

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



16+

18
2025
ЧАСТЬ II

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 18 (569) / 2025

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Жураев Хусниддин Олгинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук
Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)
Кадыров Култур-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

На обложке изображена *Алена Александровна Соколова* (1995), российский педагог, математик.

Алена Соколова из Переславля-Залесского сломала все стереотипы о том, что женщинам неподвластны точные науки. Алена, еще будучи студенткой физико-технического института, открыла и доказала собственную теорему и доказала математическое существование маятника Капицы. У нее три высших образования, среди которых есть образование физика-ядерщика. При этом девушка, имея массу талантов и побед во всевозможных конкурсах, остается и продолжает работать в Переславле-Залесском.

Маятник Капицы — система, состоящая из грузика, прикрепленного к легкой нерастяжимой спице, которая крепится к вибрирующему подвесу. Маятник носит имя академика и нобелевского лауреата Петра Леонидовича Капицы, построившего в 1951 году теорию для описания такой системы. При неподвижной точке подвеса модель описывает обычный математический маятник, для которого имеются два положения равновесия: в нижней и верхней точке. При этом равновесие математического маятника в верхней точке является неустойчивым, то есть любое сколь угодно малое возмущение приводит к потере равновесия. Удивительной особенностью маятника Капицы является то, что, вопреки интуиции, перевернутое (вертикальное) положение маятника может быть устойчивым в случае быстрых вибраций подвеса. Хотя такое наблюдение было сделано еще в 1908 году, в течение ста лет не имелось математического объяснения причин такой устойчивости.

Родилась Алена в Тюменской области. Потом семья переехала в Переславль, где будущий математик и окончила школу. Затем — институт в Москве.

Сначала Алена вместе со своим педагогом организовали математический кружок, потом совместно начали писать научные статьи. А через некоторое время Алена уже выпускала свои книги по математике. Она начала побеждать в различных конкурсах и получать грант за грантом.

В 20 лет Алена создала и доказала собственную теорему. Называется она «Особое решение однородного дифференциального уравнения». После ее открытия девушку стали приглашать на конференции в крупные российские города.

В Москве Алена окончила два вуза, потом к ним добавился еще один университет в Костроме. К 26 годам на руках у девушки были три красных диплома.

Сначала Алена работала в крупных исследовательских лабораториях в Москве. Но несколько лет назад ей пришлось вернуться в Переславль по семейным обстоятельствам. Здесь у нее осталась семья. В школе она проработала учителем математики пять лет, один год была завучем. Но потом приняла решение уйти из школы. Алена открыла свой репетиторский центр, где занимаются дети всех возрастов. Параллельно она вместе с мужем открыла еще детский центр развлечений.

— Мои методы кардинально отличаются от методов коллег, я уже давно пользуюсь цифровизацией. Но главное — это мой подход к детям, я могу их к себе расположить. За месяц через меня проходят 100–150 детей. И через два-три месяца работы с ребенком, у которого были минимальные познания в математике, он выходит совершенно на другой уровень, — признается Алена.

Не так давно Алена Соколова вышла замуж. Молодые супруги планировали уехать в Санкт-Петербург или Норвегию. И до сих пор горят этой мыслью. Но пока они развивают свой бизнес в Переславле. Алена признается, что здесь еще не воплотила в жизнь все, что задумала.

— Я живу с мыслью, что каждый день делаю что-то лучше и лучше для своей страны, для многих детей. И как бы я ни уставала, я знаю, что делаю что-то очень хорошее, — говорит Алена.

*Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина*

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Амелина А. А., Сиразов Р. И. Проблемы оценки свойств бетонов для цементобетонных покрытий	75
Батюта Е. Р. Технология красного полусухого вина: конструктивный расчет валковой дробилки	77
Быковский Д. В. Эксплуатация системы оборотного водоснабжения на АЭС с реакторной установкой ВВЭР-1200	84
Быковский Д. В. Повышение эффективности эксплуатации системы оборотного водоснабжения	88
Jabbarov S. B., Soboleva I. Y., Nigai R. P., Ergasheva V. V. Means of monitoring the technical condition of railway rolling stock.....	91
Кокорев А. Д., Дьякова Н. Моделирование и экспериментальные исследования с использованием тороидальной формы винта.....	95
Крисанов А. А. Диагностика состояния электроприводной арматуры на энергоблоке ВВЭР-1200 существующими средствами АСУ ТП.....	103
Лапшина Е. И. Влияние жестких упоров на совместную работу элементов сталежелезобетонной колонны	106
Макаров И. В. Возможность применения искусственной нейронной сети для математической модели указателя положения регулирующего клапана	109
Макаров И. В. Составление математической модели указателя положения регулирующего клапана регулятора уровня парогенератора с использованием искусственной нейронной сети	112

Насибуллин И. И. Разработка производственной концепции и балансировка линии для серийного выпуска комбинации приборов	115
Насибуллин И. И. Цифровизация и информационная интеграция в концепции производства комбинации приборов	119
Новиков А. С. Исследование алгоритмов обработки сигнала биений в ЛЧМ-дальномерах	121
Павлов И. В. Исследование по геодезическому мониторингу оползней на территории острова Сахалин	125
Федоров Р. Д. Роботизированная система для диагностики магистрального трубопровода	128
Ямалева З. И. Химическая нейтрализация пиррофорных отложений гипохлоритом натрия в резервуарах для хранения нефти.....	131

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Лебедева Е. С. Анализ энергоэффективности станции метро: проблемы и решения	133
Ястребова А. А. Оценка привлекательности жилых массивов на примере Красносельского района Санкт-Петербурга.....	135

БИОЛОГИЯ

Абу-Салех М. С. Влияние берберина на иммуногистохимический профиль гиалинового хряща при остеоартрите	140
---	-----

МЕДИЦИНА

Бекишева С. В.

Влияние стресса на серотонинергическую систему и ее роль в развитии ПТСР 142

Каменских П. В., Савельева Я. А.

Синдром сухого глаза: современный взгляд на проблему 144

Нигманов Д. Р.

Стрептококковая инфекция в стоматологии: иммунологический аспект. Бактериофаготерапия..... 150

Расулов Т. М., Головатенко О. В.

Оценка величины придесневого уступа при одонтопрепарировании под металлокерамические коронки 154

Халдарбекова Г. З., Файзуллаева Д. У.,**Матмуссаева С. М., Камолова Ф. Э.**

Тотальный аномальный дренаж легочных вен: общий обзор..... 156

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Проблемы оценки свойств бетонов для цементобетонных покрытий

Амелина Анна Александровна, студент магистратуры;
Сиразов Ренат Имаматович, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Цементобетонные покрытия играют ключевую роль в транспортной инфраструктуре, особенно в условиях высокой интенсивности движения и сложных климатических факторов. Однако действующая система оценки свойств дорожных бетонов не всегда обеспечивает достаточную точность и полноту информации, необходимую для надёжного проектирования и эксплуатации. В статье рассматриваются проблемы, связанные с методами оценки прочности, морозостойкости, трещиностойкости и других характеристик бетона. Проанализированы климатические особенности Российской Федерации, отличающиеся от условий стран с более мягким климатом, и предложены направления совершенствования нормативной базы.

Ключевые слова: цементобетон, дорожные покрытия, исследовательские испытания, морозостойкость, прочность, износостойкость, шипованные шины.

Problems of evaluating the properties of concretes for cement-concrete coatings

Amelina Anna Aleksandrovna, student master's degree;
Sirazov Renat Imamatynovich, student master's degree
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (St. Petersburg)

Cement concrete pavements play a crucial role in modern transport infrastructure, particularly under conditions of high traffic intensity and severe climate. However, the current system for assessing the properties of concrete used in road pavements often lacks the precision and comprehensiveness necessary for reliable design and long-term performance. This paper addresses the challenges related to evaluating strength, frost resistance, cracking resistance, and other key characteristics of hardened concrete. It also analyzes the specific climatic conditions of the Russian Federation, which differ significantly from those in countries with milder climates, and proposes improvements to the regulatory framework.

Keywords: cement concrete, road pavements, research testing, frost resistance, strength, wear resistance, studded tires.

Развитие дорожной инфраструктуры требует применения долговечных, надёжных и устойчивых к внешним воздействиям материалов. Одним из таких материалов является цементобетон, который широко используется для покрытия автомобильных дорог и аэродромов. Его высокая прочность, стойкость к деформациям и способность сохранять эксплуатационные характеристики на протяжении длительного времени делают цементобетон перспективной альтернативой асфальтобетону [1].

Однако, несмотря на все очевидные преимущества, использование цементобетона в дорожных конструкциях связано с рядом проблем, особенно в оценке его свойств.

В отличие от традиционных асфальтобетонных покрытий, эксплуатация цементобетона происходит в более жёстких условиях, что требует высокой морозостойкости, износостойкости, трещиностойкости и стойкости к химически активным веществам, таким как противогололёдные реагенты. Кроме того, эксплуатационные нагрузки на покрытия значительно возрастают из-за сезонных температурных колебаний и использования шипованных шин [6].

Существующая нормативная база, которая регулирует требования к бетонам, в основном ориентирована на контрольные и приёмочные испытания. Однако эти испытания не всегда отражают реальное поведение материала в условиях эксплуатации. В связи с этим, возрастает зна-

чимость исследовательских испытаний, направленных на комплексное изучение свойств бетона на стадии проектирования, что позволяет выявить возможные уязвимости материала ещё до его массового применения.

Цементобетон, используемый для дорожных покрытий, должен обеспечивать долговечность конструкции при воздействии как механических, так и климатических факторов. Основные требования к бетонам формируются на основе государственных стандартов, входящих в состав ТК 418, и охватывают несколько ключевых показателей, определяющих поведение материала в условиях эксплуатации [1].

Одним из важных параметров является прочность, которая обеспечивает способность конструкции выдерживать нагрузки от движения транспорта. Образцы испытывают на сжатие и изгиб. Эти показатели напрямую зависят от качества заполнителей, водоцементного отношения и условий твердения бетона.

Не менее важным является морозостойкость, измеряемая изменением прочности на сжатие образцов при воздействии циклом замораживания и оттаивания. Согласно ГОСТ Р 70363–2022, классы морозостойкости могут достигать марки F₂400, что особенно важно для регионов с высокой сезонной амплитудой температур [2,3].

Также значимой характеристикой является истираемость бетона, определяемая его способностью сопротивляться механическому износу от автомобильных шин. Согласно ГОСТ Р 70363–2022, она измеряется в потери объема образца, подвергнутому истирающему воздействию стальных шаров. Этот параметр особенно важен для дорог с интенсивным трафиком и большим количеством тяжёлых транспортных средств [3].

К другим важным характеристикам относятся водонепроницаемость, прочность при растяжении на раскалывание и устойчивость к химическим воздействиям. Последний параметр особенно важен в условиях использования противогололёдных реагентов, которые могут разрушать цементный камень при многократных циклах смачивания и высыхания [2].

Несмотря на наличие нормативных документов, регулирующих свойства дорожных бетонов, действующая нормативная база имеет ряд ограничений. Основная часть методик ориентирована на контрольные и приёмочные испытания, проводимые в лабораторных условиях, которые не всегда точно отражают реальные эксплуатационные условия. Все испытания бетона производятся на образцах, изготовленных из бетонной смеси, твердеющих в течение 28-ми суток в нормальных условиях, что совершенно не учитывает совместное воздействие нескольких факторов, таких как попеременное увлажнение и высушивание, замораживание и оттаивание, износостойкость, одновременно в условиях эксплуатации.

Одним из ключевых факторов, влияющих на долговечность цементобетонных покрытий, являются климатические условия. В большинстве регионов России характерны значительные суточные и сезонные колебания

температур, многократные переходы через 0 °С, высокая влажность и использование агрессивных противогололёдных реагентов. Эти факторы значительно отличаются от более мягкого климата стран Западной Европы и США, где требования к морозостойкости и износостойкости существенно ниже. Методики, существующие в настоящее время, не всегда учитывают особенности российских условий эксплуатации, что может привести к преждевременному разрушению бетона, даже если он соответствует стандартам [4].

Шипованные шины, разрешённые в России, увеличивают абразивное воздействие на покрытия, что значительно повышает их износ. Исследования показывают, что истирание цементобетонных покрытий в условиях использования шипованных шин может увеличиваться в 2–3 раза по сравнению с покрытиями, эксплуатируемыми без них. В зарубежных странах таких нагрузок на покрытия не возникает, что делает эксплуатацию цементобетона в России более сложной [5].

Таким образом, климатические и эксплуатационные особенности России требуют пересмотра критериев оценки качества дорожных бетонов и корректировки существующих нормативов с учётом этих факторов.

Для улучшения точности оценки свойств цементобетона на стадии проектирования и его долговечности в реальных условиях эксплуатации необходимо:

- расширить методы исследовательских испытаний, включив оценку микроструктурных параметров и трещиностойкости;
- разработать специализированные методики, моделирующие многократные переходы температур через 0 °С и воздействие противогололёдных реагентов;
- актуализировать требования к морозостойкости и истираемости для регионов с суровым климатом;
- ввести комплексную систему оценки состава и свойств бетона до начала строительства с учётом конкретных условий эксплуатации;
- пересмотреть нормы с учётом статистических данных о разрушениях действующих цементобетонных покрытий.

Заключение

Цементобетон является эффективным материалом для дорожных покрытий, однако его эксплуатационные характеристики зависят от множества факторов. Современная нормативная база, несмотря на её важность, требует дополнений и адаптации к российским условиям, чтобы обеспечить долговечность и надёжность покрытия.

Решение этих проблем требует усиления исследовательской работы, дополнения нормативных документов новыми методами испытаний. Только комплексный подход к оценке свойств бетона, начиная с его проектирования и заканчивая приёмкой покрытия, позволит улучшить использование цементобетона в дорожном строительстве.

Литература:

1. Степанова М. П., Булькова Н. А., Баранов Е. В. Оптимизация состава бетона для основания и покрытия дорог. // Журнал «Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета», 2023, с. 83–84.
2. ГОСТ Р 70362–2022. Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия.
3. ГОСТ Р 70363–2022. Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Методы испытаний.
4. Янковский Л. В., Оценка цементобетонов, эксплуатирующихся в условиях воздействия климата северных территорий. // Журнал «Строительные материалы», 2012, с. 1–2.
5. Васильев Ю. Э., Ивачев А. В., Братищев И. С., Исследование устойчивости дорожно-строительных материалов к износному колееобразованию в условиях, приближенных к эксплуатационным // Журнал «Вестник евразийской науки», 2014, с. 2–8.
6. Косухин М. М., Косухин А. М., Шарапова Ю. А., Шарапов О. Н., Обеспечение долговечности, эксплуатационной надежности, комфортности и экологической безопасности улично-дорожной сети путем использования цементобетонных дорожных покрытий на модифицированном вяжущем. // Журнал «Вестник Белгородского технологического университета им. В. Г. Шухова», 2016, № 3, с. 31–37.

Технология красного полусухого вина: конструктивный расчет валковой дробилки

Батюта Елизавета Романовна, специалист по сдаче отчетности
Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

В данной статье рассматриваются основные этапы производства красного вина, начиная от выбора винограда и заканчивая выдержкой виноматериала. Описываются технологии дробления, прессования и выдержки виноматериала, которые играют ключевую роль в формировании характера красного вина. Также производится конструктивный расчет валковой дробилки. Статья будет полезна как профессиональным виноделам, так и любителям, интересующимся процессом создания одного из самых популярных алкогольных напитков в мире.

Ключевые слова: этапы виноделия, красное вино, сусло, мезга.

Современное виноделие является значимой отраслью пищевой промышленности, основанной на передовых достижениях науки и техники, включая микробиологию, биохимию, механику и автоматику.

Многие высококачественные вина известных брендов пользуются всемирным признанием и занимают значительную долю на международных рынках винодельческих стран. Производство виноматериала для красного вида — это производством с непрерывным технологическим процессом

Объемы производства вина как в России, так и в мире постоянно растут По данным Всемирной организации вина и виноделия (OIV) за 2024 год, в России было произведено 27 131 тыс. дал виноградного вина, что на 9,3 % превышает показатели предыдущего года. Это объясняется не только наличием определенной культуры употребления вина во многих странах, но и его полезными терапевтическими свойствами, связанными с содержанием органических кислот, сахаров, антиоксидантов, витаминов и других соединений, а также микроэлементов (калий, натрий, кальций, магний, фосфор), дубильных, красящих и ароматических веществ. Минеральные кислоты, такие как винная, яблочная, салициловая, содержащиеся в любом виде вина, способствуют усвоению пищевых протеинов, таких как мясо и рыба. Красное вино, в частности, содержит кофеиновую кислоту, которая способствует выздоровлению пациентов с бронхолегочными заболеваниями, помогая разжижать мокроту и облегчая ее отхождение.

С целью проектирования технологической линии производства виноматериалов для столового красного вина, были произведены материальные расчеты линии в соответствии с заданной часовой и годовой производительностью.

В нашей работе производство виноматериала для красного вина — это производство с непрерывным технологическим процессом. Оборудование предназначено для работы в течение длительного периода, что позволяет повысить производительность, однако оно более специализировано, поэтому при изменении требований к сырью или упаковке могут потребоваться значительные инвестиции и перенастройка всего процесса.

Технологическая схема для производства виноматериала для красного вина представлена следующими этапами [1, 2, 4]:

1. Подготовка производства
2. Дробление
3. Сульфирование

4. Осветление.
5. Брожение
6. Контроль спиртового брожения
7. Обработка виноматериала холодом
8. Отстаивание
9. Выдержка виноматериала

В среднем рентабельное производство вина начинается примерно с 1 млн бутылок вина — это приблизительно 1100 тонн виноград в год и около 130–150 га виноградников с плотной посадкой. Рассмотрим процесс приготовления вино-материала из 1000 кг винограда

Количество рабочих дней в году примем за 300 дней. В среднем рентабельное производство вина начинается при-мерно с 1 млн бутылок вина — это приблизительно 1100 тонн виноград в год и около 130–150 га виноградников с плотной посадкой. Рассмотрим процесс приготовления виноматериала из 1000 кг винограда.

Потеря винограда при приемке, разгрузке, подачи на дробление и дробление $n = 0.6\%$: $n = 1000 \cdot 0,6 / 100 = 6$ кг

Количество винограда, прошедшее дробление: $M_v = 1000,0 - 6,0 = 994,0$ кг

Количество гребней образующихся из винограда при дроблении: $M_r = 994,0 \cdot 0,37 \cdot (100 + 16,47) / 100 = 42,83$ кг

Количество жирной мезги образующейся из винограда при дроблении: $M = 994 - 42,83 = 951,17$ кг

Потери при брожении мезги до остаточной сахаристости 7%: $46,6 \cdot 10 \cdot (22,25 - 7) \cdot 755,2 / 100000 = 53,66$ кг

На контракцию образование спирта при брожении: $0,0008 \cdot 0,6 \cdot (22,25 - 7) \cdot 755,2 = 5,49$ л или $5,49 \cdot 100 / 755,2 = 0,72\%$ об

Механические потери приняты равными $n = 0.6\%$: $0,6 \cdot 755,2 / 100 = 4,53$ л или $0,6 \cdot 951,17 / 100 = 5,70$ кг

Выход сусла недоброда из аппаратов брожения на мезге: потери подброженного сусла в стекателях и прессах $n = 0,5\%$ $n = 1000,0 \cdot 0,005 = 5$ кг

Количество отходящих сладких выжимок: $51,17 - 5 - 5,7 - 53,66 - 763,06 = 123,75$ кг $\rho^{20} = 0,99823 \cdot (0,9849 + 1,0415 - 1,000) = 1,024$ кг/л

Виноматериал с остаточным сахаром 7% $755,2 - 5,49 - 4,53 = 745,18$ л или $745,18 \cdot 1,024 = 763,06$ кг

Соотношение выхода сброженного сусла после стекания и прессования сусло-самотек в смеси с суслом низкого дав-ления СВД = 89,48 л СНД = 655,70 л Или СВД = 91,63 кг СНД = 671, 43 кг

Таблица 1. Материальный баланс годовой переработки винограда на сусло

Поступление:	В год, кг	в час, кг	Выход:	в год, кг	в час, кг
1	2	3	4	5	6
Сырье: Виноград, в том числе не осветленное сусло	1100000	152,3	Продукты:		
			осветленное сусло,	73873	102,6
			неосветленное сусло высокого давления	100793	13,99
			Отходы:		
сладкие выжимки,	136 125	18,9			
гребни после дробления винограда	47113	6,54			
Итого:	1100000	152,3	Потери:		
			при приемке,	6600	0,92
			при переработке мезги на сусло,	5500	0,76
			на образование CO ₂	59026	8,2
механические потери.	6270	0,87			
Итого:	1100000	152,3	Итого:	1100000	152,3

Количество сусловой гущи в сброженном сусле-самотеке и сусле низкого давления:

$$5,7 \cdot 1,024 = 5,83\% \text{ об.}$$

$$m_{cm} = 655,7 \cdot (1 + 1,5) \cdot 5,83 / 100 = 95,57 \text{ л.}$$

$$655,7 \cdot 1,024 \cdot (1 + 1,5) \cdot 5,83 / 100 = 97,86 \text{ кг}$$

Количество осветленного сброженного сусла-самотека в смеси с суслом низкого давления полученное при деконти-ровании осадка:

$$m_{cc} = 655,7 - 95,57 = 560,13 \text{ л.}$$

$$671,43 - 97,86 = 573,57 \text{ кг}$$

Образование сульфированного осадка: $5,57 \cdot 1 / 2,5 = 38,23$ л. $97,86 \cdot 1 / 2,5 = 39,14$ кг.

Потери при дображивании до 4,5% и осветление в емкостях для хранения на образование CO₂:

$$46,6 \cdot 10 \cdot (22,25 - 17,75) \cdot 560,13 / 100000 = 11,7 \text{ кг}$$

На контракцию образовавшегося спирта при дображивании:

$$0,08 \cdot 0,6 (22,25 - 17,75) \cdot 560,13 / 100 = 1,21 \text{ л}$$

$$1,21 \cdot 100 / 560,13 = 0,216 \% \text{ об.}$$

Механические потери приняты равными разности между средней величины суммарных потерь брожения 3 % и уже учтенными

$$3 - 1,21 - 0,6 - 0,216 = 0,974 \% \text{ об.}$$

$$560,13 \cdot 0,974 / 100 = 5,455 \text{ л}$$

$$573,57 \cdot 0,974 / 100 = 5,586 \text{ кг}$$

Количество молодого виноматериала на момент снятия с дрожжевых осадков

$$560,13 - 1,21 - 5,455 = 553,465 \text{ л.; } 573,57 - 11,7 - 5,586 = 556,284 \text{ кг}$$

Потери при снятии виноматериала с дрожжевых осадков (принята равными 0,5 % от объема сусла):

$$560,13 \cdot 0,005 = 2,8 \text{ л.};$$

$$2,8 \cdot 556,284 / 53,465 = 2,8 \text{ кг}$$

Выход продуктов по объему при снятии с осадка дрожжей: дрожжевой гущи принята равным 7,5 % об из условия, что ее образуется в 3 раза больше, чем плотной дрожжевой массы, представляющей собой дрожжевые отходы при брожении сусло на п/сладкое и составляют 2,5 % от осветленного сусла.

$$560,13 \cdot 0,075 = 42 \text{ л}$$

Осветленного снятого с осадка виноматериала:

$$553,465 - 2,8 - 42 = 508,665 \text{ л}$$

Выход продуктов по массе при снятии с осадка дрожжей осветленного виноматериала плотность, вычисления в нем по содержанию спирта

$$(22,25 - 4,5) \cdot 0,6 = 10,65 \% \text{ об и общего экстракта принятого равным } 2\%$$

$$\rho^{20} = 0,99823 \cdot (0,9835 + 1,0216 - 1,000) = 1,003 \text{ кг/л}$$

$$508,665 \cdot 1,003 = 510,19 \text{ кг}$$

— дрожжевой гущи:

$$556,284 - 2,8 - 510,19 = 42,294 \text{ кг}$$

Выход продукта при центрифугировании дрожжевой гущи сброженного сусла – фугата составляет 7,5 – 2,5 = 50 % об от сбрасываемого сусла или

$$5 / 7,5 = 2,3 \text{ от части объема дрожжевой гущи:}$$

Потери при обработке холодом в потоке без выдержки (n = 0,25 %):

$$508,665 \cdot 0,0025 = 1,27 \text{ л}$$

$$510,19 \cdot 0,0025 = 1,27 \text{ кг}$$

Выход виноматериала полусладкого после обработки холодом:

$$508,665 - 1,27 = 507,395 \text{ л}$$

$$510,19 - 1,27 = 508,92 \text{ кг}$$

Потери при холодной фильтрации включает в себя переливки и фильтрации через фильтр-пресс:

— потери при переливки (n = 0,09 %)

— потери при фильтрации через фильтр-пресс (n = 0,15 %)

$$507,395 \cdot (0,09 + 0,15) / 100 = 1,22 \text{ л}$$

$$508,92 \cdot (0,09 + 0,15) / 100 = 1,22 \text{ л}$$

Выход виноматериала после обеспложивающей фильтрации:

$$507,395 - 1,22 = 506,175 \text{ л}$$

$$508,92 - 1,22 = 507,7 \text{ кг}$$

Таблица 2. Сводная таблица материального баланса готового виноматериала

Поступление	в год, кг	в час, кг	Выход	в год, кг	в час, кг
1	2	3	4	5	6
Сырье: Виноград, в том числе не осветленное сусло	1100000	152,3	Продукты: Осветленное сусло	738573	102,6
			Продукт: Обработанный виноматериал	558470	7,759
Сырье: Осветленное суслосамотек и прессовой фракции низкого давления	738537	102,57	Отходы:		
			Плотный осадок, диоксид углерода	43054 12870	5,97 1,79
Итого:	738537	102,57	Потери:		
			Брожение и дображивание, потери при снятии с дрожжевых осадков, обработка холодом в потоке с фильтрацией	6144 3080 1342	0,85 0,43 0,186
			Итого:	122360	16,985

На основании материального баланса выбрали оборудование для производства виноматериалов для столового красного вина.

Предлагаемое технологическое оборудование выбиралось с учетом следующих факторов:

- 1) Обеспечение качества выпускаемой продукции
- 2) Соответствие технических характеристик необходимым параметра технологического процесса
- 3) Обеспечение требуемых производственных мощностей
- 4) Опыт эксплуатации данного оборудования на предприятиях винодельческой отрасли
- 5) Оптимальное соотношение «цена-качество» данного оборудования

Таблица 3. Сводная таблица оборудования для каждого этапа

Оборудование для:	Наименование
Подготовки производства и сырья.	автоконтэйнер ARDU0000001.
	бункер-питатель THF01
Дробления	дробилка ВДГ-20
	мезгонасос Z70
Сульфитирования	сульфитодозатор СЭ-001
	стекатель PS/M40.
Прессования	пресс Tecnova 15
Отстаивания и экстрагирования	экстрактор-винофикатор VT 3
Осветления	трубчатый теплообменники Б2-ВХ2
	фильтр пресс F8-V
	аппарат для настаивания БРК-3М
	суслонасос MP-40 RM.
Брожения	резервуар PBC-10
Обработки виноматериалов холодом	ультраохладитель В01-У2,5.
Выдержки виноматериалов	резервуар PBC-10
	холодильная камера Haier FWC33GA.
	пластинчатый мембранный фильтр ULP1812-75 RO.

Исходя из выбранного оборудования, составлена машинно-аппаратурная схема производства виноматериалов для красного вина, представленная на рисунке 1. Поступившее на завод сырье, находившееся в автоконтэйнере 1, выгружается в приемный бункер питатель 2 и шнеком подается в валковую центробежную дробилку 3. Получившиеся после дробления мезга поступает в мезгоприемник 4, находящийся под дробилкой, откуда он подается на сульфитодозатор 5. После процедуры сульфитации образовавшееся сусло передается на пресс 7 при помощи стекателей 6. Далее сусло попадает в настольные резервуары 8 (экстрактор-винификатор), где происходит разделение твердой и жидкой частей и обработка осадка твердыми частицами. После настаивания сусло суслонасосом 9 через трубчатый теплообменник 10, где происходит охлаждения, направляется на фильтрацию с использованием фильтр-прессов 11, а позднее в отстойные термостатированные резервуары 12. Осветленное сусло насосами снимается с осадка и подается на брожение в бро-дильный чан 13. Далее происходит термическая обработка сусли с помощью ультраохладителя 14, осветление с применением отстойного термостатированного резервуара 15 и фильтр-прессов 16. Виноматериал отправляют на выдержку на несколько месяцев при температуре 10–12 °С в холодильную камеру 17 в резервуаре для хранения 18.

Следующей задачей нашего исследования являлось конструктивный расчет валковой дробилки.

Исходные данные:

d_n — средний начальный размер измельчаемых ядер = 18 мм.

b — зазор между валками = 5 мм.

L — рабочая длина валков = 700 мм.

$n_{\text{валк}}$ — частота вращения валков = 70 об/мин.

$d_{\text{валк}}$ — диаметр валков = 317 мм.

n — частота вращения вала = 200 об/мин.

Определить:

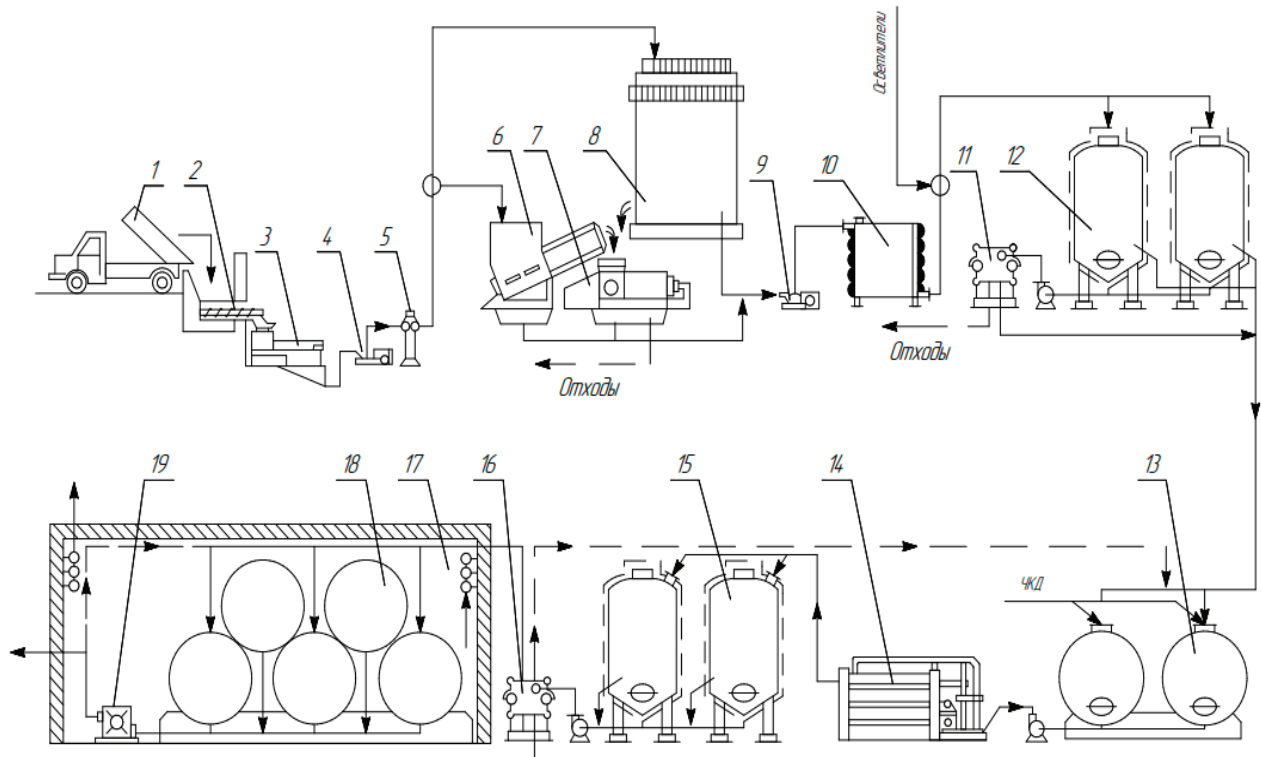
N — мощность электродвигателя валкового механизма, кВт.

