыков, возможность использовать листы разной длины и увеличение скорости монтажа в несколько раз [5].

Металлы для фальцевой кровли:

1) Оцинкованная сталь. Именно эту сталь чаще всего используют при изготовлении фальцевой кровли. Главным параметром, определяющим долговременную эксплуатацию фальцевой кровли, является толщина кровельной стали и защитного цинкового слоя, который создает барьер от коррозии. Толщина цинка определяется по трем параметрам:

- повышенное содержание – 570 г/м<sup>2</sup>;
- материал первого класса – 258 г/м<sup>2</sup>;
- второго класса – 142 г/м<sup>2</sup>.

Среди достоинств стальных фальцевых кровель, имеющих только оцинкованное или оцинкованное с дополнительным нанесением полимерного по-

<sup>2</sup> Анализ строительных магазинов. – URL: <https://monsteelcon.ru/products/>; <https://1000remontov.ru/blog/zagorodnyj-dom/profnastil-krovlya/> (дата обращения: 05.06.2023).



крытия, следует отметить их относительно низкую стоимость, длительную устойчивость к коррозии, легкость, негорючесть, экологичность, простоту изготовления, монтажа и ремонта. К недостаткам можно отнести: сравнительно небольшой срок службы (до 30 лет), повышенный уровень шума и чувствительность к коррозии при повреждениях защитного покрытия.

2) Листы из алюминиевых сплавов. Алюминий – металл довольно пластичный, в связи с чем, с листами, изготовленными из алюминиевых сплавов, легко работать. Листы из алюминиевых сплавов относительно хорошо ложатся на сложные кровли. Не подвержены коррозии, не меняют со временем цвет. Но по сравнению с оцинкованными элементами стоит он дороже. Срок эксплуатации кровельного покрытия из

алюминиевых сплавов – до 80 лет. Недостаток алюминия в том, что он в сравнении с другими металлами наиболее подвержен деформациям при температурных перепадах, по данной причине следует избегать его жесткой фиксации на прогоны (каркас), так как может привести к искривлению и треску покрытия [2].

3) Листы из медных сплавов. Срок эксплуатации достигает до 120 лет. Особенностью данного материала является повышенная гибкость, именно поэтому листы легко использовать для монтажа крыш повышенной сложности с множеством углов и различных изгибов. Единственным минусом является высокая стоимость металла.

В таблице 3 представлены достоинства и недостатки покрытий из фальца.

Таблица 3. Достоинства и недостатки покрытий

Достоинства	Недостатки
1. Большой срок эксплуатации	1. Низкий уровень шумоизоляции
2. Высокая герметичность	2. Теплопроводность
3. Небольшой вес	
4. Отсутствие нахлестов	
5. Высокий уровень пожаробезопасности	

Источник: разработано автором на основе *Анализа строительных магазинов*<sup>3</sup>

Таким образом, покрытие, из холодногнутых листовых профилей с трапециевидной формой гофра, изготавливаемых из оцинкованной стали, имеет значительное преимущество перед другими кровельными

материалами, рассмотренными выше, что делает листовые профили наиболее востребованными при выборе материалов для строительства, капитального ремонта и переустройства плоской крыши в скатную.

#### Литература

1. Бондаренко И. Н., Созинов С. В., Нейман С. М. Современные кровельные материалы и конструкции кровель, используемые для жилых и промышленных зданий // Вестник МГСУ – 2010 – № 4–5 – С. 31–37.
2. Даренский В. В. Устройство скатной крыши из современных кровельных материалов // Инновационная наука – 2018 – № 4 – С. 27–28.
3. Мартыничук Н. И. Сравнительный анализ популярных материалов для кровли крыши МКД в условиях резкого континентального климата // Теория и практика современной науки – 2019 – № 12 – С. 469–472.
4. Применение современных строительных материалов и технологий при устройстве кровель / К. С. Петров [и др.] // Инженерный вестник Дона – 2019 – № 6(57). – С. 7.
5. Послание Президента РФ Владимира Путина Федеральному Собранию // Российская газета – 2013. – 12 дек. – URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/19825> (дата обращения: 05.06.2023).
6. Савельев А. А. Конструкции крыш. Стропильные системы: скатные крыши, расчет стропил, утепление крыш, ремонт крыш. – М.: Аделант, 2009. – 120 с.
7. Савельев А. А. Современные кровли: устройство и монтаж. – М.: Аделант, 2010. – 158 с.
8. СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции. – М.: Минстрой, 2013. – 130 с.
9. Эргашев М. М. Современные кровельные материалы в строительной индустрии // Экономика и социум – 2022 – № 3 (94) – С. 991–995.

Статья поступила в редакцию: 09.06.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

<sup>3</sup> Там же.

УДК 004.45:621.78

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАГРЕВА ПРОДУКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ТИПА

**Гуров Виктор Александрович**, студент, направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: vg101522@gmail.com

Научный руководитель: **Коннов Андрей Леонидович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления и информатики в технических системах, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: andrey\_konnov@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлено описание автоматизированной системы нагрева продукта, функционирующей на конкретном предприятии. Выявлены недостатки существующей автоматизированной системы нагрева продукта. Обоснована актуальность усовершенствования существующей автоматизированной системы нагрева продукта.

Разработана функциональная схема автоматизации нагрева продукта с применением подогревателя поверхностного типа, исключающая недостатки существующей системы. В SCADA-пакете TRACE MODE 6 реализовано программное обеспечение верхнего уровня автоматизированной системы нагрева продукта, включающее графический интерфейс оператора системы и программы на языках программирования FBD и ST.

В научной работе приводятся рекомендации по дальнейшему усовершенствованию исследуемой автоматизированной системы. Усовершенствованная автоматизированная система нагрева продукта, по сравнению с существующей системой, является более эффективной при меньших финансовых затратах. Реализованное программное обеспечение позволяет диспетчеру оперативно и комфортно осуществлять функции контроля и управления в рамках целевого технологического процесса.

**Ключевые слова:** автоматизированная система нагрева продукта, подогреватель поверхностного типа, функциональная схема, программное обеспечение, графический интерфейс.

**Для цитирования:** Гуров В. А. Усовершенствование автоматизированной системы нагрева продукта с применением подогревателя поверхностного типа // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 41–47.

## IMPROVEMENT OF THE AUTOMATED PRODUCT HEATING SYSTEM USING A SURFACE HEATER

**Gurov Viktor Aleksandrovich**, student, training program 27.03.04 Management in technical systems, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: vg101522@gmail.com

Research advisor: **Konnov Andrey Leonidovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of the Management and Informatics in Technical Systems, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: andrey\_konnov@mail.ru

**Abstract.** The article presents a description of an automated product heating system operating in a specific enterprise. The disadvantages of the existing automated product heating system are revealed. The relevance of improving the existing automated system of product heating has been substantiated.

The functional scheme of automation of product heating with the use of surface heater, which excludes the disadvantages of the existing system, has been developed. The TRACE MODE 6 SCADA package was used to develop upper-layer software for the automation system of product heating, which included a graphic interface for the system operator and the programs in the FBD and ST programming languages.

The research paper contains recommendations for further improvement of the investigated automated system. The upgraded automated system of product heating, in comparison with the existing system, is more efficient at lower

financial costs. The implemented software allows the dispatcher to quickly and comfortably perform monitoring and control functions within the target technological process.

**Key words:** automated product heating system, surface type preheater, functional diagram, software, graphical interface.

**Cite as:** Gurov, V. A. (2024) [Improvement of the automated product heating system using a surface heater]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 41–47.

В настоящее время одним из наиболее распространённых негативных факторов, возникающих при разработке месторождений нефтегазовой промышленности, являются процессы парафиноотложения [2]. В результате изменения термических параметров в процессе эксплуатации нефтегазодобывающих скважин происходит уменьшение растворимости парафинов, приводящее к интенсивному росту твёрдых отложений на стенках трубопроводов и другого технологического оборудования месторождений [1]. Образование парафиновых отложений приводит к перекрытию проходных сечений трубопроводов, вследствие чего значительно снижается эффективность транспортировки ископаемых, а также возникают неполадки в работе оборудования и его износ [4].

Одним из способов удаления парафина является тепловая обработка оборудования или нагрев добыва-

емой нефти и природного газа до температуры, превышающей температуру кристаллизации парафина [7]. Усовершенствованная автоматизированная система нагрева продукта с применением подогревателя поверхностного типа позволит эффективно устранять парафиноотложения в режиме реального времени. Таким образом, тема исследования является актуальной.

Целью исследования является повышение эффективности нагрева продукта за счёт усовершенствования автоматизированной системы с применением подогревателя поверхностного типа.

В качестве объекта исследования рассматривается система нагрева газоконденсатной смеси, функционирующая на установке комплексной подготовки газа Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения. Структура установки представлена на рисунке 1.

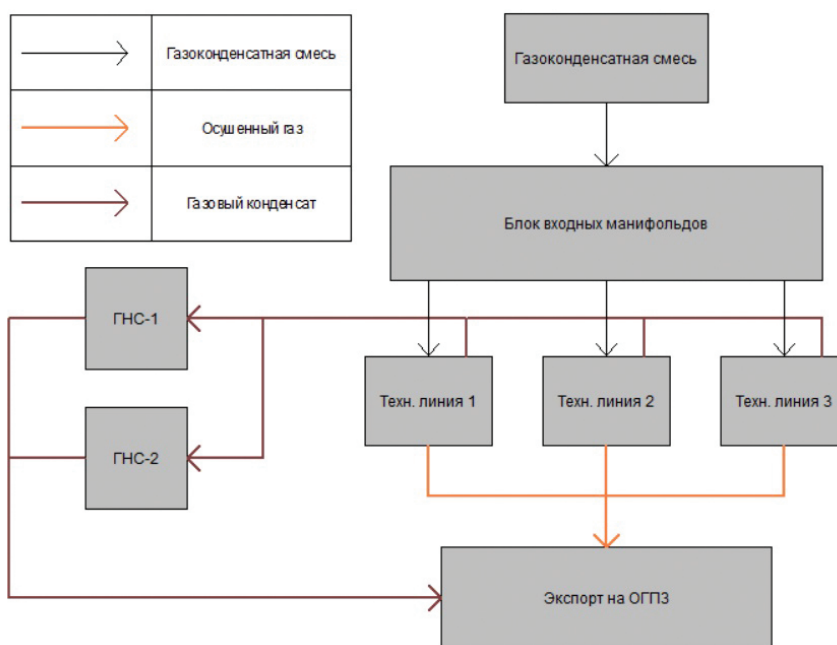


Рисунок 1. Структурная схема установки комплексной подготовки газа

Источник: разработано автором

Газоконденсатная смесь из добывающих скважин по шлейфам поступает на блок входных манифольдов (далее – БВМ) установки. Затем на БВМ происходит

распределение потоков к трём идентичным технологическим линиям. Каждая технологическая линия включает в себя блок разделения газожидкостной

смеси на газовую и жидкую фазы, подготовку газа методом низкотемпературной сепарации и первичную подготовку нестабильного конденсата.

Осушенный газ по экспортным магистральным газопроводам транспортируется для дальнейшей переработки на Оренбургский газоперерабатывающий завод (далее – ОГПЗ). Нестабильный газовый конденсат от технологических линий направляется в дегазаторы головных насосных станций, где происходит его частичная стабилизация и дальнейшая транспортировка насосами по экспортным магистральным конденсаторопроводам на ОГПЗ [6].

На входе каждой технологической линии установ-

лен кожухотрубный подогреватель поверхностного типа. В подогревателе нагревающий теплоноситель движется в межтрубном пространстве, а нагреваемый продукт движется внутри трубного пучка, расположенного в корпусе. В исследуемой системе продуктом является газоконденсатная смесь, поступающая в подогреватель с блока входных манифольдов. В качестве нагревающего теплоносителя используется раствор диэтиленгликоля. Температура теплоносителя на входе в подогреватель составляет 90–95 °С. Теплоноситель подогревается в газовых трубных печах и при помощи циркуляционных насосов транспортируется по всей установке.

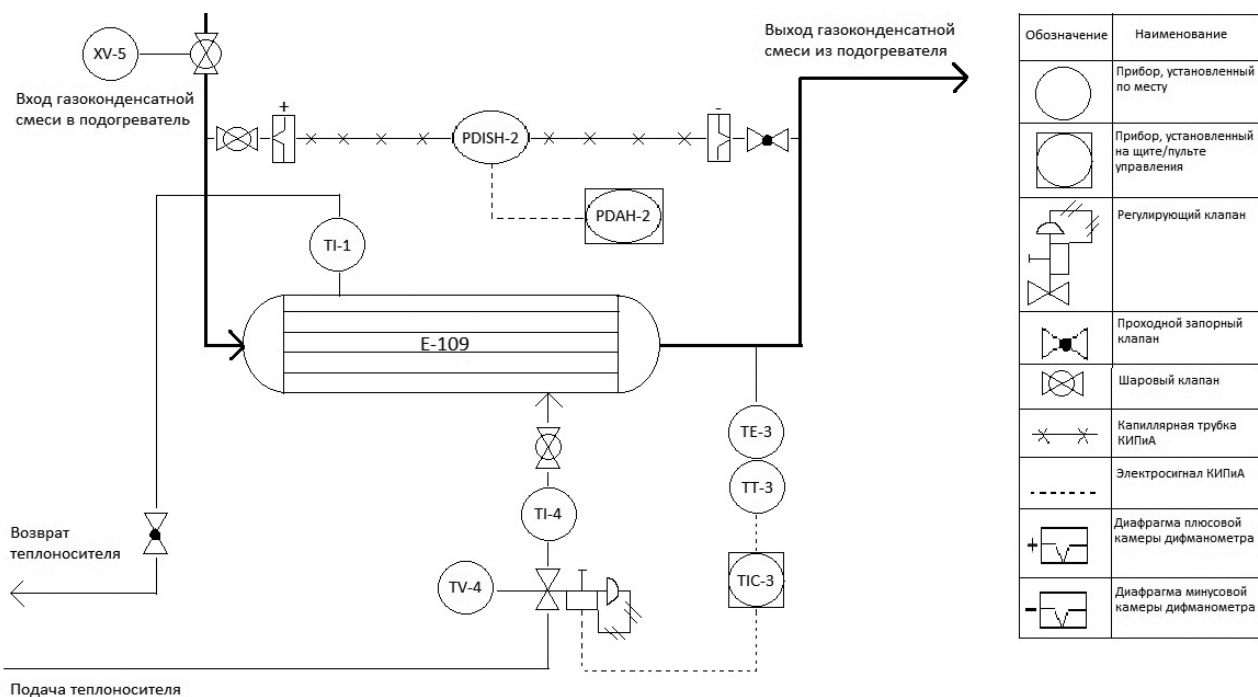


Рисунок 2. Функциональная схема существующей системы нагрева продукта  
 Источник: разработано автором

На рисунке 2 представлена функциональная схема существующей системы нагрева продукта, в соответствии с которой газоконденсатная смесь от БВМ подаётся до закрытого входного клапана-отсекателя XV-5. После уравнивания перепада давления на участках трубопровода до и после XV-5 открывается входной клапан-отсекатель, и, соответственно, происходит подача газоконденсатной смеси в трубный пучок подогревателя E-109. Далее в работу включается клапан TV-4 на линии подачи теплоносителя в межтрубное пространство теплообменника E-109 для регулирования температуры нагреваемой газоконденсатной смеси. Из подогревателя газоконденсатная смесь на-

правляется во входной сепаратор, где происходит отделение основного количества жидкости от газа.

Теплообменник E-109 представляет собой кожухотрубный подогреватель поверхностного типа, предназначенный для подогрева входного потока газоконденсатной смеси, поступающего с БВМ, до 35 °С для исключения возникновения парафиноотложений в подогревателе, а также во входном и вторичном сепараторах.

Температура теплоносителя на входе в подогреватель контролируется локальным индикатором TI-4. Температура теплоносителя на выходе из подогревателя контролируется локальным индикатором TI-1.

Заданная температура газоконденсатной смеси на выходе из подогревателя контролируется первичным измерительным преобразователем ТЕ-3 и датчиком температуры ТТ-3. Регулирование температуры газоконденсатной смеси на выходе из подогревателя осуществляется регулятором ТИС-3. Контроль за перепадом давления подогревателя осуществляется дифференциальным манометром PDISH-2 с выдачей предупреждающего сигнала на экран автоматизированного рабочего места (далее – АРМ) оператора в случае превышения предельно допустимого значения. На трубопроводах, сопряжённых с подогревателем, установлены шаровые клапаны или проходные запорные клапаны для прекращения подачи теплоносителя или продукта в случае необходимости.

Структура АСУ нагревом продукта строится по трёхуровневому принципу [5]. Нижний уровень включает в себя датчики и исполнительные устройства, которые непосредственно взаимодействуют с целевым технологическим процессом.

Основой среднего уровня является программируемый логический контроллер (далее – ПЛК). ПЛК представляет собой управляющую вычислительную машину, которая получает с датчиков информацию о состоянии технологического процесса, а затем, в соответствии с заданным алгоритмом управления, выдаёт команды управления на исполнительные устройства [3].

Верхний уровень – это уровень человеко-машинного интерфейса и SCADA. На этом уровне задействован оператор или диспетчер, который посредством АРМ осуществляет контроль за состоянием целевого технологического процесса и технологического оборудования.

В процессе исследования выявлены два существенных недостатка существующей автоматизированной системы нагрева продукта. Первый недостаток был обнаружен в ходе эксплуатации капиллярного дифференциального манометра, посредством которого осуществляется контроль за перепадом давления в подогревателе. При возникновении перепада давления в подогревателе и отклонении стрелки дифференциального манометра от установленного значения, сигнал от прибора поступает на ПЛК распределённой системы управления, а затем на автоматизированное рабочее место оператора в виде световой и звуковой сигнализации. При этом текущие показания манометра на экран оператора не выводятся, их можно узнать только по месту расположения манометра, что является существенным недостатком исследуемой системы.

Второй недостаток заключается в ненадёжной конструкции капиллярных трубок дифференциального

манометра. В процессе монтажа или демонтажа прибора на сертификацию, а также при проведении планово-предупредительных ремонтов технологического оборудования зачастую происходят повреждения капиллярных трубок прибора вследствие человеческого фактора. В результате повреждения капиллярных трубок дифференциального манометра возникает необходимость полной замены прибора ввиду неразборной конструкции, что приводит к значительным финансовым затратам.

Для исключения недостатков существующей системы нагрева продукта была разработана функциональная схема (рисунок 3), в рамках которой капиллярный дифференциальный манометр был заменён на два преобразователя давления, один из которых (РТ-1) установлен на входе продукта в подогреватель, а другой (РТ-2) – на выходе продукта из подогревателя. Преимущество такого усовершенствования существующей системы нагрева продукта заключается в том, что показания преобразователей будут отображаться на экране АРМ и оператор сможет дистанционно контролировать давление на входе и выходе подогревателя. При этом функция сигнализации о возникновении перепада давления остаётся доступной.

Для реализации функций сбора, обработки, отображения и архивирования информации о целевом технологическом процессе в SCADA-пакете TRACE MODE 6 был разработан динамический графический интерфейс оператора автоматизированной системы нагрева продукта с применением подогревателя поверхностного типа. Интерфейс представлен на рисунке 4.

Графический интерфейс позволяет оператору в режиме реального времени контролировать текущее положение клапана, регулирующего температуру продукта на выходе из подогревателя посредством изменения расхода теплоносителя. Также оператор может контролировать текущее значение температуры продукта на выходе из подогревателя.

В рамках графического интерфейса оператор может в режиме реального времени осуществлять настройку коэффициентов ПИД-регулятора, тем самым оказывая влияние на качество регулирования целевого технологического процесса. Помимо коэффициентов регулятора, оператор может в реальном времени задавать установленное значение температуры продукта на выходе из подогревателя.

После запуска проекта в режиме профайлера, изменения значений положения клапана и температуры продукта на выходе из подогревателя отслеживаются в реальном времени на тренде в виде кривых линий. Положение штока клапана на мнемосхеме меняется динамически.



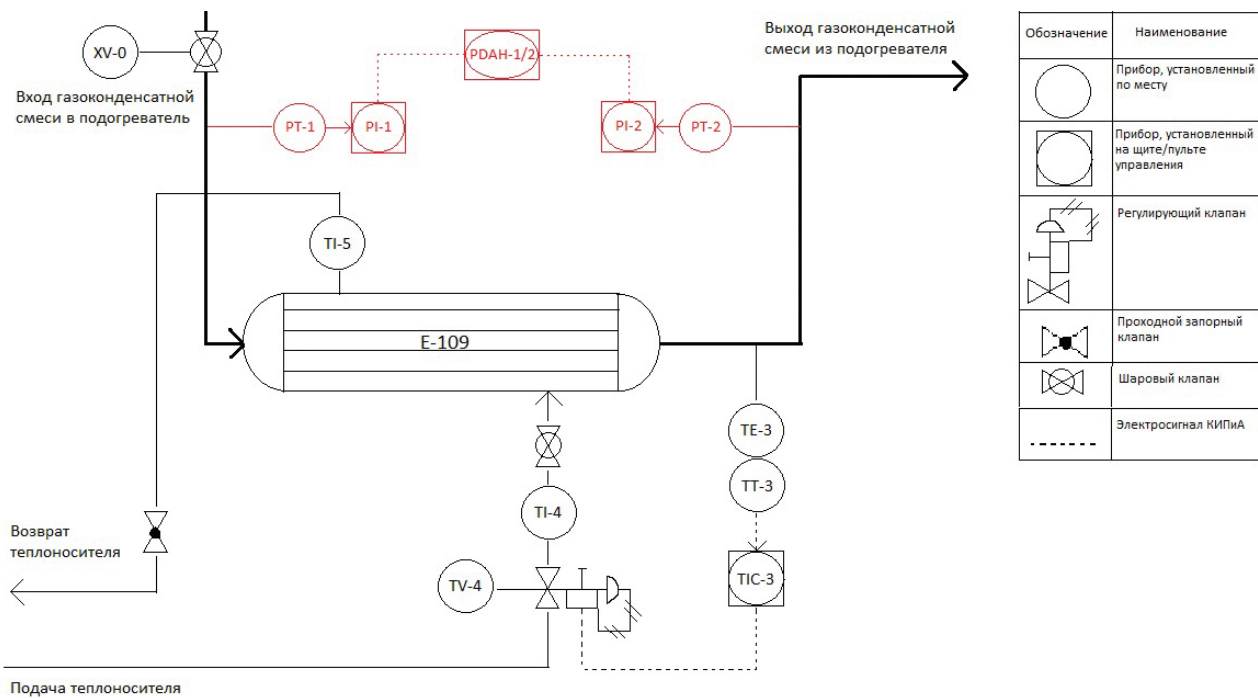


Рисунок 3. Функциональная схема АСУ нагревом продукта, исключая выявленные недостатки существующей системы

Источник: разработано автором

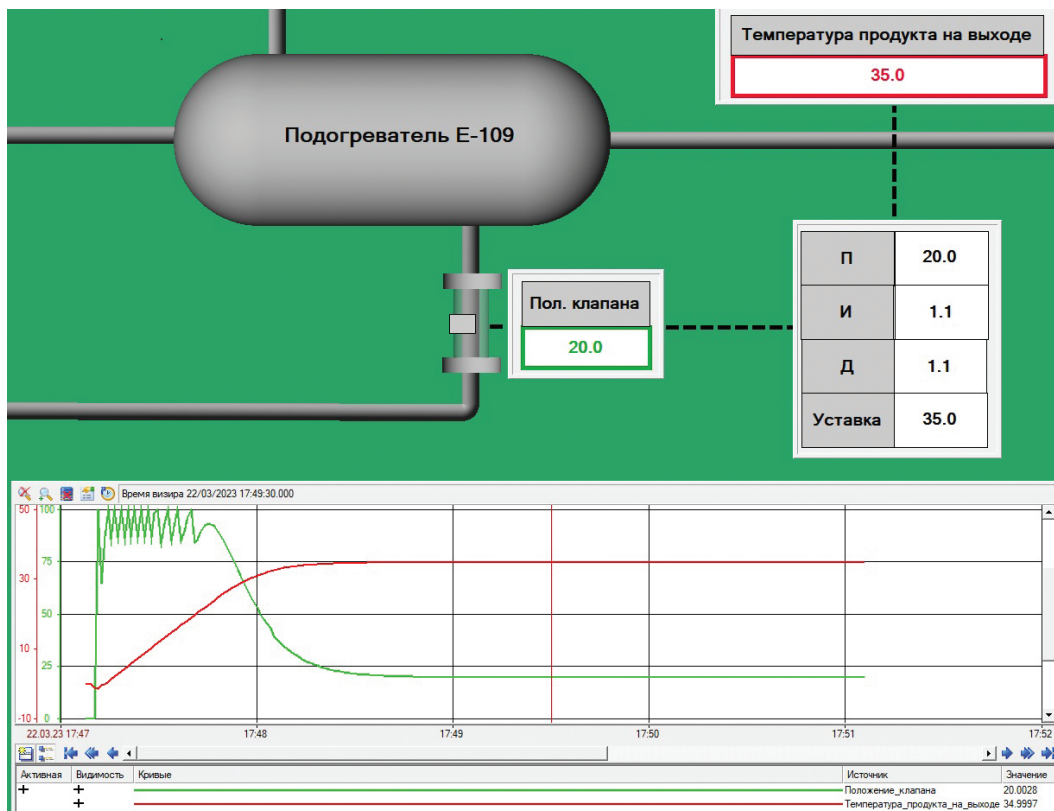


Рисунок 4. Графический интерфейс оператора АСУ нагревом продукта

Источник: разработано автором



Для реализации всех вышеперечисленных функций графического интерфейса в SCADA-пакете TRACE MODE 6 было разработано программное обеспечение верхнего уровня АСУ нагревом продукта.