V_c — секундный объём ленты продукта, выходящей через щель между валками, м³/с.

Принимаем угол захвата $\alpha=15^\circ$.

Определяем ширину выходной щели a , м, из отношения:

Принимаем угол захвата $\alpha=15^\circ$.



1 – автоконтейнер; 2 – бункер-питатель; 3 – валковая дробилка; 4 – мезгасос; 5 – сульфитодозатор; 6 – стекатель; 7 – пресс; 8 – настольный резервуар; 9 – суспензосос; 10 – трубчатый теплообменник; 11, 16 – камерные фильтры-прессы; 12, 15 – отстаивные термостатированные резервуары; 13 – бродительный резервуар; 14 – ультраохлаждитель; 17 – холодильная камера; 18 – резервуар для хранения виноматериала; 19 – пластичный фил.

Рис. 1. Машинно-аппаратурная схема производства виноматериалов для красного вина

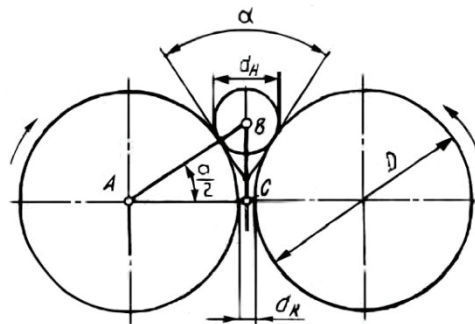


Рис. 2. Иллюстрация к расчету валковой дробилки

Определяем ширину выходной щели a , м, из отношения:

$$a / d = 0.25$$

где d_n – диаметр загружаемого материала, $d = 85 = 0,018$ м

$$a = d_n \cdot 0,25$$

$$a = 0.018 \cdot 0,25 = 0.0045 \text{ м}$$

Значение D находится из треугольника ABC :

$$\left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2}\right) \cdot \cos a = \frac{D}{2} + \frac{a}{2}$$

$$\frac{D}{d} = \frac{\cos(15^\circ) - 0,45}{1 - \cos(15^\circ)} = 22$$

Наибольший диаметр загружаемого материала (d) задан 18 мм, поэтому диаметр вальцов равен:

$$D_B = d \cdot 22 = 18 \cdot 22 = 317 \text{ мм}$$

Определяем окружные скорости валков по формуле

$$v = (\pi \cdot D \cdot n) / 60$$

где $D = D_{\text{в}} = 317$ мм — минимальный диаметр валка

n — частота вращения валков = 70 об / мин ($n_{\text{м}} = 69$ об / мин, $n_{\text{б}} = 70$ об / мин)

$$v_{\text{м}} = (3,14 \cdot 0,317 \cdot 69) / 60 = 1,14 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{б}} = (3,14 \cdot 0,317 \cdot 70) / 60 = 1,16 \text{ м/с}$$

$$n_{\text{мин}} = 1 / D$$

$$n_{\text{макс}} = 2 / D$$

$$n_{\text{мин}} = 1 / 0,317 = 3,15$$

$$n_{\text{макс}} = 2 / 0,317 = 6,3$$

Нагрузки в основных элементах.

Усилия в деталях валковой дробилки определяются нагрузкой, которая создается пружинами предохранительного устройства. Эта нагрузка зависит от многих факторов и может быть вычислена лишь приближенно.

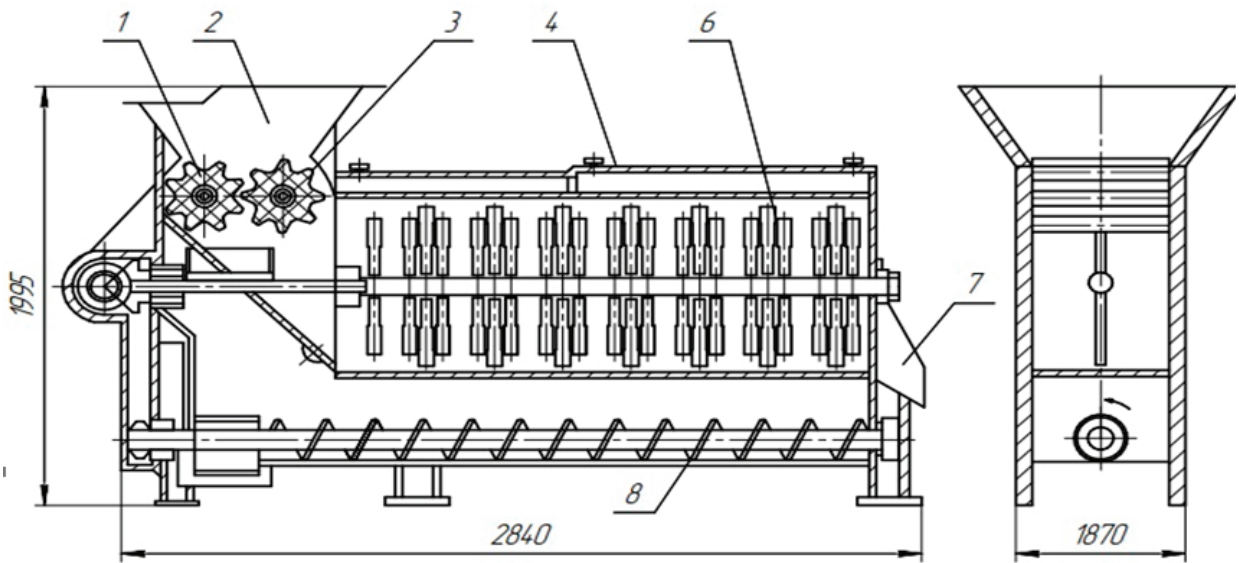
Предположим, что среднее суммарное усилие между валками при дроблении материала равно $P_{\text{ср}} (Н)$. Площадь, на которой будет действовать это усилие:

$$F = L \cdot l$$

где L — длина валков, м; l — длина дуги на участке измельчения материала, м,

$$l = R \cdot \alpha = (D \cdot \alpha) / 2$$

(R — радиус валка, м; α — угол дуги, рад.).



Технические характеристики

1. Производительность	18 т/ч
2. Диаметр валков	317 мм
3. Длина валков	700 мм
4. Зазор между валками	5 мм
5. Частота вращения валков	70 мин.1
6. Мощность электродвигателя	0,65 кВт
масса	14,25 кг
длина	2840 мм
ширина	1870 мм
высота	1995 мм

Рис. 3. Валковая дробилка ВДГ-20

$$\alpha = 15^\circ.$$

$$\text{Тогда } l = 0,131 \cdot D = 0,143 \cdot 0,306 = 0,042 \text{ м.}$$

$$F = 0,7 \cdot 0,042 = 0,029 \text{ м}^2$$

Среднее суммарное усилие (Н) дробления

$$H = \sigma_{\text{сж}} \cdot F \cdot \mu = \sigma_{\text{сж}} \cdot L \cdot l \cdot \mu$$

где $\sigma_{\text{сж}}$ — предел прочности материала при сжатии, кг/см² ($\sigma_{\text{сж}} = 1200\text{-}1800 \text{ кг/см}^2$);

μ — коэффициент разрыхления материала, для прочных пород $\mu = 0,2\text{-}0,3$.

$$H = 1500 \cdot 290 \cdot 20 = 8700000 \text{ Н} = 7,92 \text{ МН}$$

Мощность привода электродвигателя валковой дробилки:

$$N = 0,119 \cdot l_{\text{валк}} \cdot D_{\text{валк}} \cdot n_{\text{валк}} \cdot (120 \cdot d_{\text{яг}} + D_{2\text{валк}}) \cdot K$$

где K — коэффициент, учитывающий физико-механические свойства винограда, профиль

валков = 0,2

$d_{\text{яг}}$ — диаметр ягоды = 0,018 м

$l_{\text{валк}}$ — длина валка = 0,7 м

$D_{\text{валк}}$ — диаметр валка = 0,317 м

$n_{\text{валк}}$ — частота вращения валка = 70 об/мин

$$N = 0,119 \cdot 0,7 \cdot 0,317 \cdot 70 \cdot (120 \cdot 0,0014 + 0,3172) \cdot 0,2 = 0,65 \text{ кВт}$$

Подбираю валковую дробилку ВДГ-20 (рис. 3).

Таблица 4. Техническая характеристика двухвалковой дробилки ВДГ-20

Показатель	Значения
Зазор между валками, мм	5
Диаметр валков, мм	317
Максимальная крупность исходного материала, мм	18
Частота вращения валком, об/мин	70
Рабочая длина валков, мм	700
Мощность электродвигателя кВт	0,65
Производительность, м ³ /ч, не менее при выходной щели	
Минимальной	13,0
Максимальной	65,0
Масса, кг	1425

На основе анализа научно-технической литературы предложен непрерывный способ производства виноматериала для красного столового вина, включающее брожение в закрытых чанах с плавающей шапкой. Материальными расчетами установлены потребности в сырье на 1 час и 1 год работы линии при заданной производительности по сырью: 1100000 кг/год и 152,3 кг/ч. Исходя из выбранного оборудования, составлена машинно-аппаратурная схема производства виноматериалов для красного вина, и выполнены конструктивные расчеты двухвалковой дробилки ВДГ-20, предложены технические характеристики.

Литература:

1. Баланов П. Е. Промышленное производство вина / П. Е. Баланов — М.: ИТМО, 2016. —12–43 с.
2. Аношин И. М. Физико-химические процессы виноделия/ И. М. Аношин, А. А. Мерзжаниан. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 352 с.
3. Балануце А. П. Современная технология столовых вин/ А. П. Балануце, Г. Ф. Мустяце. — Кишинев: Картя Молдовеняскэ.- 1985. — 223с.
4. Герасимов М. А. Технология вина/ М.А Герасимов. — М.: Типография Московской картонажной фабрики. — 1959. — 637 с.
5. Валуйко Г.Г. Справочник по виноделию / Г. Г. Валуйко. — М.: Агропромиздат, 1985. — 447 с.

6. Бурьян Н. И. Микробиология виноделия/ Н. И. Бурьян, А. В. Тюрина — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 272 с.
7. Кишковская С. А. Основы микробиологии, санитарии и гигиены в винодельческой промышленности/ С. А. Кишковская, В. С. Разуваев. — К.: Агропромиздат, 1986. — 144 с.
8. Бриллинг Н. С. Справочник по строительному черчению/Н. С. Бриллинг, С. Н. Белягин, С. И. Симонов. — М.: Стройиздат, 1987. — 448 с.
9. Будасов Б. В. Строительное черчение/ Б. В. Будасов, В. П. Каминский — М.: Стройиздат, 1990. — 464 с.

Эксплуатация системы оборотного водоснабжения на АЭС с реакторной установкой ВВЭР-1200

Быковский Денис Валерьевич, студент магистратуры
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Москва)

Современное развитие атомной энергетики в России связано с масштабной эксплуатацией серийных блоков и строительством новых АЭС с мощностью до 1200МВт, отвечающими повышенными требованиями к безопасности и несению электрической мощности в соответствии с диспетчерскими графиками нагрузки, а также в режимах суточной маневренности.

Введение

Система оборотного водоснабжения энергоблока спроектирована по замкнутой оборотной схеме водоснабжения с башенной испарительной градирней на естественной тяге с противоточной схемой движения охлаждаемой воды и воздуха. Охлаждение в градирне происходит за счет теплоотдачи при контакте воды с воздухом (конвекция) и за счет ее испарения на оросителях (массоотдача).

В зависимости от требований, предъявляемых к теплообменному оборудованию предусмотрены две системы охлаждения на градирне:

- система основной охлаждающей воды предназначена для отвода тепла от конденсаторов турбоустановки и теплообменников системы вакуумирования конденсаторов, система обеспечивает конденсацию отработанного пара в турбине с требуемой величиной вакуума, что, в конечном итоге, влияет на мощность турбоагрегат;
- система охлаждения неответственных потребителей, обеспечивающая отвод тепла от воздухоохладителей электродвигателей насосных агрегатов, воздухоохладителей возбуждителя генератора, маслоохладителей системы смазки турбины, теплообменников системы охлаждения ротора и статора генератора, холодильных машин, резервной дизельной электростанции, компрессорной и другого вспомогательного оборудования.

Принципиальная схема оборотного водоснабжения приведена на рис.1.

Для восполнения потерь, за счёт упаривания теплоносителя, из системы оборотного водоснабжения предусмотрена система подпитки из источника водоснабжения реки Дон.

Система основной охлаждающей воды состоит из:

- системы механической очистки охлаждающей воды;
- системы трубопроводов охлаждающей воды;
- четырёх циркуляционных насосов основной охлаждающей воды;
- системы оборотной воды в градирне.

Системы охлаждения неответственных потребителей состоит из:

- двух насосов технического водоснабжения для охлаждения потребителей в здании турбины;
- двух насосов для охлаждения резервной дизельной электростанции;
- четырёх насосов для охлаждения теплообменного оборудования холодильных машин и компрессоров.

Вода, охлажденная в градирне по отводящему каналу холодной воды градирни поступает в водоподводящий канал блочной насосной станции. Водоподводящий канал предназначен для выравнивания уровня воды и для механической очистки воды после градирни.

Система механических очистных устройств включает в себя две ступени очистки воды: сороудерживающие решетки для очистки от крупного мусора и плавающих предметов крупнее 68 мм и водоочистные вращающиеся сетки для очистки воды от плавающего мусора размером от 5мм до 68мм.

Из водоподводящего канала охлаждающая вода забирается четырьмя циркуляционными насосами и по напорным трубопроводам подается в здание турбины на конденсаторы турбоустановки и на теплообменники вакуумной установки.

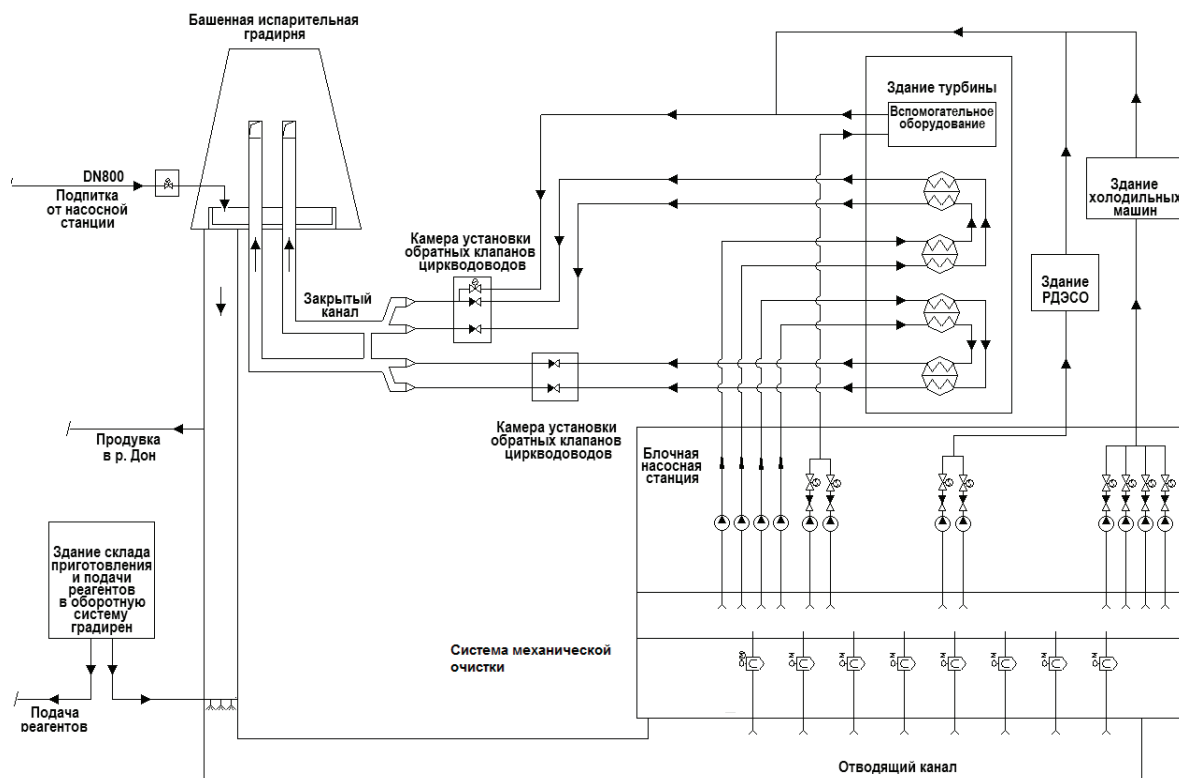


Рис. 1. Принципиальная схема оборотного водоснабжения

После конденсаторов и теплообменников вакуумной установки нагретая вода под остаточным напором по сливным трубопроводам поступает в трубопроводы водораспределения градирни. После охлаждения в градирне вода поступает в водоподводящий канал блочной насосной станции, цикл оборотной системы водоснабжения замыкается.

Анализ

Системы оборотного водоснабжения современных энергоблоков базируются на применении башенных испарительных градирен. При эксплуатации системы оборотного водоснабжения температура воды на входе в конденсаторы турбин находится в прямой зависимости от температуры окружающего воздуха. В период высоких летних температур, с целью недопущения превышения допустимого давления в конденсаторе, предпринимается вынужденное ограничение по несению электрической нагрузки. Для минимизации недовыработки электроэнергии остро встает вопрос об оптимизации работы системы отвода тепла в окружающую среду.

В оборотных системах водоснабжения в результате многократной циркуляции охлаждающей воды происходит ускоренный рост общей минерализации. Содержащиеся в воде нестабильные гидрокарбонаты разлагаются до карбонатов, загрязняющих теплообменные поверхности оборудования, что вызывает ухудшение теплообмена и снижение технико-экономических показателей работы оборудования.

Охлаждающая вода должна обладать качеством, которое обеспечивает требуемую глубину вакуума в конденсаторе, не вызывает при нагреве образования минеральных отложений и биологических обрастаний, коррозию оборудования и трубопроводов. Однако ввиду больших расходов (до 145 тыс.м³/ч), проведение тщательной очистки охлаждающей воды не целесообразно.

Способ обработки воды в целях предотвращения загрязнения теплообменного оборудования выбирается в зависимости от:

- качества охлаждающей воды;
- характера отложений;
- типа и условий работы системы охлаждения.

При выявлении выраженной накипеобразующей способности воды (гидрокарбонатного класса) методы обработки должны быть направлены на:

- уменьшение карбонатной жесткости и карбонатного индекса;
- снижение коэффициента упаривания;
- стабилизацию солей в циркуляционной воде и вывод шлама из системы.

С целью определения технических характеристик работы БИГ необходимо проводить балансовые испытания, которые с учетом проведения измерений и обработкой результатов замеров занимают продолжительное время, требуют дополнительных финансовых затрат, установку дополнительных измерительных приборов. Для оперативного мониторинга отклонений необходимо сравнение температуры охлажденной в БИГ воды с проектными номограммами гидротермических характеристик. С целью определения температуры охлажденной воды в БИГ от прогнозируемой температуры воздуха, для определения возможности несения заданного диспетчерского графика электрической мощности, необходимо построение фактических номограмм, которые могут отличаться от заявленных производителем проектных характеристик.

В качестве примера, объектом проведения испытаний были выбраны башенные испарительные градирни БИГ энергоблоков с РУ ВВЭР-1200 Нововоронежской АЭС-2.

Натурные испытания проводились при различных климатических параметрах:

- при температурах атмосферного воздуха выше 20 °С — 2÷3 сентября 2020 года;
- при температурах атмосферного воздуха 5÷20 °С — 13÷14 октября 2020 года.

В дополнение к штатным приборам контроля, использовались мобильная метеостанция (с целью определения относительной влажности атмосферного воздуха, скорости ветра, барометрического давления) и переносной анемометр для определения скорости воздуха над оросительным пространством.

Испытания проводились по программе, разработанной в соответствии с СО 34.22.402–94 «Типовая инструкция по приёмке и эксплуатации башенных испарительных градирен».

Испытания проводились при постоянной гидравлической нагрузке. Остальные режимы рассчитываются математически, с использованием архивных данных измерений.

Характеристики градирни определяются путем совместного решения следующих уравнений, описывающих процесс испарительного охлаждения циркуляционной воды:

- уравнение теплового баланса;
- уравнение материального баланса.

Уравнение материального баланса имеет вид:

$$L_{ГН} + L_{ЖК} = L_{ГК} + L_{ЖН}, \text{ где:}$$

$L_{ГН}$ — массовый расход воздуха на входе в градирню, кг/с;

$L_{ЖК}$ — массовый расход воды на входе в градирню, кг/с;

$L_{ГК}$ — массовый расход воздуха на выходе из градирни, кг/с;

$L_{ЖН}$ — массовый расход воды на выходе из градирни, учитывая потери, кг/с.

Уравнение теплового баланса имеет вид:

$$Q_{вод1} + Q_{возд1} = Q_{вод2} + Q_{возд2} + Q_{п}, \text{ где:}$$

$Q_{вод1}$ — количество теплоты в воде на входе в градирню, кДж;

$Q_{возд1}$ — количество теплоты в сухом воздухе на входе в градирню, кДж;

$Q_{вод2}$ — количество теплоты в воде на выходе из градирни, кДж;

$Q_{возд2}$ — количество теплоты во влажном воздухе на выходе из градирни, кДж;

$Q_{п}$ — потери теплоты, связанные с теплообменом, каплеуносом, нагревом несущих строительных конструкций и т. д.

После проведения расчетов БИГ Энергоблока № 1:

- уравнение теплового баланса сводится к: 7863898,0 кДж = 7861906,8 кДж;
- уравнение материального баланса сводится к: 72917,3 кг/с = 72918,0 кг/с.

Для БИГ Энергоблока № 2:

- уравнение теплового баланса сводится к: 7828217,0 кДж = 7822527,4 кДж;
- уравнение материального баланса сводится к: 73061,0 кг/с = 73060,5 кг/с.

После решения данных уравнений приходим к выводу, что показания штатных приборов коррелируют друг с другом при расчете теплового и материального балансов градирни без серьезных отклонений.

Данные по расходу и температуре циркуляционной воды получены со штатных датчиков системы мониторинга параметров работы градирни (архивные протоколы).

Суммарный расход циркуляционной воды 34088 (датчик 1) + 34284 (датчик 2) + 34088 (датчик 3) + 33892 (датчик 4) = 139352 м³/ч.

Добавляем количество воды на вспомогательное оборудование 139352 + 6000 = 142352 м³/ч.

Дополнительно при проведении тепловых расчетов была внесена поправка на объем и температуру подпиточной воды в размере:

02.09.2020 и 03.09.2020–4200 м³/ч, температура воды 22 °С.

13.10.2020 и 14.10.2020–4200 м³/ч, температура воды 16 °С.

Данная поправка учтена при расчёте и не требует дополнительных манипуляций для определения температуры охлаждающей воды.

Результаты испытаний:

Энергоблок № 1

№	Расход воды на градирню, м ³ /ч	Температура воды, подаваемой на градирню, °С	Температура воды в чаше градирни, °С	Охлаждающая способность градирни, °С
1	145509	44,5	33,3	11,2
2	138100	44,7	33,6	11,2
3	138435	45,1	33,8	11,3
4	145352	45,4	34,1	11,3
5	144624	45,7	34,5	11,3
6	145053	46,5	35,2	11,3
7	144885	46,7	35,5	11,3
8	145139	47,2	35,8	11,4
9	144781	47,6	36,2	11,5
10	145259	47,7	36,4	11,4
11	139859	47,9	36,5	11,5
12	145139	47,2	35,8	11,4

Энергоблок № 2

№	Расход воды на градирню, м ³ /ч	Температура воды, подаваемой на градирню, °С	Температура воды в чаше градирни, °С	Охлаждающая способность градирни, °С
1	153040	41,3	29,6	11,7
2	152629	41,7	30,0	11,7
3	154117	41,8	30,1	11,7
4	153021	42,2	30,4	11,8
5	133859	42,6	30,8	11,8
6	153173	43,1	31,2	11,9
7	153629	43,5	31,8	11,7
8	153333	43,7	31,8	11,9
9	154552	43,7	32,0	11,8
10	155125	43,7	31,8	11,9
11	154795	43,6	31,9	11,7
12	154293	43,8	32,1	11,7

Результат:

Режим работы проектный Гидравлическая нагрузка 100 % (145489 м ³ /ч) Температура воздуха 28,6 °С Относительная влажность 40 %		
БИГ Энергоблок № 1		
Измеряемый параметр	Фактический	Проектный
Температура нагретой воды, °С	48,5	42,9
Температура охлажденной воды, °С	36,6	31
Разница температур, °С	11,9	11,9
Темп-ра воздуха по влаж. терм-ру, °С	19,1	19,1
Глубина охлаждения, °С	17,5	11,9
Отклонение от проектной глубины охлаждения, °С	5,6	
БИГ Энергоблок № 2		
Температура нагретой воды, °С	45,2	42,9
Температура охлажденной воды, °С	33,3	31
Разница температур, °С	11,9	11,9
Темп-ра воздуха по влаж. терм-ру, °С	19,1	19,1
Глубина охлаждения, °С	14,2	11,9
Отклонение от проектной глубины охлаждения, °С	2,3	

Вывод

Было обнаружено значительное количество солей в циркуляционной воде, и как следствие серьезные отложения на технологическом оборудовании и строительных конструкциях.

Отложения на технологическом оборудовании влекут за собой:

- резкое снижение эффективности работы;
- повышение температуры охлажденной воды;
- изменение положения разности температур (вход/выход) в градирне вверх по температурной шкале;
- увеличение аэродинамического сопротивления оросительного устройства и градирни в целом, из-за уменьшения его проходного сечения;
- снижение проектной тепловой нагрузки на градирню.

Солевые отложения связаны с очень низким количеством подпиточной воды. Для градирен, использующих подпиточную воду из открытых водоемов без предварительной подготовки (согласно «Охрана окружающей среды: процессы и аппараты защиты гидросферы» п. 6.2 Обратное водоснабжение), рекомендуемое количество продувочной воды составляет 5–10 % от гидравлической нагрузки. Таким образом рекомендуется продувать не менее 7300 м³/ч воды оборотного цикла. Учитывая, что к этой цифре прибавляются потери на испарение (около 2600 м³/ч), каплеунос, вынос воды через воздухоходные окна, то необходимый объем подпитки должен составлять около 10000 м³/ч.

Литература:

1. Проектная документация. Нововоронежская АЭС-2. Раздел 5. 5.7. Технологические решения. 5.7.5. Техническое водоснабжение и гидротехнические решения. NW2P.B.372.&.050705.0201&.024.DP.0001K. ООО «ЭНЕРГОМАШ-КАПИТАЛ». 2013.
2. СО 34.22.402–94 «Типовая инструкция по приемке и эксплуатации башенных градирен» «ОРГЭС Москва 1997.
3. Технический отчет. Определение и анализ технических характеристик башенных испарительных градирен энергоблоков № 1,2 Нововоронежской АЭС-2. ООО «Каскад» Москва 2020.
4. РД 34.09.212 «Указания по нормированию показателей работы гидроохладителей в энергетике» «Южтехэнерго» 1981.
5. Турбина паровая К-1200–6,8/50 Расчетно-справочные данные Нововоронежская АЭС-2, блоки 1 и 2 NW2O.E.201.&.0UMA&&.MA&&.021.RG.0001 9730001 PP 0201. «Силовые машины. Филиал ЛМЗ» Санкт-Петербург. 2010.
6. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.02–84 «ФГУП ЦПП» Москва. 2006.

Повышение эффективности эксплуатации системы оборотного водоснабжения

Быковский Денис Валерьевич, студент магистратуры
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Москва)

В период работы энергоблоков на 100 % уровне мощности проведены испытания башенных испарительных градирен энергоблоков № 1, 2 Нововоронежской АЭС-2 по результатам, которых было обнаружено значительное количество солей в циркуляционной воде, и как следствие серьезные отложения на технологическом оборудовании и строительных конструкциях.

Отложения на технологическом оборудовании влекут за собой:

- резкое снижение эффективности работы БИГ;
- повышение температуры охлажденной воды;
- изменение положения разности температур (вход/выход) в градирне вверх по температурной шкале;
- увеличение аэродинамического сопротивления оросительного устройства и градирни в целом, из-за уменьшения его проходного сечения;
- снижение проектной тепловой нагрузки на градирню.

Солевые отложения связаны с очень низким количеством подпиточной воды. Для градирен, использующих подпиточную воду из открытых водоемов без предварительной подготовки (согласно «Охрана окружающей среды: процессы и аппараты защиты гидросферы» п. 6.2 Обратное водоснабжение), рекомендуемое количество продувочной воды составляет 5–10 % от гидравлической нагрузки. Таким образом рекомендуется продувать не менее 7300 м³/ч воды оборотного цикла. Учитывая, что к этой цифре прибавляются потери на испарение (около 2600 м³/ч), каплеунос, вынос воды через воздухоходные окна, то необходимый объем подпитки должен составлять около 10000 м³/ч.

Интенсивное отложение солей и иных примесей также связано с гидравлической перегруженностью градирни. Согласно Пособию по проектированию градирен к СНиП 2.04.02–84 плотность орошения для башенных испари-

тельных градирен не должна превышать $10 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$. В градирнях энергоблоков № 1,2 НВАЭС-2 плотность орошения составляет $14,13 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$, что значительно превосходит все рекомендации.

Способы повышения эффективности.

Для устойчивой работы и поддержания необходимого теплоперепада при рабочей гидравлической нагрузке, необходимо выдерживать воднохимический режим:

- содержание сульфатов — не более $1000 \text{ мг}/\text{дм}^3$;
- «рН» в диапазоне 8,0–8,9;
- твердые частицы — $320\text{--}520 \text{ мг}/\text{л}$;
- карбонатная жесткость — $3,0\text{--}6,8 \text{ мвал}/\text{л}$;
- хлориды — не более $2\text{--}15 \text{ мг}/\text{л}$.

Поддержание требуемого качества воды при проектной гидравлической нагрузке должно быть обеспечено:

- дозированием реагентов;
- продувкой канала холодной воды в объеме не менее $7300 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждую градирню;
- подпиткой бассейна градирни для компенсации эксплуатационных потерь воды в системе не менее $10000 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждую градирню.

Однако ввиду больших расходов (до 150 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$), проведение тщательной очистки охлаждающей воды не целесообразно и ресурсозатратно.

При необходимости производить очистку градирни после ее длительной эксплуатации по графику технического обслуживания (очистка водораспределительной системы, оросительного устройства, «зимних труб» и т. д.).

Необходимо проводить периодические осмотры технологического оборудования и строительных конструкций на предмет загрязнений или разрушений.

- ежедневно: качество воды, уровень воды в водосборном бассейне, температуру атмосферного воздуха и температуру воды в градирне для контроля режима эксплуатации;
- еженедельно: общее состояние градирен, внешний осмотр;
- ежемесячно: испытание задвижек на работоспособность;
- ежегодно: инспектирование изнутри и снаружи, при необходимости чистка или замена изношенного оборудования.

При повышении температуры циркуляционной воды в конденсаторе выше проектно допустимых значений рекомендуется, не меняя тепловой нагрузки, увеличивать расход циркуляционной воды в системе, вплоть до максимально предусмотренных величин для безаварийной работы конденсатора, с учетом его технического состояния. Такой способ является более выгодным с точки зрения удельного расхода топлива и приводит к лучшей глубине охлаждения.

При уменьшении разницы температур циркуляционной воды в градирне (вход/выход) необходимо снизить гидравлическую нагрузку на градирню, что приведет к уменьшению плотности орошения и восстановлению проектного теплоперепада.