На рисунке 5 представлена FBD-программа, реализующая работу регулятора и клапана. В рамках

этой программы задаются коэффициенты регулятора и положение клапана (от 0 до 100%). Результатом этой программы является положение клапана в зависимости от заданных параметров регулятора и текущего значения температуры продукта на выходе из подогревателя.

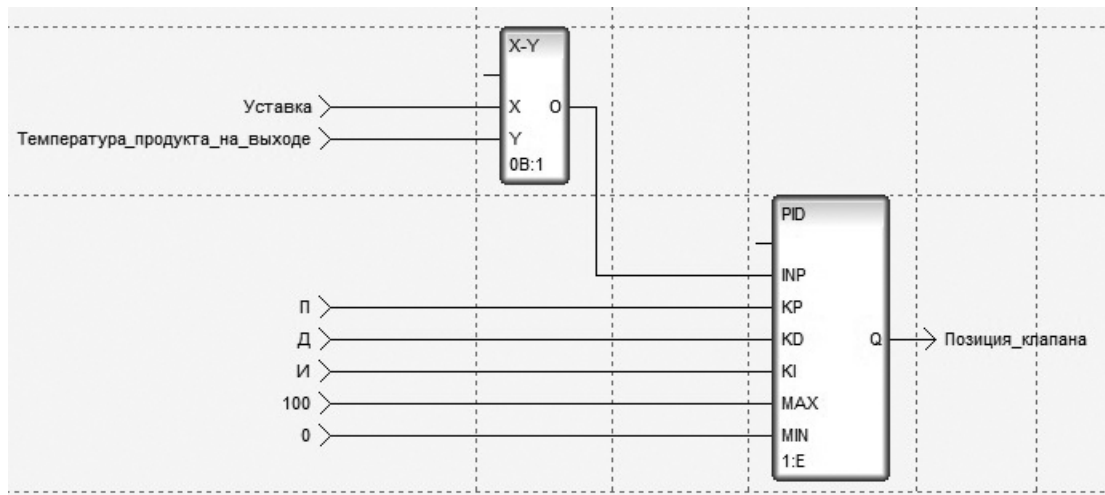


Рисунок 5. Программа на языке программирования Techno FBD

Источник: разработано автором

На рисунке 6 представлена ST-программа, задающая прямую зависимость температуры продукта на

выходе из подогревателя от расхода нагревающего теплоносителя.

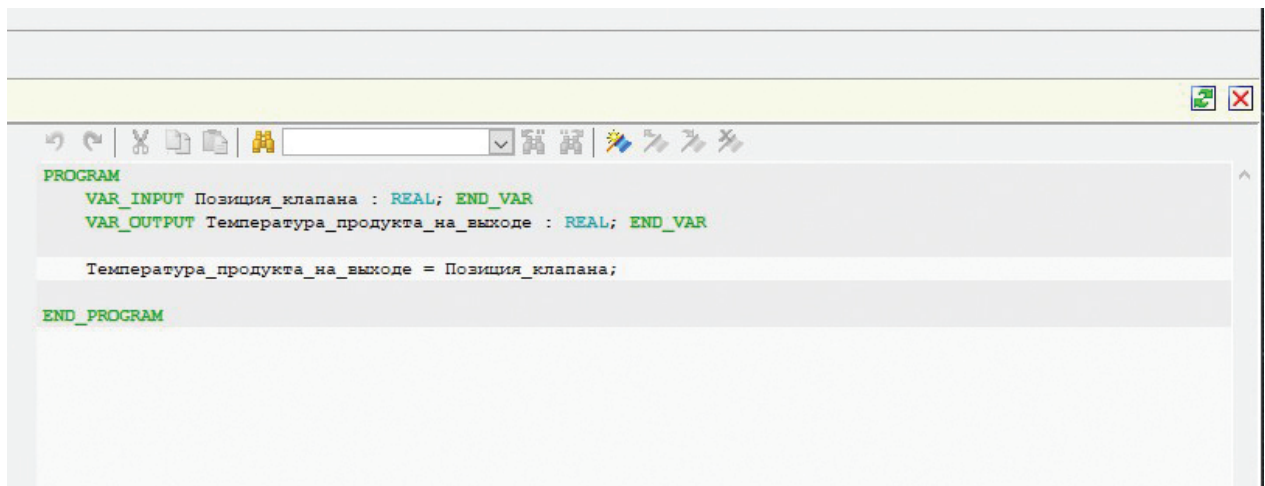


Рисунок 6. Программа на языке программирования Techno ST

Источник: разработано автором

В ходе дальнейших исследований на основе данной работы рекомендуется усовершенствовать графический интерфейс посредством внедрения допол-

нительных экранных форм с информацией о текущих значениях расхода теплоносителя и давления в подогревателе. Разработанный графический интерфейс

позволяет оператору или диспетчеру эффективно осуществлять функции контроля и управления в рамках верхнего уровня автоматизированной системы нагрева продукта с применением подогревателя поверхностного типа. Усовершенствованная автоматизиро-

ванная система нагрева продукта позволяет повысить эффективность целевого технологического процесса при отсутствии финансовых затрат, связанных с эксплуатацией капиллярного дифференциального манометра.

#### **Литература**

1. Батманов К. Б. Исследование нефти и конденсата Карачаганакского месторождения // Нефтегазовое дело. – 2008. – № 1. – URL: [http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Batmanov/Batmanov\\_1.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Batmanov/Batmanov_1.pdf) (дата обращения: 08.05.2023).
2. Гайдамакина В. Н., Гайдамакин В. Н. Методы борьбы с парафиноотложениями // Наука, образование и культура. – 2018. – № 7(31). – С. 8–9.
3. Галина Л. В. Автоматизация системы управления процессом очистки природного газа // Теоретические и практические основы научного прогресса в современном обществе: сборник статей Международной научно-практической конференции, Тюмень, 1 августа 2022 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2022. – С. 19–21.
4. Зарипова Л. М., Матвеев Ю. Г. Разработка и промышленные испытания пульсатора для удаления парафиноотложений из нефтепромысловых труб // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2008. – № 3(73). – С. 13–16.
5. Луков Д. К. Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) // European Science. – 2019. – № 2(44). – С. 19–21.
6. Тюрин А. Н. Оренбургское газоконденсатное месторождение // Оренбургская область: география, экономика, экология. – 2014. – С. 114–121.
7. Шевкунов С. Н. Особенности борьбы с парафиноотложениями при разработке ачимовских продуктивных пластов газоконденсатных месторождений // Вести газовой науки. – 2016. – № 2(26). – С. 123–130.

Статья поступила в редакцию: 10.05.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

УДК 697.341

## ВЛИЯНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ И КОРРОЗИИ ВНУТРИ ТРУБОПРОВОДА НА РАБОТУ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

**Кабаргин Сергей Валерьевич**, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: 89225577825a@gmail.com

Научный руководитель: **Закируллин Рустам Сабирович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Аннотация.** Данная статья рассматривает актуальную проблему коррозии и отложений на внутренних стенках трубопровода тепловой сети. Целью статьи является подготовка материала к ВКР «Исследование влияния толщины отложений на внутренней поверхности трубопровода на эффективность работы тепловой сети». Используемый подход – теоретический. Методом исследования является анализ научной и методической литературы, статей в специальных периодических изданиях, нормативных актов Российской Федерации по теме исследования. Основные полученные результаты – определенные в ходе анализа проблемы, вызванные отложениями на внутренней поверхности трубопровода и влияющие на эффективность работы тепловой сети. Для достижения указанной цели, необходимо разобраться в теоретических аспектах теплоснабжения, причинах образования отложений, их отрицательном влиянии и методами борьбы с ними.

**Ключевые слова:** система теплоснабжения, отложения, накипь, «зарастание» трубопроводов, уменьшение расхода теплоносителя, коррозия.

**Для цитирования:** Кабаргин С. В. Влияние отложений и коррозии внутри трубопровода на работу тепловой сети // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 48–52.

## INFLUENCE OF DEPOSITS AND CORROSION INSIDE THE PIPELINE ON THE OPERATION OF THE HEATING NETWORK

**Kabargin Sergey Valeryevich**, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: 89225577825a@gmail.com

Research advisor: **Zakirullin Rustam Sabirovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Hydromechanics, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Abstract.** This article examines the current problem of corrosion and deposits on the internal walls of a heating network pipeline. The purpose of the article is to prepare material for the research project «Study of the influence of the thickness of deposits on the internal surface of the pipeline on the efficiency of the heating network». The approach used is theoretical. The research method is the analysis of scientific and methodological literature, articles in special periodicals, regulations of the Russian Federation on the topic of research. The main results obtained are the problems identified during the analysis, caused by deposits on the internal surface of the pipeline and affecting the efficiency of the heating network. To achieve this goal, it is necessary to understand the theoretical aspects of heat supply, the reasons for the formation of deposits, their negative impact and methods of combating them

**Key words:** heat supply system, deposits, scale, «overgrowth» of pipelines, reduction of coolant consumption, corrosion.

**Cite as:** Kabargin, S. V. (2024) [Influence of deposits and corrosion inside the pipeline on the operation of the heating network]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 48–52.



Основной недостаток систем с открытой тепловой сетью – повышенная стоимость химической водоочистки. В последние годы для решения проблемы внутренней коррозии тепловых сетей предпринимаются меры по стабилизации питательной воды тепловых электростанций с помощью реагентов. В качестве эффективных реагентов выбраны органофосфонаты, поликарбоксилаты и бензотриазолы. Однако проблема повышенного повреждения магистральных тепловых сетей из-за внутренней коррозии все еще существует. Коррозионное повреждение магистралей тепловых сетей является одной из основных причин снижения надежности систем теплоснабжения. По некоторым данным, ее доля по стране составляет около 30% [3].

Для предотвращения коррозии в тепловых сетях можно использовать различные методы, такие как регулярный контроль состояния труб и профилактические мероприятия, а также защита металлов специальными покрытиями и использование антикоррозионных добавок в охлаждающую воду.

Также важно анализировать причины коррозии и находить способы их устранения. Например, контроль качества поступающей воды, регулярная очистка системы от отложений и загрязнений, использование специальных ингибиторов коррозии могут помочь предотвратить дальнейшее развитие проблемы [8].

Системы с открытыми тепловыми сетями характеризуются еще одной проблемой – образование накипи в тепловом оборудовании, чрезмерным ростом и «зарастанием» системы из-за различных отложений, присутствующих в сетевой воде, и продуктах коррозии:

- накипь, образующаяся из-за отложения минеральных солей, таких как кальций и магний, из воды при нагревании;
- коррозионные отложения, образующиеся из-за продуктов коррозии металлов в системе теплоснабжения;
- биологические отложения, вызванные различными организмами, которые могут размножаться в системе теплоснабжения.

Для решения проблем эксплуатации открытой системы отопления необходимо провести более глубокие исследования механизмов коррозии в открытых системах отопления, собрать больше данных о состоянии труб и продуктах коррозии, разработать модель влияния структуры расхода воды на процессы в системе. Также необходимо количественно определить вероятность попадания воздуха и необработанной воды. Решение этих задач поможет улучшить условия эксплуатации открытой системы отопления и повысить ее надежность [4].

Из различных частей теплосети города Набережные Челны были взяты образцы труб и шлама, охва-

тывающие различные характеристики системы, такие как магистральные трубопроводы подачи и возврата, городская теплосеть и распределение. Выбранные образцы будут проанализированы на химический состав и структуру. Изучение внешнего вида и потерь при прокаливании также поможет определить состояние трубопроводов и шлама, а толщина и равномерность распределения по поверхности дадут представление о степени износа материалов [1–3].

Структура твердого осадка и отложений проверяется методом инфракрасной спектроскопии. Химический состав анализируется с использованием стандартных методов [6].

Осадки оксидов железа встречаются по большей части в магистральных трубах с большим объемом воды, а солевые осадки, в основном карбонаты, сульфаты, гидроксиды и ионы жесткости, – в подающих и обратных трубах с малым объемом воды. Также встречаются различные силикатные отложения, органические вещества, глина и песок. Углеродные остатки указывают на возможные продукты жизнедеятельности анаэробных бактерий, живущих в нагретой воде. Осадки, прилипающие к внутренним поверхностям труб системы отопления, представляют собой оксиды железа, содержащие нерастворимые или малорастворимые в воде компоненты [5].

В магистральных подающих и обратных трубопроводах с высоким расходом воды (80–100 м/мин) преобладают отложения оксида железа – продукты коррозии стали. Толщина отложений составляет от 1 до 4 мм., карбонатные и иные отложения здесь практически не встречаются. В обратном трубопроводе, по сравнению с подающим, относительное содержание фракций шлама и глины меньше, но в то же время доля отложений оксида железа увеличивается. В наиболее дальней точке теплосети состав отложений на подаче и «обратке» примерно идентичен [2].

На участках трубопроводов с низкой скоростью потока воды наблюдается высокое содержание солевых отложений, таких как карбонаты, сульфаты, гидроксиды и ионы жесткости. Толщина отложений достигает нескольких миллиметров, и они имеют плотную структуру. Использование фосфонатов в ТЭС для предотвращения отложений не приводит к желаемому результату. Кроме того, на некоторых участках трубопроводной системы образуются твердые глянцевые отложения силикатов, которые неравномерно осаждаются и не защищают от коррозии железа с водородной депполяризацией [7].

Извлеченные из вырезанных труб образцы показывают серьезные повреждения от коррозии. В основном это язвенная коррозия смешанного типа. По теории, основным источником кислорода является под-

питочная вода. Расход составляет примерно 2,4 тыс. кг в час в зимний период и 1,4 тыс. кг в час в летний период. Скорость коррозии железа при содержании кислорода в подпиточной воде 50 мкг/л будет составлять: зимой – 231 г/ч; летом – 145 г/ч. Однако это не объясняет наблюдаемую скорость коррозии, которая от 10 до 100 раз больше. Главные источники кислорода, попадающего в сетевую воду – это аварийная подпитка системы «сырой» водой, не регулируемое

количество кислорода в процессе вакуумной вентиляции, забор воздуха или неочищенная «сырая» вода в системе теплоснабжения в местах с давлением ниже атмосферного. На рисунке 1 представлены данные о процентном содержании кислорода в водопроводной воде, где пик кислорода сначала возникает в «обратной» воде, после чего поступает на станцию, откуда и возвращается в ослабленном виде.



Рис. 1. Содержание кислорода в прямой и обратной воде в точке диспетчерского пункта 1 (ДП-1) теплосети.

Рисунок 1. Содержание кислорода в подающей и обратной воде на точке диспетчерского пункта  
 Источник: заимствовано из [5]

Еще одна причина интенсивного развития коррозионных процессов – антикоррозионный реагент и режим его дозирования.

На рисунке 2 представлены данные по содержанию минеральных солей-ингибиторов (ИОМС) в прямой подаче и обратной воде системы отопления. В летние месяцы (с мая по август) уровень ИОМС в сетевой воде (химически очищенной воде – ХОВ), горячей воде (ГВС), прямой питательной воде и обратной воде были практически одинаковыми, со стандартизованными уровнями в диапазоне от 1 до 2 мг/л. Существовала значительная разница в уровнях ИОМС в сетевой воде (ХОВ). Наблюдались значительные различия. Содержание ИОМС в сетевой воде было в 1,5–2 раза ниже, чем в воде подпитки, а в «обратной» воде содержание ИОМС было ниже, чем в «прямой» воде. Такое снижение может быть связано с работой верхних водогрейных котлов (ВГК). Согласно программе снабжения тепловых сетей, зимой в «обратные» магистрали коммунального водоснабжения подается дополнительная вода. Кроме того, в систему отопления

подается вода после подогрева. Некоторые конструктивные недостатки приводят к локальному перегреву котловой воды, что в сочетании с медленным потоком воды приведет к «деактивации» ИОМС. Это может быть прямое термическое разложение или образование нерастворимых комплексов с ионами жесткости в сетевой воде. Продукт «деактивации» накапливается в системе отопления, и концентрация ИОМС в «обратной» воде снижается. Эффект «деактивации» свидетельствует о неэффективности активной добавки, которая не предотвращает процессы отставания и коррозии в тепловой сети. Характер, состав и структура отложений также указывают на наличие водородной деполяризующей коррозии железа [1].

Результаты анализов, проведенных в данной работе, показали, что образцы, взятые из обрезков труб, свидетельствуют о наличии серьезных коррозионных повреждений, в основном называемых гнойной коррозией. Предполагается, что это было вызвано попаданием кислорода в сетевую воду во время аварийного пополнения системы отопления «сырой водой».



Для решения проблемы коррозии необходимо принять меры по предотвращению попадания кислорода в сетевую воду. Это может включать в себя установку дополнительных фильтров для очистки воды, а также

проведение регулярной проверки и обслуживания системы теплоснабжения. Такие меры помогут уменьшить скорость коррозии и продлить срок службы трубопроводов.

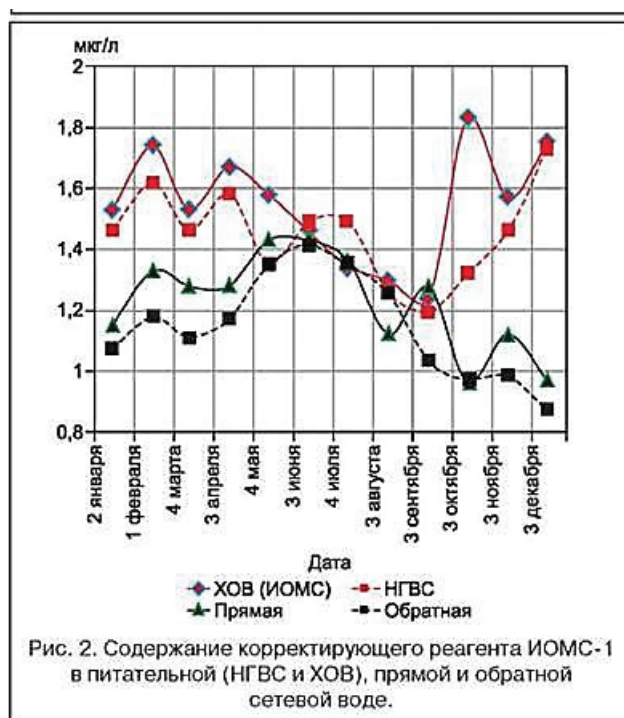


Рис. 2. Содержание корректирующего реагента ИОМС-1 в питательной (НГВС и ХОВ), прямой и обратной сетевой воде.

Рисунок 2. Содержание корректирующего реагента ИОМС в питательной (НГВС и ХОВ), подающей и обратной сетевой воде

Источник: заимствовано из [5]

Во время исследования было замечено, что введенные силикаты откладывались в трубопроводах неравномерно и не предотвращали коррозию, а под силикатным слоем также наблюдалась коррозия железа.

Полученные данные будут использованы в выпускной квалификационной работе на тему «Исследование влияния толщины отложений на внутренней поверхности трубопровода на эффективность работы тепловой сети».

### Литература

1. Анализ состояния трубопроводов открытой теплосети в системе ТЭС-теплосеть на примере Набережно-челнинская теплосетевая компания – Набережно-челнинская ТЭЦ / Н. Д. Чичирова [и др.] // Труды Академэнерго. – 2011. – № 1. – С. 41–54.
2. Исследование зависимости температуры теплоносителя от длины трубопроводов системы отопления / Д. Н. Тютюнов [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – № 3 (48). – С. 167–171.
3. Исследование состава и структуры отложений с внутренней поверхности трубопроводов теплосети города Набережные Челны / Н. Д. Чичирова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2011. – № 3–4. – С. 60–65.
4. К вопросу количественного определения материальных потоков системы ТЭС – открытая тепловая сеть / А. И. Ляпин [и др.] // Радиотехника, электротехника и энергетика: тезисы докладов XIV межд. науч.-техн. конф. студ. и асп., Москва, 28–29 фев. 2008 г. Том 3. – М.: МЭИ (ТУ), 2008. – С. 131–132.



5. Обследование состояния внутренней поверхности трубопроводов теплосети города Набережные Челны / Н. Д. Чичирова [и др.] // Диспетчеризация в электроэнергетике: проблемы и перспективы: сб. мат. док. VI открытой молод. науч.-практ. конф., Казань, 16-17 нояб. 2011 г. – Казань: КГЭУ, 2011. – С. 29–32.
6. Определение структуры и состава отложений в системе оборотного охлаждения ТЭС методами химического анализа и инфракрасной спектроскопии / Н. Д. Чичирова [и др.] // Труды IX межд. симп. «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение»: сб. мат. док. Казань: АртПечатьСервис, 2008. Ч. 2. С. 143–149.
7. Яковлев Б. В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. – М.: Новости теплоснабжения, 2008. – 448 с.
8. Edwards R. (2013) Aqueous corrosion of steel. Corrosion Engineering Solutions Ltd, Jun. 21 Available at: <http://corrosionengineering.co.uk/knowledge-library/aqueous-corrosion/index.php> (accessed 10.05.2023) (In Eng.).

Статья поступила в редакцию: 25.05.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

УДК 624.971.2

## ВИДЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ЦЕРКОВНЫХ КУПОЛАХ

**Котляров Максим Александрович**, студент, направление подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: themrmax1997@yandex.ru

**Сакипов Айболат Кажмуканович**, студент, направление подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: aibolat.sakipov@yandex.ru

Научный руководитель: **Семагина Юлия Владимировна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: semagina@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные виды поверхностей, которые используются для создания куполов в церквях. На примере храмов Оренбургской области проведен обзор самых распространенных купольных конструкций. Сделаны выводы о том, какие виды поверхностей наиболее часто используются для создания куполов, и почему они являются оптимальными. Приведен пример формирования полигонального купола с использованием системы Компас-3D. Сложную архитектурную форму купола при работе в программе можно разбить на ряд простых геометрических элементов, которые можно построить по отдельности, а потом объединить, используя режим «сборка». Рассмотренные в статье вопросы могут быть актуальными не только применительно к строительной отрасли, но и любой другой, занимающейся моделированием поверхностей (в частности, авиации и космонавтики). Новизна исследования заключается в анализе купольных конструкций Оренбургской области с точки зрения геометрии поверхностей. Предложенная методика проектирования купольных конструкций может быть полезна как для студентов строительных направлений, так и для энтузиастов, самостоятельно изучающих систему Компас-3 D.

**Ключевые слова:** купол, Компас-3D, поверхности, поверхности вращения, храм, церковь.

**Для цитирования:** Котляров М. А., Сакипов А. К. Виды поверхностей в церковных куполах // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 53–59.

## TYPES OF SURFACES IN CHURCH DOMES

**Kotlyarov Maxim Aleksandrovich**, student, training program 24.03.01 Rocket Systems and Cosmonautics, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: themrmax1997@yandex.ru

**Sakipov Aibolat Kazhmukanovich**, student, training program 24.03.01 Rocket Systems and Cosmonautics, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: aibolat.sakipov@yandex.ru

Research advisor: **Semagina Yulia Vladimirovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Descriptive Geometry, Engineering and Computer graphics, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: semagina@mail.ru

**Abstract.** The article considers the main types of surfaces that are used to create domes in churches. On the example of churches in the Orenburg region, a review of the most common dome designs is carried out. Conclusions are made about what types of surfaces are most often used to create domes and why they are optimal. An example of polygonal dome formation using Compass-3D system is given. Complex architectural form of the dome when working in the programme can be broken down into a number of simple geometric elements that can be built separately and then

combined using the «assembly» mode. The issues considered in the article can be relevant not only to the construction industry, but also to any other industry involved in surface modelling (in particular, aviation and astronautics). The novelty of the study lies in the analysis of dome structures of the Orenburg region from the point of view of surface geometry. The proposed methodology of designing dome structures can be useful both for students of civil engineering and for enthusiasts independently studying the Compass-3 D system.