Согласно пособию по проектированию градирен к СНиП 2.04.02–84 плотность орошения для башенных испарительных градирен не должна превышать $10 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$. Для снижения гидравлической перегруженности градирен энергоблоков № 1,2 можно рассматривать следующие варианты:

- строительство дополнительной вентиляционной градирни, производительностью не менее $45000 \text{ м}^3/\text{ч}$ (расход будет определяться при дополнительной проработке) для каждого энергоблока;
- строительство дополнительной башенной градирни, производительностью не менее $45000 \text{ м}^3/\text{ч}$ (расход будет определяться при дополнительной проработке) для каждого энергоблока.
- Вентиляторная градирня требует меньших капиталовложений на начальном этапе в сравнении с башенной, обладает большей глубиной охлаждения, что благоприятно влияет на общую температуру циркуляционной воды, занимает меньшую площадь застройки. Но имеет большие эксплуатационные затраты, состоящие, в основном, из потребления электроэнергии приводами вентиляционных установок. Учитывая климатические условия в зимний период площадки расположения энергоблоков Нововоронежской АЭС накладываются дополнительные, повышенные требования к эксплуатации вентиляционной градирни, связанные с возможностью замерзания воды в теплообменных элементах.

- Башенная градирня значительно превосходит вентиляционную по капитальным затратам, имеет в сравнении меньшую глубину охлаждения, занимает большую площадь под застройку при минимальных эксплуатационных затратах.

- Для выбора одного из этих вариантов гидравлической разгрузки существующих БИГ рекомендуется провести детальный сравнительный экономический и технический анализ.

В статье приводится возможность увеличения расхода подпитки-продувки системы оборотного водоснабжения энергоблоков № 1,2 Нововоронежской АЭС-2.

При поддержании стабилизационного водно-химического режима транспорт кальция в системах охлаждения зависит от соотношения расходов подпиточной и продувочной воды и концентрации ингибитора. В свою очередь, соотношение объемов подпитки и продувки — это коэффициент упаривания, и в идеальных условиях, при отсутствии потерь в системе, он равен отношению содержания наиболее растворимых компонентов в подпиточной и оборотной воде, например, ионов хлора или натрия (соблюдение баланса солей). Формулы для расчета транспорта кальция и коэффициента упаривания приведены ниже:

$$K_y = \frac{Q_n / n}{Q_{np.}} = \frac{[Cl]_{o.в.}}{[Cl]_{n. / n.}} = \frac{[Na]_{o.в.}}{[Na]_{n. / n.}}$$

$$Tr_{ca} = \frac{K_{y,ca}}{K_{y,Cl}} * 100\%$$

где K_u — коэффициент упаривания;

$Q_{n/n}$ и $Q_{пр}$ — расходы подпитки и продувки, соответственно, $\text{м}^3/\text{час}$ или $\text{м}^3/\text{сут.}$;

$[Cl]_{o.v.}$ и $[Cl]_{n/n}$ — концентрация хлоридов в оборотной и подпиточной воде, соответственно;

$[Na]_{o.v.}$ и $[Na]_{n/n}$ — концентрация ионов натрия в оборотной и подпиточной воде, соответственно;

$Tr.Ca$ — транспорт кальция, %;

$K_u Жса$ — коэффициент упаривания по кальциевой жесткости;

$K_u Cl-$ коэффициент упаривания по хлоридам.

Оптимальный ВХР должен гарантировать безопасную работу оборудования с поддержанием показателей качества охлаждающей воды в заданных пределах. При ведении стабилизационного водно-химического режима роль ингибитора сводится к сдерживанию процесса образования отложений в условиях интенсивного упаривания. Поэтому с ростом коэффициента упаривания более эффективный ингибитор обеспечивает большее значение транспорта кальция.

Система подпитки предназначена для восполнения потерь (продува, испарение, унос) из системы основной охлаждающей воды и системы неотвественных потребителей, а также подачи воды на нужды общестанционных потребителей.

Система подпитки состоит из:

- 4-х центробежных насосов подпитки;
- 3-х фильтрующих установок в камере переключений;
- трубопроводов, арматуры и КИПиА.

Насосная станция подпитки, где подпиточные насосы, расположена в пойме реки Дон. Со стороны реки Дон вода поступает по подводящему каналу в четыре водоприемные камеры подпиточных насосов, далее насосами в камеру переключений, где вода проходит очистку через фильтрующие элементы и поступает по трубопроводам подпитки в потребителям АЭС.

Установлен следующий режим работы насосных агрегатов: при работе первого и второго энергоблока в ра-

боте два подпиточных агрегата и два в резерве, при работе только первого или только второго энергоблока в работе один подпиточный агрегат и один в резерве.

Краткие технические характеристики подпиточных насосов ситсемы подпитки градирен:

- агрегат электронасосный центробежный вертикальный с электродвигателем;
- расход $Q=4837 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- напор $H=62\text{м}$;
- питающее напряжение $U=10\text{кВ4}$;
- мощность $N=1250\text{кВт}$;
- частота вращения $n=743\text{об/мин}$.

Трубопроводы подпитки обеспечивают подачу воды реки Дон от насосной станции подпитки до градирен энергоблоков № 1,2 НВ АЭС-2 в систему оборотного водоснабжения, а также для общестанционных нужд.

Максимальный расход трубопроводов подпитки на два энергоблока $9470 \text{ м}^3/\text{ч}$. Расход подпиточной воды на одну градирню составляет от $2600 \text{ м}^3/\text{ч}$ — зимний период до $4505 \text{ м}^3/\text{ч}$ в летний период, общестанционные нужды $460 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Трубопровод продувки предназначен для отведения воды в реку Дон:

- продувочной воды от блочной насосной станции системы оборотного водоснабжения;
- воды после от здания турбины фильтров прочистки основной охлаждающей воды.

Расход продувочной воды с двух блоков составляет от $3541,7 \text{ м}^3/\text{ч}$ — зимний период до $3663,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ — в летний период.

Вывод: наиболее оптимальный метод повышения эффективности эксплуатации оборотного водоснабжения БИГ заключается в введении дополнительных трубопроводов подпитки общим суммарным расходом на два энергоблока с действующим трубопроводом $20000 \text{ м}^3/\text{ч}$, а также трубопроводов продувки, обеспечивающих расход воды не менее $14600 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Литература:

1. СТО 1.1.1.02.006.1550–2018 Коррекционная обработка охлаждающей воды башенных испарительных градирен атомных станций
2. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А. А. Равделя и А. М. Пономарёвой. Изд. 10-е, перераб. и доп. — М.: Изд-во «Иван Фёдоров», 2003. 240 с.
3. РД ЭО 1.1.2.09.0824–2010 «Лабораторный анализ отложений с теплообменного оборудования атомных электростанций с водо-водяным энергетическим реактором.
4. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.02–84 «ФГУП ЦПП» Москва. 2006.
5. Технический отчет. Определение и анализ технических характеристик башенных испарительных градирен энергоблоков № 1,2 Нововоронежской АЭС-2. ООО «Каскад» Москва 2020.

Means of monitoring the technical condition of railway rolling stock

Jabbarov Shukhrat Batirovich, candidate of technical sciences, associate professor;
 Soboleva Irina Yuryevna, docent;
 Nigai Rodion Pavlovich, candidate of technical sciences, associate professor;
 Ergasheva Vasila Valizhonovna, senior teacher
 Tashkent State Transport University (Uzbekistan)

In order to ensure the safety of train traffic in the leading countries, the technology of work on monitoring the condition of rolling stock during the passage of trains through sections has been introduced on railways. The technology includes a system for contactless monitoring of the lower oversized rolling stock and the condition of the roller axle boxes of wagons on the train.

Keywords: dimensions, rolling stock, cars, railway, axle boxes, control.

The main purpose of the work technology is to identify malfunctions in passing trains that threaten traffic safety, take measures to immediately stop by all available means, prevent further movement of faulty wagons without eliminating defects or uncoupling them from trains.

Timely identification and troubleshooting of wagons in operation allows you to prevent the occurrence of irreversible failures that can lead to accidents and wrecks, increase the speed of trains, reduce the time spent on maintenance of trains, increase the distances of non-stop trains without maintenance, and ease the working conditions of line workers of the wagon industry.

The means of monitoring the technical condition of railway rolling stock include:

- overheated axle box detection systems
- Braking wheelset detection systems
- Drag detection systems
- Wheel defect detection systems
- systems for detecting violations of the upper dimension
- railcar overload detection systems

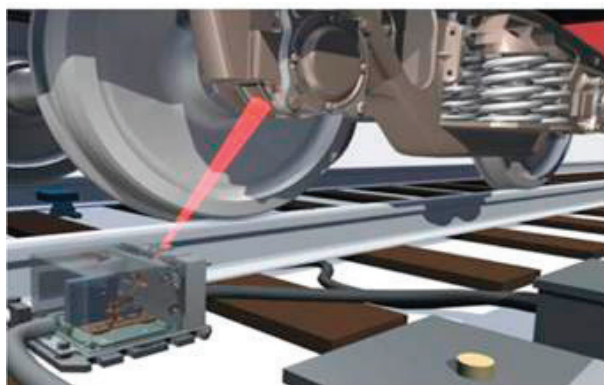
There are five types of «alarming» indications:

- a KTSM reading with the «Alarm 0» level indicates that the axle box is heated above the limit (set by setting the KTSM post to a set heating temperature) and requires inspection of the axle box at the nearest PTO along the train;
- the KTSM reading with the «Alarm 0D» level (regardless of the post setting) indicates an increase in the heating temperature of the axle box and requires inspection at the nearest PTO along the train;
- the indication «Alarm 0P» is generated by the AS KPS system based on automatic analysis of hidden KTSM readings, inspection is necessary at the nearest PTO along the train;
- indication «Alarm 1» — the pre-emergency heating level of the axle box, at which it is allowed to follow the train with special vigilance to the nearest station for inspection;
- the indication «Alarm 2» is an emergency heating level at which further train travel is not allowed. An immediate stop of the train and inspection of the axle box is required.

Overheated axle box detection systems

Overheated axle box detection systems provide contactless monitoring of the temperature of the axle box housings, which characterizes the technical condition of the axle box bearings, recognition of defective axle boxes according to certain criteria, transmission and registration of information about the presence and location of such boxes on the train.

At the same time, the controls give a signal about the appropriate heating level of the «Alarm-0», «Alarm-1» or «Alarm-2» boxes.



Braking wheelset detection systems

The braking wheelset detection systems provide contactless monitoring of the temperature of the wheel hubs of each moving unit, characterizing the presence of friction of the brake pads on the wheel rim, recognition according to certain criteria of a moving unit with faulty braking equipment, transmission and registration of the information received with the issuance of an Alarm-1 signal.



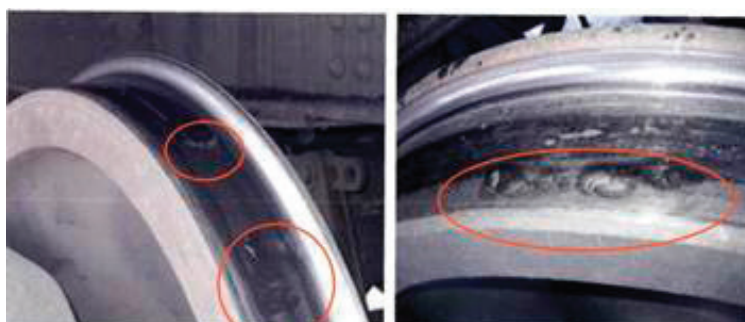
Drag detection systems

Dragging parts detection systems generate a signal of the presence of a dragging part in the mechanical collision of assemblies and parts of a moving unit extending beyond the lower dimension of the rolling stock with elements of a floor sensor and provides transmission and registration of information about the presence of a ragging part. At the same time, the systems generate an Alarm-2 signal.



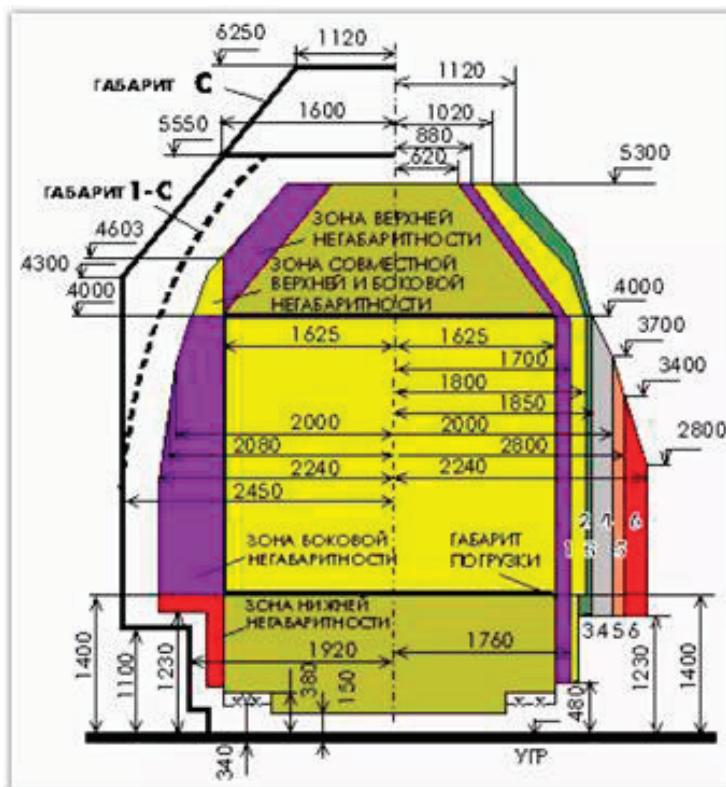
Wheel defect detection systems

Wheel defect detection systems provide control of the parameters of the dynamic effect of the wheel on the rail, characterizing the magnitude and type of wheel defect. If the dynamic impact of the wheel on the rail exceeds the set threshold value for a given range of train speeds, information about the location of defective moving units in the train and wheels in the moving unit is transmitted and recorded. In this case, the signals «Alarm-0», «Alarm-1» or «Alarm-2» are generated.



Upper dimension violation detection systems

The systems for detecting deviations of the lateral and upper dimensions of rolling stock ensure the generation of a signal when going beyond the established lateral or upper limits of cargo or parts of moving units, the transmission and registration of information about the presence and location of such moving units in the train. At the same time, the systems issue an Alarm-2 signal.



Railcar overload detection systems

Wagon overload detection systems provide the generation of signals when the set value of gross weight, axle load or uneven loading of moving units on the sides or bogies is exceeded, transmission and registration of information about the presence, type of overload and location of overloaded wagons on the train. At the same time, the systems issue an alarm signal «Alarm-1».

Vanishing control devices

The polymer-based rolling stock derailment monitoring device — UKSPS-PM is designed to automatically detect the derailment of rolling stock.

The device is an additional means of improving the safety of train traffic in railway transport.

The device is designed for installation in a railway track with a width of 1520 mm with rails of type P50, P65 in areas with wooden or reinforced concrete sleepers, an additional adjustment kit must be used for installation on a track with rails P75.

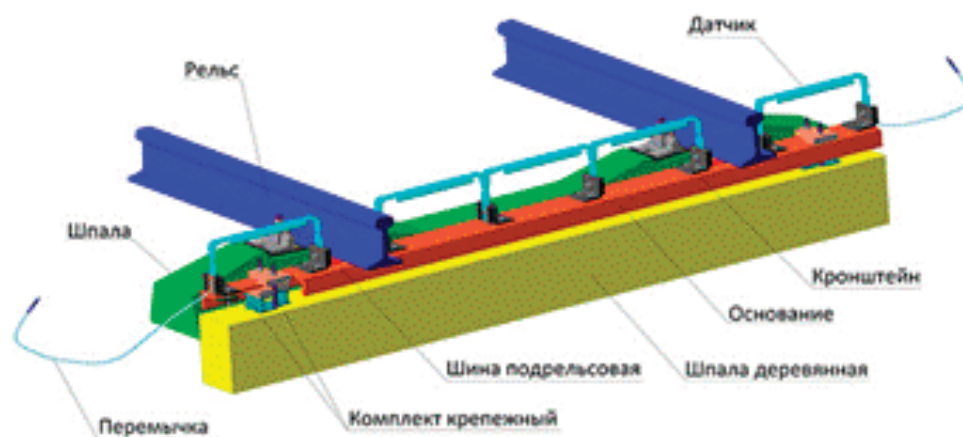
The bearing part of the UKSPS-PM is a base made of a dielectric material (pultrusion reinforced fiberglass), on which all elements of the device are mounted.

The device has five sensors connected in series. Three sensors located inside the track are connected to two sensors outside the track by under-rail tires. There are two jumpers at the ends of the device for connection to cable end couplings. The control electrical circuit includes sensors, sub-rail tires and jumpers. The device is triggered when the sensor is destroyed in places with a reduced profile section, depending on the direction of the force action.

The destructible elements of the device are sensors made of steel sheet by stamping with subsequent heat treatment. The sensors are equipped with crumpled elements — impact indicators, for recognition and confirmation of the fact of impact.

Since 2017, UKSPS-PM has been available in two versions:

The device of execution 02 is mounted by means of fastening to an additional wooden sleeper laid in the interstitial space of the rail-sleeper grating.



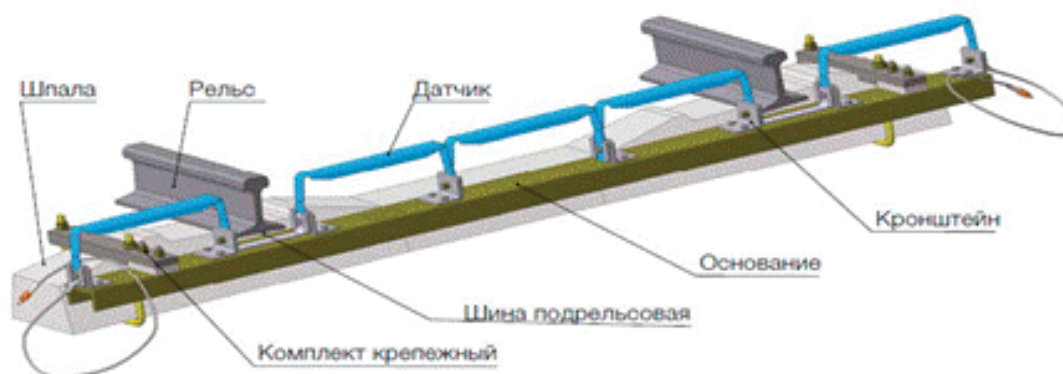
Advantages of the 02 version device:

- an additional wooden sleeper is used to install the device in the path, laid in an interspan box;
- the wooden sleeper to which the device is attached dampens the vibration loads from the passing train on the sensors of the device, which significantly improves their working conditions and, therefore, eliminates false alarms;
- low labor intensity of installation of the device in the railway track;
- convenient height adjustment of the device relative to the rail head;
- the weight of the mounting kit has been reduced by 2.3 times, which facilitates transportation to the installation site and installation of the device on the way;
- the design of the mounting kit has been changed.

The device of execution 03 is mounted cantilevered to a wooden or reinforced concrete sleeper of a rail-sleeper grating.

The execution devices 02 and 03 are a further upgrade of the UKSPS-PM execution 01.

Devices of both versions comply with the requirements of ETT.00.00.00 «Technical requirements for UKSPS»



Advantages of the 03 version device:

- to install sensors relative to the level of the rail head, rubber adjustment gaskets are used in mounting kits instead of steel gaskets used previously;
- rubber adjusting gaskets reduce vibration loads transmitted to the device from the railway track.

References:

1. Voronova N. I., Razinkin N. E., Dubinsky V. A. Technical operation of passenger cars: textbook.manual. — M.: FGBOU «Educational and methodological center for education in railway transport», 2016. — 211 p.
2. Bykov B. V., Kulikov V. F. The design of the mechanical part of wagons: textbook. the manual. — M.: FGBOU «Educational and methodological center for education in railway transport», 2016. — 247 p.

3. Kobaskaya I. A. Technology of repair of rolling stock: textbook. manual. — М.: FGBOU «Educational and methodological center for education in railway transport», 2016. — 288 p.
4. Nikonov V. A., Meshcherin Yu.V., Kimasov M. A., /Axle boxes with conical bearings of cassette type: recommendations for repair personnel/Wagons and wagon facilities No. 2 2017.

Моделирование и экспериментальные исследования с использованием тороидальной формы винта

Кокорев Артём Дмитриевич, аспирант;

Дьякова Наталья, аспирант

Научный руководитель: Ткаченко Анна Николаевна, кандидат технических наук, доцент
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)

В статье автор исследует новую форму винта для беспилотного летательного аппарата, которая будет способствовать увеличению тяги и улучшению лётных характеристик.

Ключевые слова: тороидальный винт, тяга винта, моделирование, траектория полёта

В 2022 году исследователи из Массачусетского технологического института предложили концепцию тороидального винта, основываясь на том, что конструкция закрытой формы уменьшает и контролирует эффекты сопротивления закручивающихся воздушных каналов (т. е. вихрей), создаваемых на концах лопастей, и повышает общую жёсткость воздушного винта. Таким образом, акустическая сигнатура винта в разы снижается, не влияя на его характеристики [1]. Эксперименты по акустическому шуму уже были проведены, где винты тороидальной формы показали лучшие результаты в сравнении с винтами классической формы. В этой статье рассмотрим лётные характеристики, используя винт новой формы.

Моделирование. Винт был смоделирован в программной среде «SOLIDWORKS», используя метод соединения множества смещённых плоскостей. При построении использовались следующие параметры:

- диагональ — 5 дюймов;
- шаг — 2.5 дюйма.

На рис. 1 можно увидеть полученную модель винта.

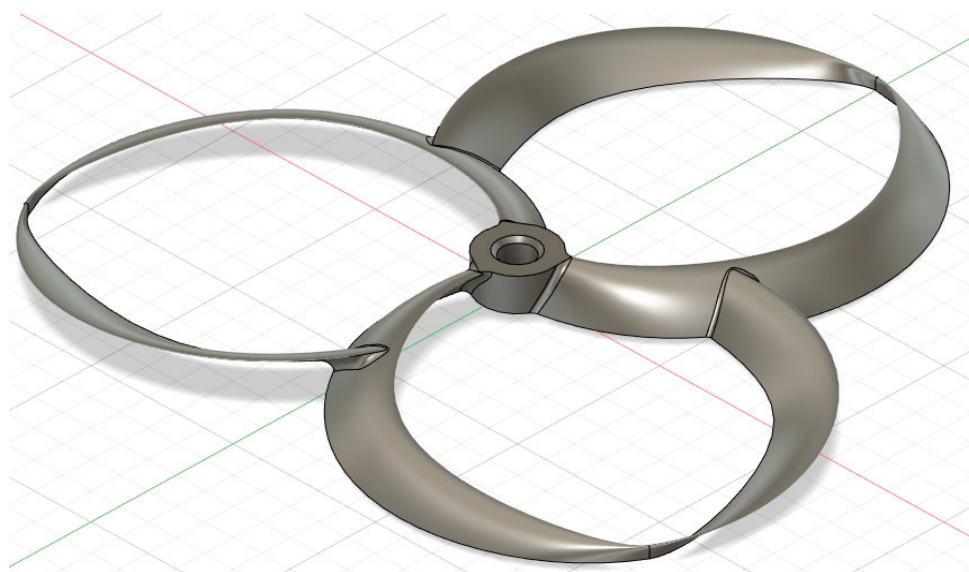




Рис. 1. Модель винта

Технология 3D-печати. С помощью технологии аддитивной печати винт был физически реализован. При этом были опробованы различные материалы. В таблице 1 приведены сравнительные характеристики винтов.

Таблица 1. Сравнение винтов из различных материалов

Тороидальная форма винтов № 1		
Характеристики	Параметры	
Диаметр	5 дюймов	
Масса винта	4.95 граммов	
Шаг	2.5 дюйма	
Материал	PLA-пластик	
Тороидальная форма винтов № 2		
Характеристики	Параметры	
Диаметр	5 дюймов	
Масса винта	4.80 граммов	
Шаг	2.5 дюйма	
Материал	PETG Carbon Fiber	

Винты оригинальной формы созданы с помощью технологии литья под давлением. Такие винты лёгкие и прочные. Винты тороидальной формы были созданы с помощью технологии аддитивной печати из двух разных видов пластика, но винт получался тонким и гибким. По этой причине было произведено горизонтальное расширение модели, что увеличило массу винта, но в значительной степени повысило прочность. Для достижения лучших параметров винт печатался толщиной слоя 0.1 мм.

Винты из PLA-пластика обладают определённой гибкостью и жёсткостью, но это не даёт устойчивости к механическим повреждениям. При работе с квадрокоптером внутри винтов со временем образовывались микротрещины и небольшие сколы на лопастях [2]. Поэтому был использован пластик PETG Carbon Fiber. Добавление углеродных волокон в пластик, усиливает его механические свойства, такие как прочность и жёсткость, позволяя выдерживать большие нагрузки. К тому же этот пластик лучше подвержен механической обработке, за счёт чего края и основная часть винта становятся более гладкими.

Лабораторные испытания по исследованию тяги винта. Это исследование позволяет проанализировать возможную тягу винта новой формы, сравнить с аналогами полученные значения, а также рассчитать время пребывания беспилотника в воздухе на одном заряде аккумулятора [3].

Для проведения эксперимента на 3D-принтере была распечатана установка из PLA-пластика. Данная установка представляет собой рычаг с соотношением сторон 1:1, на одну сторону, которого прикладывается сила, создаваемая воздушным винтом, а на противоположной стороне рычага закреплена платформа, которая давит на весы, вследствие чего можно получить значение силы тяги. Установка представлена на рис. 2 [4].

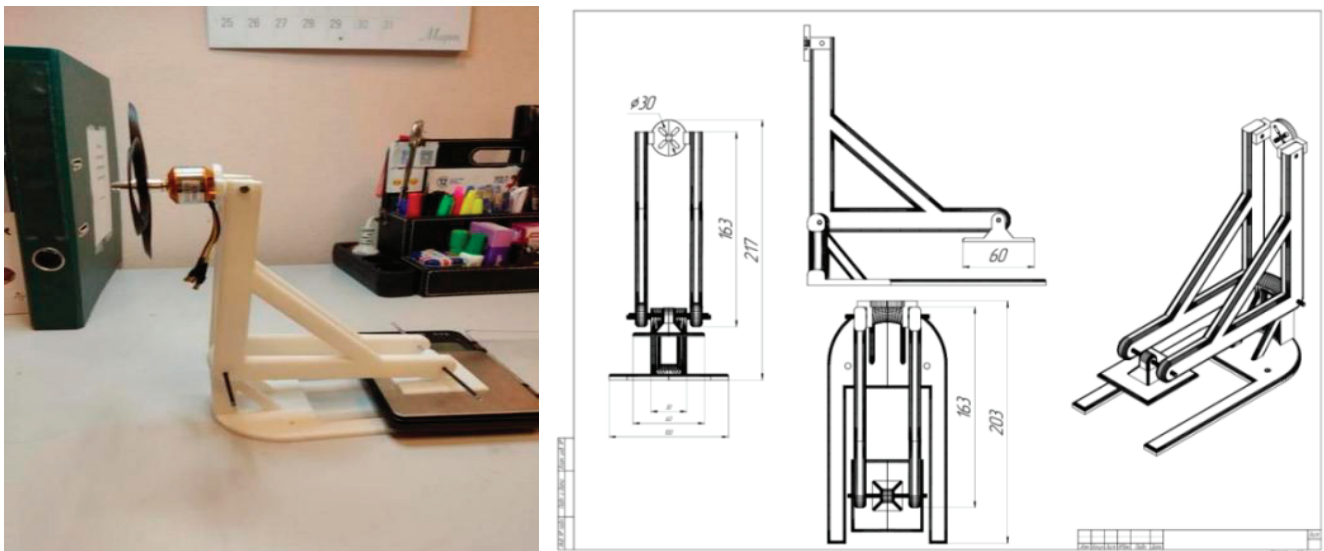


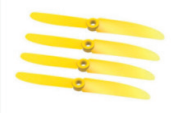


Рис. 2. Установка для проведения эксперимента

Мотор был закреплён на установке, после чего к нему подключили ESC-контроллер и сервомотор. Затем на контроллер с помощью лабораторного источника питания, постепенно подавалось напряжение до тех пор, пока не было достигнуто его максимально возможное значение. Также, с помощью этого эксперимента можно узнать значение силы тока, потребляемое на максимальных оборотах.

В этом эксперименте участвовало 3 винта: винт стандартной формы, созданный с помощью технологии литья; винт трёхлопастной — напечатанный; винт тороидальной формы — напечатанный.

В таблице 2 показаны результаты эксперимента.

Таблица 2. Результаты эксперимента

Вид винта	Фото	Напряжение (V)	Тяга (гр)	Ток (A)	Вес винта (гр)
Стандарт. литой		14.4	178	2.2	2.1
Стандарт. напечатанный			183	4.1	2.9
Тороидальный			258	4.9	4.8

Из полученных данных можно сделать вывод, что несмотря на большой вес тороидального винта, в сравнении с двумя другими, значение тяги больше в 1.5 раза, чем у стандартного литого винта. Значение силы тока у тороидального винта получилось в 2.2 раза больше, чем у литого винта стандартной формы, что свидетельствует о его меньшем времени нахождения в полёте.

Для расчёта времени нахождения в полёте при использовании аккумулятора от квадрокоптера «Геоскан Пионер» можно воспользоваться формулой:

$$t_{\text{flying}} = \frac{Q}{4 \cdot I_{\text{flying load}}} - 60,$$

где t_{flying} — полётное время дрона, в минутах;

Q — ёмкость аккумуляторной батареи, в мА*ч;

$I_{\text{flying load}}$ — ток, отдаваемый аккумуляторной батареей для питания двигателей, в Амперах;

4 — количество моторов квадрокоптера;

1000 — коэффициент для перевода мА*ч в А*ч;

60 — коэффициент для перевода в минуты [5].

Наибольшую продолжительность полёта обеспечивает стандартный литой винт, достигающий времени полёта порядка 9 минут. Для сравнения, стандартный напечатанный винт обеспечивает около 5 минут полёта, а тороидальный винт — примерно 4 минуты. Таким образом, литой винт превосходит тороидальный по данному показателю в 2,2 раза. Следует отметить, что тороидальный винт был изготовлен методом 3D-печати, что потенциально может оказывать влияние на его аэродинамические и механические характеристики, в результате чего он может уступать литым аналогам по ряду параметров [6].

Траектории движения квадрокоптера. В данной главе будут проведены экспериментальные исследования по анализу траекторий движения квадрокоптера с использованием различного ПО, чтобы убедиться в корректном выполнении задания с модифицированной конструкцией.

Системы захвата и моделирования движения. В лаборатории используется система камер фирмы «Qualisys», показанная на рис. 3, предназначенных для сбора точных данных объекта в движении. Камеры работают по принципу инфракрасного излучения. В каждую камеру встроено кольцо, испускающее ИК-излучение. Система таких камер образует

определённую область, и помещённый внутри этой области, пассивный/активный маркер, который изображён на рис. 4 может быть определён в этом пространстве [7].



Рис. 3. Камера фирмы «Qualisys»

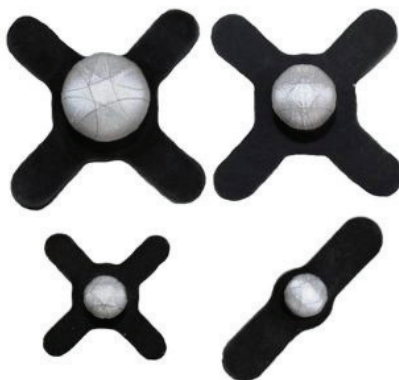


Рис. 4. Маркеры

Полученные данные были переданы в программную среду «Qualisys Track Manager».

Проведение эксперимента. На квадрокоптер было установлено 5 маркеров, что показано на рис. 5, для отслеживания перемещений в пространстве.