**Key words:** domes, Compass-3D, surfaces, surfaces of rotation, temple, church.

**Cite as:** Kotlyarov, M. A., Sakipov, A. K. (2024) [Types of surfaces in church domes]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 53–59.

Купол – это пространственная форма покрытия здания или его элементов, имеющая вертикальную ось симметрии. Каркас ограничивающей поверхности купола формируется из выпуклых кривых, которые сходятся в одной точке. Если нижняя часть образующей проходит по многоугольнику или близкой к нему кривой, то такое покрытие называется куполом с многогранным основанием.

При строительстве зданий часто используются поверхности вращения – тор, сфера, глобoid и др. Купо-

ла могут быть построены из множества одинаковых панелей, имеющих форму многоугольника. Такой метод называется паркетирование [1; 3].

Чаще всего купольные конструкции состоят из двух частей: основания, называемого барабаном, и соединенного с ним купола (см. рисунок 1). Как показывают наблюдения авторов, барабан может быть выполнен в виде цилиндрической поверхности или многогранника.

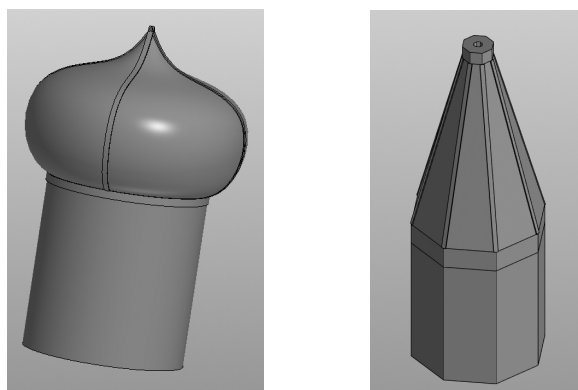


Рисунок 1. Типовая конструкция купола храма

Источник: разработано авторами

Проведенный анализ литературы показал, что чаще всего при конструировании куполов используются минимальные поверхности (в частности, поверхности вращения), которые, в некоторых случаях, могут быть аппроксимированы многогранниками или другими сложными поверхностями (например, полигональные купола) [5].

Для участия в международной олимпиаде по геометрическому моделированию необходимо уметь создавать различные сложные поверхности, напоминающие купольные. Этот навык может пригодиться не только для формирования строительных объектов, но также в авиа- и ракетостроении, где подобные конструкции играют важную роль.

В процессе рассмотрения научно-технической литературы авторами статьи сформирована следующая

цель: изучить виды поверхностей в церковных куполах.

Поставленная цель требовала решения следующих задач:

- проанализировать поверхности, которые используются при проектировании куполов;
- на основе проведенного анализа определить существующие закономерности;
- применить полученные знания на практике.

Исследовались купольные сооружения церквей Оренбурга и Оренбургской области.

На севере Оренбургской области расположен храм Святой Екатерины, один из самых красивых храмов в регионе. Главную башню храма венчает (см. рисунок 2) луковичный купол, т.е. купол выпуклой формы, напоминающий луковичу с острым кончиком. В основании купола установлен барабан, имеющий форму цилиндра.



Рисунок 2. Главный купол церкви Святой Екатерины снаружи и внутри  
*Источник: фото выполнено авторами*

В центре Оренбурга находится собор Святого Николая Чудотворца. Купол собора имеет сферическую форму, верхушка которого, в отличие от луковичного купола, не вытянута сильно вверх. Основание купола представляет собой цилиндрический барабан с боль-

шим количеством окон. Такое решение увеличивает приток естественного света в здание, что визуально расширяет пространство под куполообразным помещением. На рисунке 3 представлена фотография исследуемого купола снаружи и внутри.

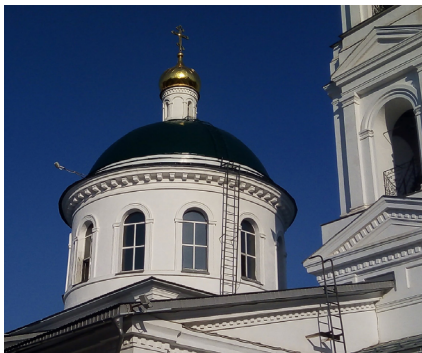


Рисунок 3. Купол кафедрального собора Святого Николая снаружи и внутри  
*Источник: фото выполнено авторами*

В 30 километрах от Оренбурга расположен храм святой блаженной Матроны Московской (см. рисунок 4). Главный купол храма ограничивается отсеком по-

верхности вращения, по форме похожей на воинский шлем. Параллель максимального радиуса конструкции лежит в плоскости основания купола.

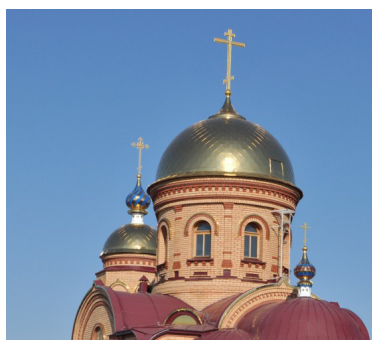


Рисунок 4. Купол блаженной Матроны Московской, вид снаружи, внутри  
*Источник: снимок заимствован с сайта СОБОРЫ.РУ – URL: <https://sobory.ru/article/?object=26794> (дата обращения: 21.07.2023)*



В селе Державино Оренбургской области находится храм, посвященный Смоленской иконе Божьей матери (см. рисунок 5). Здесь можно найти весьма редкий для православных куполов дискообразный купол-

блюдец – самый низкий из рассмотренных куполов, являющийся разновидностью сферического купола в урезанном виде.



Рисунок 5. Храм Смоленской иконе Божьей матери, вид снаружи, изнутри

Источник: снимок заимствован с сайта НАШУРАЛ – URL: <https://nashural.ru/dostoprimechatelnosti-urala/orenburgskaya-oblast/hram-v-orenburgskoj-oblasti-postroennyj-poetom-g-r-derzhavinym/> (дата обращения: 21.07.2023)

Полигональные купола – образованы несколькими гранями. В отличие от других глав с плавными переходами, такие купола имеют углы. Сечения полигональных куполов имеют форму многоугольника [7]. Известнейшим представителем куполообразного сооружения полигональной формы является собор

Санта-Мария-дель-Фьоре во Флоренции. Купол полигональной конструкции в Оренбурге можно увидеть в церкви Введения во храм Пресвятой Богородицы (см. рисунок 6). В качестве барабана использована восьмигранная призма.

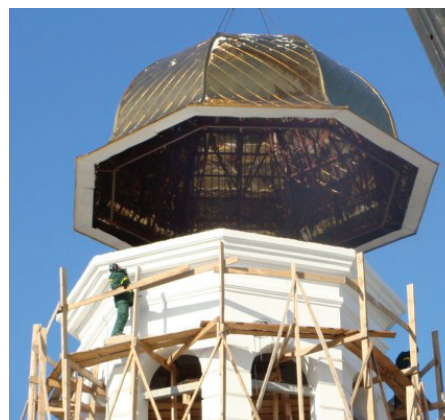


Рисунок 6. Купол колокольни церкви Введения во храм Пресвятой Богородицы, вид снаружи, внутри

Источник: снимок заимствован с сайта ВКонтакте – URL: <https://vk.com/club72484155> (дата обращения: 21.07.2023)

Шатровая форма купола представляет собой пирамиду с несколькими одинаковыми гранями. В церкви Вознесения Господня в Москве купол имеет форму восьмигранной пирамиды (рисунок 7, слева). В пра-

вославных церквях Оренбурга нет шатровых куполов, поэтому рассмотрена мечеть «Хусаиния» с куполом в форме шестигранной пирамиды, украшенной узорами и орнаментами (см. рисунок 7, справа).





Рисунок 7. Церковь Вознесения Господня вид снаружи, изнутри, мечеть «Хусаиния»

Источник: снимок заимствован с сайта Wikipedia – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Церковь\\_Вознесения\\_Господня\\_в\\_Коломенском](https://ru.wikipedia.org/wiki/Церковь_Вознесения_Господня_в_Коломенском) (дата обращения: 21.07.2023); с сайта ВКонтакте – URL: <https://vk.com/albums-91670241> (дата обращения: 21.07.2023)

Проведенный обзор позволяет сделать вывод о том, что чаще всего при конструировании куполов православных храмов применяются поверхности вращения, являющиеся производными сферы – речь идет о луковичных, шлемовидных, и собственно, сферических куполах. По мнению авторов, это происходит по следующим причинам:

- поверхность сферы имеет максимальный внутренний объем при минимальной наружной поверхности, что делает ее экономичной в использовании и позволяет создавать красивые сооружения с большим пространством внутри;

- сфера проста в проектировании и легко стыкуется с другими поверхностями (цилиндрическими, коническими), это видно на рисунке 1, что упрощает процесс создания купола и позволяет создавать функциональные и эстетически привлекательные сооружения.

Именно проблемы стыковки оставили собор Санта-Мария-дель-Фьоре, стены которого выстроены в форме призматических поверхностей, без купола более чем на сто лет. Шатровые и полигональные купола (см. рисунок 1, справа), по мнению авторов, применяются для соединения с поверхностями, имеющими форму многогранников (призм, усеченных пирамид).

При проектировании моделей купольных храмов литературные источники предполагают использование графических пакетов AutoCAD и 3DMAX [2; 4; 6; 8]. Однако на момент написания статьи лицензия на эти пакеты не распространяется на территории России, поэтому студентам приходится переходить

на отечественное программное обеспечение.

Для проектирования авторами статьи был выбран полигональный купол, как наиболее сложный из рассмотренных. Купол выполнен с применением системы Компас-3D в бесплатной студенческой версии программы<sup>1</sup>. Проектирование выполнялось в несколько этапов:

1. Создание каркаса купола на первом этапе требует создания основы для дальнейшей работы с использованием многоугольников и ребер, которые образуют сегменты поверхности (см. рисунок 8).

2. После создания каркаса, необходимо добавить ребра и грани для определения формы купола (см. рисунок 9).

3. После создания основной формы купола необходимо было соединить ее с основанием (барабаном). Для этого выбран формат файла «сборка». В результате был получен окончательный проект, который представлен на рисунке 10.

4. Проверка модели. На последнем этапе необходимо проверить модель на наличие ошибок и несоответствий.

После проверки модели, нужно выполнить ее визуализацию для проверки правильности и соответствия требованиям. Если модель готова, ее можно распечатать, экспортировать в другие форматы или использовать в других программах

В своем исследовании авторы пришли к выводу, что использование полигональной модели при проектировании купольных сооружений является эффективным и практичным подходом к созданию сложных архитектурных форм и текстур с высокой детализа-

<sup>1</sup> ООО «АСКОН – Системы проектирования». САПР Компас 3D [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург: ascon.ru 2022. –URL: <https://kompas.ru/kompas-educational/about/> (дата обращения: 04.07.2023).

цией и гибкостью. В дальнейшем авторы планируют продолжение работы над составными поверхностями с использованием программы Компас 3D, в частно-

сти, есть идея создания твердотельных моделей методом паркетирования.

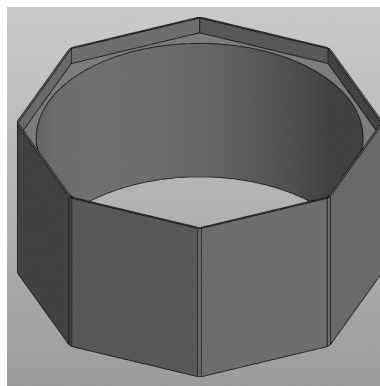
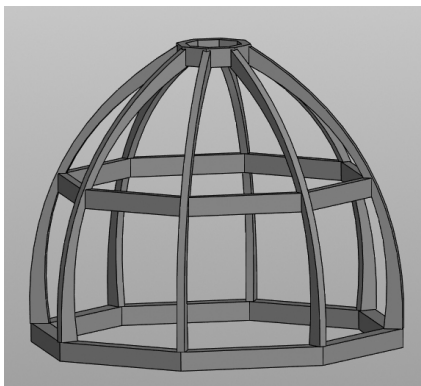


Рисунок 8. Каркас полигонального купола и основание  
*Источник: разработано авторами*

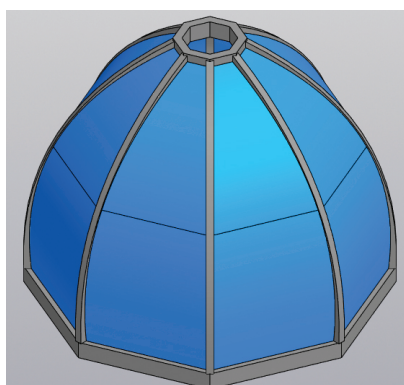


Рисунок 9. Полигональный купол с гранями  
*Источник: разработано авторами*

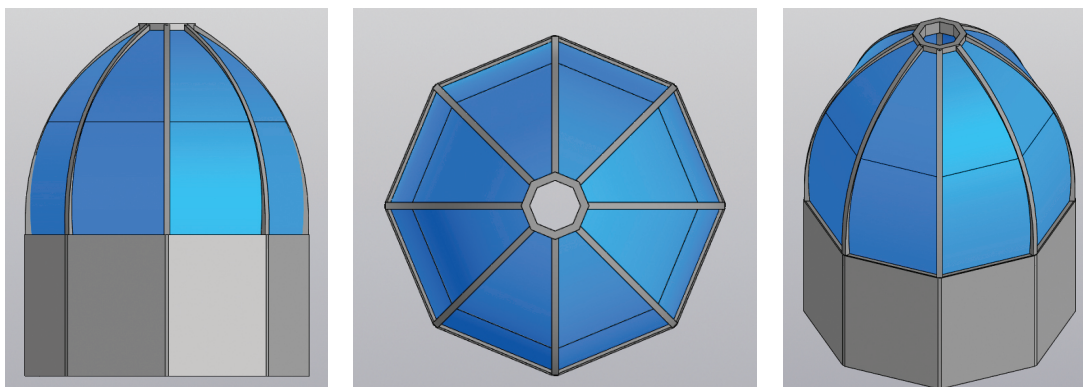


Рисунок 10. Результат проектирования 3D-модели полигональной купольной конструкции в программе «Компас 3D»

*Источник: разработано авторами*

### Выводы

Анализ литературы показал, что при проектировании куполов в церкви чаще всего используются поверхности вращения. Однако в некоторых случаях возможно использование многогранников или других сложных поверхностей.

На примере храмов Оренбурга был проведен обзор существующих конструкций куполов. Результаты подтвердили выводы, полученные на основе

анализа литературы.

На основе проведенного анализа были выявлены наиболее эффективные схемы конструкции купольных сооружений, которые можно использовать при их проектировании и строительстве.

В статье предложены практические рекомендации по формированию купольной конструкции в системе Компас-3D, включая выбор типа поверхности, расчет размеров и проектирование каркаса.

### Литература

1. Антошкин В. Д. Сборные сферические оболочки с шестиугольными панелями на основе сети Чебышева // Приволжский научный журнал. – 2022. – Т. 3, № 63. – С. 22–36.
2. Барчугова Е. В., Рочегова Н. А. Компьютерные технологии в архитектуре (пленарный доклад) // Наука, образование и экспериментальное проектирование: Материалы международной научно-практической конференции 11–15 апреля 2011 г.: Сб. статей – М.: МАРХИ, 2011. – С. 22–25.
3. Вованов Д. А. Компьютерные способы построения храмовых архитектурных форм православных церквей с использованием AutoCAD и 3DMAX // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 12. – С. 221–224.
4. Князьков В. В. Технологии САД-систем в инженерном графическом образовании // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2012. – № 4 (Апрель). – С. 46–50.
5. Тимофеев А. А. Алгебраические поверхности вращения // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы V Всероссийской научно-технической конференции молодых исследователей (с международным участием), Волгоград, 23–28 апреля 2018 г. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2018. – С. 343–345.
6. Хейфец А. Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. Опыт преподавания и широта взгляда. – М.: Диалог-МИФИ, 2002. – 427 с.
7. Цвингман Г. А. Основные типы куполов, их конструкция и архитектура // Проблемы архитектуры: сборник материалов / под ред. А. Я. Александрова. – М.: Издательство Всесоюзной Академии архитектуры, 1936. – Т. 1, кн. 2 – С. 385–455.
8. Шубенкова М. Ю. Компьютерное моделирование как средство архитектурно-исторического анализа // Архитектура и современные информационные технологии. – 2008. – № 2(3). – С. 12.

Статья поступила в редакцию: 26.07.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 691.116

## ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ КЛЕЕНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В КАЧЕСТВЕ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

**Лысенкин Владислав Владимирович**, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: lysenkin495@yandex.ru

Научный руководитель: **Гурьева Виктория Александровна**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии строительного производства, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: victoria-gurieva@rambler.ru

***Аннотация.** В статье рассматривается актуальность применения клееных деревянных конструкций в современном строительстве. Целью работы является анализ эффективности использования данных конструкций, а также определение их потенциала для дальнейшего развития строительной отрасли.*

*Основные полученные результаты включают подтверждение актуальности клееных деревянных конструкций как эффективного и экологически безопасного строительного материала. Выявлены преимущества и недостатки их использования в сравнении с традиционными решениями, а также определены возможности для оптимизации производственных процессов и снижения стоимости строительства.*

*Научная новизна исследования заключается в систематизации и обобщении существующих знаний и опыта в области применения клееных деревянных конструкций.*

***Ключевые слова:** строительные изделия из древесины, клееные деревянные конструкции (КДК), строительство, производство, материалы и конструкции, дерево, клееное дерево.*

***Для цитирования:** Лысенкин В. В. Основные преимущества и недостатки применения клееных деревянных конструкций в качестве несущих конструкций // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 60–65.*

## THE MAIN ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING LAMINATED WOOD STRUCTURES AS LOAD-BEARING STRUCTURES

**Lysenkin Vladislav Vladimirovich**, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: lysenkin495@yandex.ru

Research advisor: **Gurieva Victoria Aleksandrovna**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Building Production Technology, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: victoria-gurieva@rambler.ru

***Abstract.** The article discusses the relevance of using laminated timber structures in modern construction. The purpose of the work is to analyze the effectiveness of using these structures, as well as to determine their potential for the further development of the construction industry.*

*The main results obtained include confirmation of the relevance of laminated timber structures as an effective and environmentally friendly building material. The advantages and disadvantages of their use in comparison with traditional solutions are identified, and opportunities for optimizing production processes and reducing construction costs are identified.*

*The scientific novelty of the research lies in the systematization and generalization of existing knowledge and experience in the field of application of laminated wood structures.*

***Key words:** construction products made of wood, glued wooden structures (KDK), construction, production, materials and structures, wood, glued wood.*

***Cite as:** Lysenkin, V. V. (2024) [The main advantages and disadvantages of using laminated wood structures as load-bearing structures]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 60–65.*



В период наибольшей распространенности деревянного строительства традиционным материалом для возведения несущих конструкций был один из видов пиломатериалов – кругляк. С развитием технологий и процессов производства деревообрабатывающей промышленности появились новые материалы, которые стали использоваться для несущих конструкций здания. К числу таких материалов относится клееная древесина [2]. Благодаря своим уникальным характеристикам, она используется не только при строительстве частных домов, но и многоэтажных зданий, спортивных сооружений, аэропортов и многого другого. Одной из главных причин активного развития клееных деревянных конструкций является уникальная структура древесины. В своей первоначальной форме дерево является не совсем подходящим материалом для возведения длительно эксплуатируемой и прочной конструкции [4]. Однако применение спе-

циальных технологий обработки древесины позволяет использовать ее для изготовления безопасных строительных конструкций.

Клееные деревянные конструкции характеризуются высокими показателями прочности на сжатие, жесткости и устойчивости к различным воздействиям, таким как устойчивость к изменениям температуры и влажности. Это является причиной для использования конструкций из клееного материала как внутри, так и снаружи зданий. В сравнении с металлическими и железобетонными конструкциями, клееные деревянные конструкции имеют преимущество – простота обработки [6]. Однако КДК не обладают высокой несущей способностью. Сравнительная диаграмма сопротивления сжатию изделий из клееных деревянных конструкций (КДК), железобетона и стали приведена на рисунке 1.

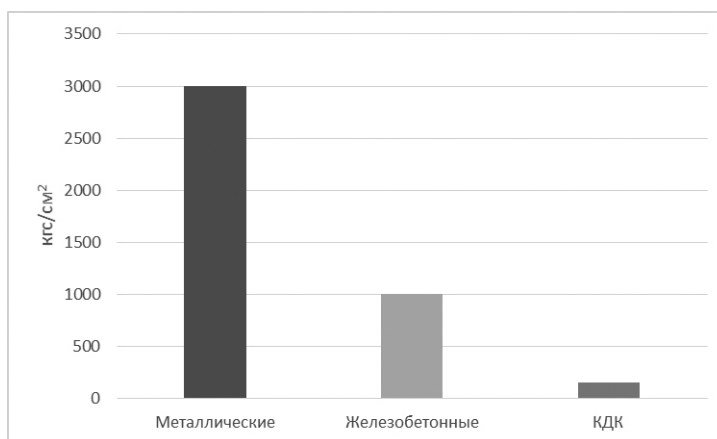


Рисунок 1. Сравнительная диаграмма сопротивления сжатию изделий из КДК, железобетона и стали  
Источник: разработано автором

Клееные деревянные конструкции создаются из натурального материала, который восстанавливается и перерабатывается, они проще в производстве и монтаже, а также более экологичны. Однако данный вид материала менее прочен и устойчив к повреждению в результате пожара. Помимо этого, также следует отметить, что использование древесины позволяет снижать выбросы углекислого газа в атмосферу в результате уменьшения объемов производства других строительных материалов.

При строительстве зданий с применением КДК могут возникнуть следующие проблемы, характерные для деревянных конструкций (рисунок 2):

- чувствительность к влажности: при повышенной влажности в помещении древесина может набухать, что в дальнейшем может привести к деформаци-

ям и потере прочности конструкции;

- низкая стойкость к гниению и воздействию огня: некоторые виды грибков и насекомых могут проникать в конструкцию и вызывать гниение древесины, что снижает прочность и длительность эксплуатации. Также древесина является материалом, легко воспламеняющимся и поддерживающим горение;

- стоимость: клееные деревянные конструкции являются относительно дорогими, что может стать препятствием для широкого использования;

- несоответствие некоторым территориальным строительным нормам: в отдельных регионах приняты нормативные документы, которые не позволяют использовать клееную древесину в качестве строительного материала.



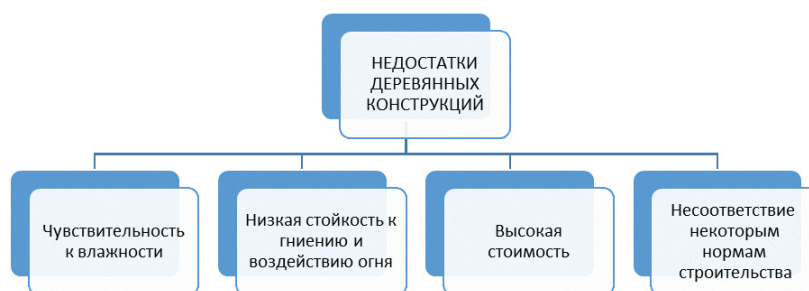


Рисунок 2. Основные недостатки деревянных конструкций

Источник: разработано автором

Подобные недостатки КДК могут быть исправлены применением дополнительных технологий или материалов (рисунок 3).

Одним из наиболее простых способов защиты деревянных конструкций от воздействия влаги является использование специальных покрытий в виде лаков, красок или пропиток. В результате обработки деревянных поверхностей специальным составом создается гидрофобный эффект на поверхности, что снижает гигроскопичность изделия и предотвращает попадание влаги внутрь конструкций. Также возможно нанесение специальных мембран и пленок. В КДК, где слои древесины склеены между собой, изделия получают менее восприимчивыми к влаге [1].

Одним из наиболее негативных факторов при применении КДК в качестве несущих конструкций является подверженность древесины горению [8]. Существует несколько методов защиты конструкций от повреждения огнем и высокими температурами. Так, например, пропитка древесины специальными огнезащитными растворами. Этот метод заключается в нанесении на поверхность древесины специального состава, который предотвращает горение. Пропитка может быть поверхностной или глубинной. При поверхностной пропитке состав наносится на поверхность древесины, а при глубинной – подается под давлением внутрь изделия. Пропитка обеспечивает повышение огнестойкости, в результате чего снижается возможность возгорания.

Другим способом является использование огнезащитных покрытий на основе геля или специальных порошков. Огнезащитные покрытия создают на поверхности древесины тонкий защитный слой, который предотвращает горение. Этот метод эффективен при условии нанесения покрытия на достаточно большую поверхность.

Также возможно применение огнезащитных вспененных материалов (базальтовых огнезащитных рулонных материалов). Этот метод заключается в нанесении на поверхность деревянной конструкции огне-

защитного вспененного материала, который также защищает конструкцию от горения и позволяет держать более низкую температуру внутри конструкции.

С целью повышения огнезащиты в обшивке элементов деревянной конструкции применяются специальные плиты и панели. Они характеризуются высокой огнестойкостью и эффективны для защиты наиболее уязвимых элементов деревянной конструкции.

Усилить защиту от возможного пожара можно одновременным использованием нескольких методов защиты, а также при соблюдении правил безопасности при эксплуатации деревянных конструкций.

Дерево является органическим материалом и соответственно подвержено нападению насекомых, грибов и гнилостей. Существует несколько методов защиты деревянных конструкций от данного вида повреждений. Рассмотрим наиболее эффективные из них:

- пропитка древесины специальными антисептиками. Этот метод заключается в нанесении на поверхность дерева специального состава, который проникает в глубину древесины и защищает ее от насекомых и грибов. Антисептик может быть водорастворимым или органическим и выбор того или иного зависит от конкретного случая. Пропитка обеспечивает увеличение стойкости изделий из натуральной древесины к воздействию насекомых и грибов;
- использование древесины с натуральной стойкостью. Некоторые виды деревьев (например, кедр и лиственница) характеризуются высокой стойкостью к воздействию насекомых и грибов. Таким образом, при применении для изготовления конструкций определенных видов пород древесины можно уменьшить в ходе их эксплуатации риск возникновения проблем с насекомыми и грибами;
- подбор качественного исходного сырья для изготовления конструкции. При выборе для изготовления деревянных конструкций лесоматериалов необходимо обращать внимание на качество исходного сырья, наличие сучков и других дефектов, которые могут привести к развитию грибов и гнилостей;

– соблюдение условий эксплуатации конструкции. Важно, чтобы деревянные конструкции были размещены на достаточном расстоянии от земли и по возможности не подвергались в процессе эксплуатации воздействию влаги.

Эффективность защиты также достигается в случае комбинации нескольких методов [3].

Также существуют составы, способные одновременно защитить деревянные конструкции от воздействия огня и биологических повреждений. Такие составы называются огнебиозащитными.

Огнебиозащитные композиции представляют собой специальные огнезащитные составы, содержащие антисептические и фунгицидные добавки. Они препятствуют горению древесины и защищают ее от насекомых и грибов. Огнебиозащитные композиции имеют несколько преимуществ по сравнению с обычными огнезащитными и антисептическими составами. Во-первых, обеспечивают комплексную защиту древесины, что позволяет экономить время и средства. Во-вторых, замедляют распространение огня и защищают древесину от опасных биологических повреждений. Огнебиозащитные составы могут применяться при строительстве домов, офисных зданий, торговых центров, архитектурных сооружений и т. д.

Также использование клееных деревянных конструкций имеет ряд экономических преимуществ, к числу которых относятся:

– снижение затрат на транспортировку и хранение. Клееные деревянные конструкции могут быть

доставлены в разобранном виде и пройти укрупнительную сборку на месте;

– сокращение времени строительства. Из-за небольшого собственного веса и простоты монтажа клееных деревянных конструкций строительство может быть выполнено быстрее, что также позволяет сократить затраты на ручной труд.

Анализ применения клееных деревянных конструкций позволяет утверждать о возможности их использования практически в любом регионе России, где есть доступ к древесине и есть потребность в строительстве [5]. Однако есть несколько особых случаев, когда использование клееных деревянных конструкций может быть ограничено:

– зоны с повышенной сейсмической активностью. В таких зонах древесина не обладает достаточной прочностью, так как не способна выдерживать показатели воздействия вибраций и разрывных сил;

– в местах с повышенной влажностью. В регионах с высокой влажностью происходит увеличение риска разрушения клееных соединений;

– участки, подверженные постоянным изменениям температуры. В экстремальных условиях могут расширяться или сжиматься элементы клееных деревянных конструкций, что может привести к деформациям и изломам.

В целом, использование клееных деревянных конструкций ограничивается небольшими региональными особенностями, которые могут быть учтены при проектировании и строительстве.



Рисунок 3. Способы и технологии, исключающие недостатки древесины в клееных деревянных конструкциях  
Источник: разработано автором

Одним из основных преимуществ, определяющих применение КДК, является возможность возведения большепролетных конструкций. Это связано с относительно небольшим собственным весом. Например, в 2005 году в городе Млада-Болеслав на севере Чехии был построен спортивный комплекс «Автоарена», где КДК использован для строительства большого крытого футбольного поля с пролетом более 60 метров.

Максимальный пролет, который был перекрыт изделием из клеено-деревянных конструкций, был записан в Книге рекордов Гиннеса. Это здание компании Metsä Wood (рисунок 4) в Финляндии, называемое «Т4». Пролет здания составляет 135 метров, что делает его самым большим строением в мире на основе КДК. Более того, в этом здании также был установлен новый рекорд по длине самой большой балки КДК, которая составила 120 метров.



Рисунок 4. Здание Metsä Wood перекрытое с применением КДК

Источник: взято из Metsä Wood . – URL: <https://www.metsagroup.com/metsawood/news-and-publications> (дата обращения: 24.06.2023)

Одним из важных преимуществ клееных деревянных конструкций является удельная прочность. Так, удельная прочность древесины (отношение расчетного сопротивления древесины сжатию и изгибу к ее плотности) составляет для сосны в среднем 130-200 кН·м/кг, в то время как для бетона В25 – 13,92 кН·м/кг, а для стали С245 – около 30,6 кН·м/кг (рисунок 5). Приведенные данные указы-

вают на то обстоятельство, что наиболее выгодно использование древесины в сжатых и изгибаемых элементах конструкций. Таким образом, клееные деревянные конструкции по своей массе могут быть сопоставимы с аналогичными конструкциями, выполненными из стали, и в 10–15 раз легче бетонных и железобетонных.



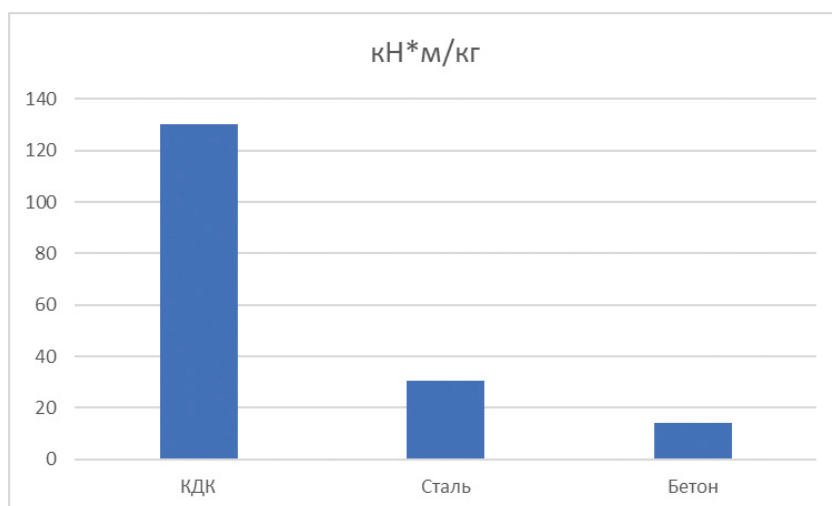


Рисунок 5. Сравнительная диаграмма удельной прочности стали, железобетона и КДК, МПа  
Источник: разработано автором

Таким образом, можно сказать, что клееные деревянные конструкции в качестве несущих имеют большой потенциал. Большая часть недостатков древесины может быть устранена на этапе изготовления конструкции, а длительность эксплуатации обеспечена рациональными проектными решениями и правильными условиями эксплуатации. КДК имеют конкурентные прочностные характеристики на единицу

массы конструкции, а также, экологические, экономические и эстетико-функциональные преимущества. Основным преимуществом является относительно небольшой вес конструкции, который, во многих случаях, позволяет экономить на этапе транспортировки, монтажа, а также позволяет достигнуть максимального экономического эффекта при строительстве на слабонесущих грунтах.

#### Литература

1. Герашенко А. И. Конструкционные материалы деревянного происхождения – М.: Стройиздат, 2017. – С. 3–5.
2. Калугин А. В. Клееные деревянные конструкции в современном строительстве // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 7–2. – С. 32–37. – <https://doi.org/10.15862/02SATS318>
3. Оценка работоспособности клеёных несущих конструкций каплевидного купола атриума многофункционального комплекса, меры по повышению эксплуатационной надежности / Т. Н. Казакевич [и др.] // Инновации в деревянном строительстве : Материалы 11-й Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – С. 112–120.
4. Перцева А. Е., Хижняк Н. Н., Астафьева Н. С. Опыт применения большепролетных клееных деревянных конструкций // Транспортные сооружения. – 2018. – № 3. – С. 2.
5. Сибен А. В. Клеёные деревянные конструкции в строительстве: эффективность и проблемы применения // Новые технологии – нефтегазовому региону : Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В IV томах, Тюмень, 30 мая 2022 года. Том III. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 180–183.
6. Шиповалов И. А. Противопожарная защита деревянных конструкций. – СПб.: ГУАП, 2013. – С. 2–7.

Статья поступила в редакцию: 11.07.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

УДК 621.317.08

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ РАВНОАМПЛИТУДНОГО КОМПЛЕКСНОГО РЯДА

**Павлов Павел Александрович**, студент, направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: pawlowoqa@mail.ru

**Фролов Сергей Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной электроники и информационно-измерительной техники, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: FrolovSergej@yandex.ru

**Аннотация.** В предлагаемой работе представлены результаты применения функции вида  $y(x) = \sin(n \cdot x/2) / \sin(x/2)$  при автоматизированном измерении амплитудно- (АЧХ) и фазочастотных (ФЧХ) характеристик. В диапазоне звуковых и инфразвуковых частот существующие автоматизированные методы измерения не точны, а мануальные – неэффективны. Рассматриваемая функция соответствует ограниченному гармоническому или комплексному ряду Фурье с одинаковыми коэффициентами. Указанное свойство используется в работе для уменьшения погрешности и времени измерения. Для формирования сигнала функции создана экспериментальная лабораторная установка на основе платы разработки STM32L073RZ Nucleo-64. С помощью анализатора Фурье, встроенного в цифровой осциллограф Hantek DSO8060, экспериментально исследованы результаты БПФ сформированного равноамплитудного комплексного ряда  $y(x)$  при разных значениях  $n$ . Качественно подтверждена прямоугольность спектров. Также исследованы итоги БПФ реакций фильтров нижних и верхних частот, полосового фильтра второго порядка. Качественно проверена повторяемость огибающими спектров расчётных АЧХ фильтров.

**Ключевые слова:** равноамплитудный ряд, комплексный ряд, ряд Фурье, равномерный спектр, прямоугольный спектр, автоматические измерения, измерения АЧХ, АЧХ фильтров, испытательный сигнал.

**Для цитирования:** Павлов П. А., Фролов С. С. Программно-аппаратный лабораторный формирователь равноамплитудного комплексного ряда // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 66–72.

## SOFTWARE AND HARDWARE LABORATORY GENERATOR OF EQUAL-AMPLITUDE COMPLEX SERIES

**Pavlov Pavel Aleksandrovich**, student, training program 11.03.02 Infocommunication technologies and communication systems, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: pawlowoqa@mail.ru

**Frolov Sergey Sergeevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of industrial electronics and information and measuring technology, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: FrolovSergej@yandex.ru

**Abstract.** The proposed work presents the results of using a function of the form  $y(x) = \sin(n \cdot x/2) / \sin(x/2)$  in the automated measurement of amplitude-frequency response and phase-frequency response characteristics. In the range of sound and infrasound frequencies, existing automated measurement methods are not accurate, and manual ones are ineffective. The function under consideration corresponds to a limited harmonic or complex Fourier series with identical coefficients. This property is used in the work to reduce the error and measurement time. To generate the signal of function, an experimental laboratory setup was created based on the STM32L073RZ Nucleo-64 development board. Using a Fourier analyzer built into a Hantek DSO8060 digital oscilloscope, the FFT results of the formed equal-amplitude complex series  $y(x)$  for different values of  $n$  were experimentally studied. The rectangularity of the spectra was qualitatively confirmed. The results of the FFT of reactions of low- and high-pass filters and a second-order bandpass filter were also studied. The repeatability of the spectral envelopes of the calculated frequency response filters was qualitatively tested.





**Key words:** equal-amplitude series, complex series, Fourier series, uniform spectrum, rectangular spectrum, automatic measurements, frequency response measurements, frequency response of filters, test signal.

**Cite as:** Pavlov, P. A., Frolov, S. S. (2024) [Software and hardware laboratory generator of equal-amplitude complex series]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 66–72.

Существующие мануальные методы анализа частотных характеристик (ЧХ) неэффективны и в диапазонах инфра-низких и низких частот требуют значительных трудозатрат – до десятков человеко-часов [6]. Как вариант решения проблемы измерения ЧХ ли-

нейных четырёхполюсников в лабораториях кафедры ПЭИИИТ при изучении теории цепей и профильных дисциплин рассмотрено тестирование сигналом равно амплитудного комплексного ряда (СРКР) [3]

$$y(x) = \frac{\sin\{n \cdot x/2\}}{\sin(x/2)}, \quad x = 2\pi \cdot f \cdot t, \quad n = 2, 3, 4, \dots,$$

вид диаграмм которых различен при чётных и нечётных  $n$  (рисунок 1), а комплексный спектр – вещественен и прямоуголен (рисунок 2).

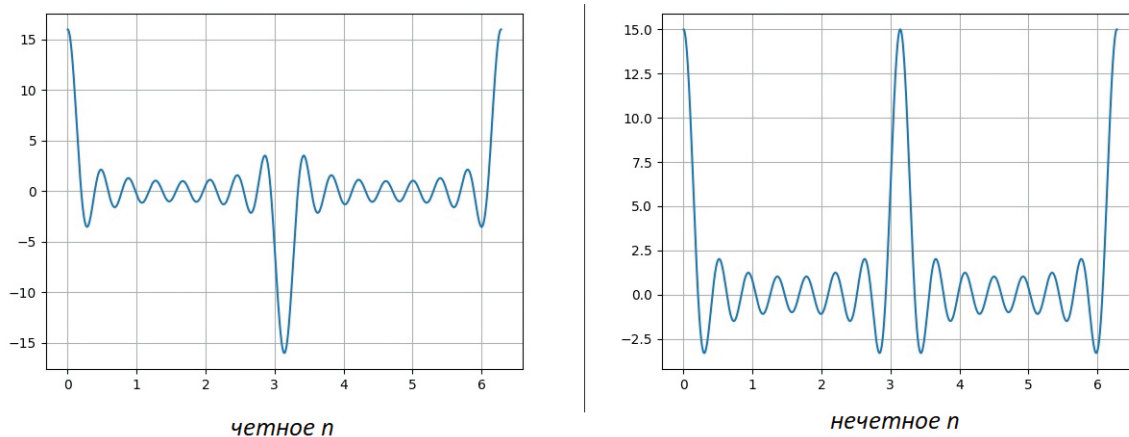


Рисунок 1. Сигналы равно амплитудного комплексного ряда  
 Источник: разработано Павловым П. А. в программе Mathcad

В лабораторной установке, формирующей СРКР, используется отладочная плата NUCLEO-64 с микроконтроллером (МК) STM32L073RZ на основе

высокопроизводительного 32-разрядного RISC-ядра Arm Cortex-M32+ (рисунок 3), работающем на частоте 32 МГц.

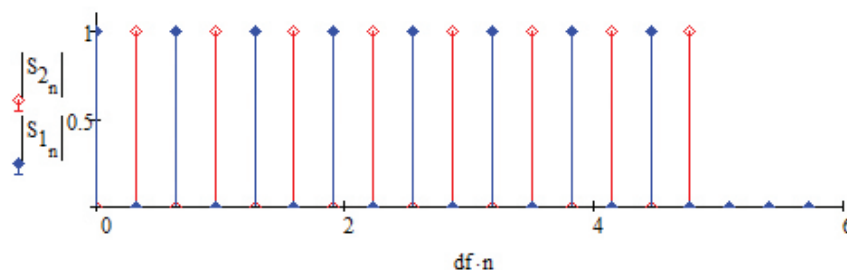


Рисунок 2. Спектры при чётных («красный») и нечётных («синий»)  $n$   
 Источник: разработано Павловым П. А. с помощью функций БПФ в программе Mathcad

Из периферийных устройств использованы 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) для оцифровки отсчётов сигнала отклика на

СРКР и 12-разрядный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) (рисунок 3) для получения тестового сигнала.

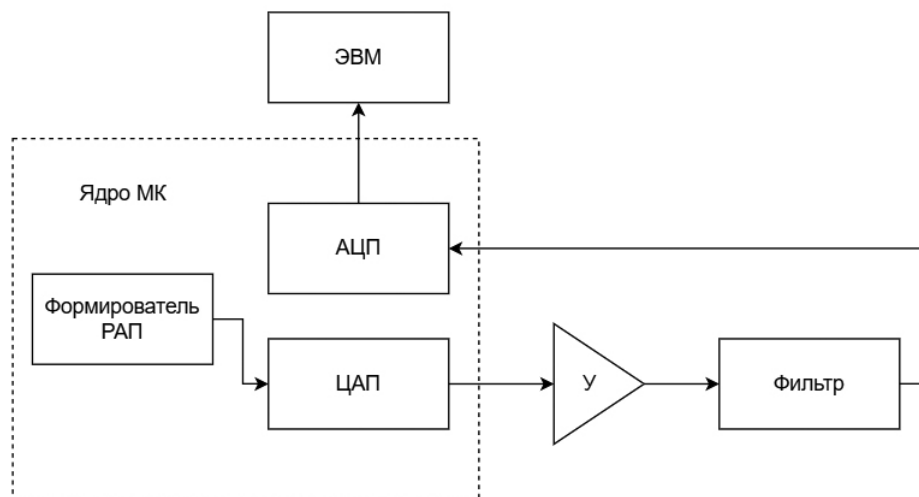


Рисунок 3. Структурная схема лабораторной системы

Источник: разработано авторами

Формирование СРКР в МК описывается на языке C/C++ с помощью библиотеки HAL STM32<sup>1</sup>. Массив отсчётов испытательного СРКР (рисунок 1) прошивается в постоянную флэш-память МК.

Сформированный СРКР поступает на вход широ-

кополосного согласующего усилителя, защищающего ЦАП от перегрузки, согласующего последний с малыми входными сопротивлениями фильтров. Схема включения неинвертирующего усиления выполнена на микросхеме LMH6703 (рисунок 4).

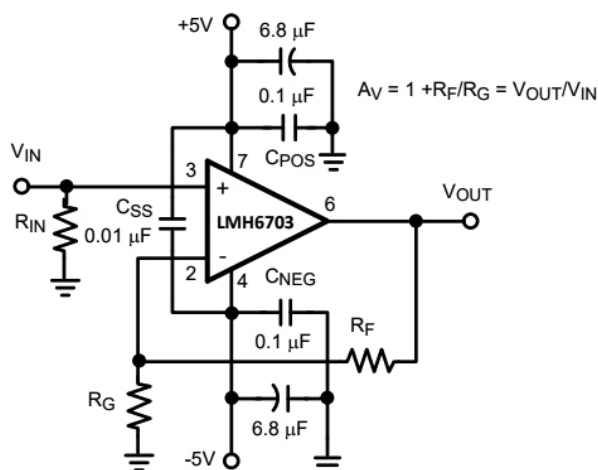


Рисунок 4. Схема включения согласующего усилителя

Источник: взято из LMH6703 1.2 GHz, Low Distortion Op Amp with Shutdown. – URL: <https://static.chipdip.ru/lib/273/DOC012273509.pdf> (дата обращения: 05.03.2023)

<sup>1</sup> Description of STM32L0 HAL and low-layer drivers. – URL: [https://www.st.com/resource/en/user\\_manual/dm00113898-description-of-stm32l0-hal-and-low-layer-drivers-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/user_manual/dm00113898-description-of-stm32l0-hal-and-low-layer-drivers-stmicroelectronics.pdf) (дата обращения: 05.03.2023).

Усилитель требует двухполярного питания. В качестве источника положительного используем USB-порт компьютера. Для отрицательного питания

используем микросхему DC-DC-преобразователя MAX764 (рисунок 5).

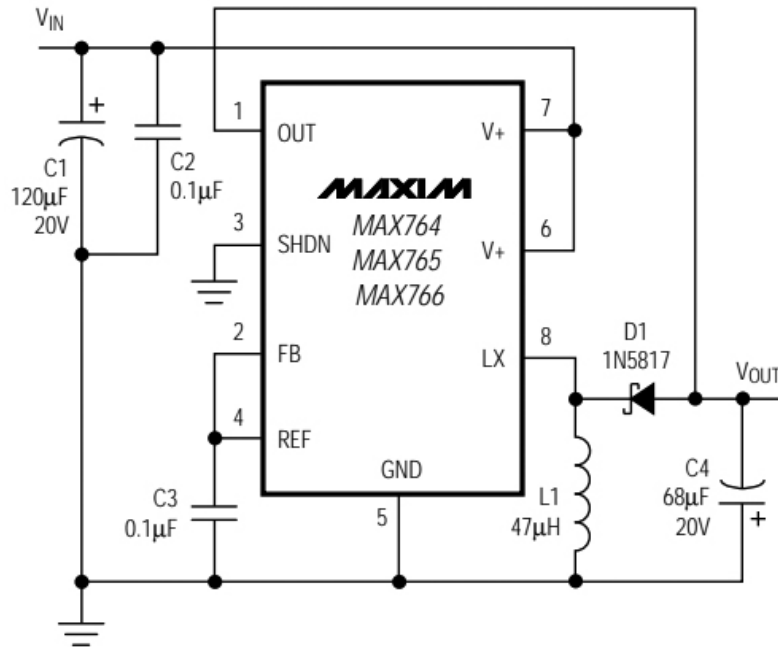


Рисунок 5. Схема преобразователя напряжения

Источник: взято из *-5V/-12V/-15V or Adjustable, High-Efficiency, Low IQ DC-DC Inverters*. – URL: <https://static.chipdip.ru/lib/235/DOC000235559.pdf> (дата обращения: 05.03.2023)

В программе Mathcad выполнен расчётный эксперимент для фильтров нижних (ФНЧ) и верхних частот (ФВЧ), полосового (ПФ) фильтров второго порядка. Рассчитаны ожидаемые выходные спектрограммы (рисунки 6–8).

Сигналы фильтров должны поступать на вход АЦП. Массив отсчётов от МК передаётся по UART протоколу в ЭВМ и сохраняется в файле \*.txt.

### Полученные результаты

Отлажена программа формирования СРКР для МК. Анализатором Фурье, встроенном в цифровой осциллограф Nantek DSO8060, качественно проверена прямоугольность спектров СРКС при  $n = 8, 9, \dots 32$  для частот первых гармоник  $f_1 = 7,5 \dots 82$  Гц.

С помощью СРКР протестированы отклики перечисленных выше фильтров. Получившиеся спектры качественно аналогичны представленным выше расчётным. В качестве примера на рисунке 9 представлены диаграммы входного СРКС, отклика ПФ и спектра отклика.

Следующие цели проектирования: закончить разработку структуры рисунка 3 – выполнить ДПФ отклика в том же МК, где формируется СРКР, запрограммировать в МК UART-интерфейс для передачи отклика и его спектра на ЭВМ, реализовать возможность обработки полученных данных – построения диаграмм АЧХ и ФЧХ, измерения их параметров.

Программно-аппаратная лабораторная система на основе формирователя СРКР позволит автоматически исследовать частотные характеристики фильтров со степенью неравномерности менее 1% [7], с разными границами полос пропускания в области 0 Гц ... 20 кГц, включая инфра-низкий диапазон. При работе с системой у студентов сократится время исследования АЧХ и ФЧХ фильтров, улучшится степень их детализации и точность расчёта параметров.

После испытаний системы в учебном процессе и её совершенствования она может быть полезна при производстве и эксплуатации радиоэлектронных [5], измерительных [4], инфо- и телекоммуникационных систем [2].