Рис. 5. Квадрокоптер с установленными на нем маркерами

Квадрокоптер с защитной рамой представляет собой квадрат, на центр каждой грани которого был установлен маркер, а также по центру устройства. Схематичное расположение маркеров показано на рис. 6. После проведения калибровки системы, были получены значения расстояний между маркерами. Сравнение показало, что длина между реальными значениями и полученными в программе составляет 0,5 см. Это показывает точность используемой системы.

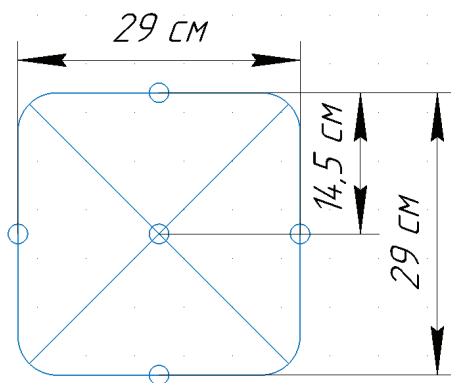


Рис. 6. Схематичное расположение маркеров

Эксперимент заключался в следующем: квадрокоптер взлетал на 1 метр, затем перемещался на 4 метра вперёд и опускался. Для каждого из винтов эксперимент проводился 10 раз. Стрелкой показано направление движения квадрокоптера, кругом обозначено место завершения полёта, что показано на рис. 7.

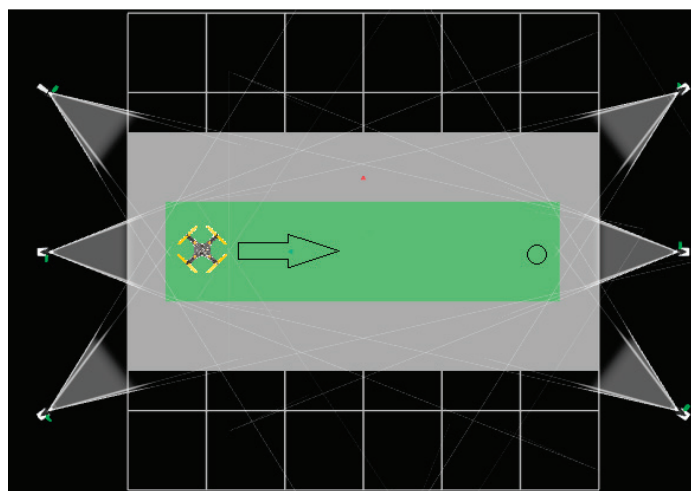


Рис. 7. Расположение квадрокоптера

Результат эксперимента показан на рис. 8. Полученная траектория практически соответствует заданной программе.

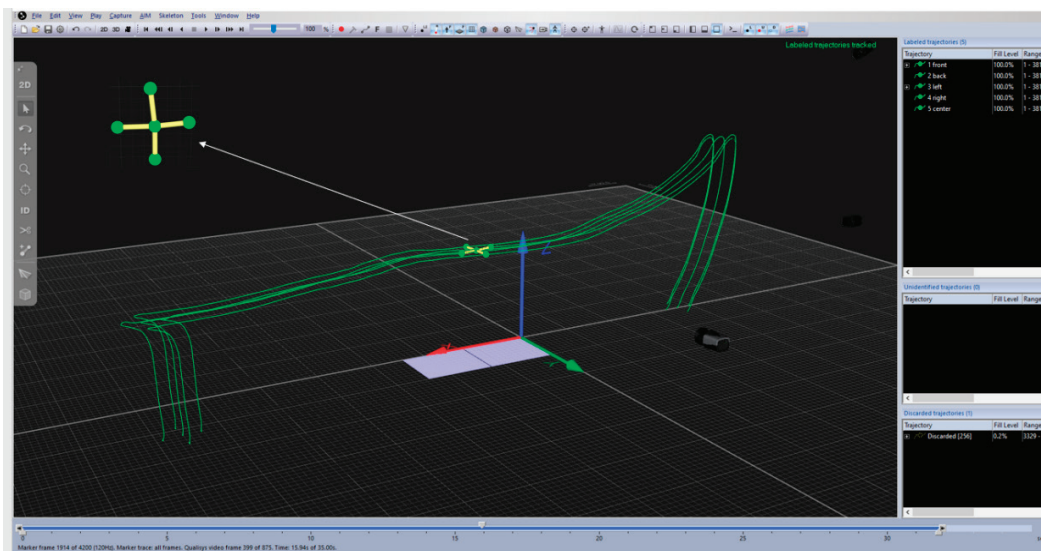


Рис. 8. Результат эксперимента

Для обработки полученных данных использовалась программа «MATLAB». Для каждого из экспериментов были построены полученные траектории и произведено сравнение с «идеальной» траекторией.

На рис. 9 показаны траектории квадрокоптера, на котором закреплены тороидальные винты. Как видно из рисунка во время взлёта отклонения квадрокоптера от точки начала движения чаще всего достигали расстояния до 20 см, а в некоторых случаях и больше. Это связано с тем, что моторы модели 1306 не успевали набрать необходимые обороты из-за увеличенной массы новых винтов и беспилотник смещался в какую-либо сторону, а траектория полёта принимала вид синусоиды.

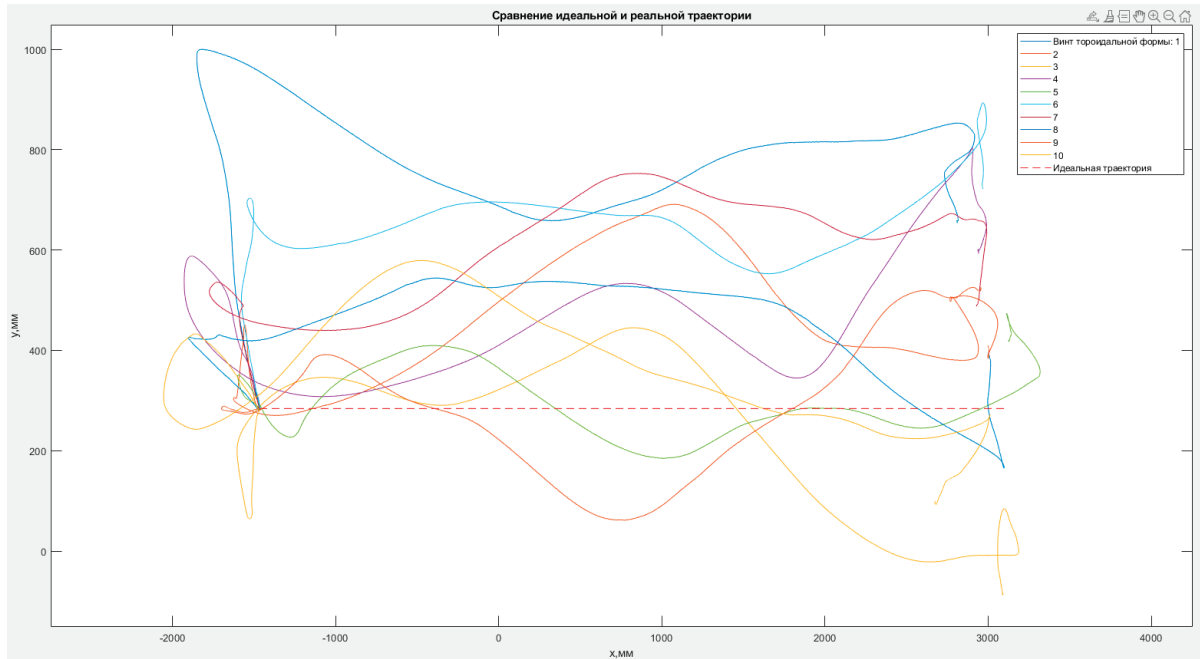


Рис. 9. Сравнение реальной траектории тороидального винта с «идеальной»

Максимальные и минимальные отклонения полёта квадрокоптера с установленными на нём тороидальными винтами отображены в таблице 3.

Таблица 3. Максимальные и минимальные отклонения полёта квадрокоптера с установленными на нём тороидальными винтами

№ эксперимента	Минимальное отклонение на траектории, см	Максимальное отклонение на траектории, см	Отклонение от точки завершения полёта, см
1	37.4	72	37
2	1.4	79	24
3	0.7	31	37
4	2.4	52	31
5	0,03	19	13
6	26.7	61	44
7	15.5	47	20
8	12	26	11
9	10	24	12
10	12	29	19

Несмотря на допущенные погрешности и влияние конструктивно-технических особенностей, выполнение задания беспилотным аппаратом осталось в пределах установленных допусков.

На рис. 10 представлены графики изменения высоты во время полёта квадрокоптера. Как можно заметить из-за изменённой конфигурации автопилота, где было изменено время проверки моторов, а также установке других винтов, квадрокоптер во время взлёта мог достигать отметки 180 см, однако затем квадрокоптер начинал выполнять поставленное задание и снижался по высоте, чаще всего находясь в диапазоне от 97 см до 110 см.

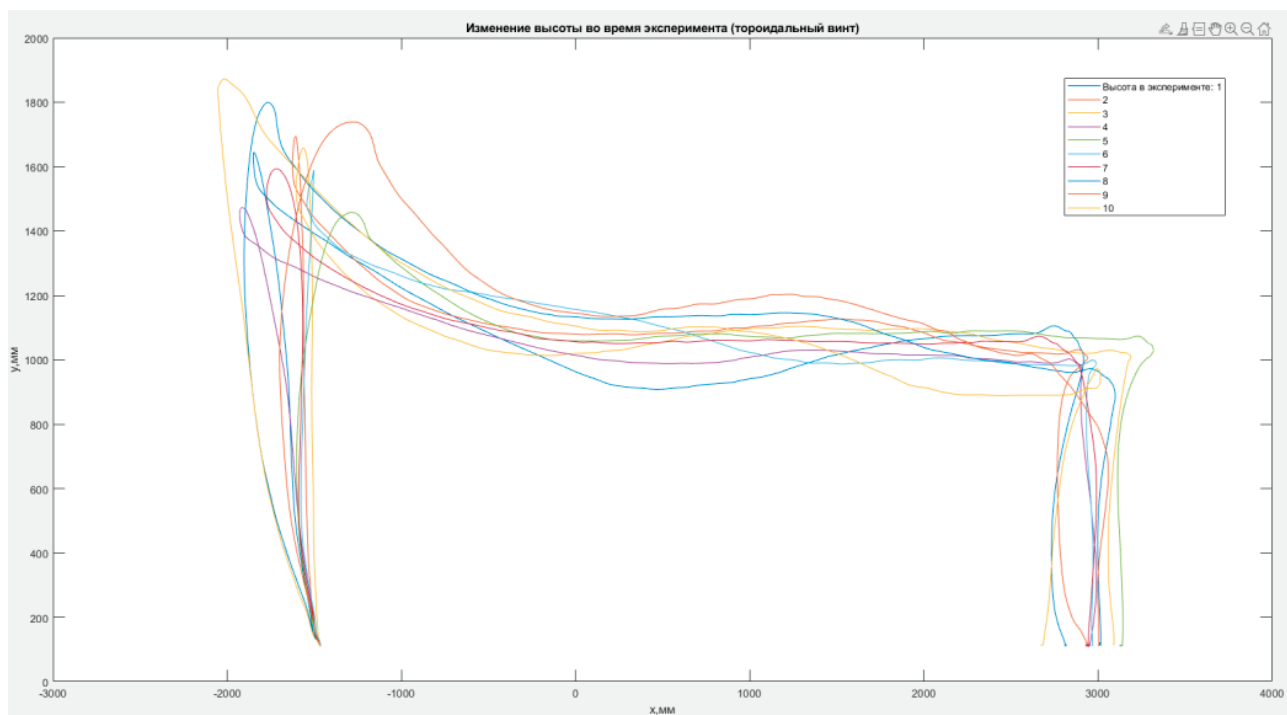


Рис. 10. Анализ значений высоты в эксперименте

На рис. 11 изображены траектории БПЛА с винтом стандартной формы. Во время взлёта квадрокоптер сильно отклоняется влево, во время полёта такая тенденция и сохраняется. Так как в этом эксперименте, использовался беспилотник без изменений, стоит предположить, что присутствует либо ошибка в алгоритме, либо помеха в оборудовании, хотя сама траектория выглядит достаточно линейной.

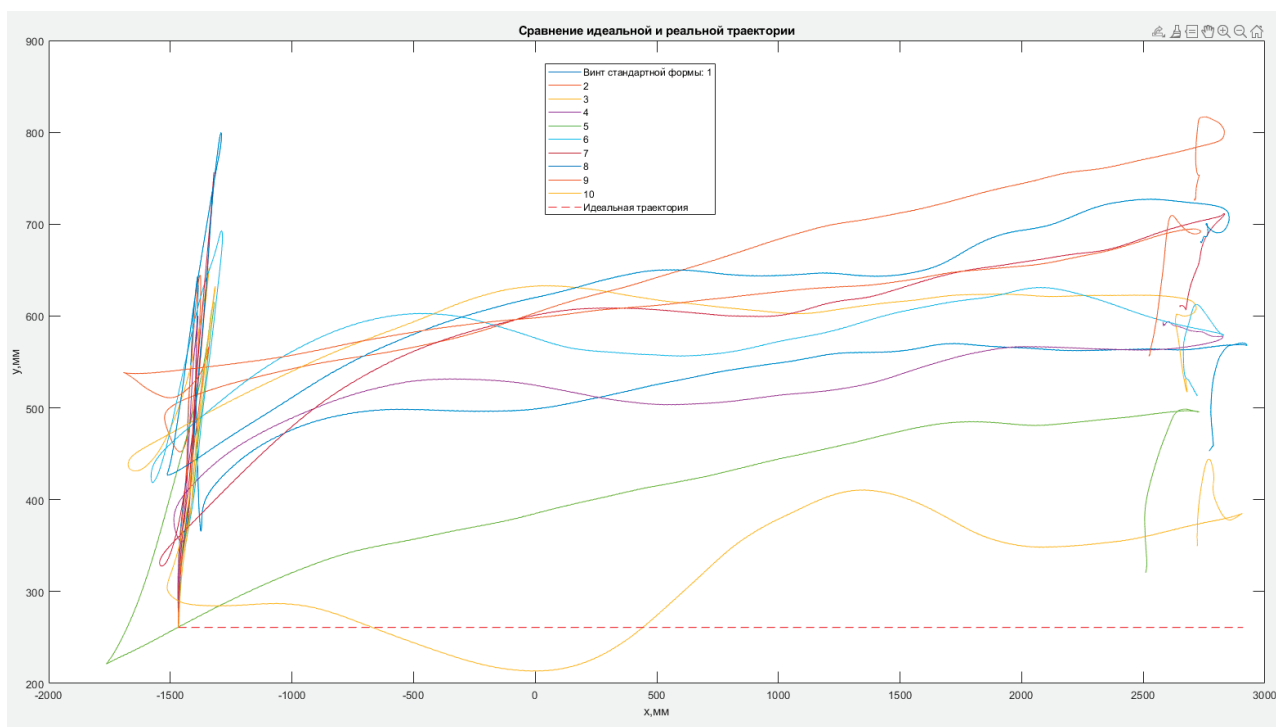


Рис. 11. Сравнение реальной траектории винта стандартной формы с «идеальной»

В таблице 4 отображены максимальные и минимальные отклонения полёта квадрокоптера с установленными на нём винтами стандартной формы.

Таблица 4. Максимальные и минимальные отклонения полёта квадрокоптера с установленными на нём винтами стандартной формы

№ эксперимента	Минимальное отклонение на траектории, см	Максимальное отклонение на траектории, см	Отклонение от точки завершения полёта, см
1	10.5	38	19
2	19	55.5	46.5
3	17	39	27
4	9.3	34	33
5	4	35	6
6	16	43	25
7	6.7	50	35
8	17	54	42
9	25	45	30
10	0.1	37	9

На рис. 12 представлены графики изменения высоты во время полёта квадрокоптера. Во время взлёта квадрокоптер мог достигать отметки 139 см. Затем квадрокоптер начинал выполнять поставленное задание и снижался по высоте, находясь в диапазоне от 87 см до 94 см, однако заданной высоты полёта в 100 см квадрокоптер не достигает.

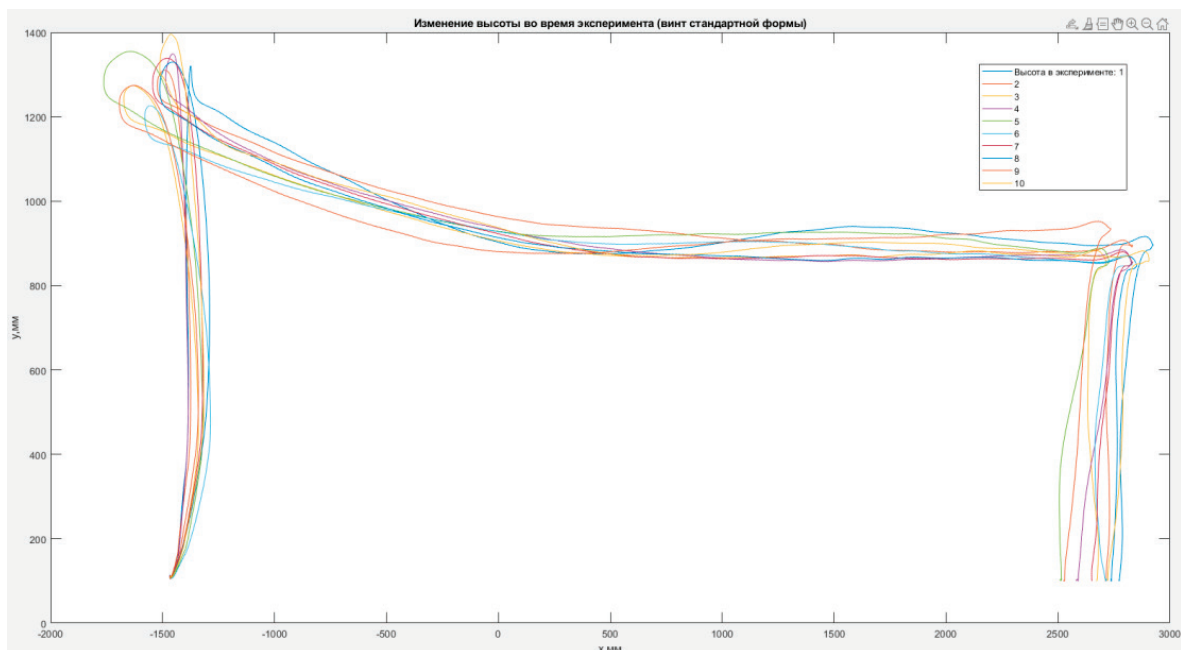


Рис. 12. Анализ значений высоты в эксперименте

Вывод. Проводились лабораторные испытания по исследованию тяги винта. Из данных, полученных после экспериментов, можно сделать вывод, что несмотря на большой вес тороидального винта его значение тяги больше в 1.5 раза, чем у стандартного литого винта. Однако потребление тока у тороидального винта получилось в 2.2 раза больше, чем у литого винта стандартной формы, что свидетельствует о его меньшем времени нахождения в полёте. Если улучшить характеристики тороидального винта, сделав его литым, то можно исключить его недостатки, не потеряв в эффективности.

Было рассчитано время нахождения в полёте при использовании аккумулятора от квадрокоптера «Геоскан Пионер».

Также проводились испытания в лаборатории «Системы захвата и моделирования движений» для исследования траекторий движения квадрокоптера. Для каждого из экспериментов были построены полученные траектории в программной среде «MATLAB» и произведено сравнение с «идеальной» траекторией.

Литература:

1. Тороидальные пропеллеры: более тихое будущее для FPV-дронов? [Электронный ресурс]. URL: Toroidal Propellers: A Quieter Future for FPV Drones? — Oscar Liang (дата обращения: 05.02.2025)

2. Технический паспорт PLA. [Электронный ресурс]. URL: <https://rec3d.ru/wa-data/public/site/themes/easystart/img/Wiki/ispytaniya/TDS %20PLA.pdf>. (дата обращения: 19.02.2025)
3. С. З. Свердлов. Продолжительность полёта электрического беспилотного вертолётa, 2014. — 2 с.
4. Hannah Jansen. Impact of toroidal propeller design on unmanned aerial vehicle acoustic signature and aerodynamic performance. P. 6.
5. Калькулятор литий-полимерных аккумуляторов для дронов. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.translatorscafe.com/unit-converter/ru-RU/calculator/multicopter-lipo-battery/> (дата обращения: 10.04.2025)
6. 3D-печать против литья под давлением. [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/ZFOAuct8G2j1Eo4C?ysclid=m9psu16pzig812370094>. (дата обращения: 19.04.2025)
7. Камеры захвата движения. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.qualisys.com/cameras/miqus/> (дата обращения: 10.04.2025)

Диагностика состояния электроприводной арматуры на энергоблоке ВВЭР-1200 существующими средствами АСУ ТП

Крисанов Александр Алексеевич, студент магистратуры
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Москва)

Научный руководитель: Ребриков Дмитрий Иванович, кандидат технических наук, дежурный инженер
Нововоронежская АЭС

В статье авторы проводят анализ существующих методов диагностики электроприводной арматуры средствами автоматизированной системы управления. В результате сделан вывод о необходимости внедрения дополнительного диагностического оборудования для обеспечения непрерывного контроля работы электроприводной арматуры.

Ключевые слова: диагностика состояния, электроприводная арматура, действующая АСУ ТП.

При управлении технологическими процессами одну из важнейших ролей играет электроприводная арматура. Отказ в работе данного элемента может привести к неплановому останову энергоблока АЭС. По статистике по меньшей мере 15 % от общего количества остановов так или иначе связаны с изменениями технического состояния электроприводной арматуры [1].

Исходя из вышеизложенного, для безаварийной и безопасной эксплуатации энергоблоков АЭС необходима возможность контроля технического состояния электроприводной арматуры во время работы энергоблока. На данный момент штатные методики предусматривают:

- комплекс мероприятий, выполняемых в период ППР [2];
- модели, интегрированные в программно-технические средства [3].

Одним из распространенных методов диагностики является виброакустический. Механик при должном уровне подготовки может определить проявившийся дефект часто до необратимых последствий. Виброакустический метод является очень информативным, датчики имеют высокую чувствительность и точность. Однако, данные методики имеют свои недостатки. Во-первых, серийный энергоблок ВВЭР-1200 включает в себя не менее 5 тысяч электроприводных арматур различного типа и назначения, из которых около половины размещена в гермозоне и находится в непосредственном контакте с теплоносителем 1 контура. При этом возможность выполнения

операций контроля технического состояния затруднена различными опасными и вредными производственными факторами (температура, влажность, физический доступ, ионизирующее излучение).

Реализация программных методов, таких как застревание и обрыв запорного органа, расширила возможности диагностики и принятия своевременных решений по определенным видам электроприводной арматуры. В программно-технических комплексах от каждой единицы регулирующей арматуры присутствуют как показания реального указателя положения, так и показания моделированного указателя положения. На основании этого разработан алгоритм реагирования программно-технического комплекса на различные отклонения (рисунок 1).

Алгоритм обрыва реализован следующим образом. При наличии команды на открытие или закрытие сигнал реального указателя положения суммируется с показаниями моделированного указателя положения. Если значение суммированного сигнала указателя положения превышает уставку, то оператор получает сообщение «Обрыв».

Алгоритм застревания реализован следующим образом. Показания моделированного и реального указателей положения запоминаются программно-техническим комплексом. Изменение показаний указателя положения по сравнению с предыдущим значением на установленную величину дает сигнал на сброс памяти алгоритма запоминания, значение переписывается. Если значение моделированного указателя положения измени-

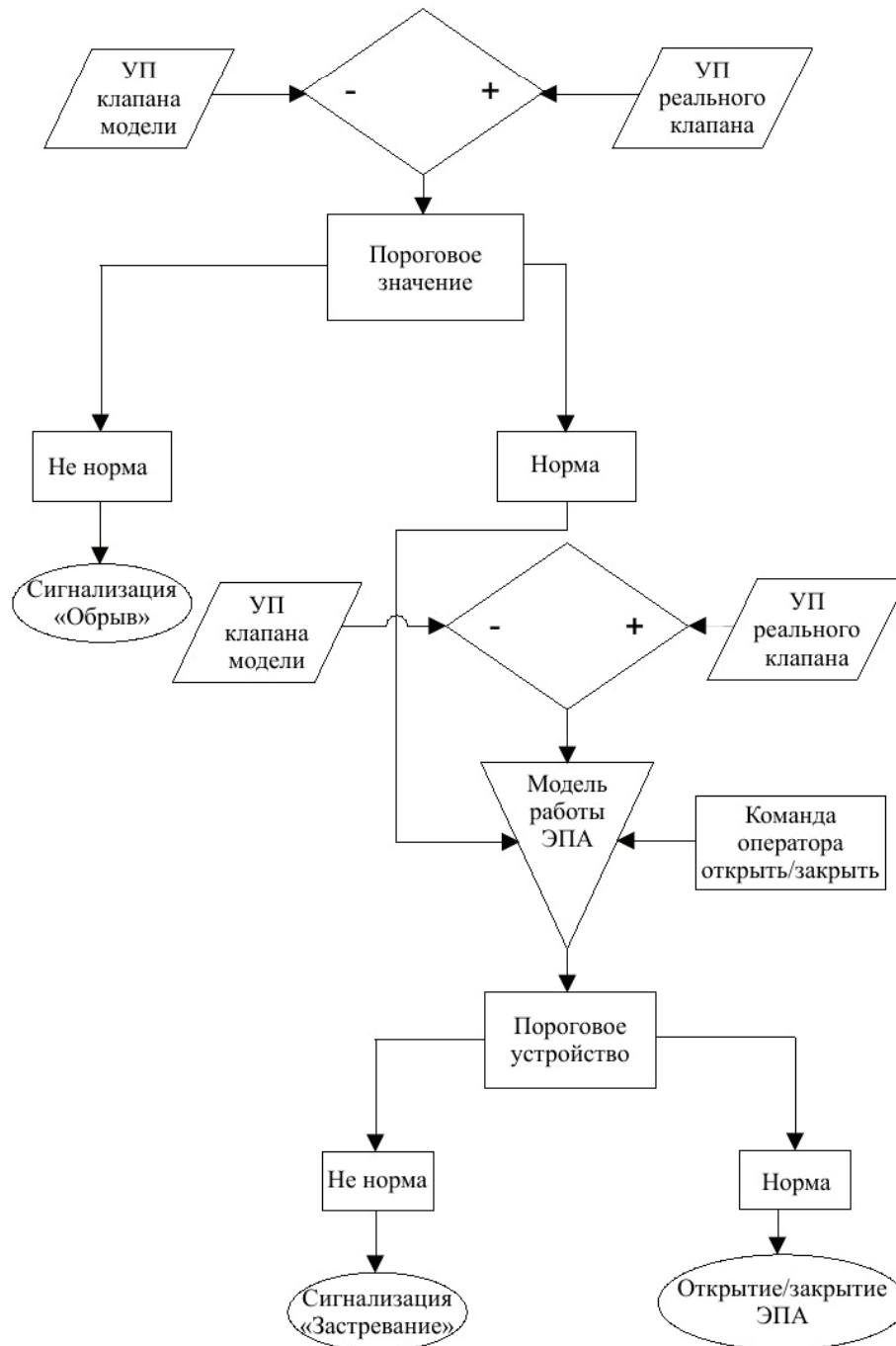


Рис. 1. Реализация алгоритмов «Обрыв» и «Застревание»

лось на величину, превышающую установку, а значение реального указателя положения при этом ее не достигло, то происходит рассогласование между значениями реального и моделированного указателей положения, и оператор получает сообщение «Застревание».

Запорная электроприводная арматура не имеет подобных алгоритмов ввиду отсутствия сигналов от указателя положения. Кроме косвенного диагностирования по технологическим параметрам у таких арматур применяется контроль времени хода и штатная система моментных муфт. При команде открытия или закрытия начинается отсчет времени хода, величина которого про-

писана в программно-техническом комплексе на каждую арматуру. Если до конца этого времени хода отсутствуют сигналы от концевых и моментных выключателей, система выдает сообщение о недостаточном открытии/закрытии электроприводной арматуры «Превышение времени хода». Если при команде открытия или закрытия срабатывает моментная муфта до срабатывания концевого выключателя, то система выдает сообщение о затирании/заклинивании рабочего органа, и оператор получает сообщение «Аварийный момент».

Опыт эксплуатации электроприводной арматуры показывает, что не всегда реализованные средства могут

Время	KKS	Знач	Ед.изм	Дост	Описание
1 13.09.23 15:50:20,672	21JNA13AA008_OU	ЗАКРЫТЬ -> ОТКРЫТЬ		дост	БАЙПАС 21JNA13AA202
2 13.09.23 15:50:21,060	21JNA13AA008_BO#1	НЕТ -> ДА		дост	Дист. команда ОТКР БАЙПАС 21JNA13AA202
3 13.09.23 15:50:23,419	21JNA13AA008_BO#1	ДА -> НЕТ		нд	Дист. команда ОТКР БАЙПАС 21JNA13AA202
4 13.09.23 15:50:40,110	21JNA13AA008_F1#1	НЕТ -> ДА		дост	Превыш.контр.вр. в напр. ОТКР БАЙПАС 21JNA13AA202
5 13.09.23 15:50:46,598	21JNA13AA008_OU	ОТКРЫТЬ -> СТОП		дост	БАЙПАС 21JNA13AA202
6 13.09.23 15:50:47,080	21JNA13AA008_F1#1	ДА -> НЕТ		дост	Превыш.контр.вр. в напр. ОТКР БАЙПАС 21JNA13AA202
7 13.09.23 15:51:02,109	21JNA13AA008_OU	СТОП -> ОТКРЫТЬ		дост	БАЙПАС 21JNA13AA202
8 13.09.23 15:51:02,540	21JNA13AA008_BO#1	НЕТ -> ДА		дост	Дист. команда ОТКР БАЙПАС 21JNA13AA202
9 13.09.23 15:51:05,024	21JNA13AA008_BO#1	ДА -> НЕТ		нд	Дист. команда ОТКР БАЙПАС 21JNA13AA202
10 13.09.23 15:51:21,610	21JNA13AA008_F1#1	НЕТ -> ДА		дост	Превыш.контр.вр. в напр. ОТКР БАЙПАС 21JNA13AA202
11 13.09.23 15:51:21,948	21JNA13AA008_OU	ОТКРЫТЬ -> СТОП		дост	БАЙПАС 21JNA13AA202
12 13.09.23 15:51:22,410	21JNA13AA008_F1#1	ДА -> НЕТ		дост	Превыш.контр.вр. в напр. ОТКР БАЙПАС 21JNA13AA202

Рис. 2. Архив ошибки электроприводной арматуры в виде протокола

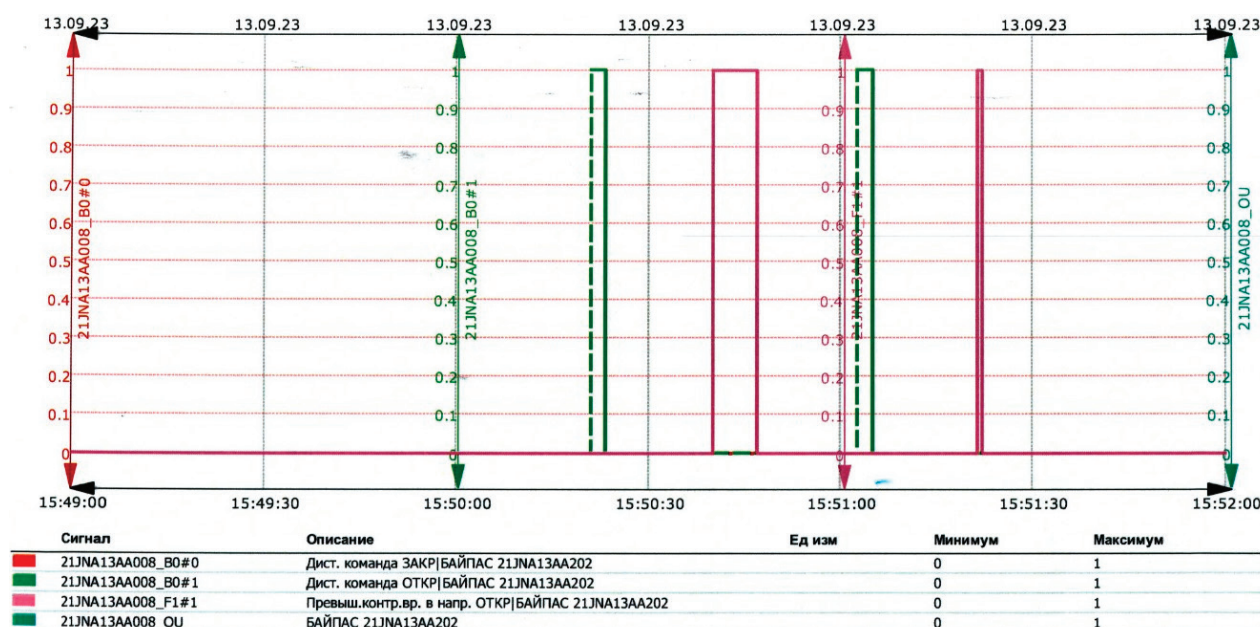


Рис. 3. Архив ошибки электроприводной арматуры в виде тренда

своевременно определить неисправность, приводящим к необратимым последствиям. На рисунке 2 и рисунке 3 показан пример подобной ситуации.