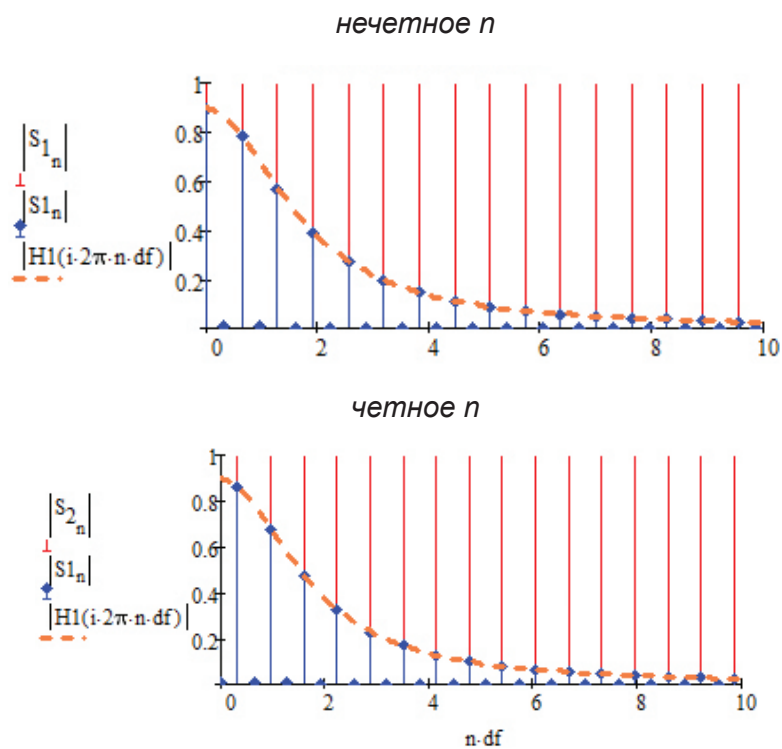


Рисунок 6. Спектры на входе и выходе ФНЧ на фоне его АЧХ  
Источник: разработано Павловым П. А. в программе Mathcad

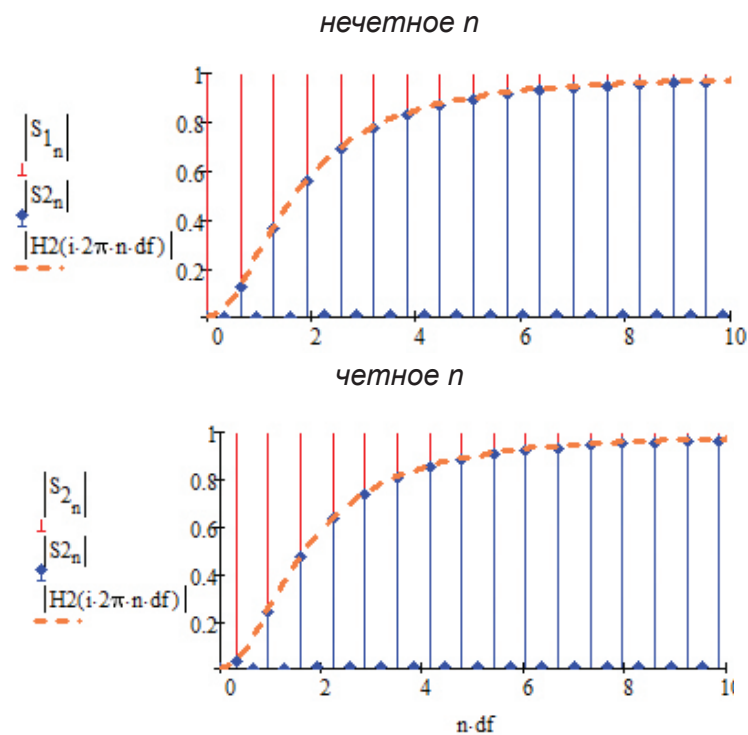


Рисунок 7. Спектры на входе и выходе ФВЧ на фоне его АЧХ  
Источник: разработано Павловым П. А. в программе Mathcad

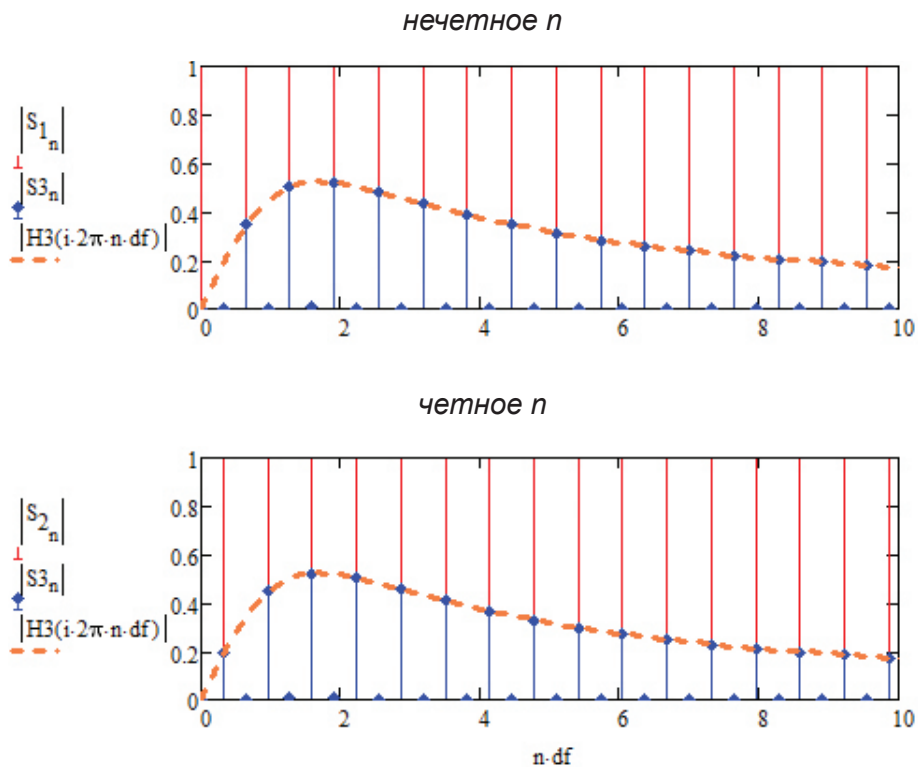


Рисунок 8. Спектры на входе и выходе ПФ на фоне его АЧХ  
Источник: разработано Павловым П. А. в программе Mathcad

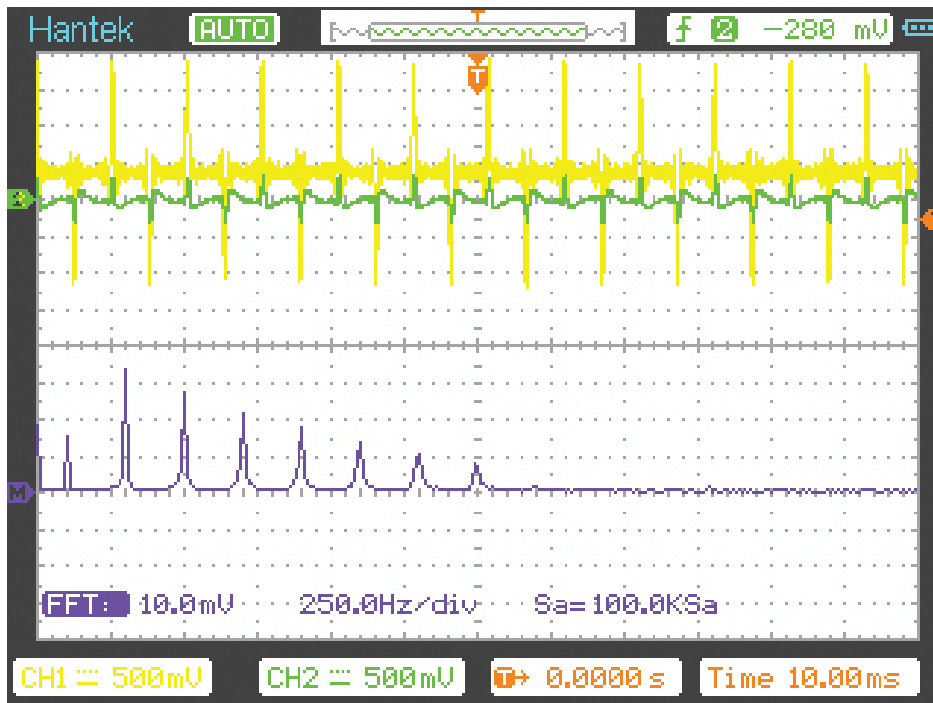


Рисунок 9. Спектр на выходе ПФ. Электронная копия дисплея осциллографа Hantek DSO8060  
Источник: разработано Павловым П. А.



### Литература

1. Гутников В. С. Фильтрация измерительных сигналов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 192 с.
2. Петросьянц В. В., Бурындина А. Д. Автоматизация процесса снятия амплитудно-частотных характеристик электронных устройств // Молодой учёный. – 2017. – № 22 (156). – С. 65–68.
3. Способ восстановления исходного сигнала: пат. 2259591 Рос. Федерация. № 2003113165/09; заявл. 05.05.2003; опубл. 27.08.2005, Бюл. № 24. – 11 с.
4. Способ контроля амплитудно-частотной характеристики фильтра: пат. 2721018 Рос. Федерация. № 2019108858; заявл. 26.03.2019; опубл. 15.05.2020, Бюл. № 14. – 7 с.
5. Устройство для контроля и настройки амплитудно-частотных характеристик: пат. 2025899 Рос. Федерация. № 4676485/09; заявл. 11.04.1989; опубл. 30.12.1994, Бюл. № 36. – 15 с.
6. Фролов С. С., Шевеленко В. Д., Гусаров А. А. Метод аппроксимации синусоидального равноамплитудного полинома // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – № 9. – С. 317–325.
7. Фролов С. С., Шевеленко В. Д., Гусаров А. А. Уточненный метод аппроксимации равноамплитудных временных полиномов // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : Труды Всероссийской научно-технической конференции, Оренбург, 08–12 октября 2007 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2007. – С. 341–347.

Статья поступила в редакцию: 15.05.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 69.034.2

## АКВАПОСЕЛЕНИЯ: РЕАЛЬНОСТЬ ИЛИ ФАНТАЗИЯ

**Плотникова Ангелина Олеговна** студент, направление подготовки 07.03.01 Архитектура, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: lito159@inbox.ru

**Фазлиева Рузия Аликовна** студент, направление подготовки 07.03.01 Архитектура, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: ruziya.fazlieva@gmail.com

Научный руководитель: **Аюкасова Лариса Камиловна**, доцент кафедры архитектуры, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: ayulara@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматривается актуальность аквапоселений. Продемонстрировано, в какой степени современные технологии в сфере строительства способствовали архитектурным фантазиям мастера воплотиться в реальности. В статье приведены несколько интересных проектов и уже существующих сооружений, которые удачно вписываются в окружающую среду и предлагают уникальные возможности для проживания на воде.

Аквапоселения – это шаг в будущее, новый вектор в развитии архитектуры. Климатические условия, перенаселение планеты и затопления прибрежных районов и островных государств заставляют задуматься о судьбе человечества и искать выходы из данных проблем. Благодаря современным технологиям, архитектурные фантазии, связанные с освоением жизни на воде, приобретают реальный характер. Наши возможности для архитектурных решений продолжают расширяться, и одна из них – постройки на воде или прибрежных ее частях.

**Ключевые слова:** архитектура, плавучие города, аквапоселения, климатические условия.

**Для цитирования:** Плотникова А. О., Фазлиева Р. А. Аквапоселения: реальность или фантазия // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 73–77.

## AQUA SETTLEMENTS: REALITY OR FANTASY

**Plotnikova Angelina Olegovna** student, training program 07.03.01 Architecture, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: lito159@inbox.ru

**Fazlieva Ruziya Alikovna** student, training program 07.03.01 Architecture, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: ruziya.fazlieva@gmail.com

Research advisor: **Ayukasova Larisa Kamilovna** Associate Professor of the Department of Architecture, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: ayulara@mail.ru

**Abstract.** This article examines the relevance of aqua populations and to what extent modern technologies in the field of construction contributed to the architect's architectural fantasies to become reality. The article presents several interesting projects and existing structures that successfully fit into the environment and offer unique opportunities for living on the water.

Aqua population is a step into the future, a new vector in the development of architecture. Climatic conditions, overpopulation of the planet and flooding of coastal areas and island states make us think about the fate of humanity and look for ways out of these problems. Thanks to modern technologies, architectural fantasies associated with the development of life on the water acquire a real character. Our possibilities for architectural solutions continue to expand, and one of them is buildings on the water or its coastal parts.

**Key words:** architecture, floating cities, aqua settlements, climatic conditions.

**Cite as:** Plotnikova, A. O., Fazlieva, R. A. (2024) [Aqua settlements: reality or fantasy]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 73–77.

Для мест, которые представляют опасность из-за изменения климата и повышения уровня моря, жизнь на воде станет оптимальным решением. Жилье такого вида будет защищать людей от природных катаклизмов, а также уберечь природу [5, с. 44].

Плавучие города не являются новой идеей [7, с. 47]. На Земле уже существуют плавучие острова Империи ацтеков или Амстердам<sup>1</sup>. Экологические проблемы и развитие технологий вновь вернули интерес к концепции плавучих поселений.

Зачем нужны плавучие города?

Поскольку они будут построены на воде, плавучие городские сооружения будут поддерживать более низкий центр тяжести. Это обеспечит защиту от сильных волн, наводнений, цунами и даже ураганов. Инновационные строительные материалы местного производства позволяют конструкциям со временем самостоятельно ремонтироваться и выдерживать суровые природные погодные условия.

Климатические изменения подвергают угрозе будущее многих сообществ [4, с. 190]. 99% крупнейших городов мира построены рядом с водоемами. Как считают ученые, уже к концу столетия уровень моря поднимется на 66 см. Конструкции плавучего города позволяют обеспечить для населений, пострадавших от наводнений, безопасное жилье [7, с. 48].

### **Schoonschip<sup>2</sup>. Амстердам, канал Йохан ван Хасселт, Бикслотерхам**

Жилой район располагается на канале Йохана ван Хасселта, в Бикслотерхаме, на севере Амстерда-

ма. Раньше это был заброшенный канал с промышленностью. Сейчас же это самый экологичный жилой район в Европе. Над проектом работает студия Space&Matter. Район состоит из 30 водных участков и вмещает 46 уникальных домов.

Руководитель проекта объясняет концепцию следующим образом: «Вода покрывает 70% планеты, и хорошо, что мы легко можем на ней жить! Поскольку городские районы пытаются решить проблему высокой плотности населения, мы должны лучше использовать пространство на воде. С помощью Schoonschip мы хотим показать пример того, как жизнь на воде может быть отличной альтернативой для людей и нашей планеты» [3, с. 76].

Концепция Schoonschip заключается в:

- возобновляемых источниках тепла и горячей воды (100%);
- возобновляемой электроэнергии (100%);
- очистке сточных вод и органических отходов (100%);
- самообеспечении водой (100%);
- восстановлении органических веществ от 60 до 80%;
- производстве сельхозпродуктов с использованием местных питательных веществ (60–70%);
- оборудовании домов солнечными батареями.

Все дома в районе высоко экологичны, а также выполнены в разных архитектурных стилях. Все дома соединяет пристань, служащая и тротуаром, и местом для встреч.



Рисунок 1. Плавучий жилой район Schoonschip

Источник: взято из Schoonschip: экологичный жилой район на воде<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Спасение на воде: как будут выглядеть плавучие города будущего. – URL: <https://hightech.fm/2021/12/07/floating-city-top> (дата обращения: 29.03.2023).

<sup>2</sup> Schoonschip: экологичный жилой район на воде. – URL: <https://design-mate.ru/read/objects/schoonschip-sustainable-residential-area-on-water> (дата обращения: 29.03.2023).

### **Плавающий эко-дом WATERNEST 100<sup>3</sup>. Великобритания**

Плавающий дом спроектирован архитектором Джанкарло Зема и построен лондонской архитектурной компанией EcoFloLife [2]. Эко-дом оборудован солнечными батареями.

Изготовлен из переработанных и экологически чистых материалов и подлежит вторичной переработке. Дом можно установить в любом большом и спокойном водоеме.

Площадь дома составляет 93 квадратных метра. По форме напоминает кокон. Высота потолка 4 метра, а диаметр – 12. Корпус выполнен из переработанного

клееного бруса и алюминиевого вторсырья. На крыше установлены фотоэлектрические панели. Большие окна и балконы вокруг дома позволяют насладиться видом на воду.

Плавающий дом считается экологичным, с низким воздействием и электропотреблением за счет сложной системы внутренней природной микро-вентиляции и кондиционирования воздуха.

WaterNest 100 имеет гибкий дизайн интерьера, который может быть легко изменен в соответствии с потребностями постояльцев. Например, помещение можно переоборудовать в офисное, магазин, ресторан или в выставочную площадку.



Рисунок 2. Плавающий эко-дом WATERNEST 100  
Источник: взято из [2]

### **Плавающий город Oceanix Busan<sup>4</sup>. Южная Корея, порт Пусан.**

Проект реализуют местные власти в партнерстве с ООН. Город будет состоять из трех платформ. В городе будут установлены солнечные панели, замкнутая система водоснабжения и обработки отходов. Помимо этого, на платформах разместят теплицы для занятия инновационным сельским хозяйством [6].

Кроме жилых домов в жилом районе обустроят двор [1, с. 65]. На второй платформе построят магазины и рестораны, а также квартиры с видом на гавань, в исследовательском центре появится коворкинг и зимний сад. Особенностью станет атриум с гидропонными установками для выращивания натуральных продуктов.

В перспективе город может разрастись до 20 платформ. Все постройки будут выполнены в минималистичном стиле с плавными формами, окна от пола до потолка обеспечат хороший обзор. Просторные общественные пространства украсят подсветкой и высадят растения. Строительство города планируют начать в 2023 году. В качестве одного из слоганов проекта разработчики выбрали «Жизнь в гармонии с природой».

В строительстве будут использовать инженерный материал биорок<sup>5</sup>. Его получают путем пропускания электрического тока через помещенные под водой стальные конструкции и формирования толстого слоя известняка. Материал по своим свойствам похож на бетон, но прочнее в три раза и не требует больших затрат. По словам разработчиков, биорок не разру-

<sup>3</sup> WaterNest100. Круглый дом на воде. – URL: <https://nakvartire.com/samye-neobychnye-doma-mira-gnezdo-na-vode/> (дата обращения: 29.03.2023).

<sup>4</sup> Одна вода. В Южной Корее построят первый в мире плавающий город. Как он будет выглядеть? – URL: [https://lenta.ru/articles/2022/07/02/oceanix\\_city/](https://lenta.ru/articles/2022/07/02/oceanix_city/) (дата обращения: 29.03.2023).

<sup>5</sup> Плавающие города. Современные прототипы Атлантиды. – URL: <https://habr.com/ru/company/timeweb/blog/676862/> (дата обращения: 29.03.2023).



шается со временем, а становится тверже и прочнее. Для зданий выбрали легкие материалы – древесину и бамбук. Все постройки города будут плавучими, их

закрепят с помощью якорей и свай на морском дне. Технология будет устойчивой, но при этом сможет подстроиться под изменение уровня воды.



Рисунок 3. Плавучий город Oceanix Busan

Источник: взято из источника «Одна вода. В Южной Корее построят первый в мире плавучий город. Как он будет выглядеть?»<sup>4</sup>

Жители города будут защищены от последствий наводнений: в случае повышения уровня моря платформы поднимутся вместе с водой, благодаря чему строения не будут затоплены.

#### Плавучий город – корабль Пангея<sup>6</sup>

Он спроектирован с учетом разных погодных условий.

Данное сооружение будет иметь форму черепахи и вмещать до 60 000 человек. Его спроектировали ита-

льянцы из дизайнерской студии Lazzarini. По замыслу этот корабль должен быть построен за 8 лет. То есть в 2030 году она должна совершить первый рейс. Что касается скорости, то Пангея будет достаточно тихоходной. Корабль не будет использовать ископаемое топливо, вся энергия будет вырабатываться солнечными батареями, которыми будут покрыты практически все свободные поверхности, и волновыми генераторами в корпусе судна.



Рисунок 4. Плавучий город – корабль Пангея

Источник: взято из источника «Саудовская Аравия построят самый большой плавающий объект в мире. Плавающий город – яхту «Pangeos» (Пангея)»<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Саудовская Аравия построят самый большой плавающий объект в мире. Плавающий город — яхту «Pangeos» (Пангея) – URL: [https://dzen.ru/a/Y4xr1xxX\\_i5EUd2O](https://dzen.ru/a/Y4xr1xxX_i5EUd2O) (дата обращения: 29.03.2023).



Размеры корабля «Пангея»: 550 метров в длину и 610 – в ширину с учетом лап черепахи.

Пангея будет перемещаться по водной поверхности всей планеты. На данный момент нет порта, который примет судно таких размеров, поэтому для того, чтобы попасть в город, людей будут перевозить на катерах и вертолетах.

Корпус разделен примерно на 30 000 ячеек.

Это пространство обеспечивает непотопляемое плавающее решение для подвала, которое состоит из групповых отсеков и соединено коридорами.

Корпус корабля будет выполнен из стали. На территории города разместятся отели, торговые центры, парки, виллы и клубы.

### Выводы

Какие составляющие делают плавучий город идеальным?

1. Модульная конструкция<sup>7</sup>: плавучий город можно построить из сборных конструкций.
2. Чистая нулевая энергия: город надо спроектировать так, чтобы использовать солнечную и волновую энергию. Зеленые источники должны обеспечивать ровно столько энергии, сколько потребляет сообщество.
3. Отсутствие отходов: все отходы нужно прев-

ращать в энергию, вторичные материалы или сырье.

4. Предпочтение отдается материалам с отрицательным углеродным следом. Они должны быть местными, чтобы сократить расходы на перевозку.

5. Автономность использования пресной воды получают на месте, опресняя морскую.

К 2030 году больше половины населения мира будет жить в перенаселенных городах. Появятся проблемы с покупкой жилья. Решением данной проблемы могут служить сборные конструкции с низкой стоимостью аренды.

Планируется, что плавучие города будут самостоятельно восполнять ресурсы. Открытый океан станет обильным, неиспользованным источником как воды, так и солнечной энергии. Плавучие сообщества также смогут производить свою продукцию и продукты питания на наземных фермах и подводных садах. Это позволило бы этим общинам сократить количество отходов и транспорта, производя продукты, необходимые, чтобы прокормить жителей.

То, что раньше считалось невозможным и лишь фантазией архитектора, сейчас приобретает форму. Все больше проектов воплощается в реальности. Таким образом, человечество делает шаг навстречу будущему.

### Литература

1. Аборас А. Ю., Скопинцев А. В. Модели архитектурного формирования общественных пространств в структуре городских акваторий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2020. – № 5. – С. 64–76. – <http://doi.org/10.34031/2071-7318-2020-5-5-64-76>.
2. Калашникова Н. Самые необычные дома мира. «Гнездо на воде». – URL: <https://nakvartire.com/samyeneobychnye-doma-mira-gnezdo-na-vode/> (дата обращения: 29.03.2023).
3. Каримова Л. И., Денисенко Е. В. Принципы формирования архитектурного пространства на водном каркасе // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – № 1 (47). – С. 71–81.
4. Кизилова С. А. Предпосылки возведения искусственных островных территорий XXI века // Архитектура и современные информационные технологии. – 2018. – № 1 (42) – С. 187–200.
5. Маслова А. О. Архитектура жилья в структуре акваполиса // Вестник магистратуры. – 2021. – № 5–5 (116). – С. 44–45.
6. «Плавучий город» – фантазия или будущее? // Журнал «ЖК» Джей Кей. – URL: <https://myuspehlife.ru/2021/02/19/plavuchij-gorod-fantazija-ili-budushhee/> (дата обращения: 29.03.2023).
7. Экономов И. С. Современная типология архитектурных объектов на воде // Academia. Архитектура и строительство. – 2010. – № 4. – С. 47–52.

Статья поступила в редакцию: 16.05.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

<sup>7</sup> Спасение на воде: как будут выглядеть плавучие города будущего. – URL: <https://hightech.fm/2021/12/07/floating-city-top> (дата обращения: 29.03.2023).

УДК 519.23

## БАЙЕСОВСКИЙ КЛАССИФИКАТОР В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

**Сабуров Вадим Сергеевич**, студент, специальность 10.05.01 Компьютерная безопасность, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: byzantineglory1025@gmail.com

Научный руководитель: **Влацкая Ирина Валерьевна**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой компьютерной безопасности и математического обеспечения информационных систем, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: mois@mail.osu.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются основы работы байесовского классификатора, включая описание необходимых элементов теории вероятностей и теоремы Байеса, а также сам алгоритм наивного байесовского классификатора. В ходе исследования были выявлены основные достоинства и недостатки данного классификатора, а также выполнено сравнение точности и быстродействия алгоритма с другими методами машинного обучения. В результате работы выявлено превосходство рассматриваемого алгоритма по времени обучения при сопоставимых результатах точности, а также сделан вывод о предпочтительности использования данного метода в задачах, где важна скорость изменения модели по мере добавления новых данных. В дальнейшем рекомендуется провести дополнительные исследования в сравнении применения наивного байесовского классификатора с более сложными неглубокими моделями.

**Ключевые слова:** машинное обучение, байесовская классификация, сравнение алгоритмов, наивный байесовский классификатор.

**Для цитирования:** Сабуров В. С. Байесовский классификатор в машинном обучении // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 78–81.