Согласно данному архиву, при команде на открытие электроприводной арматуры появилась ошибка «Превышение времени хода», т. е. не сработали концевой выключатель и моментная муфта в установленное время. При подробном анализе было установлено: прокрутка вручную от дублера замечаний не выявила, электросхема была в работе, но электродвигатель не открывал рабочий орган и сильно грелся. В итоге было обнаружено, что фаза В не имеет контакта с электроприводом. Данный дефект привел к ревизии электродвигателя.

Таким образом, при существующем техническом оснащении контуров управления ЭПА и структуре АСУТП, актуальной задачей является разработка дополнительных

алгоритмов контроля и диагностики электроприводной арматуры, которые позволят непрерывно и без участия персонала определять неисправность и блокировать возможность управления ЭПА до принятия соответствующих мер.

Одним из вариантов для решения поставленной задачи является контроль силы тока в цепях питания при работе электродвигателей приводов арматур. Применение таких датчиков позволит с помощью алгоритмов, заложенных в программно-техническом комплексе вести анализ работы всей электроприводной арматуры. Преимуществом данного метода является однотипность алгоритма как для запорной, так и для регулирующей арматуры, отличие будет лишь в значении допустимого тока.

Дополнительный диагностический контроль позволит устранить большинство дефектов до того, как будет повреждено оборудование, и в более ранние сроки.

Литература:

1. Технический отчёт ЭМТД 66–028–09Д. Результаты диагностического обследования ЭПА Нововоронежской АЭС ЭБ № № 3, 4, 5. 2009г. — 177с.
2. Инструкция по планированию и организации диагностирования ЭПА энергоблока № 2 Нововоронежской АЭС-2 / М. Т. Слепов.:2017г.-21с.
3. Инструкция по эксплуатации технических средств системы контроля и управления нормальной эксплуатации (ТПТС) энергоблока № 2 Нововоронежской АЭС-2 / Д. В. Терехов.: 2018г. — 212с.

Влияние жестких упоров на совместную работу элементов сталежелезобетонной колонны

Лапшина Елена Игоревна, студент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье автор исследует влияние дополнительных удерживающих устройств (жестких упоров) на совместную работу жесткой арматуры и бетонной оболочки в сталежелезобетонной внецентренно-сжатой колонне.

Ключевые слова: сталежелезобетон, колонна, контакт, упоры.

Сталежелезобетон — это композитный материал, включающий в себя стальные профили и железобетон, которые совместно работают в одной конструкции [1, 2].

Актуальной проблемой в применении сталежелезобетонных конструкций является обеспечение совместной работы железобетонной и стальной составляющей элемента, а также сложность в проектировании и расчете таких конструкции в связи с внутренней статической неопределимостью сечения.

Для численного моделирования принято квадратное сечение колонны 1500x1500 мм с жесткой арматурой в виде сварного двутавра. Продольная сила прикладывается с эксцентриситетом 500 мм.

Для определения влияния жестких упоров будет решена контактная задача на границе «сталь-бетон» двух видов: совместная работа за счет поверхностей контакта (сил трения) и совместная работа с учетом жестких упоров.

Контактная задача моделируется в программном комплексе Ansys Workbench 2022 R1 в первом случае через инструмент Frictional с коэффициентом трения 0,5 и жесткостью контакта 1500000000000 Н/м³, что позволяет адекватно отразить взаимодействие элементов и влияние податливости соединений. Второй случай моделируется инструментом Bonded, что предполагает жесткое соединение поверхностей стального сердечника и бетонной оболочки в зоне контакта, которое будет эквивалентно наличию жестких упоров.

Размеры элементов и их расположение см. рис. 1.

Нормальные напряжения в образце колонны показаны на рис. 2.

Разные виды соединений показывают характерные картины поведения материалов в зоне контакта. Так при податливом соединении наблюдаются зоны Sticking (прилипание) и Sliding (скольжение), немного зон Near («около»),

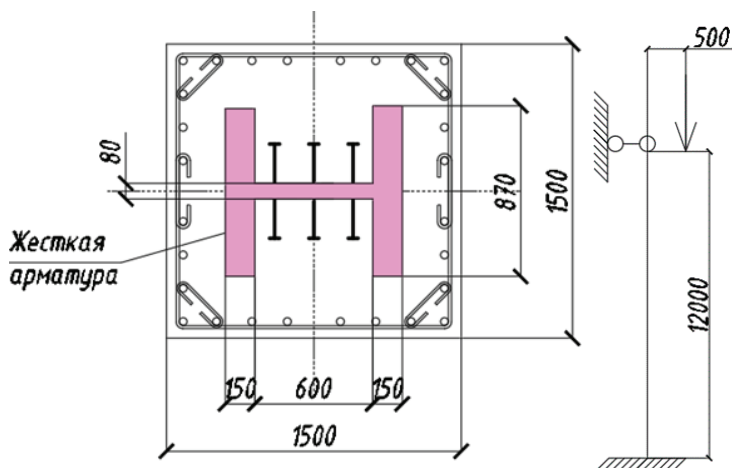


Рис 1. Рассматриваемое сечение колонны и расчетная схема

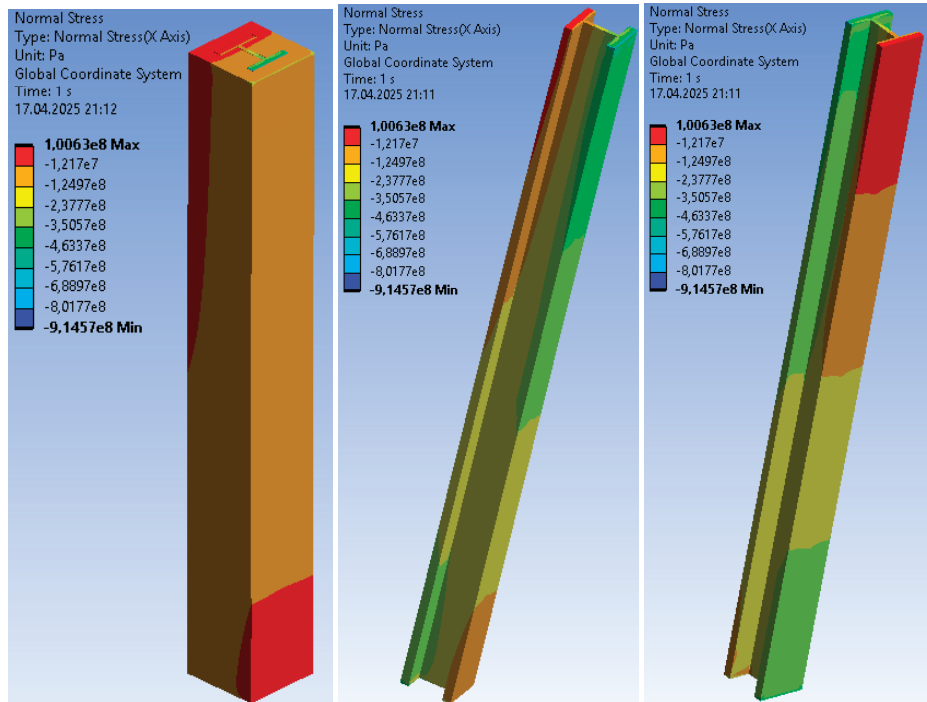


Рис. 2. Нормальные напряжения в колонне

но при этом отсутствуют зоны Over Constrained (чрезмерные ограничения) и Far («далеко»). Тогда как жесткое соединение характеризуется исключительно наличием зон Sticking (прилипание). Распределение данных зон показано на рис. 3.

У колонны со стальным сердечником в виде двутавра наличие жестких упоров оказало качественное влияние на картину распределения зон напряжения трения. При жестком соединении зоны с повышенными значениями напряжения трения более обширные по площади, что го-

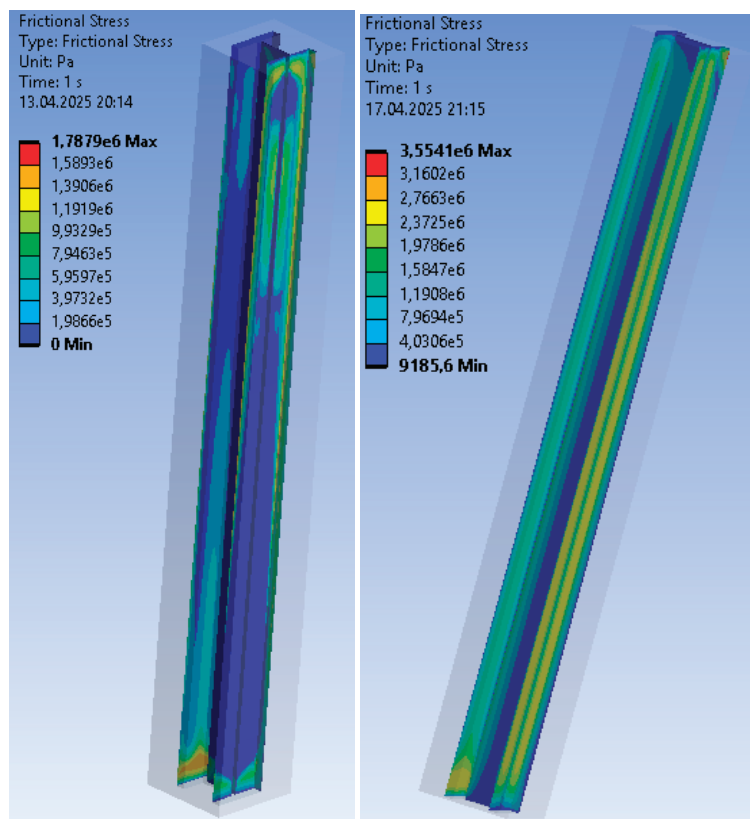


Рис. 4. Напряжение трения в колонне при податливом и жестком соединении

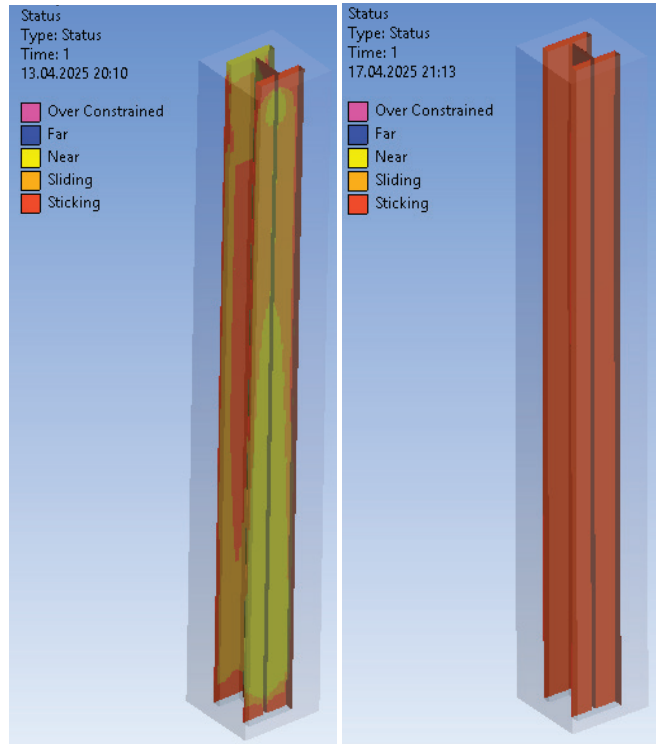


Рис. 3. Статус контакта в колонне при податливом и жестком соединении

ворит об большем сопротивлении контактной поверхности смещению.

Распределение зон напряжения трения показано на рис. 4.

Также у модели с жестким соединением наблюдались меньшие зоны с большим зазором, что также говорит о плотном примыкании поверхностей стали и бетона друг к другу при больших нагрузках. Показано на рис. 5.

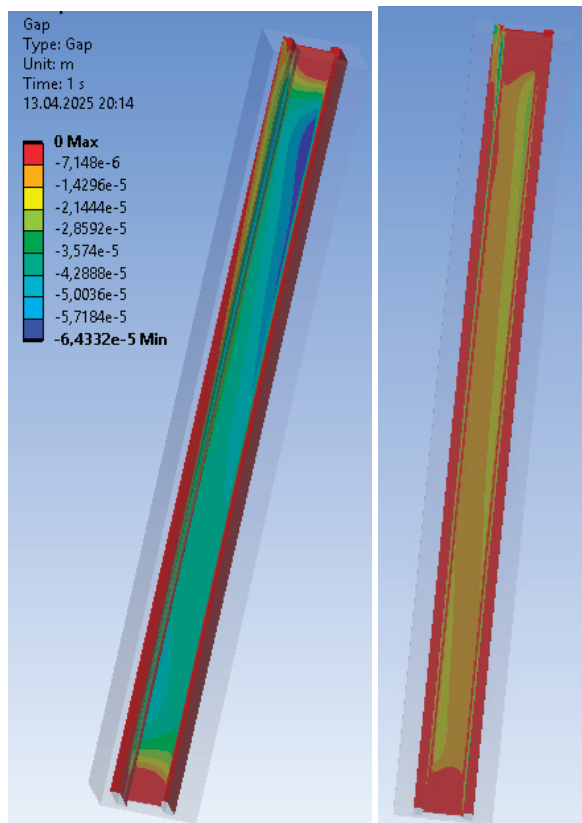


Рис. 5. Величина зазора в колонне при податливом и жестком соединении

Сравнение результатов расчета приведено в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета сталежелезобетонных колонн

НДС	Податливое соединение	Соединение с жесткими упорами
Equivalent Stress, Pa	88401 ... 7,717x10 ⁸	38861 ... 7,599x10 ⁸
Total Deformation, m	0,0191	0,0191
Shear Stress, Pa	-1,845x10 ⁸ ... 1,441x10 ⁸	-1,848x10 ⁸ ... 1,401x10 ⁸
Normal Stress, Pa	-9,234x10 ⁸ ... 9,402x10 ⁸	-9,146x10 ⁸ ... 1,006x10 ⁸
Contact:		
Pressure, Pa	0 ... 3,839x10 ⁷	-4,681x10 ⁶ ... 4,145x10 ⁷
Penetration, m	0 ... 2,559x10 ⁻⁵	0 ... 2,763x10 ⁻⁵
Sliding Distance, m	0 ... 1,754x10 ⁻⁴	2,335x10 ⁻⁷ ... 9,092x10 ⁻⁵
Frictional Stress, Pa	0 ... 1,788x10 ⁶	9185,6 ... 3,554x10 ⁶
Gap, m	-6,433x10 ⁻⁵ ... 0	-3,12x10 ⁻⁶ ... 0

По данным результатам видно, что возросло нормальное напряжение в колонне примерно в 9 раз, расстояние скольжения поверхностей контакта уменьшилось примерно в 2 раза, значение напряжения трения увеличилось в 2 раза, а величина зазора уменьшилась в 20 раз.

Таким образом, можно сделать вывод, что наличие дополнительных удерживающих устройств (жестких упоров) оказало большое влияние на колонну со стальным сердечником в виде двутавра, на что показывает изменение некоторых параметров в десятки раз.

Литература:

1. Глазунов Ю. В. Техничко-экономические исследования и область применения сталежелезобетонных конструкций // Коммунальное хозяйство городов. — 2008. — № 80. — С. 89–94.
2. Бабалич В. С., Андросов Е. Н. Сталежелезобетонные конструкции и перспектива их применения в строительной практике России // Успехи современной науки. — 2017. — № 4. — С. 205–208.

Возможность применения искусственной нейронной сети для математической модели указателя положения регулирующего клапана

Макаров Иван Викторович, студент магистратуры
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Москва)

Научный руководитель: Ребриков Дмитрий Иванович, кандидат технических наук, дежурный инженер
Нововоронежская АЭС

В статье представлены особенности работы математической модели указателя положения, реализованного на базе ПТК ТПТС и описаны её недостатки. Представлена идея устранения этих недостатков с использованием искусственной нейронной сети.

Ключевые слова: математическая модель указателя положения регулирующего клапана, алгоритмы регулирования, режим обучения и режим работы искусственной нейронной сети.

В схемах регулирования турбинного отделения НВАЭС-2 используется сигнал обратной связи с указателями положения, который необходим для:

1. Корректного функционирования алгоритмов регулирования (например, в регуляторе уровня парогенератора, где для совместной работы основного и пускового регулирующей клапанов используется сигналы с указателей положения) [1];

2. Визуального отображения положения регулирующего клапана (РК).

Указатели положения, входящие в состав РК не имеют резерва. Поэтому, для корректной работы алгоритмов регулирования, в случае отказа указателя положения (УП), в ТПТС реализована математическая модель указателя положения (МУП), сигнал с которой будет использоваться в алгоритмах регулирования после того как сигнал с ука-

зателя положения станет недостоверным. Алгоритм работы математической модели указателя положения приведен на рис. 1.

Математическая МУП работает следующим образом [1, 2]:

1. Величина, на которую открывается/закрывается РК определяется по формуле: длительность команды открыть/закрыть умноженное на 100 % и деленное на время хода РК;

2. При наличии концевого выключателя «закрыто» в МУП присваивается значение «0 %»;

3. При наличии концевого выключателя «открыто» в МУП присваивается значение «100 %»;

4. Реальное значение УП записывается в МУП при загрузке (включении) модуля ТПТС, а также через 0,16 от «времени хода РК» при расхождении значений МУП и УП более 5 % и отсутствие сигнала «самосдвиг» и «застрев».

Существующая математическая МУП имеет следующие недостатки:

1. Время хода РК записывается в модель в виде константы (значение которое определено в ходе испытаний), а реальное время хода РК зависит от:

- технологических параметров (расхода, давления, температуры, количества включенных насосных агрегатов и т. п.);

- состояния узлов РК (наличие люфтов, затириания, выработок);

- вибрации и температурных расширений трубопровода на котором расположен РК;

- не линейной характеристики асинхронного двигателя, который применяется в качестве электропривода РК.

2. Не корректно работает алгоритм синхронизации МУП с реальным УП (из-за появления сигнала «застрев» синхронизация не происходит при расхождении МУП с реальным УП более 5 %).

3. Не реализован алгоритм компенсации люфта, который бы учитывал направление предыдущей команды, время паузы (из-за вибрации люфт переходит в «среднее» положение).

При указанных недостатках МУП в зависимости от состояния РК и параметров технологического процесса, может существенно расходиться с УП (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что в начальный момент времени (t_0) когда МУП синхронизирована с УП разница показаний отсутствует. После прохождения команд на открытие/закрытие появляется рассинхронизация, которая увеличивается с увеличением команд на открытие/закрытие. После прохождения 12 команд на открытие и 28 команд на закрытие (момент времени t_1) величина рассинхронизации достигает значения 17 %.

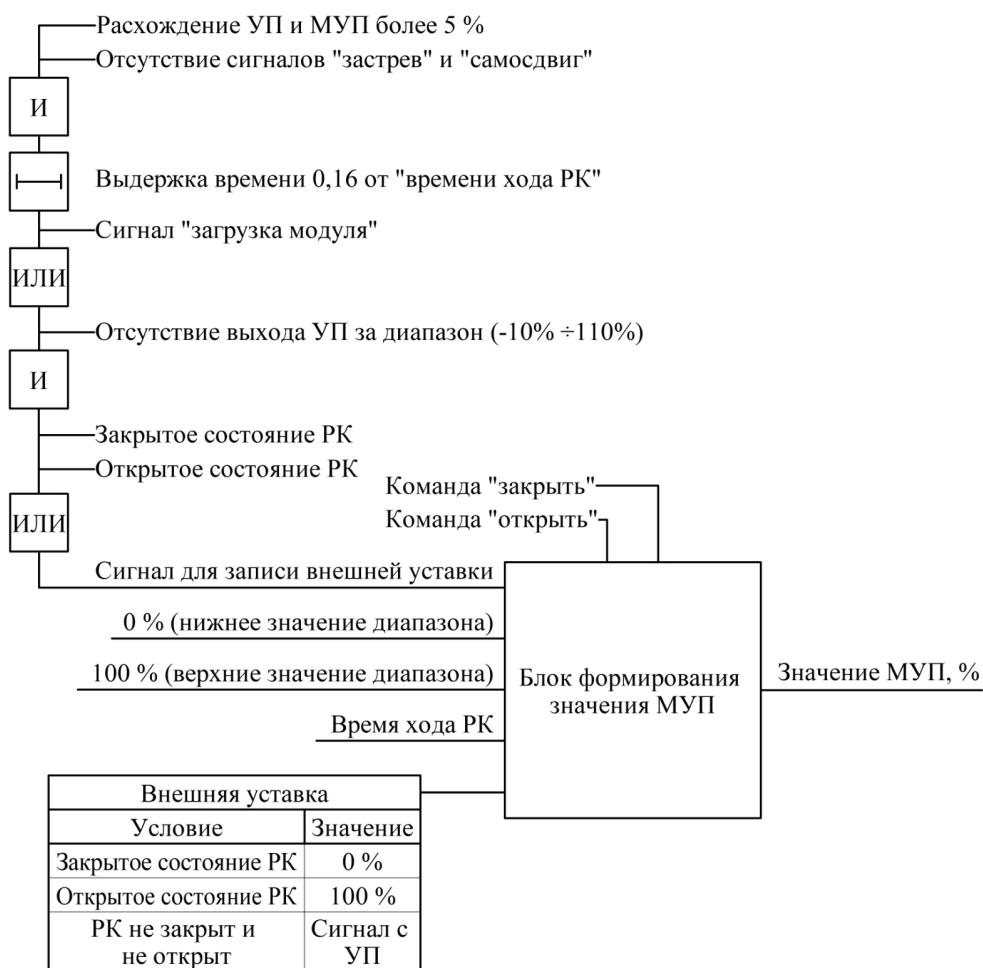


Рис. 1. Алгоритм работы математической модели указателя положения

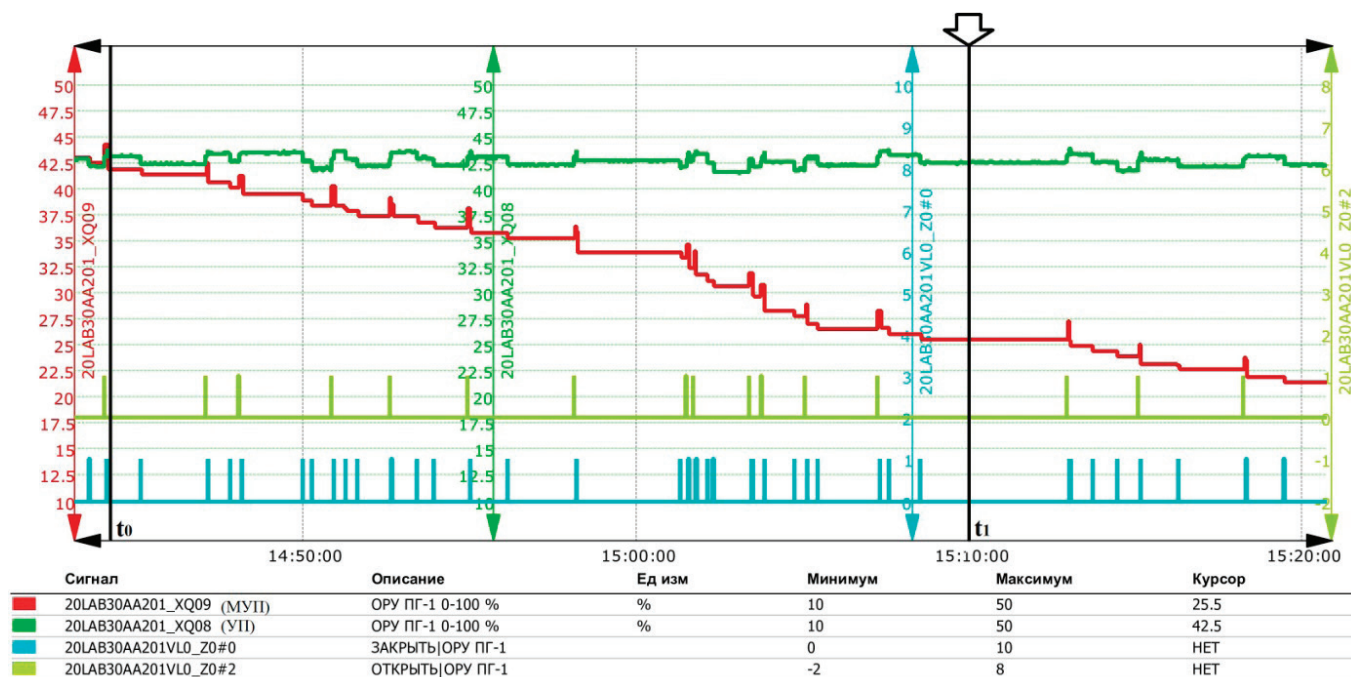


Рис. 2. Пример расхождения МУП и УП при работе регулятора

В виду того, что некоторым регуляторам для полноценной работы необходим сигнал с УП, и то, что оперативный персонал для оценки состояния технологического процесса использует сигнал с УП, то актуальной является задача по устранению вышеприведенных недостатков.

Все выше перечисленные недостатки сложно устранимы в виде логических схем с использованием констант, логических элементов и таймеров, а также, в виду того, что вычислительные мощности модулей ТПТС ограничены.

Для решения этой задачи можно использовать искусственную нейронную сеть [3], которая будет работать в двух режимах:

1. режим обучения;
2. режим работы.

Когда указатель положения находится в работе, МУП не используется в алгоритмах, поэтому это время можно использовать для обучения ИНС. При этом данные для обучения ИНС будут самые актуальные, т. к. они будут поступать до появления неисправности УП, что является явным преимуществом ИНС перед другими вариантами.

Несомненным плюсом представленной идеи является простота формирования обучающих выборок, т. к. они могут поступать в реальном времени.

Принципиальная схема работы МУП с использованием ИНС приведена на рис. 3.

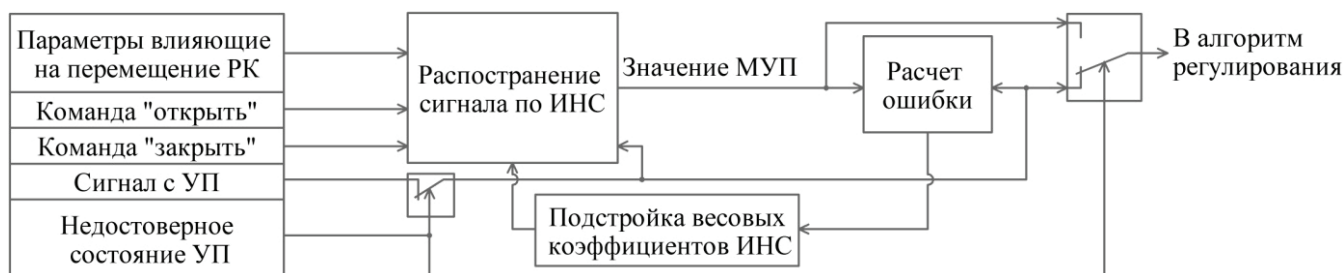


Рис. 3. Принципиальная схема работы МУП с использованием ИНС

При рабочем состоянии УП (отсутствии сигнала «Недостовверное состояние УП») происходит процесс постоянного обучения ИНС, на вход которой поступают сигналы о параметрах технологического процесса, которые могут вносить влияние на нелинейность перемещения регулирующего органа относительно идеальной модели (реализованной в ТПТС), команды на открытие/закрытие

арматуры, а также сигнал с УП. В ходе работы алгоритма в режиме обучения, осуществляется постоянная подстройка весовых коэффициентов передаточных функций ИНС, что будет происходить до момента появления сигнала «Недостовверное состояние УП». После чего, по входным параметрам, ИНС будет вычислять положение ОР и передавать его в алгоритм регулирования и СВБУ.

Литература:

1. Техническое описание алгоритмов САР, реализованных в СКУ МЗ, МПУ ТО, МПУ БОУ энергоблока. АО «АТОМТЕХЭНЕРГО» Московский филиал «Центратомтехэнерго» Москва 2019.
2. Каталог типовых решений по реализации алгоритмов измерения, управления, ТЗБиС, диагностики в ПТК ТПТС АСУ ТП энергоблоков № 3, 4 Ростовской АЭС (включая спецсистемы). Ростовская АЭС Энергоблока № 3, 4 АСУ ТП. «Центратомтехэнерго» Московский филиал ОАО «Атомтехэнерго» Москва 2011.
3. Осовский С., нейронные сети для обработки информации [Текст] / Пер. с польского И. Д. Рудинского. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 344с.

Составление математической модели указателя положения регулирующего клапана регулятора уровня парогенератора с использованием искусственной нейронной сети

Макаров Иван Викторович, студент магистратуры
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Москва)

Научный руководитель: Ребриков Дмитрий Иванович, кандидат технических наук, дежурный инженер
Нововоронежская АЭС

В статье описан способ составления и обучения искусственной нейронной сети для модели указателя положения регулирующего клапана регулятора уровня парогенератора. А также, приведены структура нейронной сети и примеры обучающих выборок.

Ключевые слова: математическая модель указателя положения, целевой и выходной вектор искусственной нейронной сети.

Для полноценной работы регулирующих клапанов (РК) в автоматическом режиме, необходим сигнал обратной связи о положении регулирующего органа [1], который АСУ ТП получает в виде аналогового сигнала от указателя положения (УП), встроенного в исполнительный механизм электроприводной арматуры. В случае неисправности УП, АСУ ТП переходит от использования сигнала УП на математическую модель (ММ) УП [2]. Как показано в [3] существующая ММ УП, реализованная на базе ТПТС имеет существенные недостатки, выражающиеся в большом рассогласовании между реальным сигналом с УП и расчетным по ММ.

Разрабатываемая ММУП РК с использованием искусственной нейронной сети (ИНС) функционирует в режиме обучения и в режиме работы. Режим обучения ММУП будет происходить все время, пока УП имеет достоверное значение [3]. При этом весовые коэффициенты ИНС будут иметь самые актуальные значения.

Для обучения ММУП с использованием ИНС необходимо использовать следующие сигналы и параметры:

1. сигналы которые влияют на перемещение РК: команда «открыть» и команда «закрыть»;
2. сигналы обратной связи от РК: концевой выключатель открытия (КВО), концевой выключатель закрытия (КВЗ), указатель положения (УП);
3. значения технологических параметров.

Обучающие сигналы ИНС ММУП влияющие на перемещение РК и обратной связи от РК применяются для лю-

бого РК, в то время как технологические параметры зависят от конкретной системы, где используется регулятор.

Далее рассмотрим построение ММУП с использованием ИНС на примере основного регулятора уровня первого парогенератора (ОРУ ПГ-1). Для обучения ИНС ММУП РК ОРУ ПГ-1 возможно использовать сигналы приведенные в таблице 1.