## BAYESIAN CLASSIFIER IN MACHINE LEARNING

**Saburov Vadim Sergeevich**, student, specialty 10.05.01 Computer Security, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: byzantineglory1025@gmail.com

Research advisor: **Vlatskaya Irina Valeryevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, The Head of the Department of Computer Safety and Software Support of IT Systems, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: mois@mail.osu.ru

**Abstract.** This article covers the basics of how a Bayes classifier works, including a description of the necessary elements of probability theory and Bayes' theorem, as well as the Naive Bayes classifier algorithm itself. The study identified the main advantages and disadvantages of this classifier, and also compared the accuracy and performance of the algorithm with other machine learning methods. As a result of the work, the superiority of the considered algorithm in terms of training time with comparable accuracy results was revealed, and it was also concluded that it is preferable to use this method in tasks where the speed of changing the model as new data is added is important. In the future, it is recommended to conduct additional research comparing the use of a naive Bayes classifier with more complex shallow models.

**Key words:** machine learning, bayesian classification, algorithm comparison, naive bayesian classifier.

**Cite as:** Saburov, V. S. (2024) [Bayesian classifier in machine learning]. [Step into science]. Vol. 1, pp. 78–81.

Машинное обучение – группа методов искусственного интеллекта, ключевой особенностью которых является решение задач путём формирования модели через так называемое «обучение», а не через прямые инструкции. Поскольку для обеих задач необходимы поиск данных, поиск шаблонов и корректировка дей-

ствий программы в соответствии с полученными данными, процессы, связанные с машинным обучением, можно назвать схожими с интеллектуальным анализом данных и прогнозным моделированием [5].

Среди задач машинного обучения обычно выделяют три основных класса: обучение с учителем,



обучение без учителя и обучение с подкреплением. При обучении с учителем в наборах данных для обучения характерно наличие целевого признака. В этом случае, целью формируемой модели является нахождение зависимостей на обучающей выборке и их применение для вычисления значений целевого признака на новых, неразмеченных данных. Примерами методов обучения с учителем являются классификация и регрессия. Методы обучения без учителя не требуют наличия целевого признака и используются для поиска зависимостей между объектами. К таким методам относятся: кластеризация и уменьшение размерности. Что касается обучения с подкреплением, то в отличие от стандартных задач обучения с учителем и без учителя, вводится новая сущность – агент, взаимодействующий с окружающей средой. При этом, данная среда, в свою очередь, корректирует поведение агента путём штрафов и наград. Примерами использования обучения с подкреплением могут быть

задачи принятия решений в реальном времени [1].

Задача классификации является одной из самых популярных задач машинного обучения [6]. Цель этого метода классифицировать объекты по заранее известному признаку, то есть отнести объекты к одному из нескольких классов. Такие задачи окружают человека во многих сферах его жизни, к примеру, решение задач классификации необходимо для отделения спама от полезных электронных писем, распознавания лиц, распределения контента в новостной ленте, разработки рекомендательных систем, принятия решений, к примеру, о выдаче человеку кредита [4], а также для выполнения исследований в сфере естественных наук [2]. Одним из наиболее простых и популярных методов решения задач классификации является байесовский классификатор – вид классификатора машинного обучения, который основан на применении формулы Байеса (1) со строгим предположением о независимости входных данных [8]:

$$P(B|A) = \frac{P(B) * P(A|B)}{P(A)} \quad (1)$$

Для того, чтобы понять принципы работы данного классификатора, следует обратиться к байесовской интерпретации понятия «вероятность». Байесовская вероятность – это интерпретация понятия вероятности, используемая в байесовской теории. Вероятность определяется как степень уверенности в истинности суждения. Формула Байеса позволяет «переставить причину и следствие»: по известному факту события вычислить вероятность того, что оно было вызвано данной причиной. Таким образом, формула Байеса может быть использована для разработки алгоритмов классификации. Теперь следует сказать об априорных и апостериорных суждениях.

Предположим, необходимо узнать значение некоторой неизвестной величины. При этом имеются некоторые знания, полученные до наблюдений/эксперимента, к примеру, модельные гипотезы, ожидания или опыт прошлых наблюдений. В процессе наблюдений эти знания подвергаются постепенной корректировке.

После наблюдений/эксперимента будут сформированы новые знания о явлении. Будем считать, что необходимо оценить неизвестное значение величины  $P(A|B)$  посредством наблюдений некоторых ее косвенных характеристик (гипотез). В зависимости от уровня вероятности можно принять или отвергнуть имеющуюся гипотезу. Если существует значительное количество событий, то предполагается, что они независимы друг от друга. Например, предполагалось, что процесс вытаскивания шара из урны не зависит от цвета шара. В связи с таким допущением алгоритм называется «наивным».

Опишем сам алгоритм наивного байесовского классификатора.

1. По обучающей выборке необходимо рассчитать априорные вероятности  $p(y = C_r)$ ,  $r=1,2,\dots,m$ .

2. Для элементов объекта  $n_i$  из тестируемой выборки необходимо рассчитать условные вероятности по формуле (2):

$$p(x_{ij} = b_j | y = C_r) = \frac{p(x_{ij}=b_j, y=C_r)}{p(y=C_r)} \quad (2)$$

3. Рассчитать апостериорные вероятности принадлежности события  $E$  (т. е. события объекта  $n_i$ ) к каждому из классов по формуле (3):

$$p(y = C_r | E) = \frac{\prod_{j=1}^k p(x_{ij}=b_j | y=C_r)}{p(E)} \quad (3)$$

4. Объект  $n_i$  классифицируется к тому классу, условная вероятность которого максимальна.

Следует отметить достоинства и недостатки данного классификатора. Существенными достоинствами является неплохая производительность в сравнении с другими простыми методами классификации машинного обучения, простота реализации, а также хорошая работа с категориальными признаками. Что касается недостатков, то если в тестовом наборе данных присутствует некоторое значение категориального признака, которое не встречалось в обучающем наборе данных, тогда модель присвоит нулевую вероятность этому значению и не сможет сделать прогноз. Это явление известно под названием «нулевая

частота» [3]. Также стоит учесть, что ограничением алгоритма является предположение о независимости признаков, хотя в реальных задачах полностью независимые признаки встречаются крайне редко.

Стоит также учитывать, что в настоящее время помимо рассматриваемого классификатора существуют и другие методы машинного обучения, поэтому необходимо сравнить их эффективность в решении реальных задач. Возьмём набор, содержащий данные сотрудников различных компаний и их доходы<sup>1</sup>. Данные первых десяти сотрудников представлены на рисунке 1. Задача исследователей – определить зависимости доходов от различных факторов (пол, возраст и т.д.) и построить предсказательную модель.

age	workclass	education	marital_status	occupation	relationship	race	sex	hours_per_week	native_country	income
39	State-gov	Bachelors	Never-married	Adm-clerical	Not-in-family	White	Male	40	United-States	<=50K
50	Self-emp-not-inc	Bachelors	Married-civ-spouse	Exec-managerial	Husband	White	Male	13	United-States	<=50K
38	Private	HS-grad	Divorced	Handlers-cleaners	Not-in-family	White	Male	40	United-States	<=50K
53	Private	11th	Married-civ-spouse	Handlers-cleaners	Husband	Black	Male	40	United-States	<=50K
28	Private	Bachelors	Married-civ-spouse	Prof-specialty	Wife	Black	Female	40	Cuba	<=50K
37	Private	Masters	Married-civ-spouse	Exec-managerial	Wife	White	Female	40	United-States	<=50K
49	Private	9th	Married-spouse-absent	Other-service	Not-in-family	Black	Female	16	Jamaica	<=50K
52	Self-emp-not-inc	HS-grad	Married-civ-spouse	Exec-managerial	Husband	White	Male	45	United-States	>50K
31	Private	Masters	Never-married	Prof-specialty	Not-in-family	White	Female	50	United-States	>50K
42	Private	Bachelors	Married-civ-spouse	Exec-managerial	Husband	White	Male	40	United-States	>50K

Рисунок 1. Образец исследуемых данных (фрагмент вывода программы)

Источник: разработано автором

Далее будет выполнено сравнение нескольких алгоритмов машинного обучения: наивный байесовский классификатор, логистическая регрессия и де-

ревья решений. Помимо сравнения по времени обучения, сравнения также выполнено по следующим метрикам:

$$- accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN};$$

$$- precision = \frac{TP}{TP+FP};$$

$$- recall = \frac{TP}{TP+FN};$$

$$- F1-мера = 2 \frac{precision*recall}{precision+recall}$$

где

$TP$  – верно предсказанный положительный класс;

$TN$  – верно предсказанный отрицательный класс;

$FP$  – ошибочно предсказанный положительный класс;

$FN$  – ошибочно представленный отрицательный класс [7].

<sup>1</sup> Adult Dataset. – URL: <https://www.kaggle.com/datasets/qizarafzaal/adult-dataset> (дата обращения: 29.03.2023).

Данные метрики изначально приспособлены для оценки бинарной классификации, однако их легко можно адаптировать и для многоклассовой.

После обучения алгоритмы показали результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение метрик алгоритмов

	accuracy	precision	recall	F1-мера	Время обучения (сек.)
Наивный байесовский классификатор	0.8083	0.8099	0.9281	0.865	0.057
Логистическая регрессия	0.8465	0.9290	0.8760	0.9017	0.5598
Деревья решений	0.8102	0.8681	0.8760	0.9034	0.2825

Источник: разработано автором

Исходя из данных значений видно, что наивный байесовский классификатор при сопоставимых значениях метрик точности показывает значительно меньшее время обучения. Таким образом, можно сделать вывод о том, что наивный байесовский классификатор будет предпочтителен в задачах, где важна быстрота изменения модели по мере добавления новых данных.

Примером такой задачи может быть классификация IP-пакетов при реализации систем обнаружения сетевых вторжений. В дальнейшем рекомендуется провести дополнительные исследования в сравнении применения наивного байесовского классификатора с более сложными неглубокими моделями, как например, ансамблевыми методами.

### Литература

1. Анализ технологий глубокого обучения с подкреплением для систем машинного зрения / И. Б. Широков [и др.] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-tehnologiy-glubokogo-obucheniya-s-podkrepleniem-dlya-sistem-mashinnogo-zreniya> (дата обращения: 26.04.2023).
2. Арбатский М. С., Ефименко А. Ю. Применение методов машинного обучения и системной биологии в анализе данных транскриптома одиночных клеток – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metodov-mashinnogo-obucheniya-i-sistemnoy-biologii-v-analize-dannyh-transkriptoma-odinochnyh-kletok> (дата обращения: 26.04.2023).
3. Ницын Д. А. Модель представления признаков в байесовском классификаторе медицинских изображений – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-predstavleniya-priznakov-v-bayesovskom-klassifikatore-meditsinskih-izobrazheniy> (дата обращения: 26.04.2023).
4. Перстенева Н. П., Скрылева Д. Д. Актуальные вопросы применения методов машинного обучения в экономике – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-voprosy-primeneniya-metodov-mashinnogo-obucheniya-v-ekonomike> (дата обращения: 26.04.2023).
5. Полетаева Г. Н. Классификация систем машинного обучения – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-sistem-mashinnogo-obucheniya> (дата обращения: 26.04.2023).
6. Станевич А. Классификация текста при помощи модуля LingPipe – URL: <https://newtechaudit.ru/klassifikatsiya-teksta-pri-pomoshhi-modulya-lingpipe/> (дата обращения: 29.03.2023).
7. Ткаченко А. Л. Решение задачи классификации документов вуза на основе методов интеллектуального анализа – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-zadachi-klassifikatsii-dokumentov-vuza-na-osnove-metodov-intellektualnogo-analiza> (дата обращения: 26.04.2023).
8. Тютрин С. Г. Анализ эксплуатационных напряжений деталей машин с помощью теоремы Байеса – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ekspluatatsionnyh-napryazheniy-detaley-mashin-s-pomoschyu-teoremy-bayesa> (дата обращения: 26.04.2023).

Статья поступила в редакцию: 15.05.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.



УДК 697.432

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

**Ситникова Елизавета Алексеевна**, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: bbseds@mail.ru

Научный руководитель: **Закируллин Рустам Сабирович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплогасоснабжения, вентиляции и гидромеханики, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Аннотация.** Актуальность работы состоит в том, что новейшие тенденции в области применения и эксплуатации оборудования заключаются в рациональном использовании ресурсов и повышении эффективности котлов. Цель статьи – обзор литературы по теме «Анализ энергосберегающих технологий в водогрейных котлах малой мощности». Методом научного исследования является анализ технической документации и научных трудов. Основные полученные результаты – определенные в ходе анализа преимущества и недостатки энергосберегающих технологий. Научная новизна предопределяется ранее не проводившимся комплексным анализом современных видов энергосберегающих технологий. Практическая значимость заключается в систематизированной новой общей информации по теме. Направления дальнейших исследований состоят в развитии области энергосбережения для котлов малой мощности.

**Ключевые слова:** топливно-энергетические ресурсы, теплоноситель, водогрейные установки, КПД, эффективность.

**Для цитирования:** Ситникова Е. А. Энергосберегающие технологии для водогрейных котлов малой мощности // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 82–85.

## ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES FOR LOW-POWER WATER HEATING BOILERS

**Sitnikova Elizaveta Alekseevna**, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: bbseds@mail.ru

Research advisor: **Zakirullin Rustam Sabirovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Hydromechanics, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Abstract.** The relevance of the work lies in the fact that the latest trends in the field of application and operation of equipment are in the rational use of resources and increasing the efficiency of boilers. The purpose of the article is to review the literature on the topic of the WRC: «Analysis of energy-saving technologies in low-power hot water boilers». The method of scientific research is the analysis of technical documentation and scientific papers. The main results obtained are the advantages and disadvantages of energy-saving technologies determined as a result of the analysis. Scientific novelty is predetermined by a previously unconduted comprehensive analysis of modern types of energy-saving technologies. The practical significance lies in the systematized new general information on the topic. Directions for further research are in the development of energy saving for low power boilers.

**Key words:** fuel and energy resources, coolant, water heating installations, efficiency factor, efficiency.

**Cite as:** Sitnikova, E. A. (2024) [Energy-saving technologies for low-power water heating boilers]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 82–85.



Водогрейные котлы используются для качественного обогрева помещений и большей стабильности подачи тепла в здание. Устройство используется для установки в частных домах, коттеджах, а также котельных общественных зданий. Его работа основана

на нагреве воды под давлением при сгорании топлива. Установка вырабатывает тепло и передает тепловую энергию теплоносителю, который циркулирует по системам труб и нагревает помещения до заданной температуры.

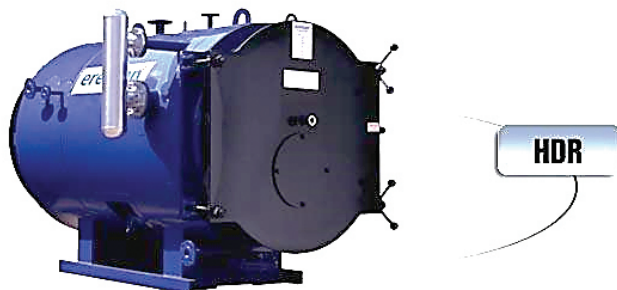


Рисунок 1. Водогрейный котел  
Источник: заимствовано из [2]

Эти устройства имеют широкую классификацию, разделяющую все отопительные приборы по типу используемой энергии, назначению, способу циркуляции теплоносителя и нагрева воды.

*В зависимости от применяемого топлива*

В зависимости от энергии, используемой для выработки тепловой энергии, агрегаты бывают следующих типов:

- газовые – наиболее экономичные за счет низкой стоимости топлива. Могут использовать как природный, так и сжиженный газ;
- твердотопливные – обеспечивают тепло посредством сгорания дров, бурого или каменного угля;
- электрические – используют для работы электроэнергии и могут быть ТЭНовыми, индукционными, электродными;
- жидкотопливные – позволяют отопить помещения за счет сжигания мазута, дизеля, отработанного масла.

*В зависимости от назначения*

По области применения аппараты делятся на:

- бытовые;
- промышленные.

Первые имеют малую или среднюю мощность и рассчитаны на обогрев небольших помещений. Вторые обладают высокой тепловой производительностью. К ним относятся пиковые водогрейные котлы, которые устанавливаются в котельных или на ТЭЦ. Они обеспечивают покрытие пика теплофикационной нагрузки и подогревают воду до температуры от 110 до 150 градусов Цельсия [5].

*По способу нагрева воды*

Исходя из способа подогрева теплоносителя, во-

догрейные установки делятся на проточные модели и аппараты с накопительным баком. В проточных устройствах вода подогревается при ее прохождении через нагревательный элемент. В накопительных – жидкость набирается в специальные баки, где происходит ее подогрев до необходимой температуры. Это может быть водогрейный котел со стальным теплообменником или с чугунным.

*По типу циркуляции теплоносителя*

В оборудовании могут использоваться различные типы циркуляции жидкости:

- естественная – обеспечивает движение воды за счет разностей ее плотности;
- принудительная – осуществляется благодаря встроенным циркуляционным насосам;
- комбинированная – сочетает два вышеуказанных типа, то есть водогрейный котел с комбинированной циркуляцией оснащается контурами для принудительного и естественного движения воды.

Повышение технического уровня систем теплоснабжения является стратегической задачей развития современной энергетики в России. Этого можно достичь за счет эффективного использования энергосберегающего оборудования. Использование высокоэффективных технологий приводит к немедленному снижению теплотерь и расхода топлива [7].

Главным показателем энергетической эффективности котельной является КПД, который учитывает потери топлива и теплоты при производстве и отпуске, а также затраты электроэнергии на привод механизмов. Энергосберегающие технологии при сжигании газа в котлах малой мощности – комплексная задача, которая включает повышение экономичности сжига-

ния газа, снижение выбросов вредных веществ в атмосферу и капитальные затраты на их осуществление [1].

*Глобальные проблемы энергообеспечения и энергосбережения*

Процесс энергосбережения предполагает реализацию организационных, технических и экономических мероприятий, направленных на эффективное использование и экономный расход топливно-энергетических ресурсов. Применение энергосберегающих технологий актуально сегодня во всех сферах деятельности человека: не только в промышленности, но и в быту. Для обеспечения приемлемого уровня жизни населения и состояния страны на мировом рынке предусмотрен темп подъема валового продукта не менее 6–8% в год.

Проблемы энергообеспечения в России, а также глобальные проблемы ее энергосбережения обоснованы в «Энергетической стратегии России до 2020 г.», где зафиксировано увеличение производства электроэнергии с 1995 г. до 2010 и 2020 гг. соответственно на 30% и в 1,8 раза; рост добычи газа, нефти и угля (в тех же условиях) – на 12 и 27%; 10 и 15%; 28 и 60%. Особенно предусмотрен заметный рост добычи угля [6].

*Основные направления энергосбережения*

К основным направлениям энергосбережения относятся экономия следующего: электроэнергии, тепла, воды, газа, моторного топлива. Для повышения эффективности систем теплоснабжения первоначально интегрирование наиболее современного теплоэнергетического оборудования и снижение утечек теплоносителя [3]. Внедряется использование вторичных энергоресурсов, систем локального регулирования работы отопительных приборов и узлов учета тепловой энергии.

Мероприятия по экономии воды и газа начинаются с установки приборов учета их расхода. Для экономии воды устанавливаются автоматические регуляторы ее расхода, а для экономии газа подбирается оптимальная мощность газонасоса и котла, устаревшие топливные котлы заменяются на новые. Вопросы применения технологий энергосбережения должны решаться комплексно, именно такой подход дает максимальный эффект и позволяет снизить энергопотребление на 20–60%<sup>1</sup>.

Этот технологический комплекс, направленный на экономию всех видов энергоресурсов, складывается из следующих общих направлений:

- применения эффективных теплоизоляционных материалов;
- использования тепла уходящих газов;
- применения современных газогорелочных систем;
- автоматизации процессов учета и регулирования потребления энергоресурсов.

Современные мероприятия полностью совпадают с мероприятиями по энергосбережению в теплогенерирующих установках и включают: повышение КПД котельных установок, экономию топлива, снижение теплопотерь, качественную подготовку воды для питания паровых котлов агрегатов и подпитки тепловой сети, снижение присосов в топку и газоходы, работа по режимной карте и температурному графику с наименьшим коэффициентом избытка воздуха, проведение режимно-наладочных испытаний, автоматизация процессов горения топлива и питания котельных агрегатов и другие.

Главным показателем энергетической эффективности котельной является КПД, который учитывает потери топлива и теплоты при производстве и отпуске, а также затраты электроэнергии на привод механизмов. Достигнуть более высоких значений данного показателя возможно благодаря энергосберегающим мероприятиям [3].

С каждым годом технологии не стоят на месте, и ученые-конструкторы создают все более эффективные котлоагрегаты, коэффициент полезного действия (КПД) которых возрастает [4].

В результате анализа литературы о энергосберегающих котлах малой мощности можно отметить, что каждый метод обладает как преимуществами, так и недостатками. Владея информацией о данных показателях, можно наиболее целесообразно применить ту или иную технологию, исходя из нужд и потребностей потребителя, предопределить их высокую степень эффективности и удобства в эксплуатации. Данные к исследованию будут приведены при выполнении ВКР на тему: «Анализ энергосберегающих технологий в водогрейных котлах малой мощности».

### Литература

1. Воликов А. Н. Направления развития котлов малой мощности для централизованного теплоснабжения // Труды молодых учёных. Часть 2. – СПб. : СПбГАСУ. – 1998. – С. 100–105.
2. Любимов А. Н., Кочетов Д. М. Гидравлические испытания паровых и водогрейных котлов // Вестник

<sup>1</sup> СП 89.13330.2012 Котельные установки. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095531> (дата обращения: 08.05.2023).

науки и образования. – 2016. – № 2(14). – С. 12–15.

3. Любов В. К., Попов А. Н. Модернизация объектов коммунальной энергетики // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2011. – № 2 (30). – С. 5–9.

4. Нефедова М. А. Оптимизация работы котельного оборудования за счет применения новой схемы компоновки // В мире научных открытий. – 2015. – № 8(68). – С. 134–145. – <https://doi.org/10.12731/wsd-2015-8-12>.

5. Пестич С. Д., Нефедова М. А. Современная компоновка отопительной водогрейной котельной котлами малой мощности // Academy. – 2018. – № 4 (31). – С. 24–26.

6. Салмин А. С. Энергосбережение для котельных малой мощности // Актуальные исследования. – 2022. – № 24 (103). – С. 15–18.

7. Хаванов П. А. Теплотехнические особенности применения водогрейных котлоагрегатов малой мощности // Вестник МГСУ. – 2011. – № 7. – С. 429–435.

Статья поступила в редакцию: 25.05.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

УДК 620.19

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

**Фазуллин Диниислам Фаритович**, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: qauc@ya.ru

Научный руководитель: **Закируллин Рустам Сабирович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплогасоснабжения, вентиляции и гидромеханики Оренбургского государственного университета, Оренбург  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматриваются текущие проблемы в области энергетических ресурсов и предлагаются пути их решения через экономию ресурсов, разработку и применение современных энергосберегающих технологий, повышение энергоэффективности. Выделяют ключевые принципы экономии энергоресурсов, такие как замена устаревшего оборудования, применение современного метода санации, приведение температуры обратного трубопровода к расчетному параметру, переход с качественного регулирования на количественное. Также в статье подробно анализируются принципы повышения энергоэффективности и предлагаются мероприятия по энергосбережению для энергоемких производств.

**Ключевые слова:** тепловые сети, температура, трубопровод, отопление, теплоснабжение, теплоноситель, водоснабжение.

**Для цитирования:** Фазуллин Д. Ф. Энергосбережение при передаче тепловой энергии в сетях теплоснабжения // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 86–89.

## ENERGY SAVING DURING THE TRANSMISSION OF THERMAL ENERGY IN HEATING NETWORKS

**Fazullin Diniislam Faritovich**, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: qauc@ya.ru

Research advisor: **Zakirullin Rustam Sabirovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Fluid Mechanics, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Abstract.** The article examines current problems in the field of energy resources and suggests ways to solve them through saving resources, developing and applying modern energy-saving technologies, and increasing energy efficiency. Key principles of saving energy resources are identified, such as replacing outdated equipment, using a modern sanitation method, bringing the temperature of the return pipeline to the design parameter, and switching from qualitative to quantitative regulation. The article also analyzes in detail the principles of increasing energy efficiency and proposes energy saving measures for energy-intensive industries.

**Key words:** heating networks, temperature, pipeline, heating, heat supply, coolant, water supply.

**Cite as:** Fazullin, D. F. (2024) [Energy saving during the transmission of thermal energy in heating networks]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 86–89.

Одной из самых важных и актуальных проблем современного общества является рациональное использование энергетических ресурсов. В настоящее время ведущие научные центры, крупные компании

и государственные корпорации работают над предотвращением вероятного энергетического кризиса, который может привести к глобальной катастрофе. Среди эффективных методов экономии ресурсов является





разработка и внедрение современных технологий по энергосбережению, а также повышению энергоэффективности в сетях теплоснабжения [1].