Выбор технологических параметров, приведенных в таблице 1 обусловлен теоретически возможным их влиянием на регулирующий орган ОРУ ПГ, в части возможного изменения затирания, теплового расширения или вибрации.

Положение пускового РУ ПГ-1 также необходимо учитывать, поскольку оно также влияет на технологические параметры.

На рис. 1. и рис.2. приведены примеры зависимости сигнала УП от изменения значений технологических параметров и сигналов обратной связи от РК ОРУ ПГ-1 (обучающие выборки).

Разрабатываемая ИНС (рис. 3) имеет однослойную структуру, а обучение будет происходить с «учителем» [4]. В качестве «учителя» будет использован сигнал с УП ОРУ ПГ-1 (20LAB30AA201_XQ08), так называемый целевой вектор, представляющий собой требуемый выход. Получившиеся значение ММУП (выходной вектор ИНС) сравнивается с целевым вектором и определяется ошибка. Ошибка подается с помощью обратных связей через алгоритм коррекции на вход ИНС. Таким образом происходит коррекция весовых коэффициентов и ошибка снижается.

Таблица 1. Перечень технологических параметров и сигналов обратной связи для обучения ИНС

Обозначение сигнала (KKS)	Описание сигнала
20JEA10CL902_XQ01	Уровень в ПГ-1
20LAB30CF901_XQ01	Расход питательной воды на ПГ-1
20LAB30CT002_XQ51	Температура питательной воды на входе в ПГ-1
20LAB10CP903_XQ01	Давление перед узлом питания ПГ
20LAB30FF001_XQ02	Вычисленный расход пара ПГ-1
20LAB31AA201_XQ08	УП пускового РУ ПГ-1
20LAB30AA201VL0_ZO#2	Команда «Открыть» ОРУ ПГ-1
Сигнала в базе нет	Время отсутствия команды «Открыть»
20LAB30AA201VL0_ZO#0	Команда «Закреть» ОРУ ПГ-1
Сигнала в базе нет	Время отсутствия команды «Закреть»
20LAB30AA201_XC01	ОРУ ПГ-1 «Открыто»
20LAB30AA201_XC02	ОРУ ПГ-1 «Закрето»
20LAB30AA201_XQ08	УП ОРУ ПГ-1

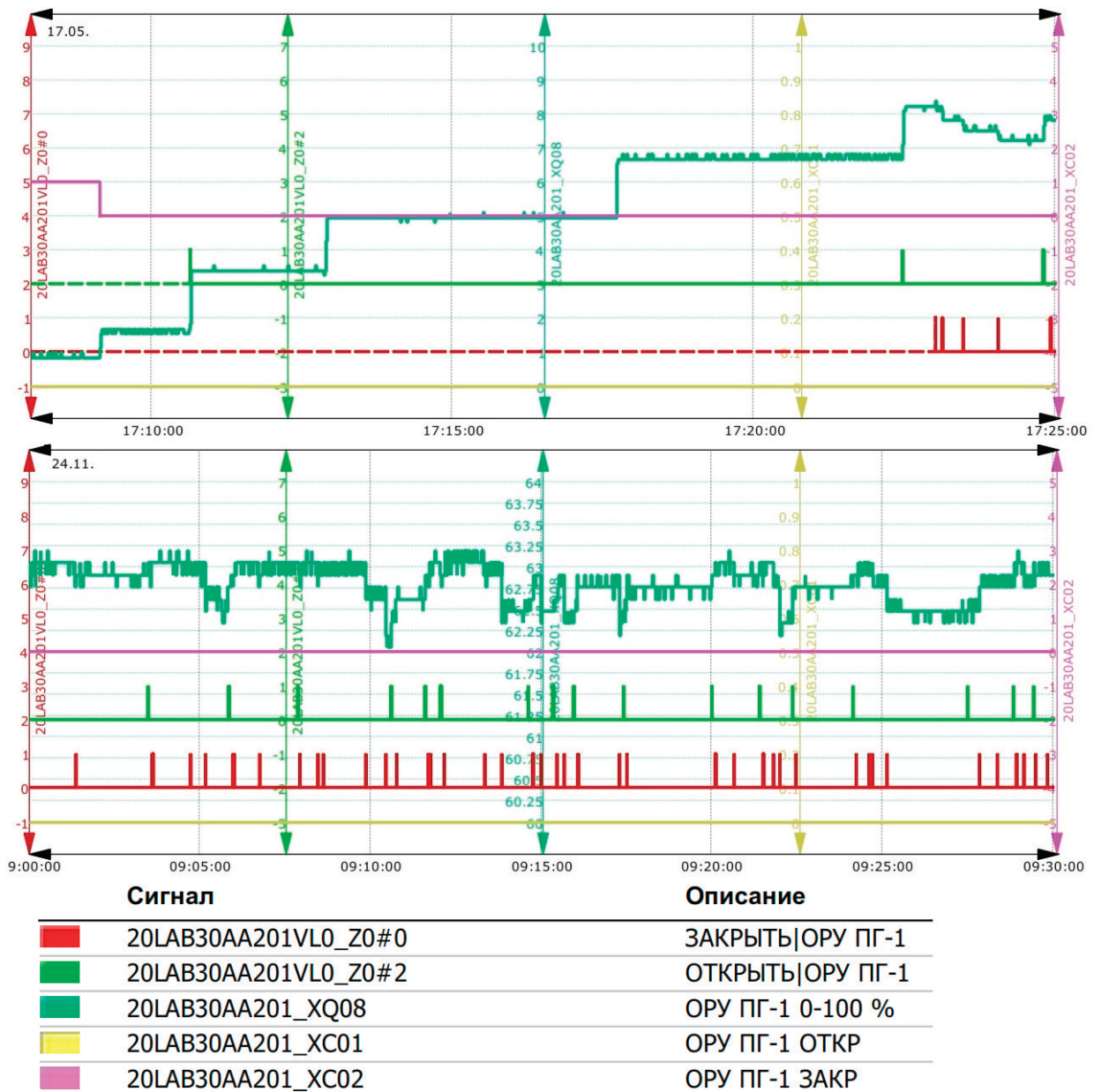


Рис. 1. Сигналов обратной связи от РК ОРУ ПГ-1

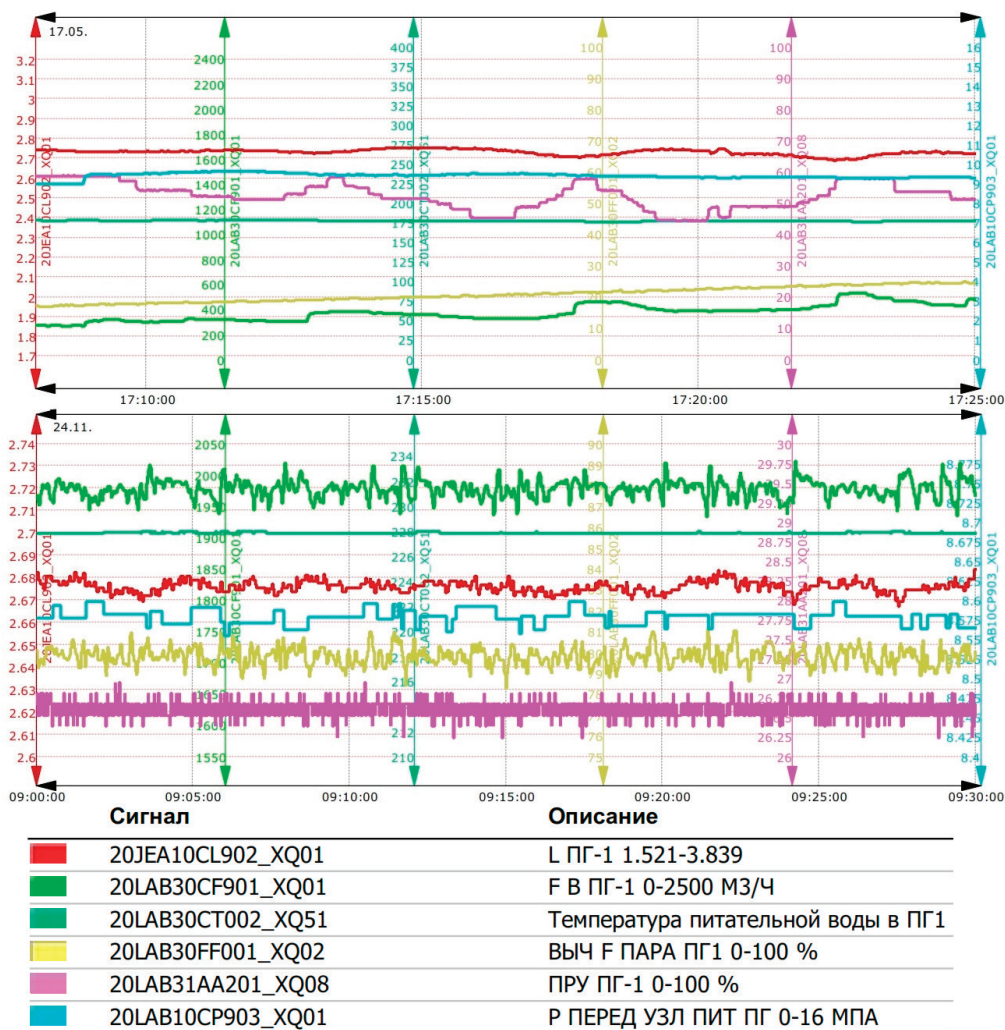


Рис. 2. Значений технологических параметров

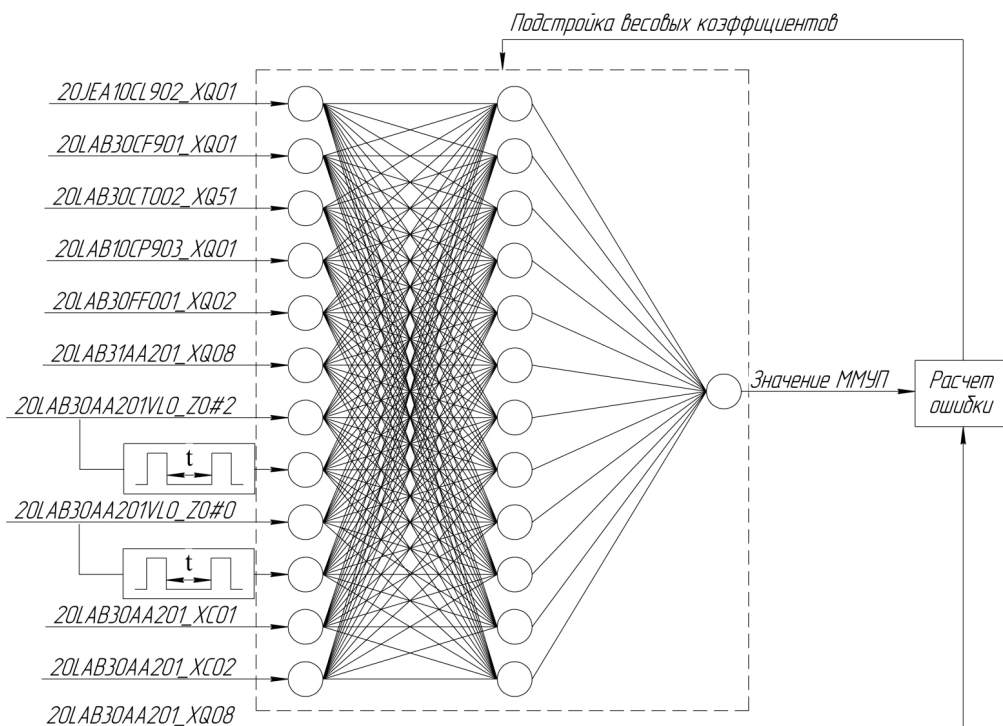


Рис. 3. Структура искусственной нейронной сети

Это происходит до тех пор, пока ошибка не достигнет приемлемого значения.

Преимущества применения ИНС состоит в том, что можно учитывать не измеряемые характеристики РК:

1. состояние механических узлов (люфты, затирания, выработки);
2. не линейной характеристики асинхронного двигателя;

3. перемещение штока в зависимости от люфтов, вибрации и последовательности управляющих команд на закрытие или открытие (времени прошедшего с момента их прохождения).

Всё вышеперечисленное должно положительно сказаться на точности работы модели УП, и как следствие, на стабильной работе ОРУ ПГ.

Литература:

1. Техническое описание алгоритмов САР, реализованных в СКУ МЗ, МПУ ТО, МПУ БОУ энергоблока. АО «АТОМТЕХЭНЕРГО» Московский филиал «Центратомтехэнерго» Москва 2019.
2. Каталог типовых решений по реализации алгоритмов измерения, управления, ТЗБиС, диагностики в ПТК ТПТС АСУ ТП энергоблоков № 3, 4 Ростовской АЭС (включая спецсистемы). Ростовская АЭС Энергоблоки № 3, 4 АСУ ТП. «Центратомтехэнерго» Московский филиал ОАО «Атомтехэнерго» Москва 2011.
3. Ребриков, Д. И. Особенности работы модели указателя положения регулятора, реализованной на ТПТС при наличии люфтов и внешних возмущений / Д. И. Ребриков, И. В. Макаров. — Текст: непосредственный // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики» (МНТК2024). — Москва: авторская редакция, 2024. — С. 38.
4. Осовский С., Нейронные сети для обработки информации [Текст] / Пер. с польского И. Д. Рудинского. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 344с.

Разработка производственной концепции и балансировка линии для серийного выпуска комбинации приборов

Насибуллин Ильвир Илдарович, студент магистратуры

Чистопольский филиал «Восток» Казанского национального исследовательского технического университета имени А. Н. Туполева — КАИ
(Республика Татарстан)

Научный руководитель: Полищук Александр Сергеевич, руководитель отдела по подготовке производства
ООО «Меттэм Ак» г. Чистополя (Республика Татарстан)

В статье рассматриваются ключевые аспекты разработки производственной концепции для серийного выпуска комбинации приборов ЭЦ-12. эргономику рабочих мест и снизить общие операционные расходы.

Особое внимание уделено построению логики технологического потока и планировке производственного участка. Для обеспечения высокой эффективности процесса сборки комбинации приборов ЭЦ-12 была выбрана концепция создания непрерывного потока. Согласно принципу № 2, изложенному в работе Джеффри Лайкера «Дао Toyota» [1, с. 36–37], потоковое производство способствует немедленному выявлению проблем, снижению времени на выполнение операций и минимизации потерь. В рамках данной концепции производственная линия была спроектирована с минимальными буферами между этапами, что позволило оперативно фиксировать отклонения и устранять их в кратчайшие сроки. Такой подход значительно повысил общую гибкость производственного процесса.

На производственном участке была внедрена система 5S, включающая сортировку, соблюдение порядка, чистоту, стандартизацию и совершенствование. Это улучшило организацию рабочих мест и повысило дисциплину персонала [2, с. 200]. Работа основана на практическом опыте внедрения концепции в условиях действующего предприятия и направлена на повышение эффективности, гибкости и устойчивости производственного процесса.

Ключевые слова: производственная концепция, поток сборки, балансировка, комбинация приборов, планировка участка, эффективность, производственная мощность, тактовое время.

Введение

Современное производство требует не только технической оснащённости, но и продуманной организации

процессов. Запуск нового производства комбинации приборов ЭЦ-12 на предприятии потребовал не только восстановления мощностей, но и пересмотра подходов к организации технологического потока.

Основными задачами разработки концепции стали:

1. Создание линейного потока с минимальными перемещениями.
2. Оптимизация планировки участка с учётом логистики и безопасности.
3. Балансировка рабочих мест для равномерной загрузки операторов.
4. Обеспечение контроля качества на каждом этапе.

Реализация этих задач позволила добиться стабильного выпуска продукции с высокими показателями эффективности [2, с. 49].

1. Построение технологического потока

1.1. Принципы линейной сборки

Одним из краеугольных камней новой производственной концепции стала стандартизация рабочих операций. Как подчёркивается в работе Джеффри Лайкера «Дао Toyota» [1, с. 181], стандартизированная работа — это основа для обучения сотрудников, совершенствования процессов и поддержания стабильного качества продукции. В рамках проекта были разработаны:

- Детальные рабочие инструкции для каждой позиции на линии,
- Регулярные тренинги по лучшим практикам,
- Визуальные стандарты выполнения операций.

Это позволило:

- Снизить человеческие ошибки на 25 %,
- Ускорить адаптацию новых сотрудников (с 14 до 7 дней),
- Обеспечить единое качество сборки независимо от смены.

При организации потока сборки комбинации приборов ЭЦ-12 были использованы ключевые положения из раздела «Производственная логистика» [3, с. 184–194]:

1. Тянувшая система (Pull-system)

Внедрена вместо традиционной «толкающей» модели:

- Комплектующие подаются только по факту потребности на конкретной операции
- Объём заказов определяется реальным тактом линии (2 мин/изделие)

Результат: запасы незавершённого производства сокращены на 35 %

2. Синхронизация потоков

Согласно методике «Точно в срок» [3, с. 176–181]:

- Поставщики компонентов переведены на ежедневный график поставок
- Созданы «супермаркеты» деталей у рабочих мест с нормированным запасом на 2 часа работы

Использованы принципы из раздела «Склад как элемент логистической системы» [3, с. 398–410]:

1. ABC-анализ [3, с. 112–117] для классификации компонентов:

- Группа А (70 % стоимости): доставка к линии партиями 15–30 мин
- Группа В (25 %): запас на 4 часа
- Группа С (5 %): недельный запас в цеховом складе

2. Планировка зоны комплектации по принципам [3, с. 425–427]:

- Размещение часто используемых деталей в 3-метровой зоне доступа

- Цветовая маркировка тележек (система 5S)

Итог: время на поиск компонентов сокращено с 8 % до 3 % от операционного времени

Выводы и экономическая эффективность

Интеграция логистических принципов из [3] позволила:

1. Снизить логистические издержки на участке на 22 % (с 18 до 14 руб./ед.)

2. Увеличить гибкость:

- Время переналадки под новый продукт сокращено с 6 часов до 30 минут

- Возможность работы с варьируемым тактом (1.5–3 мин)

3. Повысить устойчивость:

- Запасы критичных компонентов оптимизированы (оборотность выросла с 15 до 23 раз/год)

- Выход на плановую мощность 80 000 ед./год достигнут на 3 месяца раньше срока

«Опыт внедрения показал, что сочетание производственных методик Toyota с инструментами логистической оптимизации [3] создаёт синергетический эффект, особенно в серийном производстве электронных приборов».

1.2. Интеграция систем контроля

Для обеспечения своевременного выявления отклонений на линии была развернута система визуального управления. Как описано в принципе № 8 книги «Дао Toyota» [1, с. 74–75], визуализация критических параметров позволяет мгновенно фиксировать нарушения стандартов или отклонения от нормального хода работ. На производственном участке были установлены световые индикаторы статуса операций, а также информационные стенды с ключевыми метриками качества и производительности.

Применение визуального управления повысило вовлечённость персонала в процессы качества и способствовало оперативному реагированию на отклонения. Для обеспечения качества на каждом этапе были внедрены:

- Визуальные контрольные точки.
- Автоматизированные тестовые стенды.
- Система регистрации дефектов.
- Доски контроля процесса.

Это позволило оперативно выявлять и устранять брак, снизив его долю до 1,2 %.

2. Планировка производственного участка

2.1. Оптимизация Layout

Планировка разрабатывалась на основе трёх ключевых критериев:

1. Минимизация перемещений материалов

Применены принципы из [3, с. 425–427]:

- Зонирование по принципу «шаговой доступности» (макс. 3 м между смежными операциями)

- Использование U-образной схемы потока (сокращение маршрутов на 40 % по сравнению с линейной)

- Внедрение тележек с цветовой маркировкой (система 5S) для комплектующих группы А

2. Обеспечение безопасности операторов
Реализовано через:
- Чёткое разделение транспортных и пешеходных путей
 - Антискользящее покрытие в зонах перемещения грузов
 - Защитные ограждения опасных участков (пайка, тестирование)
3. Масштабируемость
Концепция предусматривает:
- Модульную организацию рабочих мест (возможность добавления/удаления станций без перепланировки)
 - Унифицированные точки подключения коммуникаций
 - Запас площади 20 % для будущего расширения
- 2.2. Визуализация и управление потоками
Для контроля перемещений внедрены:
1. Система Andon:
 - Световая индикация статуса операций
 - Аварийные кнопки остановки конвейера
 2. Разметка пола:
 - Зелёные линии — основные транспортные маршруты
 - Красные зоны — запрещённые для хранения
 3. Информационные панели:
 - Карты текущих заделов
 - Графики загрузки оборудования
- 2.3. Экономический эффект
Внедрённая планировка позволила:
- Сократить внутрицеховую транспортировку с 18 до 7 % рабочего времени
 - Увеличить плотность размещения оборудования на 25 %
 - Обеспечить быструю переналадку (смена конфигурации за 10 минут)
- «Опыт показал, что рациональная планировка участка даёт до 30 % повышения производительности даже без замены оборудования» [3, с. 399]
- 2.2. Гибкость и масштабируемость
Концепция предусматривала возможность:
- Добавления новых рабочих мест при росте объёмов.
 - Быстрой перекомпоновки под другие изделия.
3. Балансировка линии и расчёт мощности
- 3.1. Анализ времени операций
Для балансировки были проведены хронометражные исследования:
- Замеры времени выполнения каждой операции.
 - Выявление «узких мест» (перегруженных этапов).
- 3.2. Расчёт тактового времени

Тактовое время (время на выпуск одного изделия) определялось по формуле [4]:

$$T_{\text{такта}} = \frac{T_{\text{рабочее}}}{N_{\text{план}}}$$

где:

$T_{\text{рабочее}}$ — доступное время в смену (например, 480 минут).

$N_{\text{план}}$ — плановый выпуск (например, 240 изделий).

Для линии ЭЦ-12 тактовое время составило 2 минуты.

3.3. Карта загрузки рабочих мест

На основе данных хронометража была составлена карта загрузки, представленная в таблице 1.

Для устранения дисбаланса были предприняты меры:

- Перераспределение части операций.
- Дополнительное обучение операторов.
- Оптимизация оснастки.

4. Результаты внедрения

Разработанная концепция обладает тремя уровнями гибкости, подтверждёнными в ходе промышленных испытаний:

1. Адаптация к изделиям-аналогам (горизонтальная масштабируемость)

Время перенастройки линии для выпуска модификаций ЭЦ-12:

- Замена оснастки: ≤ 2 минуты
- Обновление ПО тестовых стендов: 20 мин

Изменения требуют только, замены 15 % специализированного инструмента

2. Переход на изделия нового поколения (вертикальная гибкость)

Пример внедрения модели ЭЦ-15:

Задействовано 60 % существующего оборудования

Основные изменения:

- Добавление 2 новых рабочих мест (монтаж сенсорного модуля)
- Модернизация зоны тестирования (без изменения площади)

Сроки адаптации:

- 72 часа — техническая подготовка
- 5 дней — обучение персонала

3. Реакция на колебания спроса

Диапазон производительности:

- Минимум: 50 ед./смена (с сохранением рентабельности)

Таблица 1. Карта загрузки

Операция	Время, мин	Загрузка, %
Комплектация	1,8	90
Сборка дисплея	2,1	105
Монтаж плат	1,9	95
Корпусная сборка	1,7	85
Флеширование	2,0	100
Тестирование	2,2	110
Упаковка	1,5	75

- Максимум: 350 ед./смена (при работе в 3 смены)
- Механизмы регулирования:
- Быстрое подключение/отключение рабочих мест (+4 резервных позиции)

- Гибкий график поставок (от ежечасных до еженедельных)
- Сравним показатели гибкости до и после оптимизации в Таблице 2.

Таблица 2. Сравнение показателей гибкости до и после оптимизации

Параметр	Традиционная линия	Оптимизированная линия	Изменение
Время переналадки	8 часов	25 минут	-94,8 %
% общего оборудования	30 %	60 %	+100 %
Диапазон производит.	±15 %	±40 %	+167 %

Разработанная производственная концепция для выпуска комбинации приборов ЭЦ-12 продемонстрировала значительный мультипликативный эффект во всех ключевых аспектах производственной системы:

1. Операционная эффективность
 - Стабильность такта производства — достигнуто значение 2 ± 0.1 мин с отклонением не более 5 %
 - Снижение доли брака — с 4.2 % до 1.1 % за счёт внедрения контрольных точек на каждом этапе
 - Рост ОЕЕ (общей эффективности оборудования) — с 68 % до 86 % благодаря оптимизации простоев
 - Сверхбыстрая переналадка — время перехода между моделями сокращено с 8 часов до 25 минут (-94,8 %) за счёт внедрения SMED
 2. Экономическая устойчивость
 - Срок окупаемости — 11 месяцев при объёме инвестиций 12 млн руб.
 - Рост маржинальности — увеличение на 8 процентных пунктов за счёт снижения операционных затрат
 - Снижение логистических издержек — на 22 % благодаря оптимизации внутрицеховых перемещений
 3. Стратегические преимущества
 - Гибкость производства — возможность выпуска до 5 новых модификаций в год
 - Микролотное производство — поддержка заказов от 50 единиц без потери рентабельности
 - Цифровая готовность — инфраструктура адаптирована под внедрение ИИТ и Industry 4.0
- Перспективные направления развития
- На основе достигнутых результатов запланированы следующие улучшения:

1. Технологические инновации
 - Цифровые двойники — для моделирования изменений перед физической реализацией
 - Предиктивная аналитика — прогнозирование качества на ранних этапах сборки
 - Автоматизация переналадки — снижение времени до 15 минут за счёт роботизации
2. Масштабирование под другие продукты
 - Блоки управления — ожидаемый прирост производительности +18 %
 - Датчики давления — пилотный запуск в Q2 2024 с использованием существующей линии
3. Оптимизация производственной логистики
 - Внедрение AGV-тележек — для автоматизации межоперационных перемещений
 - RFID-маркировка — для точного учёта компонентов в реальном времени

Заключение

«Внедрённая концепция не только в 19 раз ускорила переналадку (с 8 часов до 25 минут), но и создала основу для беспрецедентной гибкости производства. Полученные результаты подтверждают, что сочетание:

- принципов бережливого производства,
- логистической синхронизации и цифровых технологий

Которые позволяют создавать конкурентоспособные производственные системы в точном приборостроении. Данный подход рекомендован к тиражированию на других предприятиях холдинга.

Литература:

1. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира / Джеффри Лайкер; Пер. с англ. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. — 402 с. — (Серия «Модели менеджмента ведущих корпораций»)
2. «Бережливое производство + шесть сигм» в сфере услуг: Как скорость бережливого производства и качество шести сигм помогают совершенствованию бизнеса / Майкл Л. Джордж; [пер. с англ.] — М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. — 402 с. — (Серия «Модели менеджмента ведущих корпораций»).
3. Логистика: Учебник / А. М. Гаджинский. — 20-е изд. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. — 484 с.
4. Что такое время такта? — Текст: электронный // Институт TWI: [сайт]. — URL: <https://www.twi-institute.com/ru/takt-time/> (дата обращения: 28.04.2025).

Цифровизация и информационная интеграция в концепции производства комбинации приборов

Насибуллин Ильвир Илдарович, студент магистратуры

Чистопольский филиал «Восток» Казанского национального исследовательского технического университета имени А. Н. Туполева — КАИ
(Республика Татарстан)

Научный руководитель: Полищук Александр Сергеевич, руководитель отдела по подготовке производства
ООО «Меттэм Ак» г. Чистополя (Республика Татарстан)

В статье рассматривается опыт разработки и внедрения цифровых решений при запуске серийного производства комбинации приборов ЭЦ-12. Особое внимание уделено вопросам прослеживаемости операций (traceability), цифровой идентификации исполнителей и интеграции с ERP-системой предприятия. Проведено сравнение цифрового подхода с традиционными методами управления производством (Канбан, бумажные отчёты, ручная регистрация). Показано, что автоматизация процессов позволяет существенно повысить эффективность, снизить процент брака и улучшить управляемость производственного потока. Работа основана на практическом опыте внедрения цифровых технологий в условиях серийного производства реального предприятия.

Ключевые слова: цифровизация, производственная концепция, комбинация приборов, ERP, traceability, сканирование, производственный поток, Индустрия 4.0.

Введение

Современные тренды цифровизации промышленности и перехода к концепции «Индустрия 4.0» предполагают интеграцию информационных систем на всех уровнях производства [1, с. 22], поскольку они становятся ключевыми факторами повышения конкурентоспособности предприятий, что подтверждает и анализ ИЭ РАН по цифровой зрелости российских предприятий [1, с. 34].

В рамках проекта по разработке концепции производства комбинации приборов ЭЦ-12 была реализована цифровая система управления производственным потоком. Основными задачами стали:

1. Обеспечение полной прослеживаемости операций.
2. Автоматизация учёта рабочего времени и идентификации исполнителей.
3. Интеграция производственных данных с ERP-системой предприятия.
4. Снижение влияния человеческого фактора на качество продукции.

Внедрение цифровых технологий позволило не только оптимизировать производственные процессы, но и создать основу для дальнейшего масштабирования системы.

1. Традиционные методы управления производством и их недостатки

До внедрения цифровых решений на предприятии использовались следующие методы организации производства:

1.1. Карточки Канбан и ручная регистрация

- Операторы фиксировали выполнение операций в бумажных журналах.
- Передача информации между участками происходила с задержками (до 30 минут).
- Высокий риск ошибок из-за человеческого фактора.

1.2. Отсутствие прослеживаемости (traceability)

- Невозможно было оперативно определить, на каком этапе находится конкретное изделие.
- Затруднён поиск причин брака и ответственных за дефект.

1.3. Ограниченная интеграция с ERP

- Данные о производстве вносились в систему вручную, что приводило к расхождениям.
- Отсутствовала автоматическая синхронизация с логистикой и складом, что не соответствует архитектуре взаимодействия ERP и MES по стандарту ISA-95, предусматривающему иерархическую модель информационного взаимодействия от уровня оборудования до корпоративных систем [4].

Эти проблемы снижали общую эффективность производства и увеличивали себестоимость продукции.

2. Цифровая система управления производством

2.1. Внедрение сканирования и автоматической идентификации

Для устранения недостатков ручного учёта была внедрена система сканирования:

- Каждый оператор авторизуется с помощью личного пропуска.
- Детали и узлы маркируются штрих-кодами/RFID-метками.
- Данный подход соответствует практикам, рекомендованным в учебниках по автоматической идентификации, где подчёркивается роль RFID и QR-систем в снижении потерь и оптимизации учёта на производстве.

2.2. Интеграция с ERP-системой

Как показано в пособии Вологжанина и др. [5, с. 85], автоматизация передачи данных в ERP способствует оперативному управлению производственными ресурсами, логистикой и формированию отчётности в реальном времени.

Данные автоматически передаются в ERP, что позволяет:

- Контролировать загрузку оборудования.
- Оптимизировать логистику внутри цеха.
- Формировать аналитические отчёты.

2.3. Преимущества цифрового подхода

Критерий	Ручной метод	Цифровой метод
Регистрация операций	Карточки Канбан / звонки	Сканирование пропуска и этикетки
Прослеживаемость	Отсутствует	Полная traceability
Скорость передачи данных	До 30 минут	В реальном времени
Точность учёта	Зависит от человека	Автоматическая, 99 %+
Интеграция с ERP [5, с. 123]	Отсутствует	Прямая передача в систему

3. Результаты внедрения

Внедрение цифровой системы позволило достичь следующих результатов:

3.1. Повышение производительности

Такой эффект во многом обеспечен за счёт внедрения цифровых решений, основанных на принципах интеграции информационных потоков [2, с. 45], что позволяет устранить информационные задержки и повысить оперативность принятия решений. Увеличение производственной мощности до **80 000 изделий в год**.

3.2. Улучшение качества

- Снижение брака до уровня **менее 1,5 %**.
- Возможность быстрого анализа причин дефектов.

3.3. Оптимизация логистики

- Сокращение простоев из-за отсутствия комплектующих.
- Автоматическое формирование заказов на склад.

3.4. Повышение ответственности персонала

- Прозрачный учёт рабочего времени.
- Снижение количества ошибок из-за человеческого фактора.

4. Перспективы развития системы

Внедрённая цифровая платформа открывает возможности для дальнейшего развития:

- Внедрение **искусственного интеллекта** для прогнозирования сбоев.
- Использование **дополненной реальности (AR)** для обучения операторов.
- Подключение **интернета вещей (IoT)** для мониторинга оборудования.

Концепции использования IoT и цифровых двойников активно развиваются в рамках подходов к трансформации производственных экосистем [3], а также рассматриваются в современных стандартах цифровизации промышленности [1, с. 44].

Заключение

Опыт внедрения цифровых технологий в производство комбинации приборов ЭЦ-12 подтвердил их эффективность. Автоматизация учёта, интеграция с ERP позволили повысить производительность, снизить процент брака и улучшить управляемость процессов. Данный подход может быть адаптирован для других предприятий приборостроительной отрасли, что делает его перспективным направлением развития производства в условиях цифровой трансформации. Достигнутые результаты соответствуют методологическим рекомендациям по цифровому управлению производством и подтверждают актуальность стандартизированных подходов, таких как ISA-95 и интеграция ERP-MES, в условиях современной приборостроительной отрасли [5].

Литература:

1. Афанасьев А. А. Цифровая трансформация промышленного производства: теоретические аспекты и политика её реализации. — М.: ИЭ РАН, 2024. — 76 с.
2. Интеграция информационных потоков в рамках единого проекта // Вестник Пермского университета. Серия: Математика, механика, информатика. — 2022. — № 1(55). — С. 42–54.
3. Методологический подход к цифровой трансформации предприятий отрасли НК. — Текст: электронный // Хабр: [сайт]. — URL: <https://habr.com/ru/articles/897744/> (дата обращения: 29.03.2025).
4. Международный стандарт ISA-95. — Текст: электронный // Википедия: [сайт]. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ISA-95> (дата обращения: 29.04.2025).
5. Информационные системы в управлении [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. Ю. Вологжанин, В. В. Ильин, Я. Н. Немов; Пермский государственный национальный исследовательский университет. — Электронные данные. — Пермь, 2021. — 292 с.

Исследование алгоритмов обработки сигнала биений в ЛЧМ-дальномерах

Новиков Алексей Сергеевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Кагаленко Михаил Борисович, кандидат технических наук, доцент
Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина

В статье проводится сравнительное исследование методов оценки расстояния в радиолокационном дальномере с линейной частотной модуляцией на основе моделирования в MATLAB. Рассматриваются алгоритмы обработки сигнала биений: метод БПФ с интерполяцией, метод пересечения нуля, применение оконных функций.

Ключевые слова: FMCW, ЛЧМ-дальномер, линейная частотная модуляция, сигнал биений, БПФ (быстрое преобразование Фурье), оконные функции, MATLAB.

Введение

Дальномеры с линейной частотной модуляцией (англ. FMCW — Frequency Modulated Continuous Wave) представляют собой один из наиболее перспективных классов радиолокационных устройств, используемых для измерения расстояния до объектов в реальном времени. Принцип действия FMCW-радара основан на сравнении частот переданного и отражённого сигнала, что позволяет определить временную задержку и, следовательно, расстояние до цели.

Такие системы находят применение в автомобильной промышленности, робототехнике, системах безопасности и навигации. Их достоинства — компактность, высокая точность, помехоустойчивость и низкое энергопотребление.

Теоретические основы работы ЛЧМ-дальномера

Рассмотрим подробнее технологию радара FMCW (непрерывная волна с частотной модуляцией). Такие радары используют высокочастотный сигнал с линейной модуляцией, где частота передачи увеличивается, например, линейно во временном интервале. Основной принцип работы показан на рисунке 1 [1, с. 115–120] [2, с. 45–62].

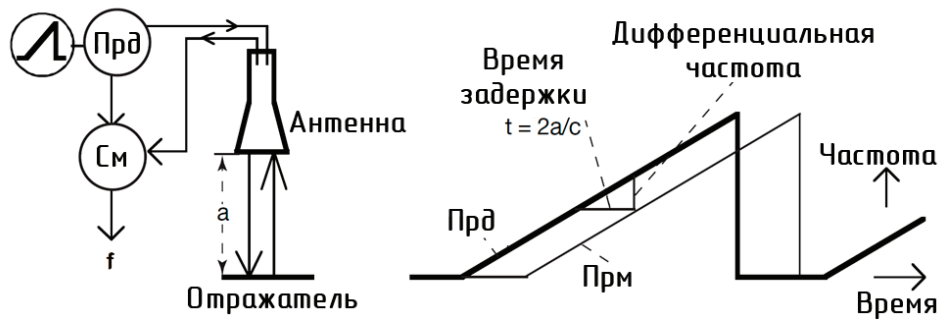


Рис. 1. Принцип работы ЛЧМ-дальномера

Из-за временной задержки при распространении сигнала передаваемая частота изменяется таким образом, что из разницы между мгновенной переданной частотой и принятой частотой получается низкочастотный сигнал, обычно до нескольких кГц. Частота (f) этого сигнала пропорциональна расстоянию (a) до отражателя и, следовательно, в этом методе задержка (t) преобразуется в частоту (df/dt — скорость развертки):

$$f = df / dt \cdot t.$$

Технически дифференциальная частота формируется путем смешивания. Если развертка частоты является линейной, частота низкочастотного смешанного сигнала остается постоянной во время процедуры развертки. Поскольку результирующие частоты сигнала являются низкими, дальнейшая обработка сигнала технически проста и очень точна. Обычно оценка производится с помощью цифровой обработки сигнала.

На рисунке 2 показан пример радиолокационной системы FMCW [3, с. 13–14]. Переменный генератор (ГУН) управляется микропроцессором таким образом, чтобы получить желаемую развертку частоты. Этот сигнал усиливается и подается через контактный соединитель в передающую антенну. Необходимо измерить мгновенную частоту, чтобы обеспечить хорошую линейность развертки. Это делается путем подсчета частоты после ее смешивания с известной частотой (ЦСУ). Принятый сигнал разделяется с помощью направленного ответвителя, смешивается с передаваемым сигналом и обрабатывается микропроцессором.

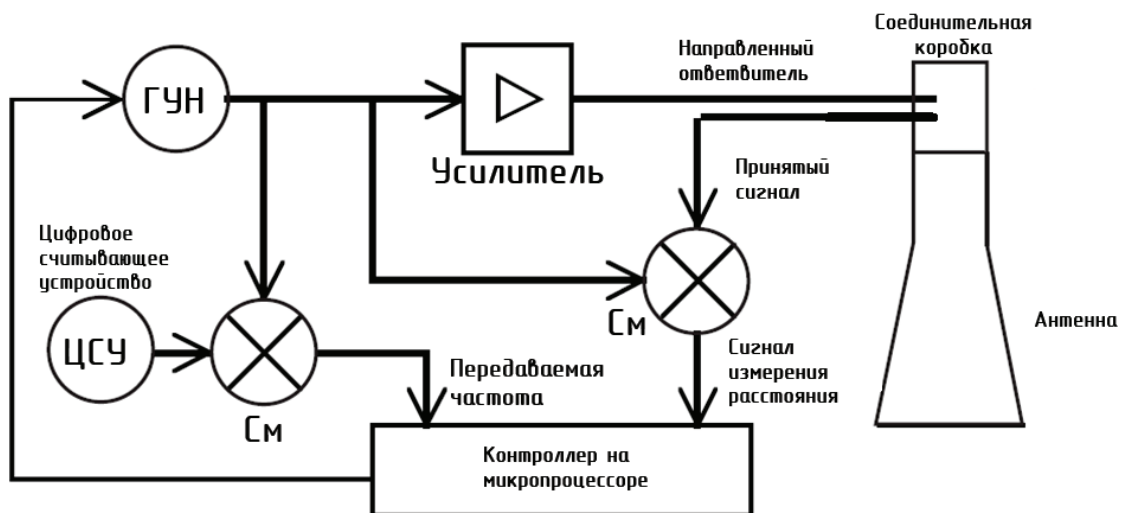


Рис. 2. Типовая функциональная схема ЛЧМ-дальномера

Излучаемый сигнал представляет собой непрерывную волну с линейным изменением частоты по времени:

$$s_{\text{изл}}(t) = A \cdot \cos(2\pi f_0 t + \pi k t^2),$$

где f_0 — начальная частота, $k = B/T$ — скорость модуляции (девиация частота за время T), B — ширина полосы модуляции.

Отраженный от цели сигнал:

$$s_{\text{отр}}(t) = A_{\text{отр}} \cdot \cos[2\pi f_0(t - \tau) + \pi k(t - \tau)^2],$$

где $\tau = 2R/c$ — задержка, связанная с расстоянием R , c — скорость света.

После смешивания (умножения) излучаемого и отраженного сигналов получается сигнал биений:

$$s_b(t) = s_{\text{изл}}(t) \cdot s_{\text{отр}}(t).$$

Среди полученных частот выделяется низкочастотная составляющая:

$$f_b = k \cdot \tau = \frac{2kR}{c} \rightarrow R = \frac{c f_b}{2k}.$$

Таким образом, задача оценки расстояния сводится к оценке частоты биений f_b в сигнале биений.

Моделирование ЛЧМ-дальномера в среде MATLAB

Для оценки эффективности различных алгоритмов оценки расстояния в условиях присутствия мешающих отражений и шума была проведена серия численных экспериментов в среде MATLAB [4, с. 310–330]. В моделировании использовалась унифицированная структура FMCW-дальномера, параметры которого приведены в списке ниже:

- Скорость света — 299792458 м/с;
- Центральная частота — 10 ГГц;
- Частота дискретизации — 20 ГГц;
- Девиация частоты — 50 МГц;
- Отношение сигнал/шум — 0 дБ;
- Коэффициент дополнения нулями — 2.

Формирование сценариев моделирования:

Было задано 1000 итераций моделирования, в ходе которых расстояние до основной цели изменялось линейно от 1 до 5 метров. Дополнительно моделировались два мешающих отражения, расположенные на расстоянии 2,5 и 7 метров соответственно. Амплитуды отражений также задавались следующие: 0,5 и 0,2. Это позволило создать реалистичный сценарий с многолучевым распространением и интерференцией отражённых сигналов [5, с. 188–195].

Для анализа использовались три метода:

1. БПФ с дополнением нулями — анализ спектра сигнала биений с использованием БПФ с нулевой интерполяцией и параболической интерполяцией пика для повышения точности [1, с. 305–312];
2. Метод подсчета пересечения нулей — извлечение средней частоты сигнала биений по среднему периоду между нулями функции [4, с. 212–213];
3. БПФ с оконными функциями (прямоугольное окно и окно Чебышева).

В результате работы каждого алгоритма оценивалось расстояние до основной цели. По разности между оцененными и истинным расстоянием вычислялись ошибки, а также рассчитывалась среднеквадратическая ошибка (СКО) для всех 1000 реализаций.

Результаты моделирования:

В результате моделирования были получены следующие оценки СКО:

Таблица 1. Оценки среднеквадратической ошибки по результатам моделирования

Метод оценки	СКО, м
БПФ с дополнением нулями	0,00356
Подсчет пересечения нулей	0,46222
БПФ с прямоугольным окном	0,07336
БПФ с окном Чебышева	0,04360

Результаты свидетельствуют о существенном превосходстве методов, основанных на БПФ, особенно при использовании дополнения нулями и оконной обработки. Метод подсчета пересечений нуля показал наилучшую точность, что объясняется его чувствительностью к помехам, шумам и сложной структуре сигнала биений.

Визуализация результатов:

Для наглядного сравнения методов были построены следующие графики:

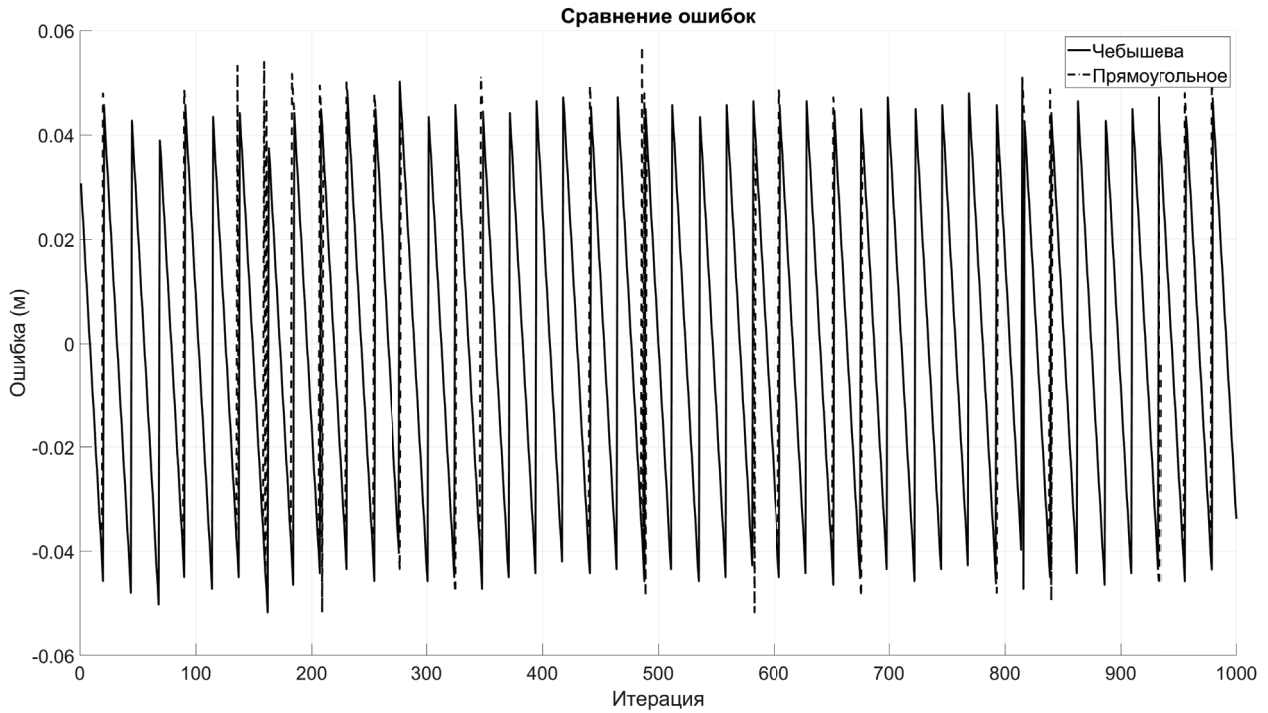


Рис. 3. Сравнение оконных методов

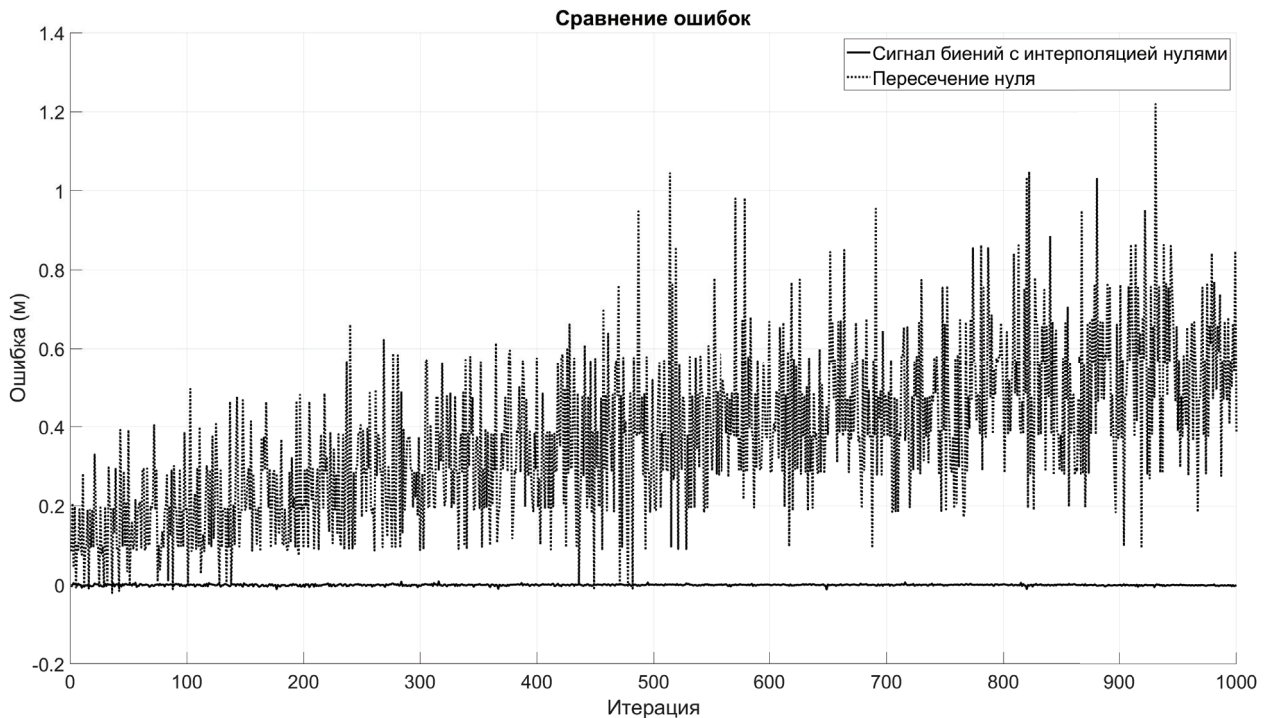


Рис. 4. Сравнение метода БПФ с дополнением нулями и метода подсчета пересечения нуля

На графиках отчетливо видно, что метод БПФ с дополнением нулями обеспечивает минимальные отклонения, в то время как метод подсчета пересечения нулей дает значительные колебания оценок. Среди оконных методов выигрывает окно Чебышева за счет того, что данное окно эффективно подавляет боковые пики спектра, по сравнению с прямоугольным окном.

Вывод по результатам моделирования:

Моделирование подтвердило, что использование спектральных методов с оконными функциями и дополнением нулями позволяет достичь высокой точности при оценке расстояний в ЛЧМ-дальномерах даже при наличии мешающих отражений. Метод пересечения нуля может использоваться только в идеальных условиях или в качестве приближительной оценки.

Литература:

1. Richards M. A. Fundamentals of Radar Signal Processing. — 3rd ed. — New York: McGraw-Hill, 2022. — 736 p.
2. Jahkiran M. FMCW Radar Design. — Boston: Artech House, 2018. — 270 p.
3. Brumbi D. Fundamentals of Radar Technology for Level Gauging. — 4th ed. — Duisburg: Krohne Messtechnik, 2003. — 158 p.
4. Mahafza B. R. Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB. — 4th ed. — Boca Raton: CRC Press, 2017. — 685 p.
5. Nathanson F. E., Reilly J. P., Cohen M. N. Radar Design Principles: Signal Processing and the Environment. — 2nd ed. — Raleigh: SciTech Publishing, 1999. — 624 p.

Исследование по геодезическому мониторингу оползней на территории острова Сахалин

Павлов Илья Викторович, студент

Научный руководитель: Мурзинцев Петр Павлович, кандидат технических наук, доцент
Сибирский государственный университет геосистем и технологий (г. Новосибирск)

В статье автор исследует технические возможности для мониторинга заложенных деформационных марок в местах оползней на острове Сахалин.

Ключевые слова: оползень, мониторинг, деформационная марка, геодезические работы.

Введение

Рельеф острова Сахалин преимущественно составлен средневысотными горами, низкогорьями и низменными равнинами. В сочетании с влажным, муссонным климатом и большим количеством осадков территория острова является очень благоприятной средой для возникновения опасного природного явления как оползень.

Оползень — это природное явление, при котором происходит смещение масс горных пород по склону под воздействием собственного веса и дополнительной нагрузки вследствие подмыва склона, переувлажнения, сейсмических толчков и иных процессов

По мощности оползневой массы, то есть вовлечению в движение масс горных пород, оползни делятся на малые — до 10 тыс. м³, средние — 10–100 тыс. м³, крупные — 100–1000 м³, очень крупные — свыше 1000 м³.

Цель статьи заключается в выявлении особенностей геодезических измерений характерных для оползней на территории острова Сахалин с анализом и прогнозом геоданных.

Методика выполнения

На территории острова для предотвращения оползней чаще всего возводят буринъекционные анкерные сваи.

Такие сваи способны работать на растяжение-сжатие, а также хорошо выдерживают изгибающие нагрузки тем самым уменьшая риск возникновения оползневой массы.

В качестве анкерной тяги используются: стальные арматурные стержни, стальные тросы, металлические трубы буровых колонн. Фрагмент анкерного поля для одного из оползней острова Сахалин представлен на рисунке 1.

При геодезическом мониторинге оползней на анкерных полях в качестве деформационных марок можно использовать оголовки анкеров. Такие анкера специально маркируются (яркая лента или краска), а также напильником наносится насечка на сам оголовок в виде креста.

Наблюдения на анкерных полях преимущественно выполняются с использованием ГНСС оборудования в режиме RTK.

Выше описанный метод может быть полноценно использован только на участках с открытым небосводом и участках, находящихся по близости от опорных пунктов, которые используются в качестве базовых станций RTK, а также необходимо учитывать крутизну поверхности. После выполнения измерений и обработки результатов, составляются сводные таблицы сравнений последнего цикла с предыдущим, а также последнего цикла с нулевым. Все таблицы создаются в программе Microsoft Excel. Данное программное обеспечение позволяет выполнять все не-



Рис. 1. Фрагмент спутниковых наблюдений на анкерном поле

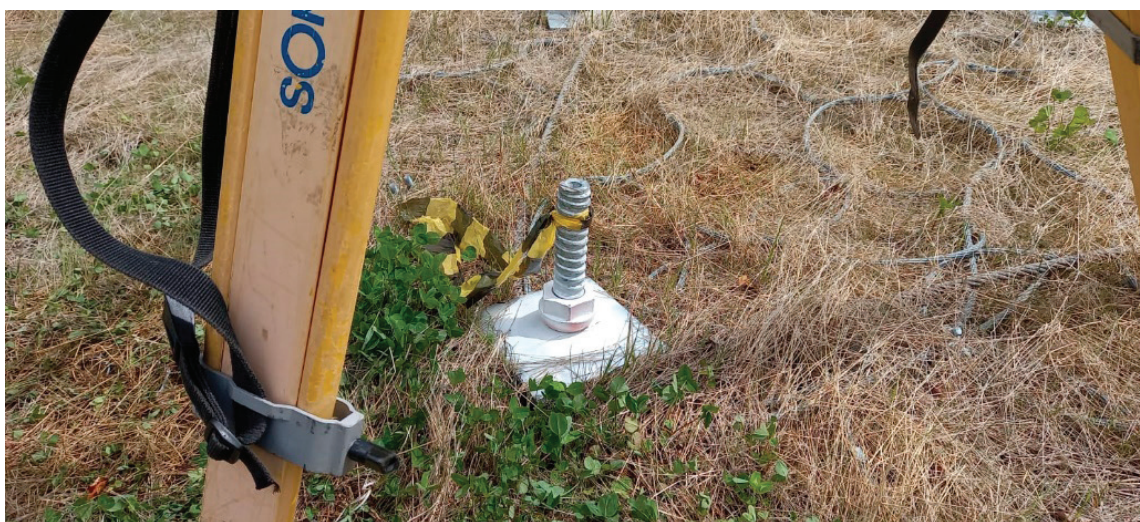


Рис. 2. Внешний вид деформационной марки на анкерном поле

необходимые расчеты, а также визуализировать результаты при помощи функции условного форматирования путем присваивания цвета ячейки вычисленной величины соответственно интервалу, в который это значение входит. По

вычисленным величинам смещения и высотам определяют состояние оползневой процесса в зависимости от интервала в который эти значения входят, результаты представлены на рисунках 3, 4, 5.

0 Цикл (20.07.16)				6 Цикл (18.07.23)			dN, mm	dE, mm	Fabs, mm	dH, mm
Name	N, m	E, m	H, m	N, m	E, m	H, m				
AR55/01	5373175,438	619658,620	159,396	5373175,496	619658,575	159,350	58	-45	73	-46
AR55/02	5373135,182	619649,488	158,993	LOST 2023						
AR55/03	5373112,834	619648,366	161,137	LOST 2023						
AR55/04	5373188,721	619620,538	152,099	5373188,723	619620,501	152,094	3	-37	37	-5
AR55/05	5373161,554	619631,187	154,311	5373161,557	619631,123	154,273	3	-64	64	-38
AR55/06	5373134,787	619628,918	156,504	LOST 2023						
AR55/07	5373115,153	619631,427	156,211	5373115,135	619630,941	156,114	-18	-486	486	-97
AR55/08	5373182,131	619585,850	143,526	5373182,161	619585,834	143,552	31	-16	35	26
AR55/09	5373150,655	619592,333	145,030	5373150,671	619592,305	145,022	16	-27	31	-7
AR55/10	5373123,853	619587,668	144,765	5373123,880	619587,692	144,830	27	25	37	66

Рис. 3. Сравнение координат и высот замеров 0 и 6 циклов

Величина смещения в плане/в высоте, мм	Состояние оползневого процесса
менее 20/менее 10	Размер смещения в пределах точности. Рассмотренный участок – устойчивый (стабильный).
21-50/11-30	Рассмотренное смещение – умеренное и предполагает возникновение или исчезновение оползневого процесса.
свыше 50/свыше 30	Состояние активизации оползневого процесса.

Рис. 4. Величины смещения, состояние оползневого процесса

Подвижки	Величина смещения (мм)	Оползневая марка/скважина
Максимальная горизонтальная подвижка	486	AR55/07
Минимальная горизонтальная подвижка	31	AR55/09
Максимальная вертикальная подвижка	-97	AR55/07
Минимальная вертикальная подвижка	-5	AR55/04
Заключение	На 4 марках величины перемещений критичны. Период между циклами 0 и 6 – 83 месяца.	

Рис. 5. Заключение по подвижкам 0 и 6 циклов

Заключение

По результатам измерений деформационных марок на оползневом участке на острове Сахалин можно сделать вывод, что анкерное поле достаточно хорошо может удерживать грунт и тем самым препятствовать возникновению оползневого процесса. Величины смещений 5–6 цикла с периодом 12 месяцев свидетельствуют об устойчивости

участка. Однако, как показывают величины смещений 0–6 цикла с периодом 83 месяца полностью остановить движения грунта не представляется возможным и в скором времени необходимо будет назначать противооползневые мероприятия. В качестве главных позиций можно рекомендовать: регулирование поверхностного стока атмосферных осадков, защита грунта поверхности склона от выветривания, изменение физико-механических свойств грунтов.

Литература:

1. Разумов В. В., Богданов М. И., Богданова Н. Д., Разумова Н. В., Гусейнова Н. О. Оценка масштабов распространения и опасности активизации оползневых процессов в Дагестане // Юг России: экология, развитие. — 2019. — Т. 14, № 4. — С. 56–77. — DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-56-77.
2. Елагин А. В., Зайцев М. В., Прохоров Д. А., Шендрик Н. К. Оценка точности определения координат спутниковыми приемниками EFT M3 GNSS и EFT M4 GNSS в режиме RTK // Вестник СГУГиТ. — 2020. — Т. 25, № 3. — С. 26–33. — DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-3-26-33.
3. Халкечев Р. К., Халкечев К. В. Применение теории катастроф для математического моделирования оползневого процесса на вогнутых склонах горных территорий // Устойчивое развитие горных территорий. — 2023. — Т. 15, № 3. — С. 720–726. — DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-3-720-726.

Роботизированная система для диагностики магистрального трубопровода

Федоров Роман Дмитриевич, студент

Научный руководитель: Чистов Юрий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, магистральные трубопроводы, диагностика трубопровода, мониторинг.

Введение

Современное общество остаётся во многом зависимым от стабильного функционирования нефтегазовой отрасли, которая обеспечивает не только энергетические потребности, но и является основой для множества производственных процессов. Магистральные трубопроводы, играющие ключевую роль в транспортировке нефти, газа и нефтепродуктов, образуют сложную и протяжённую инфраструктуру, требующую регулярного технического контроля и своевременного обслуживания. Нарушения в их работе могут привести к серьёзным последствиям — от экономических потерь до экологических катастроф, что делает задачи диагностики и мониторинга особенно значимыми.

Несмотря на широкое внедрение методов неразрушающего контроля, таких как ультразвуковая и магнитная дефектоскопия, существующие подходы всё ещё сталкиваются с рядом ограничений. Многие из них требуют остановки трубопровода, зависят от участия человека и не всегда обеспечивают высокую точность или масштабируемость в реальных эксплуатационных условиях.

Одним из перспективных направлений становится применение роботизированных систем, способных проводить автономную диагностику трубопроводов изнутри. Такие устройства представляют собой интегрированные комплексы, оснащённые сенсорами, видеокамерами, осветительными элементами и средствами связи. Они способны перемещаться по трубе, собирать и обрабатывать диагностические данные, а также обеспечивать их оперативную передачу в центр управления. Это позволяет не только своевременно обнаруживать дефекты, но и выстраивать более эффективную стратегию технического обслуживания объектов инфраструктуры.

Роботизированные решения обладают рядом преимуществ: они снижают риски, связанные с человеческим фактором, позволяют проводить мониторинг без остановки трубопровода, обеспечивают доступ к труднодоступным участкам, а также открывают возможности для внедрения интеллектуальных алгоритмов анализа и предиктивного обслуживания. В условиях цифровой трансформации отрасли такие системы становятся неотъемлемой частью концепции «умной» инфраструктуры.

Проблематика контроля состояния магистральных трубопроводов

Магистральные трубопроводы, несмотря на кажущуюся простоту конструкции, представляют собой один

из наиболее уязвимых объектов нефтегазовой инфраструктуры.

Одной из главных проблем является невозможность визуального контроля внутреннего состояния трубы без остановки системы. Это приводит к тому, что многие дефекты — включая коррозию, трещины, деформации стенок или отложения на внутренней поверхности — обнаруживаются на поздних этапах, когда требуется дорогостоящий ремонт или происходит авария. К тому же большая часть трубопроводов проложена под землёй, в воде или других труднодоступных зонах, где применение стандартных методов диагностики становится крайне затруднительным или невозможным.

Также важным фактором выступает устаревание оборудования и технологий, применяемых для технического обслуживания. Во многих случаях предприятия продолжают использовать традиционные методы неразрушающего контроля, такие как ультразвук, магнитная дефектоскопия, вихретоковые методы, которые хоть и доказали свою эффективность, но имеют существенные ограничения. Например:

- необходимость прямого доступа к поверхности трубы;
- зависимость от уровня квалификации оператора;
- невозможность проводить сплошной контроль на протяжённых участках;
- низкая скорость обследования при больших объёмах;
- ограниченная автоматизация процессов.

Кроме того, существует проблема дробности и несогласованности применяемых систем. Нередко данные о состоянии трубопроводов собираются разрозненно, вручную или с помощью несовместимого оборудования, что делает затруднительным их объединение, анализ и оперативное реагирование. Отсутствие централизованных и интеллектуальных платформ для хранения, обработки и интерпретации диагностических данных приводит к потере информации, несвоевременной реакции и ошибкам в оценке технического состояния объектов.

Фактор человеческого участия также остаётся одной из точек риска. Сложность условий работы, необходимость перемещения на большие расстояния, ограниченность времени и ресурсов могут вызывать ошибки, снижать качество диагностики и увеличивать общие издержки.

Совокупность этих проблем подталкивает отрасль к поиску новых решений, которые бы позволили проводить постоянный, автоматизированный и высокоточный мониторинг состояния трубопроводов без необходимости прерывания транспортировки и привлечения боль-



Рис. 1. Робот для диагностики и анализа магистрального трубопровода

шого количества специалистов. Именно в этом контексте разработки в области робототехники и интеллектуальных программных систем выходят на передний план.