Энергосберегающие технологии включают в себя различные производственные и бытовые процессы, целью которых является снижение потребления энергии и ресурсов на производство единицы продукции или производство энергоносителя. Существует два основных способа реализации процесса энергосбережения: замена оборудования на более современное, а также применение более энергоэффективных технологий [2].

Часто «энергосбережение» и «энергоэффективность» считаются схожими терминами. Однако важно отметить, что энергоэффективность означает соотношение между эффективностью использования энергии и затратами на ее получение, в то время как энергосбережение включает в себя энергоэффективность, отражающую экономию энергии при производстве ресурсов [4].

Разработка и внедрение передовых технологий энергосбережения и повышения энергоэффективности как в промышленности, так и в быту является одним из ключевых шагов в решении проблем в рациональном использовании систем теплоснабжения, которые становятся все более актуальными.

Современные энергосберегающие технологии играют ключевую роль в повышении эффективности использования энергии. Энергосберегающая технология – это либо новый, либо улучшенный технологический процесс, который характеризуется повышенным коэффициентом эффективного использования топливно-энергетических ресурсов [3; 5].

Рассмотрим такие методы снижения тепловых потерь:

*Замена утепляющего слоя трубопроводов на современную ППУ изоляцию с системой оперативного дистанционного контроля (ОДК)*

Сегодня для теплоснабжения используются различные материалы, включая пенополиуретан (ППУ).

Его популярность растет, но как и любой другой материал, он подвержен повреждениям. Система ОДК (СОДК) для труб ППУ приходит на помощь, контролируя изоляционный слой трубопровода и предотвращая повреждения, что позволяет сэкономить время и затраты на ремонт. Трубы с ППУ изоляцией и ОДК обладают рядом преимуществ по сравнению с обычными трубами, включая улучшенную теплоизоляцию, высокую стойкость к коррозии, долговечность и легкий монтаж [2].

Трубы с ППУ изоляцией и СОДК обладают рядом преимуществ по сравнению с обычными трубами:

- улучшенная теплоизоляция: благодаря изоляционным свойствам ППУ и воздушного зазора трубы с ППУ изоляцией и ОДК позволяют уменьшить теплотери и повысить эффективность транспортировки жидкостей и газов;
- высокая стойкость к коррозии: трубы с ОДК обеспечивают дополнительную защиту от коррозии и агрессивных сред;
- долговечность: трубы с ППУ изоляцией и одна из основных характеристик ОДК заключается в их необычайной устойчивости к возможным механическим повреждениям, а также к вредному воздействию ультрафиолетового излучения;
- легкий монтаж: трубы с ППУ изоляцией и ОДК легкие и удобные в монтаже, что позволяет быстро и без особых усилий установить систему трубопроводов.

*Приведение температуры обратного трубопровода к графическому значению*

Изменение температуры наружного воздуха приводит к тому, что температура обратного трубопровода отличается от заданной температуры по графику, что существенно влияет на КПД. Если температура наружного воздуха выше расчетной температуры по графику, то теплоноситель возвращается «неостуженным», и котел продолжает работать на полную мощность, что приводит к перегреву [3].

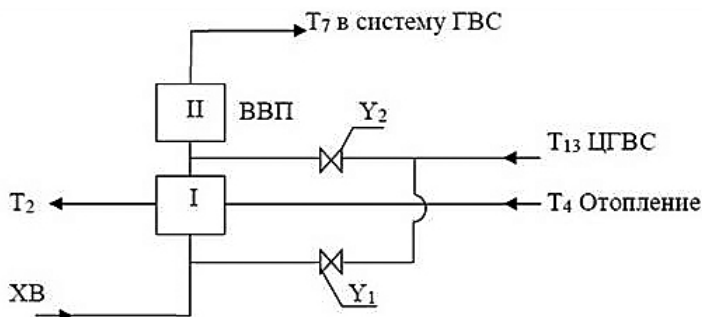


Рисунок 1. Схема регулирования и температуры обратной сетевой воды  
 Источник: взято из [3]

*Оптимизация диаметров для подбора оптимальной скорости*

В настоящее время системы отопления представляют собой сложное оборудование с адаптивным регулированием. При ошибках в проектировании возможны сбои работы, что потребует дополнительных затрат. Для правильного конструирования системы отопления необходимо сначала рассчитать гидравлику по исходным данным. Важно определить параметры, которые оптимизируют основные расходы, повысят эффективность и обеспечат стабильный рабочий режим [1].

Новый подход к контролю отопительного процесса отличается от старого механизмами обеспечения гидравлического режима. Благодаря новым решениям, материалам и конструкциям создаются сложные динамические технологии, позволяющие чутко реагировать на изменение температурного режима. С одной стороны, это приводит к сбережению энергии и оптимизации затрат, но с другой стороны, требует специальных знаний в применении высокотехнологичной регуливающей арматуры и других средств в процессе организации и установки такой системы отопления [6].

*Переход от количественного регулирования на качественное*

Современное развитие отечественных систем теплоснабжения стремится к смене количественного регулирования на качественное. Тем не менее, кризисное состояние централизованных теплоснабжающих систем привело к практическому прекращению использования срезов температурных графиков на теплоисточниках. Более того, применение старых элеваторных узлов исключает применение двухступенчатых схем тепловых пунктов и исключает преимущества качественного способа центрального регулирования. Из чего возникает необходимость перехода со старых элеваторных насосов на современные узлы.

При одновременном использовании отопления и горячего водоснабжения общий расход воды из сети не включает в себя расход воды для нагрева горячей воды. Чтобы обеспечить необходимую теплоту для системы горячего водоснабжения, вода в подающем трубопроводе должна иметь более высокую температуру, чем при регулировании только отоплением. Таким образом, при одновременном использовании применяется усиленный режим регулирования, основанный на графике регулирования отопления.

В закрытых системах теплоснабжения при различных максимальных тепловых потоках для горячего водоснабжения и отопления, водонагреватели горячего водоснабжения следует подключать по двухступенчатой схеме. Это означает, что при одновременном

регулировании отопления и горячего водоснабжения общий расход сетевой воды не включает в себя расход воды на горячее водоснабжение. Для удовлетворения тепловой нагрузки системы горячего водоснабжения вода в подающей магистрали должна быть горячее, чем при регулировании только отоплением. Таким образом, график регулирования при одновременной нагрузке называется повышенным и строится на основе графика регулирования отопления.

Использование графика, разработанного В. И. Шараповым и П. В. Ротовым, основная функция которого заключается в обеспечении оптимального температурного режима при низком расходе воды. Следует отметить, что данный график не включает в себя возможность центрального регулирования, исключительно состоит из отдельных диапазонов, касающихся контроля как качества, так и количества воды [6].

Так как невозможно достичь оптимального режима за счет суммирования расхода воды на системы теплоснабжения и горячего водоснабжения, необходимо усовершенствовать и применять современные технологии [6].

*Замена насосного оборудования на частотное регулирование*

Традиционный способ управления работой насосных установок заключается в регулировании давления в трубопроводах и количества работающих агрегатов. Насосы выбираются с запасом по мощности и постоянно работают на постоянной частоте вращения, не учитывая изменения расхода и давления воды. Другими словами, даже когда нет большой потребности, насосы продолжают работать на полную мощность, что приводит к излишнему расходу электроэнергии. Например, это происходит ночью, когда потребление воды снижается.

Оптимизация бизнес-процессов и снижение затрат играют важную роль в различных сферах, от крупных корпораций до маленьких предприятий. Таким образом, установка частотного преобразователя позволяет стабилизировать напор в трубе, предотвращает перегрев насоса, обеспечивает плавный пуск и оптимизирует расход электроэнергии. Это также снижает риск протечек, повышает ресурс насоса, предоставляет возможность дистанционного управления и аварийное отключение насоса, а также устраняет необходимость в гидроаккумуляторе

*Применение современных методов санации*

Санация трубопровода – это процесс восстановления поврежденных участков трубы без проведения больших земляных работ и блокирования дороги на длительное время. Этот метод требует меньше времени и ресурсов, поэтому он популярен за рубежом и становится все более востребованным в России.

В нашей стране этот процесс часто необходим из-за износа инженерных сетей и магистралей, которые были построены еще в советское время с ограниченным сроком службы. Ремонт трубопроводов традиционным способом с использованием земляных работ занимает много времени и денег, поэтому санация становится лучшим выходом из ситуации.

Для восстановления санационным методом используют вставные полимерные трубы. В основном для этого выбирают полиэтилен низкого давления, так

как он является наиболее подходящим и долговечным материалом. Также для технологических трубопроводов используют полипропилен, поливинилхлорид, хлорированный поливинилхлорид и поливинилиденфторид.

Полученные в статье данные будут использованы при работе над ВКР на тему «Разработка комплекса энергосберегающих мероприятий при передаче тепловой энергии по водяным тепловым сетям от источника теплоснабжения».

### Литература

1. Воздвиженский В. Б., Ярков В. Н. Использование циркуляционного потока ГВС для регулирования и контроля температуры обратной сетевой воды на ИТП для офисных сооружений. // *Новости теплоснабжения* – 2015. – № 11 (183). – URL: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=4061](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=4061) (дата обращения: 29.05.2023).
2. Еремеев В. Е. Применение ППУ заводского нанесения для тепловой изоляции: возможности и сдерживающие факторы // *Новости теплоснабжения* – 2018 – № 8 (216) – URL: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=4129](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=4129) (дата обращения: 01.05.2023).
3. Киселев Н. Н., Житко О. Л. Факторы, влияющие на температуру обратной сетевой воды // *Новости теплоснабжения* – 2017 – № 10 (206) – URL: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=4035](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=4035) (дата обращения: 01.05.2023).
4. Самарин О. Д. Технично-экономическая оптимизация диаметров теплопроводов систем водяного отопления // *Новости теплоснабжения* – 2017 – № 10 (206) – URL: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2435](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2435) (дата обращения: 01.05.2023).
5. Соков Р. Ш., Мельников В. М. Энергосбережение на тепловых сетях // *Международный журнал экспериментального образования*. – 2016. – № 9–1. – С. 146–148.
6. Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе / О. Н. Кузяков [и др.] // *Технические науки* – 2020. – № 1. – С. 39–51. – URL: <https://www.tyuiu.ru/> (дата обращения: 30.04.2023).

Статья поступила в редакцию: 29.05.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

УДК 519.816:004.71

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ЗАМЕНЕ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Чернышов Владимир Константинович**, студент, направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: vladimir.chernyshov2@gmail.com

Научный руководитель: **Токарева Марина Афанасьевна**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информатики, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: tokareva@mail.osu.ru

***Аннотация.** В данном исследовании приводится обоснование актуальности задачи и представлено решение в виде применения метода анализа иерархии и разработки системы поддержки принятия решений. Данный метод анализа позволяет сформировать иерархию приоритета критериев и альтернатив выбора объекта, а также, используя шкалу относительной важности, прийти к объективному результату опроса экспертов, что позволяет получить наиболее предпочтительную оценку. В то же время системы поддержки принятия решений – это автоматизированные компьютерные системы, цель которых – дать возможность людям, принимающим решения в сложных условиях, полностью и объективно проанализировать объект. Результаты данного исследования могут быть использованы для обоснования количественной оценки при выборе наилучшего решения при замене сетевого оборудования в организации.*

***Ключевые слова:** система поддержки принятия решения, метод анализа иерархий, определение и оценка альтернатив, оптимизация оборудования.*

***Для цитирования:** Чернышов В. К. Использование метода анализа иерархий при разработке системы поддержки принятия решений по замене сетевого оборудования // Шаг в науку. – № 1. – С. 90–95.*

## USING THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD IN DEVELOPING A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR REPLACING NETWORK EQUIPMENT

**Chernyshov Vladimir Konstantinovich**, student, training program 09.03.02 Information systems and technologies, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: vladimir.chernyshov2@gmail.com

Research advisor: **Tokareva Marina Afanasyevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Informatics, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: tokareva@mail.osu.ru

***Abstract.** This study provides a rationale for the relevance of the problem and presents a solution in the form of applying the hierarchy analysis method and developing a decision support system. This method of analysis allows us to form a hierarchy of priority of criteria and alternatives for choosing an object, and also, using a scale of relative importance, to arrive at an objective result of a survey of experts, which allows us to obtain the most preferable assessment. At the same time, decision support systems are automated computer systems whose purpose is to enable people making decisions in complex conditions to fully and objectively analyze an object. The results of this study can be used to justify a quantitative assessment when choosing the best solution when replacing network equipment in an organization.*

***Key words:** decision support system, hierarchy analysis method, identification and evaluation of alternatives, equipment optimization.*

***Cite as:** Chernyshov, V. K. (2024) [Using the hierarchy analysis method in developing a decision support system for replacing network equipment]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 90–95.*



Стремительное развитие сектора информационных технологий увеличило темпы изменений в современных компаниях. Таким образом, скорость анализа большего количества информации, скорость принятия решений и точность окончательного выбора являются основными факторами, обеспечивающими конкурентное преимущество.

Системы поддержки принятия решений (СППР) – это работа с данными достаточной глубины, специально преобразованными для удобства использования в процессе принятия решений; ключевым компонентом СППР являются правила принятия решений, которые направляют руководство к выводам на основе агрегированных данных.

Качество СППР, в первую очередь, зависит от данных, на которых основываются решения, аналитических методов и моделей, используемых для обработки и анализа данных, а также от адекватности инструментов, используемых для принятия решений [6].

Системы поддержки принятия решений предназна-

чены для поддержки принятия многокритериальных решений в сложных информационных средах. В данном случае под многокритериальностью понимается оценка результата решения не по одному, а по многим показателям (критериям), рассматриваемым одновременно. Сложность информации определяется необходимостью учитывать огромное количество данных, которые практически невозможно обработать без помощи современных компьютерных технологий. В таких ситуациях количество возможных решений часто очень велико, и выбор лучшего «на глаз» без тщательного анализа может привести к серьезным ошибкам.

Перед системами поддержки принятия решений стоят две основные задачи:

- выбор наилучшего решения из множества возможных решений (оптимизация);
- ранжирование возможных решений в соответствии с предпочтениями (ранжирование) [4].

Структурная схема процесса принятия решений изображена на рисунке 1.

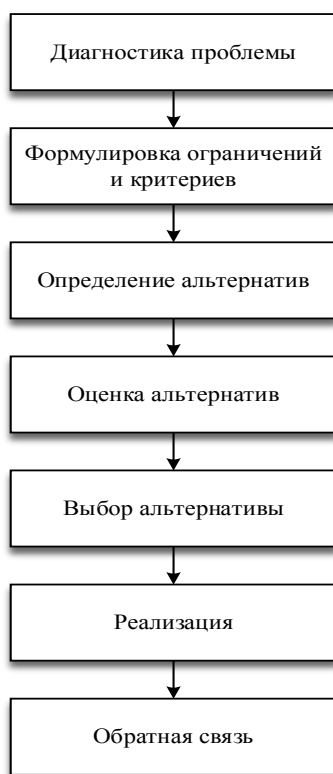


Рисунок 1. Структурная схема процесса принятия решений

Источник: разработано автором

Метод анализа иерархий – это математический инструмент, который используется для системного подхода к сложным проблемам принятия решений. Он не

указывает на «правильное» решение, а помогает найти альтернативу, которая лучше всего соответствует пониманию проблемы и требованиям к ее решению в



интерактивном режиме [2].

Модернизация или замена сетевого оборудования выполняется с различными целями, включая увеличение пропускной способности и скорости вычислительной сети. Еще одна распространенная причина модернизации – предоставление доступа к базе файлов для новых филиалов предприятия. Специалисты

рекомендуют обновлять оборудование на постоянной основе. Точные сроки зависят от компании, ее сферы деятельности, размера, перспектив роста и расширения локальной сети, количества используемых и планируемых к внедрению сетевых технологий, размера бюджета и сотни других факторов [1].

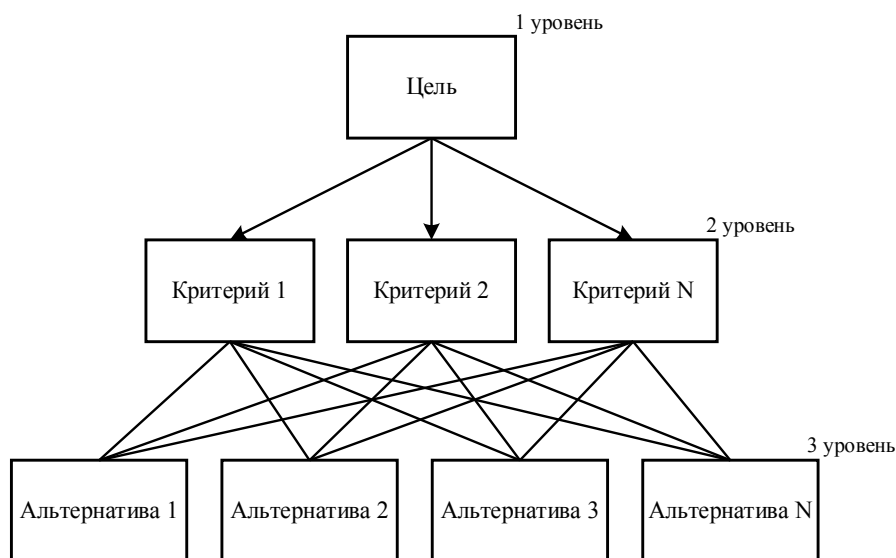


Рисунок 2. Иерархия «цель – критерии – альтернатива»

Источник: разработано автором на основе [5]

В зависимости от того, будут ли обнаружены недостатки в аппаратной или программной составляющей, компании предложат несколько вариантов модернизации. Чаще всего модернизация осуществляется на основе ранее внедренных решений. Надежность работы вычислительной сети имеет прямое влияние на работу всех бизнес-приложений, IP-телефонии и других программных продуктов.

СППР направлена на облегчение денежных и че-

ловеческих затрат для принятия необходимых решений по замене сетевого оборудования, целью которой и является исследование по данной теме [7].

В первую очередь необходимо представление заявки по замене оборудования. Иерархия данного шага изображена на рисунке 2.

Верхний уровень данной иерархии составляет «цель». На этом уровне находится объект (оборудование для замены).

Таблица 1. Шкала относительной важности

Степень предпочтения	Определение	Критерий
1	Равная предпочтительность	Две альтернативы одинаково предпочтительны с точки зрения цели
2	Слабая степень предпочтения	Опыт эксперта позволяет считать одну из альтернатив немного предпочтительнее другой
3	Степень наибольшего предпочтения	Опыт эксперта позволяет считать одну из альтернатив явно предпочтительнее другой
4	Сильное предпочтение	Опыт эксперта позволяет считать одну из альтернатив гораздо предпочтительнее другой
5	Абсолютное предпочтение	Очевидность подавляющей предпочтительности одной альтернативы над другой имеет неоспоримое подтверждение

Источник: заимствовано из [4]

Далее по уровням находят критерии, по которым производится оценка альтернатив исходного объекта. Альтернативы расположены на нижнем уровне данной иерархии.

Из вариантов выдвинутых альтернатив формируется специальная шкала, для вынесения экспертного суждения [5].

Следующим шагом строится специальная шкала относительной важности, которая выражает предпочтение критериев относительно проблем выбора. Шкала относительной важности приведена в таблице 1.

Значения этой шкалы используются для определения того, во сколько раз элемент с более высокой

оценкой предпочтительнее элемента с более низкой оценкой относительно общего критерия или свойства.

После нахождения наиболее предпочтительного элемента предлагаемая система выводит решение (перечень необходимых действий) по оборудованию.

Проектируемая система предполагает загрузку подготовленных бланков вопросов для пользователя из хранилища, ответы, на которые будут служить основанием для построения шкалы относительной важности.

Удобство данной системы заключается в централизованном отслеживании состояния сетевого оборудования и актуальности его замены.

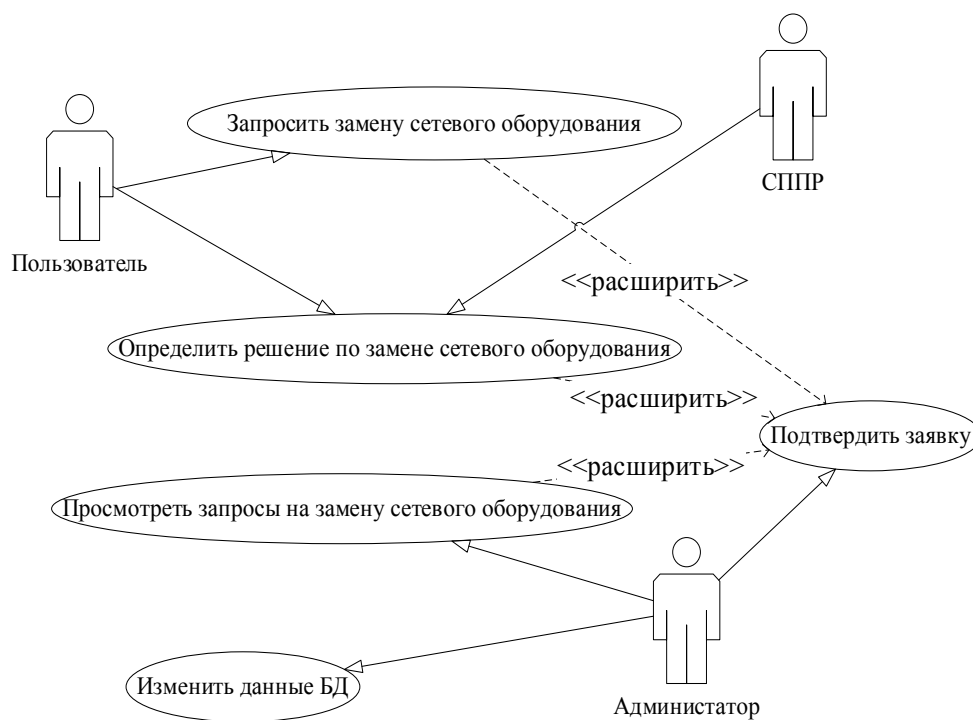


Рисунок 3. Диаграмма взаимодействия

Источник: разработано автором

Само взаимодействие системы организовано с помощью запроса пользователя по замене, что выдвигается как цель, в вышеописанной иерархии.

Далее пользователю выгружается шаблон вопросов, необходимых для формирования шкалы относительной важности [6].

На основе всего вышеперечисленного выдвигается вариант замещения.

Диаграмма взаимодействия системы изображена на рисунке 3.

Далее приведем пример расчетов в соответствии с

выбранным методом принятия решения.

Первый (самый высокий) уровень иерархии содержит общую цель: сетевое оборудование. Второй уровень иерархии включает факторы, определяющие цели, а третий (нижний) уровень иерархии содержит три устройства-кандидата, которые должны быть оценены по отношению к факторам (критериям) второго уровня.

Варианты оборудования:

- Cisco ASA 5505;
- Juniper SRX SRX100;
- Juniper SSG 540.

Заполним клетки матрицы в соответствии с субъективными суждениями экспертов независимой комиссии, с использованием шкалы относительной важности от 1 до 8.

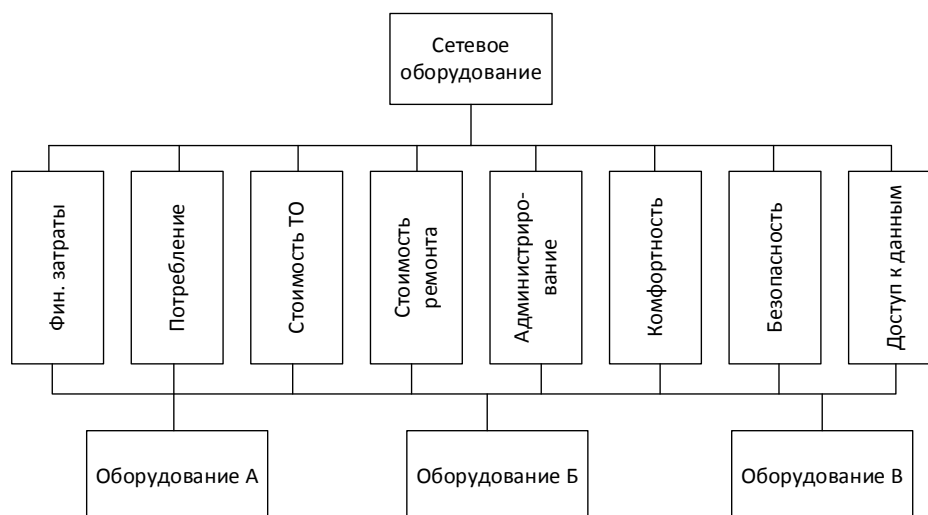


Рисунок 4. Декомпозиция задачи в иерархию

Источник: разработано автором

Таблица 2. Замена сетевого оборудования: матрица парных сравнений для уровня 3

Фин. затраты	А	Б	В	Потребление	А	Б	В
А	1	3	5	А	1	1/5	1/3
Б	1/3	1	2	Б	5	1	2
В	1/5	1/2	1	В	3	1/2	1
Стоимость ТО	А	Б	В	Стоим. ремонта	А	Б	В
А	1	3	5	А	1	4	4
Б	1/3	1	2	Б	1/4	1	1
В	1/5	1/2	1	В	1/4	1	1
Вместимость	А	Б	В	Администрирование	А	Б	В
А	1	4	3	А	1	1/4	1/5
Б	1/4	1	2	Б	4	1	1/2
В	1/3	1/2	1	В	5	2	1
Безопасность	А	Б	В	Доступ к данным	А	Б	В
А	1	1/3	1/4	А	1	1/2	1/2
Б	3	1	1/2	Б	2	1	1
В	4	2	1	В	2	1	1

Источник: разработано автором

По итогу расчетов находится глобальный приоритет, который вычисляется путем умножения векторов приоритетов второго уровня на векторы приорите-

тов третьего уровня, затем результаты складываются вдоль каждой строчки [3].

Таблица 3. Вычисленные глобальные приоритеты

	Векторы приоритетов								Обобщение или глобальные приоритеты
	1 (0,293)	2 (0,214)	3 (0,041)	4 (0,025)	5 (0,065)	6 (0,116)	7 (0,226)	8 (0,021)	
A	0,6483	0,1095	0,6483	0,6667	0,6301	0,0974	0,122	0,2	0,341
B	0,2297	0,5816	0,2297	0,1667	0,2184	0,3331	0,3196	0,4	0,339
B	0,122	0,309	0,122	0,1667	0,1515	0,5695	0,5584	0,4	0,322

Источник: разработано автором

В результате наибольший глобальный приоритет получило оборудование А.

Таким образом, метод анализа иерархий имеет большое значение и может быть применен при выборе конкретной альтернативы. Этот метод позволяет экономить время на принятии решения, математиче-

ски обосновывает предпочтения компании и помогает в решении задач, связанных с приобретением и заменой оборудования. Разрабатываемая система, основанная на данном методе, выступает как бюджетная альтернатива помощника принятия решения.

#### Литература

1. Акофф Р. Искусство решения проблем – М.: Книга по Требованию, 2013. – 218 с.
2. Багицев Р. В., Корещиков И. А., Мордовин А. И. Использование метода анализа иерархий для выбора оптимальной реляционной системы управления базами данных // Информатика и безопасность. – 2010. – Т. 13, № 2. – С. 221–226.
3. Блюмин С. Л., Шуйкова И. А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности – Липецк: ЛЭГИ, 2001. – 138 с.
4. Рудзейт О. Ю., Жигульский В. Е., Титанов В. М. Применение метода анализа иерархий для оценки типа серверного оборудования // Молодой ученый. – 2018. – № 11 (197). – С. 49–53.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. / Пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь, 1993. – 314 с.
6. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование: Орг. систем / Пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе; Под ред. И. А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1991. – 223 с.
7. Трайнев В. А., Трайнев О. В. Параметрические модели в экспертных методах оценки при принятии решений. – М.: Прометей, 2003. – 231 с.

Статья поступила в редакцию: 16.05.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 159.95; 371.64/.69

### «КОРИДОРНОЕ МЫШЛЕНИЕ», ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗГРАМОТНОСТЬ И ПРОБЕЛЫ ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Щеткин Юрий Юрьевич**, кандидат биологических наук, доцент, преподаватель, Таганрогский техникум сервиса и жилищно-коммунального хозяйства, Таганрог  
e-mail: autocrator.yury@yandex.ru

***Аннотация.** Одним из главных пробелов школьного образования до сих пор было недостаточное внимание к формированию нестандартного мышления и умению применять приобретенные знания. Физиологической основой мышления являются временные нервные связи (условные рефлексы), которые образуются в коре больших полушарий. «Коридорное мышление» является главной физиологической и психической причиной отсутствия функциональной грамотности. Сущность «коридорного мышления» заключается в возникновении блоков, аналогичных стенам коридора, которые препятствуют решению задачи. «Стены» – по сути рефлекторные стереотипы, возникающие на пути правильного анализа и особенно синтеза. Причина – логические и смысловые провалы при формировании познавательных процессов. Оптимизация образовательного процесса в средней школе нуждается в коррекции учебников и образовательных программ, которая должна быть направлена на ликвидацию логических и информационных ошибок.*

***Ключевые слова:** функциональная грамотность, нестандартное мышление, ассоциации, анализ, синтез, рефлекторность мышления, логические провалы, стереотипы, дух народа.*

***Для цитирования:** Щеткин Ю. Ю. «Коридорное мышление», функциональная безграмотность и пробелы школьного образования // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 96–99.*

### «CORRIDOR THINKING», FUNCTIONAL ILLITERACY AND GAPS IN SCHOOL EDUCATION

**Shchetkin Yuri Yuryevich**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Lecturer, Taganrog Technical School of Service and Housing and Communal Services, Taganrog  
e-mail: autocrator.yury@yandex.ru

***Abstract.** One of the main gaps in school education so far has been insufficient attention to the formation of non-standard thinking and the ability to apply acquired knowledge. The physiological basis of thinking is temporary neural connections (conditioned reflexes), which are formed in the cerebral cortex. «Corridor thinking» is the main physiological and mental reason for the lack of functional literacy. The essence of «corridor thinking» is the emergence of blocks similar to the walls of the corridor, which prevent the solution of the problem. «Walls» are essentially reflex stereotypes that arise in the way of proper analysis and especially synthesis. The reason is logical and semantic failures in the formation of cognitive processes. Optimization of the educational process in secondary schools requires correction of textbooks and educational programs, which should be aimed at eliminating logical and informational errors.*

***Key words:** functional literacy, thinking outside the box, associations, analysis, synthesis, reflexivity of thinking, logical failures, stereotypes, the spirit of the people.*

***Cite as:** Shchetkin, Yu. Yu. (2024) [«Corridor thinking», functional illiteracy and gaps in school education]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 96–99.*





Отечественная школьная педагогика, несмотря на перекосы 90-х годов, в основном сумела выстоять, адаптироваться и нормализоваться, что, несомненно, связано с тем, что она сохранила традиции лучшего в мире советского среднего образования. Однако труд педагога имеет много неразрешенных проблем, которые снижают эффективность педагогической деятельности [6]. Такие проблемы незаметно переключались из советского прошлого, поскольку даже лучшая в мире система не была лишена недостатков. Не было бы недостатков, не взялись бы за ее переделку в 90-е годы. Одним из главных упущений и пробелов школьного

образования, на наш взгляд, является недостаточное внимание к формированию у школьников нестандартного мышления и умению применять приобретенные знания. Отсюда – неумение уже взрослых людей принимать нестандартные решения, справляться с насущными задачами, также срастание со стереотипами, отсутствие Кулибиных и Суворовых. Приведем пример – простую головоломку по математике на уровне школьной общеобразовательной программы для пятых – восьмых классов. С помощью палочек выкладывается ложное уравнение посредством римских цифр:

$$VII - VI = VII.$$

Требуется переложить за один раз палочку так, чтобы получилось истинное равенство. На задание отводится пять минут. Как показало тестирование, неоднократно, проведенное нами в Таганрогском государственном педагогическом институте им. А. П. Чехова (филиал Ростовского государственного экономического университета) среди студентов факультета физики, математики, информатики, а также учителей математики школ Ростовской области, из тридцати человек с задачей справлялся лишь один. Причиной такого плохого результата является отсутствие нестандартного мышления у обучаемых и даже специалистов. Такое отсутствие вытесняется иным мышлением, которое мы называем «коридорным». Оно, словно в коридоре, не позволяет взглянуть сквозь стены блокировки на суть проблемы и решить ее.

Мышление отражает окружающий мир через связи и отношения, но эти связи не являются случайными, они носят причинно-следственный закономерный характер. На основе установления существенных связей человек способен познавать законы, что дает возможность прогнозировать и предвидеть ход событий, решать различного уровня и вида задачи. «Мышление, – писал И. П. Павлов, – ...ничего другого не представляет, как ассоциации, сперва элементарные, стоящие в связи с внешними предметами, а потом цепи ассоциаций. Значит, каждая маленькая, первая ассоциация – это есть момент рождения мысли» [5]. На основе анализа результатов исследований классиков рефлексивной теории (И. М. Сеченов, В. М. Бехтерев, И. П. Павлов), основателей теории функциональных систем (П. К. Анохин, Н. А. Бернштейн, К. В. Судаков), основоположников отечественной психологии (Л. С. Выготский, С. Л. Рубинштейн, А. Н. Леонтьев) отечественные психологи пришли к выводу о том, что мыслительная деятельность интегрально включает в себя реактивность и активность [8; 9]. При этом реактивность и активность мыслительной деятельнос-

ти, взаимно дополняя, не противоречат друг другу. Реактивность мыслительной деятельности выражена принципом рефлекса, в то время как детерминантом активности мыслительной деятельности выступает мотив, побуждающий субъекта к деятельности и определяющий направленность этой деятельности. В процессе решения задач немаловажное значение имеет инсайт (озарение), взаимосвязь сознательного и бессознательного. Не так давно считалось, что сознательное и бессознательное в мыслительном процессе существуют как взаимоисключающие друг друга реальности психического (З. Фрейд, К. Юнг, Г. С. Салливан). В многочисленных исследованиях мышление рассматривается как процесс принятия решения (Л. Л. Гурова, Л. П. Гурьева, В. В. Давыдов, Д. Н. Завалишина, В. В. Занков, А. М. Матюшкин, Я. А. Пономарев). Любое сознательное мыслительное действие содержит неосознаваемые компоненты. Согласно представлениям С. Л. Рубинштейна, А. В. Брушлинского, Н. Н. Плетневской, неосознанное чувство – это не то чувство, которое не испытанное или не пережитое, а чувство, в котором переживание не соотносено или неадекватно соотносено с объектом, на который оно направлено [1; 6; 7]. По исследованиям Лушпаевой И. И., мышление является процессом, динамической составляющей интеллекта, который проявляется в успешности решения проблемных задач и ситуаций различного уровня сложности. Формирование такого творческого теоретического мышления является целенаправленным процессом развития психических способностей человека. Теоретическое мышление формируется путем овладения особыми средствами и способами организации умственных действий. Овладение этими умственными действиями напрямую зависит от овладения системой знаково-символических средств в процессе систематического обучения [4].

Известно, что физиологической основой мышления являются временные нервные связи (условные

рефлексы), которые образуются в коре больших полушарий. Эти условные рефлексы также возникают под воздействием вторых сигналов (понятий, суждений, умозаключений), отражающих реальную действительность, но возникают обязательно на основе первой сигнальной системы (ощущений, восприятий, представлений) [6; 8; 9]. В процессе решения задачи очень важно, чтобы не нарушалась связь между первосигнальными и второсигнальными рефлексами, которая закладывается в процессе обучения. Именно в процессе обучения и в бытовой практике формируются мыслительные блоки – стереотипы, которые потом становятся основой установок, привычек и взглядов. Связи между первосигнальными и второсигнальными рефлексами могут нарушаться вследствие какого-либо логического пробела, например, по причине разрыва последовательности в тематическом плане или в образовательной программе. Кроме того, мышление как процесс – это определенный уровень функционирования головного мозга, содержанием которого являются мыслительные процессы: анализ, синтез, сравнение, обобщение и др., приводящие к решению задачи. При решении приведенной задачи на палочках почти все испытуемые начинали решать ее способом проб и ошибок. Преподаватели математики быстро переходили к методу анализа, т.е. пытались проанализировать, какие палочки нет смысла трогать, а какие могут быть ключевыми для решения, а также связать задачу с математическими действиями и знаками. Но и те, и другие не находили решения. Решение вроде бы простое – следует перенести последнюю правую палочку, уложив ее горизонтально за римской цифрой пять – V, стоящую после знака равенства так, чтобы получился знак квадратного корня. Однако решение ускользает из-за блокировки мыслительного синтеза, должного выудить из долговременной памяти и связать с уравнением знак радикала совместно с операцией извлечения квадратного корня из единицы. Причина мыслительной блокировки синтеза – тематический разрыв в школьной программе по математике по ознакомлению с математическими действиями: сначала школьники с четвертого класса изучают сложение и вычитание, затем умножение и деление, а возведение в степень и извлечение корня почему-то отрывается и уходит на потом в восьмой класс. Возникает логический провал. Отсюда в мыслительных операциях с элементарными математическими действиями формируются два не связанных друг с другом блока: один – сложение, вычитание, умножение, деление и второй – возведение в степень и извлечение корня, что препятствует их участию в синтезе. Налицо – отсутствие нестандартного мышления: мешает «стенка» между двумя «коридорами» – опера-

цией с элементарными математическими действиями с одной стороны (сложение, вычитание, умножение, деление) и операциями с возведением в степень и извлечением корня с другой стороны. Однако вместо понятия «нестандартное мышление», на наш взгляд, уместно было бы использовать термин «коридорное мышление». Сущность «коридорного мышления» заключается в возникновении блоков, аналогичных стенам коридора, которые препятствуют решению задачи. «Стены» – по сути рефлекторные стереотипы, возникающие на пути правильного анализа и особенно синтеза. Причина – логические и смысловые провалы при формировании познавательных процессов. Это подтверждают исследования Котовой Т. Н. Автор приходит к выводу о том, что умение представлять проблемную ситуацию как задачу с включением взаимосвязи параметров процессов, составляющих проблемную ситуацию, дает человеку возможность осуществлять рассуждение, основанное на логике экспериментального вывода и предпринимать поиск неизвестных значимых параметров процесса [3]. Неудача в решении задачи с палочками обусловлена нарушением взаимосвязи параметров этих процессов, что блокирует их поиск.

Известно, что ломать выработанные стереотипы труднее, чем создавать новые. Мы сознательно используем термин «рефлекторный», а не традиционно употребляемый «рефлективный», потому что в психологии сложилась ситуация, когда термин «рефлексия» начал включать в себя очень большой круг психических явлений.

Аналогичные тематические, а точнее логические разрывы изобилуют в школьной программе по биологии. После общей биологии пятого класса школьники в шестом классе изучают ботанику, точнее ее часть – покрытосемянные растения. Почему бы не внести в программу шестого класса первую тему о таксономическом разнообразии живого мира, с краткой характеристикой выпавших из логической струи общеобразовательной биологической программы организмов – водорослей, лишайников, грибов, хвощей, плаунов, папоротников и голосеменных растений? Почему бы в «ботанике» пятого класса не уделить больше внимания систематике тех же цветковых растений, с обязательных исследованием цветов на практике. Преподавание такой науки, как биология, вообще немыслимо без практики учащихся, особенно в природе. Расширение тем по систематике вполне возможно за счет сжатия других – скучных для шестиклассников, например по анатомии растений. Почему из современной программы зоологии седьмого класса выброшен такой существенный тип животных как иглокожие? Почему в девятом классе, изучая возникновение жиз-

ни и развитие на Земле, отрывают происхождение человека, помещая его в 11-й класс?

Еще одной серьезной причиной функциональной безграмотности и соответственно пробелов школьного образования является искажение понятий. Например, среди преподавателей биологии, муниципальных чиновников и даже в учебниках имеет место свободная трактовка понятия «экология». Какие только словосочетания ни придумывают – «экология души», «экология пространства», «экология мышления» и т.п. Должный отпор такой самодеятельности дал известный отечественный эколог, член-корреспондент РАН Ивантер Э. В. [2]. Ложные понятия, особенно в учебниках, например, учебник «Экология» под редакцией Титова, 2018 г., порождают изначальный понятийный брак, блокирующий все последующие процессы.

Даже в хорошо продуманном, замечательном учебнике химии для 8-х классов О. С. Габриеляна имеют место логические и смысловые нестыковки [3]. Так, тема «Степень окисления» по логике содержания должна находиться в первой главе «Атомы химических элементов», следом за параграфом 12 «Ковалентная полярная химическая связь», в котором учащиеся знакомятся со сдвигом электронных пар в сторону того или иного атома, лежащим в основе процессов окисления и восстановления. Однако, уважаемый автор

поместил этот материал в третью главу «Соединения химических элементов», которая посвящена физическим и химическим характеристикам важнейших соединений, что порождает, на наш взгляд, логический диссонанс в усвоении материала. Это отражается, как показывает практика, в слабом понимании основной массы учащихся процессов окисления и восстановления, а также понятия «валентность».

Таким образом, «коридорное мышление» – это главная физиологическая и психологическая причина отсутствия функциональной грамотности в школе и после школы, это отсутствие нестандартного, но рационального мышления, основы которого закладываются, согласно рефлексам и динамическим стереотипам высшей нервной деятельности, во время активизации познавательных процессов. Оптимизация образовательного процесса на уровне средней школы нуждается в коррекции учебников и образовательных программ, которая должна быть направлена прежде всего на ликвидацию логических изломов и информационных ошибок. Кроме того, необходим постоянный хорошо продуманный учителем подбор методов обучения к конкретным обучающимся, а также работа над эффективностью современных образовательных технологий, особенно коммуникативно-информативной, технологии критического мышления, технологии проблемного мышления и др.

### Литература

1. Брушлинский А. В. Взаимосвязь процессуального и личностного аспектов мышления // Мышление: процесс, деятельность, общение. – М.: Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр Российской академии наук «Издательство «Наука», 1982. – С. 5–49.
2. Ивантер Э. В. Размышления о проблемах современной экологии: введение в лекционный курс «Экология и природопользование»: учебное пособие. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. – 103 с.
3. Котова Т. Н. Психологические средства мышления: на материале решения задач младшими школьниками и подростками: дис. ... канд. психол. наук – М., 2006. – 150 с.
4. Лушпаева И. И. Психологические особенности динамических характеристик понятийного мышления студентов: дис. ... канд. психол. наук – Казань, 2006. – 210 с.
5. Павлов И. П. Избранные произведения. / Под общ. ред. Х. С. Коштыянца – М.: Госполитиздат, 1951. – 583 с.
6. Плетневская Н. Н. Соотношение сознательного и бессознательного компонентов при решении мыслительных задач: дис. ... канд. психол. наук – М., 2006. – 127 с.
7. Рубинштейн С. Л. О мышлении и путях его исследования. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1958. – 147 с.
8. Шатова Н. Д. Генезис понятия «рефлекс»: от реактивности Р. Декарта к условному рефлексу И. П. Павлова // Вестник алтайской науки. – 2014. – № 4(22). – С. 364–370.
9. Шатова Н. Д. Генезис понятия «рефлекс»: от условного рефлекса И.П. Павлова к физиологии активности Н. А. Бернштейна // Вестник алтайской науки. – 2014. – № 4(22). – С. 370–374.

Статья поступила в редакцию: 21.01.2024; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

## ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ, ПРЕДСТАВЛЯЕМОЙ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА

Журнал «Шаг в науку» является периодическим научным журналом, который призван дать возможность молодым ученым, аспирантам, магистрантам, обучающимся старших курсов представить широкой общественности результаты проводимых научных исследований

К публикации принимаются ранее неопубликованные научные статьи. В случае обнаружения одновременной подачи рукописи в несколько изданий статья будет *ретрагирована* (отозвана из печати).

**Статья** включает в себя следующие элементы.

**УДК.** На первой странице статьи, слева в верхнем углу без отступа, указывается индекс по универсальной десятичной классификации.

**Заглавие статьи** (на русском и английском языках).

**Информация об авторах статьи** (на русском и английском языках). Информация предоставляется по каждому автору и включает в себя фамилию, имя, отчество автора, а также:

– для авторов, являющихся обучающимися образовательных организаций, – категорию обучающегося (студент, магистрант или аспирант), направление подготовки / специальность (шифр и наименование), наименование образовательной организации, город, e-mail;

– для авторов, являющихся работниками организаций, – ученую степень (при наличии), ученое звание (при наличии), должность с названием структурного подразделения организации, наименование организации (постоянного места работы), город, e-mail.

**Информация о научном руководителе** (при наличии), которая представляется на русском и английском языках и включает в себя фамилию, имя, отчество научного руководителя, ученую степень, ученое звание, должность с названием структурного подразделения организации, наименование организации (постоянного места работы), город, e-mail.

**Аннотация** (на русском и английском языках). Аннотация является самостоятельным информативным текстом, содержащим краткую версию статьи. Рекомендуемый объем аннотации: примерно 100 слов.

В аннотации следует отразить актуальность, цель, используемые подходы, методы, основные полученные результаты, научную новизну, практическую значимость, направления дальнейших исследований. При изложении материала рекомендуется придерживаться вышеуказанной структуры аннотации.

**Ключевые слова** (на русском и английском языках). Ключевые слова являются поисковым аппаратом научной статьи. Они должны отражать основную терминологию данного научного исследования. Рекомендуемое количество ключевых слов: 5–10 слов.

**Основной текст статьи.** Принимаются ранее неопубликованные научные статьи на русском и английском языках, имеющие показатель оригинальности основного текста, включая аннотацию, не менее 70% и процент некорректных заимствований не более 15%. Основной текст статьи должен содержать обоснование необходимости и актуальности проводимого исследования; описание сути исследуемой проблемы, степени ее разработанности в современной науке; постановку цели исследования, согласованной с названием статьи, ее содержанием и результатами; полученные результаты исследования и их интерпретацию; выводы о научной ценности и (или) практической значимости полученных результатов; рекомендации для дальнейших исследований на основе данной работы. Объем текста статьи, не включая информацию об авторах и список источников, должен составлять не менее 5 и не более 10 страниц авторского текста с межстрочным интервалом 1,5 строки.

**Литература.** Список литературы должен содержать не менее 7 научных источников. Рекомендуется не включать широко известные нормативные правовые акты, справочные и статистические материалы, ссылки на которые предпочтительнее оформлять в виде подстрочных библиографических ссылок. Литература приводится в алфавитном порядке, иностранные источники указываются в конце списка.

Для оформления списка источников используется ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Правила оформления статьи и ее шаблон представлены на сайте журнала <http://sts.osu.ru>.

### Технические требования к оформлению статьи

Материал должен быть набран в текстовом редакторе Microsoft Word в формате \*.doc или \*.docx.

Шрифт: гарнитура Times New Roman, 14 pt; межстрочный интервал – 1,5 pt., абзацный отступ – 1,25 см. Выравнивание текста: по ширине.

Поля: левое – 2 см, правое – 2 см, верхнее – 2 см, нижнее – 2 см.

Графический материал должен быть выполнен в графическом редакторе. Не допускаются отсканированные графики, таблицы, схемы. Фотографии, представленные в статье, должны быть высланы отдельным файлом

в форматах \*.tiff или \*.jpg с разрешением не менее 300 dpi. Все графические материалы должны быть чёрно-белыми, полноцветные рисунки не принимаются.

Формулы и символы помещаются в тексте статьи, используется редактор формул Microsoft Equation.

Ссылки на использованные источники должны иметь вид: [5, с. 67], т.е. указывается номер источника в списке литературы и номер страницы в этом источнике. Если страницы не указываются, то ссылка имеет вид: [5]. Список источников приводится в конце текста статьи в алфавитном порядке и оформляется согласно ГОСТ 7.0.15-2008.

К статье отдельными документами прикладываются копия сопроводительного письма (форма на сайте журнала) и для авторского коллектива, состоящего только из студентов и (или) магистрантов, копия рекомендательного письма научного руководителя или иного преподавателя, имеющего ученую степень (форма на сайте журнала).

Статьи, оформленные без соблюдения данных требований, редакцией не рассматриваются.



**Шаг в науку**  
**№ 1, 2024**

Ответственный секретарь – Т. П. Петухова  
Верстка – Г. Х. Мусина  
Корректурa – Е. Д. Денисова  
Перевод – В. А. Захарова  
Дизайн обложки – М. В. Охин

Подписано в печать 20.03.2024 г. Дата выхода в свет 29.03.2024 г.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 11,86. Усл. изд. л. 7,05. Тираж 500. Заказ № 8.

Свободная цена

Адрес учредителя, издателя:  
460018, г. Оренбург, пр. Победы, д. 13,  
Оренбургский государственный университет.

Адрес редакции:  
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13,  
каб. 171203, 171204

Тел. редакции: +7 (3532) 37-24-53  
e-mail редакции: [step-to-science@yandex.ru](mailto:step-to-science@yandex.ru)

Электронная версия журнала «Шаг в науку»  
размещена на сайте журнала: <http://sts.osu.ru>

Отпечатано в ООО Издательско-полиграфический комплекс «Университет»

Адрес: 460000, г. Оренбург, ул. М. Джалиля, 6

тел./факс: +7 (3532) 90-00-26, 92-60-79

e-mail: [cadr25@mail.ru](mailto:cadr25@mail.ru)