Функции и возможности роботизированных систем для диагностики трубопроводов

Развитие технологий робототехники и интеллектуальных систем открыло новые горизонты в области технического обслуживания и диагностики магистральных трубопроводов. Роботизированные комплексы, способные автономно работать внутри или снаружи трубопроводов, позволяют значительно повысить эффективность контроля и обслуживания, сократить затраты и минимизировать участие человека в потенциально опасных процессах.

Ключевое преимущество роботизированных систем заключается в интеграции множества функций в единую платформу, что позволяет выполнять несколько технологических операций одновременно — от механической очистки до высокоточной диагностики и анализа состояния внутренней поверхности трубы.

Основные функции роботизированных систем:

1. Передвижение по трубопроводу (мобильность)

Современные роботы способны перемещаться как внутри трубопровода (внутритрубные системы), так и снаружи (внешние ползающие платформы) благодаря использованию специализированных шасси, колес, гусениц, магнитных или вакуумных присосок.

2. Сенсорный мониторинг и видеодиагностика

Оснащение робота камерой высокого разрешения, инфракрасными датчиками, ультразвуковыми дальномерами. Такие системы выявляют трещины, утонения, сквозные отверстия, деформации, коррозионные очаги и прочие дефекты с высокой точностью.

3. Сбор и передача данных

Роботизированные платформы оснащаются модулем сбора данных с возможностью беспроводной передачи информации в режиме реального времени либо хранения на борту для последующего анализа.

4. Интеллектуальный анализ и визуализация Программное обеспечение, интегрированное с роботом, обрабатывает собранную информацию, создавая цифровые модели трубопровода, карты повреждений, отчеты и визуализации.

Потенциальные возможности:

- Автономная работа без вмешательства оператора;
- Интеграция с цифровыми платформами управления инфраструктурой;
- Возможность работы в условиях отсутствия освещения, повышенной влажности, давления или температуры;
- Повышение частоты и регулярности мониторинга без остановки процесса транспортировки;
- Создание цифрового архива технического состояния трубопровода для прогнозного анализа.

Таким образом, роботизированные системы не только расширяют возможности диагностики, но и становятся ключевым элементом перехода от реактивного технического обслуживания к превентивному и предиктивному подходу, в основе которого лежит постоянный мониторинг и анализ данных в реальном времени.

Структура и компоненты роботизированной системы

Роботизированные системы, предназначенные для диагностики магистральных трубопроводов, представляют собой сложные многофункциональные устройства, сочетающие в себе элементы механики, электроники, сенсорики и программного обеспечения.

Ключевые компоненты роботизированной системы:

1. Механическая платформа Основа всей конструкции — это мобильная платформа, обеспечивающая перемещение робота по трубе. Она может быть оснащена колесами, гусеницами, шарнирными узлами или системами магнитного/вакуумного сцепления с внутренними или внешними стенками трубы. Конструкция должна учитывать особенности геометрии трубопровода: диаметр, изгибы, уклоны, наличие сварных швов и препятствий.

2. Приводная система и элементы позиционирования Включает электродвигатели (постоянного тока или шаговые), сервоприводы и редукторы, обеспечивающие движение и маневренность. Также используется система датчиков положения (энкодеры, гироскопы, инклинометры), позволяющих точно отслеживать траекторию перемещения и положение робота внутри трубопровода.

3. Сенсорный блок и средства диагностики Одной из главных задач системы является сбор диагностической информации. Для этого используются:

- **Видеокамеры** (в том числе с ИК-подсветкой);
- **Ультразвуковые сенсоры** для измерения толщины стенки трубы и выявления внутренних дефектов;
- **Лазерные сканеры** для 3D-моделирования внутренней геометрии трубы;

4. Осветительная система Необходима для обеспечения видимости при видеодиагностике. Обычно включает светодиодные прожекторы с возможностью регулировки интенсивности. В некоторых случаях применяется кольцевое освещение для исключения теней и бликов.

5. Бортовой вычислительный модуль Отвечает за предварительную обработку данных, управление исполнительными механизмами и связь с оператором. Может использовать микроконтроллеры (например, STM32, Arduino) в сочетании с более мощными одноплатными компьютерами (Raspberry Pi, Jetson Nano и др.), особенно если система использует алгоритмы машинного зрения и анализа.

6. Связь и управление Управление роботом может осуществляться в двух режимах: дистанционно (по кабелю или через беспроводной канал) либо автономно, при заранее запрограммированном сценарии. В зависимости от условий, может использоваться радиосвязь, Wi-Fi, LTE, либо кабельная передача данных (например, по оптоволокну).

7. Энергоснабжение Питание осуществляется от встроенных аккумуляторов или через кабель (при наличии). При автономной работе важны энергоэффективность всех компонентов и возможность быстрой подзарядки либо замены аккумуляторных модулей.

8. Программное обеспечение Включает прошивку микроконтроллеров, ПО для сбора и анализа данных, интерфейс оператора (GUI), а также инструменты для визуализации, генерации отчетов и интеграции в цифровые платформы управления объектом.

Потенциал применения и дальнейшее развитие

Современные роботизированные системы для диагностики трубопроводов находят всё более широкое применение в различных отраслях промышленности, где необходим контроль технического состояния протяжённых трубопроводных магистралей. В первую очередь это касается нефтегазовой сферы, где обеспечение непрерывности и безопасности транспортировки углеводородов имеет стратегическое значение.

Вариативность конструкций и возможность адаптации под конкретные условия эксплуатации делают такие системы универсальными и масштабируемыми.

С точки зрения перспектив развития, ключевыми направлениями являются:

- **Интеграция искусственного интеллекта** для автоматической интерпретации диагностических данных, классификации дефектов, прогнозирования ресурса труб и повышения точности анализа.
- **Повышение автономности** за счёт развития навигационных алгоритмов, самодиагностики и принятия решений на борту без участия оператора.

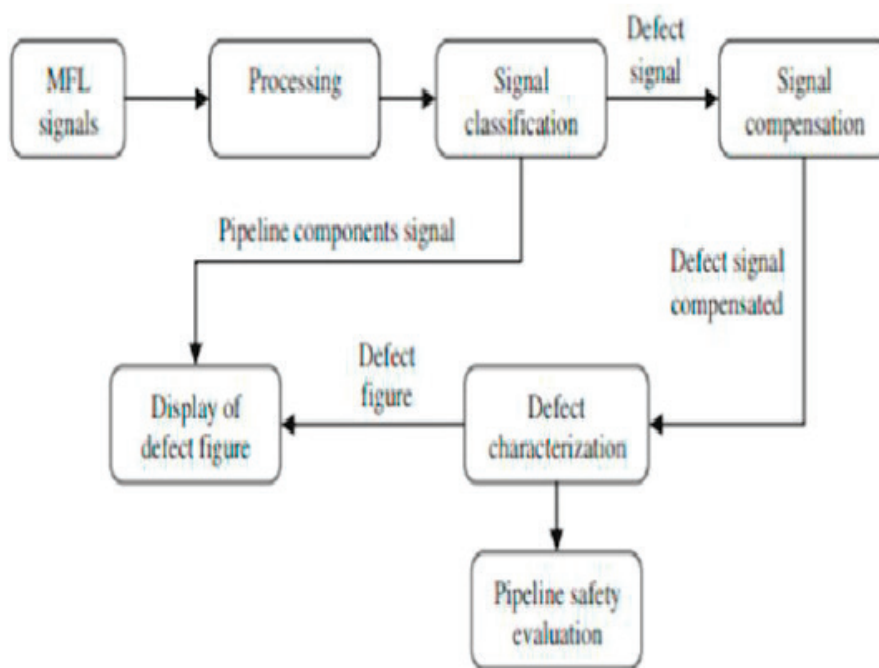


Рис. 2. Структурная схема работы робота

– **Создание цифровых двойников** трубопроводной инфраструктуры, в которых результаты диагностики могут использоваться для обновления виртуальной модели объекта в реальном времени. Это позволит внедрить проактивное техническое обслуживание и оптимизировать ремонтные мероприятия.

Кроме того, такие системы обладают высоким потенциалом интеграции в существующие производственные цепочки и системы управления предприятиями, включая SCADA-системы. Это открывает возможности для создания единой цифровой среды мониторинга и управления техническим состоянием инфраструктуры на всех уровнях.

Заключение

Разработка и внедрение роботизированных систем для диагностики и анализа магистральных трубопроводов представляют собой важный шаг в направлении цифровой трансформации промышленной инфраструктуры. Такие системы позволяют проводить технический

контроль без остановки транспортировки, с высокой степенью точности и минимальным участием человека.

По сравнению с традиционными методами неразрушающего контроля, роботизированные комплексы обладают рядом неоспоримых преимуществ:

- автономность и мобильность,
- высокая точность выявления дефектов,
- возможность работы в агрессивных и труднодоступных условиях,
- интеграция с цифровыми платформами анализа и прогнозирования,
- сокращение затрат на техническое обслуживание и ремонт.

Применение таких технологий обеспечивает не только безопасность эксплуатации трубопроводных систем, но и создаёт основу для перехода к интеллектуальному управлению инфраструктурой. В условиях роста нагрузки на энергетическую отрасль и повышения требований к надёжности и экологической безопасности, роботизированные системы становятся неотъемлемым элементом современной промышленной диагностики.

Литература:

1. Лисин Ю. В., Александров А. А., Суцев С. П. Система автоматизированного мониторинга магистральных трубопроводов на участках сложных геологических условий // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2012 г.
2. Мамонтова Т. Е. Учет геометрического профиля нефтепровода при определении параметров утечки // Нефтегазовое дело. 2012 г.
3. Корендясев А. И. Теоретические основы робототехники: в 2 кн. / А. И. Корендясев, Б. Л. Саламандра, Л. И. Тывес; отв. Ред. С. М. Каплунов. – М.: Наука, 2006 г.
4. Робот-змея для технической диагностики и ремонта трубопроводов. Поезжаева Е. В., Юшков В. С. Новые материалы и технологии в машиностроении. 2011 г.
5. Бородавкин П. П., Березин В. Л. Сооружение магистральных трубопроводов. 1977 г.

Химическая нейтрализация пиррофорных отложений гипохлоритом натрия в резервуарах для хранения нефти

Ямалеева Зарина Ильшатовна, студент магистратуры

Научный руководитель: Султанов Рифкат Мухатьярович, доктор химических наук, профессор

Уфимский государственный нефтяной технический университет

В статье автор исследует пиррофорные отложения в резервуарах хранения нефти и методы их химической нейтрализации как наиболее эффективный и безопасный способ решения проблемы, предлагая его в качестве альтернативы традиционным методам.

Ключевые слова: пиррофорные отложения, промышленная безопасность, коррозия резервуаров, нейтрализация сульфидов железа.

Пиррофорные отложения — химические соединения, преимущественно сульфиды железа, образуются в результате коррозии металла под воздействием сероводорода и меркаптанов. Эти отложения способны самовозгораться при контакте с воздухом. Интенсивное тепло,

выделяемое в результате окисления, является причиной самовозгорания.

Актуальность проблемы пиррофорных отложений в резервуарах хранения нефти обусловлена ужесточением нормативных требований в области промышленной без-

опасности нефтегазового комплекса. Присутствие в нефтяных фракциях меркаптанов и сероводорода, характеризующихся высокой воспламеняемостью, значительно увеличивает пожароопасность, связанную с образованием пирофорных отложений.

Отсутствие надлежащих мер по предотвращению коррозии в резервуарах может привести к ряду опасностей для окружающей среды и безопасности населения, включая загрязнение жидкости, утечки, разливы и, в крайних случаях, пожары и взрывы [1, с. 15].

В связи с этим, критически важным является разработка эффективных мер по предотвращению аварий и повышению уровня пожарной безопасности в резервуарах для хранения нефти.

Из-за ограниченности доступных методов предотвращения образования пирофорных отложений, единственным способом обеспечить полную безопасность при разгерметизации оборудования является предотвращение контакта этих отложений с кислородом.

Несмотря на разнообразие методов дезактивации пирофорного железа, образующегося на оборудовании (включая пропаривание, очистку нефти от серы, защелачивание, использование устойчивых материалов и ингибиторов), ни один из них не обеспечивает достаточной безопасности при ремонтных работах на НПЗ. Проблема в том, что эти методы не предотвращают образование пирофорных соединений полностью, а также требуют значительных финансовых вложений [2, с. 55].

Химическая обработка окисляющими растворами представляет собой многообещающий подход к контролю пирофорных отложений. Этот метод основан на нейтрализации сульфидов железа, что позволяет предотвратить или значительно замедлить их образование.

В качестве эффективного окислителя для нейтрализации пирофорных отложений рассматривается гипохлорит натрия.

Механизм действия окислителя заключается в окислении сульфидов до стабильных, неопасных соединений [3, с. 380].

Основными реакциями является:

1) окисление сульфида железа FeS до сульфата железа FeSO₄;

2) дисульфид железа FeS₂ разлагается до гидроксида железа Fe(OH)₃;

3) сероводород H₂S окисляется до серной кислоты H₂SO₄, что предотвращает его самовоспламенение.

Эффективность гипохлорита натрия в нейтрализации пирофорных отложений была подтверждена в ходе эксперимента. Образцы отложений, полученные из УПВСН «Киязлы» РВС-5000, были разделены на две группы: необработанные и обработанные раствором гипохлорита натрия. После обработки температура самовоспламенения отложений возросла более чем в два раза — с 120 до 280 °С.

Применение гипохлорита натрия обеспечивает значительное сокращение времени подготовки резервуара к очистным работам — до 2–3 дней вместо обычных 10 и более. Помимо экономии времени, это также положительно сказывается на экологической безопасности, уменьшая выбросы в атмосферу и снижая вероятность самовозгорания [4, с. 19].

Таким образом, химическая нейтрализация пирофорных отложений в резервуарах для хранения нефтепродуктов представляет собой перспективное направление, способное минимизировать риск возникновения пожаров и взрывов, а также улучшить экологическую обстановку. Внедрение методов, основанных на использовании химической обработки окисляющими растворами, может существенно повысить безопасность операций в нефтегазовом секторе и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Подобные подходы требуют дальнейших исследований и разработки стандартов для их внедрения на промышленном уровне.

Литература:

1. Самкаева, А. Ф. Предотвращение распространения коррозии нефтяных резервуаров как мера повышения надежности их эксплуатации / А. Ф. Самкаева // Вестник Магистратуры — 2022. — № 6–1 (129) — С. 15–16.
2. Храмова, Л. А. Предупреждение возгорания пирофорных отложений в стальных резервуарах [Текст] / Л. А. Храмова, М. А. Леонтьева, Ю. А. Байдюк [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/preduprezhdenie-vozgoraniya-pirofornyh-otlozheniy-v-stalnyh-rezervuarah> (дата обращения: 13.03.2025).
3. Шлёкова, И. Ю. Анализ эффективности пропаривания оборудования нефтеперерабатывающих заводов для обезвреживания пирофорных соединений / И. Ю. Шлёкова, А. И. Кныш // Безопасность городской среды: Материалы VII Международной научно-практической конференции, Омск, 20–22 ноября 2019 года / Минобрнаука России, ОмГТУ; Под общей редакцией Е. Ю. Тюменцевой. — Омск: Омский государственный технический университет, 2020. — С. 376–381.
4. Шлёкова И. Ю. Дезактивация пирофорных сульфидов на объектах добычи и переработки нефти / И. Ю. Шлёкова, Е. Ю. Шлёкова // Juvenis scientia. Технические науки. — 2016. — № 3. — С. 19–20.

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Анализ энергоэффективности станции метро: проблемы и решения

Лебедева Екатерина Сергеевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Уляшева Вера Михайловна, доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассматривается возможность использования вторичных источников тепла, а также оптимизация существующих систем для повышения энергоэффективности, что будет способствовать устойчивому развитию городской инфраструктуры, снижая негативное воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: энергоэффективность, кондиционирование, расход энергии, тепло- и холодоснабжение, метрополитен.

Системы метро играют важную роль в городской инфраструктуре, обеспечивая быстрое и удобное передвижение пассажиров. Однако, несмотря на их важность, многие станции сталкиваются с проблемами недостатка пространства для установки необходимых систем тепло- и холодоснабжения [2].

Основные проблемы

1. Возьмём в пример минимальную базовую потребность одной из станций метро Санкт-Петербурга, где средний срок периода отопления равен 7-ми месяцам в году, а период использования кондиционирования равен 12-ти месяцам. На основе этих данных получаем:

— Ежегодный расход на отопление электричеством в год: $100 \text{ кВт} \times 24 \text{ ч} \times 30 \text{ дней} \times 7 \text{ мес.} = 504 \text{ 000 кВт ч/год}$;

— Ежегодный расход на кондиционирование: $50 \text{ кВт} \times 24 \text{ ч} \times 30 \text{ дней} \times 12 \text{ мес.} = 432 \text{ 000 кВт ч/год}$. Итого только на отопление и кондиционирование мы затрачиваем 936 000 кВт ч/год.

2. Массовое использование бытовых сплит-систем в России требует комплексного подхода для решения возникающих проблем. Необходимы меры по улучшению энергоэффективности, разработке стандартов установки кондиционеров и оптимизации работы электрических сетей.

В 2011 году продажи кондиционеров в России достигли 3,97 млн единиц, что привело к дефициту на рынке. Летом 2011 года в крупных городах было сложно купить сплит-систему, что указывает на высокий спрос, Россия продолжает оставаться крупнейшим потребителем в этом сегменте.

Последствия для ЖКХ. Перегрузка электрических сетей: Массовое оснащение квартир и офисов кондицио-

нерами приводит к перегрузкам в электрических сетях зданий. Это создает риски для стабильности энергоснабжения и может вызвать отключения электроэнергии.

Увеличение расходов на электроэнергию, что создает дополнительную финансовую нагрузку.

3. Ограниченные площади: Глубокое заложение станций ограничивает доступное пространство для установки крупных систем ОВК. Это затрудняет не только установку, но и обслуживание оборудования.

Часто возникают проблемы с неправильной установкой сплит-систем, особенно внешних блоков. Это может привести к снижению эффективности работы устройств и потенциальным повреждениям зданий.

Также большинство станций в Санкт-Петербурге расположено в исторических районах, где размещение дополнительного оборудования на фасадах зданий запрещено, что усложняет установку и создает конфликт с архитектурными нормами.

4. Тепловые нагрузки: На станциях метро выделяется значительное количество тепла от поездов, пассажиров и оборудования. Эффективное управление этими тепловыми нагрузками становится проблемой, особенно в условиях ограниченного пространства.

5. Круглосуточная работа: Станции, функционирующие 24/7, требуют постоянного поддержания комфортного микроклимата, что усложняет задачу выбора и установки подходящих систем ОВК.

Решение

В условиях ограниченного пространства разумно рассмотреть установку комплексной системы тепло-холодоснабжения. Эта система предлагает несколько преимуществ:

Компактные размеры: Современные тепловые насосы и системы рекуперации тепла имеют меньшие размеры по сравнению с традиционными системами, что позволяет разместить их в ограниченных пространствах.

Эффективное использование ресурсов: ТХС позволяет утилизировать избыточное тепло, выделяемое от поездов и оборудования, для отопления помещений. Это снижает потребность в дополнительных источниках энергии и уменьшает эксплуатационные расходы.

Гибкость и адаптивность: Модульный подход к проектированию ТХС позволяет адаптировать систему к изменяющимся потребностям, обеспечивая возможность масштабирования и модификации в будущем.

Оптимизация управления: Интеграция современных технологий управления климатом позволяет более эффективно контролировать работу системы, поддерживая комфортные условия для пассажиров и сотрудников.

Современные технологии предлагают множество решений для повышения энергоэффективности станций метро. Некоторые из них включают:

Тепловые насосы: Эти устройства могут использовать тепло, выделяемое в процессе работы оборудования, для обогрева помещений или подогрева воды. Тепловые насосы могут быть особенно эффективными в сочетании с системами кондиционирования, поскольку они способны извлекать тепло из окружающей среды.

Системы рекуперации тепла: Рекуператоры позволяют утилизировать тепло, которое в противном случае было бы потеряно. Например, системы вентиляции с рекуперацией могут использовать тепло от выхлопного воздуха для подогрева входящего воздуха, что снижает потребность в дополнительном отоплении [2].

Интеллектуальные системы управления: Внедрение систем автоматизации и управления, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям, позволяет оптимизировать использование энергии. Такие системы могут регулировать температуру и влажность в зависимости от количества пассажиров, времени суток и других факторов [3].

Теплоизбытки и их использование

Помещения станций метро, как правило, имеют теплоизбытки из-за работы электрооборудования, систем освещения и большого количества пассажиров. Эти тепловые потоки можно использовать для отопления других помещений или для горячего водоснабжения. Внедрение центральной системы холодоснабжения позволит оптими-

зировать распределение тепловой энергии, что, в свою очередь, снизит нагрузку на систему отопления. Повышение энергоэффективности станций метро не только снижает затраты, но и имеет положительное влияние на окружающую среду. Снижение потребления энергии приводит к уменьшению выбросов углекислого газа и других загрязняющих веществ. [4] Внедрение устойчивых технологий и использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели или ветряные турбины, может дополнительно снизить экологический след станций метро.

Некоторые города уже внедрили эффективные решения для повышения энергоэффективности своих станций метро. Например:

Лондон: В Лондонском метро активно используются системы рекуперации тепла, которые позволяют использовать избыточное тепло для обогрева вестибюлей и других помещений. Лондонский метрополитен активно использует системы рекуперативного торможения, что позволяет значительно экономить электроэнергию и снижать тепловые нагрузки на станции.

Копенгаген: Система солнечного централизованного отопления в Копенгагене является примером эффективного использования возобновляемых источников энергии для отопления жилых и общественных зданий. Летом используются солнечные коллекторы с высоким коэффициентом полезного действия (КПД) до 90 %. Эти коллекторы преобразуют солнечную энергию в тепловую, что позволяет эффективно собирать и накапливать тепло.

Токио: В Токийском метро применяются тепловые насосы для утилизации тепла, выделяемого от поездов, что помогает поддерживать комфортную температуру на станциях. А также в Токийском метро применяется инновационная система охлаждения, основанная на замораживании льда в ночное время: На станциях оборудованы специальные помещения с контейнерами, где по ночам замораживают воду. Наутро замороженную ледяную смесь распыляют по станциям, обеспечивая эффективное кондиционирование воздуха.

Заключение

На сегодняшний день многие станции метро требуют переоснащения систем вентиляции и теплоснабжения. Внедрение современных технологий, оптимизация существующих систем и использование вторичных источников тепла могут значительно повысить эффективность и снизить затраты на отопление и горячее водоснабжение.

Литература:

1. СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания.
2. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
3. СП 73.13330.2016 «Внутренние санитарно-технические системы зданий» и инструкциям изготовителей.
4. СП 131.13330.2012 Строительная климатология.

Оценка привлекательности жилых массивов на примере Красносельского района Санкт-Петербурга

Ястребова Алина Артёмовна, студент магистратуры

Научный руководитель: Максимов Сергей Николаевич, доктор экономических наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный университет

В статье автор поднимает вопрос комфортности городской среды, выделяет критерии привлекательности жилых массивов, проводит анализ территории района и оценивает привлекательность жилых массивов Красносельского района Санкт-Петербурга. Жилые массивы оцениваются по таким критериям, как транспортная доступность, наличие социальной инфраструктуры, культурно-досуговых и спортивных учреждений, безопасность, экологическое состояние окружающей среды, состояние жилищного фонда, развитость сферы услуг, качество благоустройства территории.

Ключевые слова: комфортная городская среда, оценка территории, жилые массивы, инфраструктура, благоустройство.

Современные города представляют собой сложные социально-пространственные системы, в которых качество жизни населения во многом определяется комфортом и привлекательностью городской среды. С развитием городов и ростом конкуренции между территориями вопросы оценки привлекательности территорий приобретают особую актуальность для представителей органов исполнительной власти, девелоперов и жителей.

Привлекательность жилого района — это способность района удовлетворять потребности жителей в комфортных условиях проживания, доступности услуг, безопасности и благоприятной окружающей среде [3]. Привлекательность жилых районов включает в себя такие аспекты, как доступность инфраструктуры, экологическая безопасность, транспортная обеспеченность, эстетика городской среды, социальная однородность и экономическая устойчивость территории. Однако отсутствие единой методики оценки затрудняет сравнение районов и выработку эффективных решений по их развитию.

Целью данной статьи является оценка привлекательности жилых массивов на основе количественных и качественных показателей. В работе рассматриваются ключевые факторы, влияющие на восприятие жилой среды, существующие подходы к оценке жилых территорий и оценивается территория района с использованием авторской системы критериев. Результаты исследования могут быть использованы для принятия управленческих решений в сфере градостроительства, муниципального управления, маркетинга и повышения качества городской среды.

В научных трудах выделяют следующие ключевые факторы, влияющие на восприятие жилой среды:

- градостроительные и архитектурные характеристики (планировка, плотность застройки, этажность, наличие зеленых зон, эстетичность фасадов);
- транспортная доступность (развитость общественного транспорта, загруженность дорог, пешеходная и велосипедная инфраструктура);
- социальная инфраструктура (наличие школ, детских садов, поликлиник, торговых центров, культурных объектов);

— экологическое состояние среды (уровень загрязнения воздуха, шума, наличие парков и водоемов);

— социально-демографический состав (уровень дохода населения, миграционная привлекательность, криминогенная обстановка);

— экономическая устойчивость (стоимость жилья, динамика цен, инвестиционная активность) [4–6].

В мировой и российской практике применяются различные методы оценки привлекательности жилых районов:

— индексные методы (расчет интегральных показателей на основе статистических данных, например, индекс качества городской среды Минстроя РФ) [1];

— с использованием геоинформационных систем (пространственный анализ доступности инфраструктуры, экологических параметров);

— социологические опросы, анкетирование жителей, экспертные оценки;

— экономико-статистические модели (корреляция стоимости жилья с факторами привлекательности).

В рамках исследования оценке подлежит часть Красносельского района с застройкой многоквартирного типа. А именно, северная часть района, ограниченная на юге железнодорожными путями. Данная территория разделена на 5 жилых массивов с учетом их историко-культурных и архитектурно-планировочных особенностей, их границы приведены на рисунке 1.

Массив 1 и 2 разделены с массивами 3, 4, 5 четырехполосной автомобильной дорогой и широкой парковой зоной. Массив 2 застроен раньше и его архитектурно-планировочные характеристики во многом отличаются от массива 1. В центральной части массива 1 расположен парк, по периметру массив ограничен рекреационными зонами. Массив 2 окружен жилой застройкой.

Массив 3 отделен от остальной части района железной дорогой, массив 4 и 5 разделяет река. Таким образом, при определении границ оцениваемых массивов учитывались крупные линейные объекты, снижающие их доступность. Причиной этому является то, что оценка привлекательности массивов предполагала анализ доступности объектов, обеспечивающих комфортное проживание.

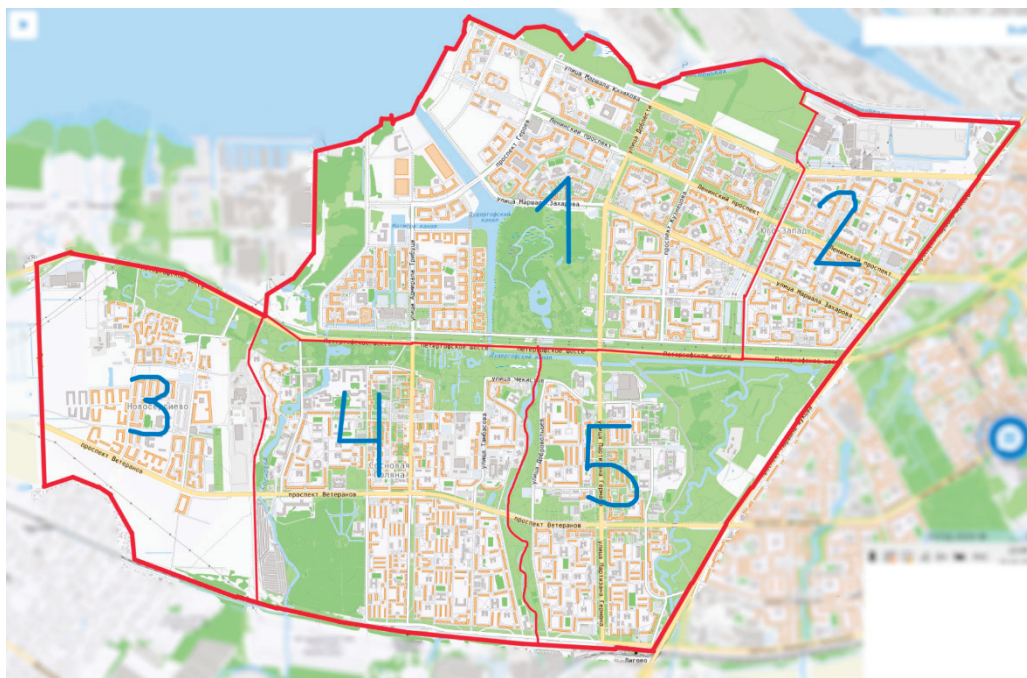


Рис. 1. Границы оцениваемых массивов

Исходя из анализа исследований, посвященных оценке привлекательности условий проживания, с учетом ключевых факторов, выделенных ранее, оценка массивов проводилась по критериям, указанным в таблице 1.

Исходя из анализа исследований, посвященных оценке привлекательности условий проживания, с учетом ключевых факторов, выделенных ранее, оценка массивов проводилась по критериям, указанным в таблице 1.

Таблица 1. Критерии оценки привлекательности жилых массивов

Группа критериев	Показатели
Транспортная доступность	Удаленность от ближайшей станции метро, наличие парковочных мест, доступность общественного транспорта
Социальная инфраструктура	Обеспеченность школами, детскими садами, поликлиниками
Культурно-досуговые и спортивные учреждения	Обеспеченность культурными объектами, спортивными учреждениями
Безопасность	Обеспеченность пунктами полиции и пожарными станциями, освещенность территории
Экологические факторы	Степень озелененности территории, обеспеченность парковыми зонами, близость промышленных зон, шумовое загрязнение
Состояние жилищного фонда	Качество жилищного фонда, год постройки, эстетическая привлекательность фасадов
Развитость сферы услуг	Обеспеченность продуктовыми магазинами, парикмахерскими, магазинами одежды и электроники, стоматологиями, клиниками, ателье
Благоустроенность	Обеспеченность детскими и спортивными площадками, общественными пространствами, зонами выгула домашних животных, велосипедными дорожками

Эти критерии позволяют провести сравнительный анализ жилых массивов, учитывая положительные и отрицательные характеристики каждого из них.

Ключевыми факторами привлекательности Красносельского района в целом являются:

1. Благоприятная экологическая обстановка:
 - обширные зеленые зоны (Южно-Приморский парк, парк Сосновая Поляна);
 - близость к Финскому заливу и прибрежным рекреационным зонам;
 - относительно низкий уровень промышленного загрязнения по сравнению с другими районами.
2. Динамичное развитие инфраструктуры:

— активное строительство современных жилых комплексов с благоустроенными территориями;

— появление современных торгово-развлекательных центров, например, крупный торгово-развлекательный центр «Жемчужная плаза»;

— перспективы развития транспортной инфраструктуры (планируется продление линий метрополитена в Красносельский район).

3. Транспортная доступность

— наличие станций железнодорожного пригородного транспорта;

— развитая сеть наземного общественного транспорта (автобусы, троллейбусы, трамваи, маршрутки);

— удобные выезды на кольцевую автомобильную дорогу;

4. Жилищный фонд и стоимость недвижимости

— большой выбор многоквартирных домов в жилых комплексах разного класса (от эконом-класса до бизнес-класса);

— наличие благоустроенных дворовых территорий в новых жилых комплексах;

— относительно доступные цены на жилье по сравнению с остальными районами города;

— высокий спрос на аренду и покупку жилья, что свидетельствует о привлекательности района.

5. Рекреационные возможности

— близость к пляжным зонам вдоль Финского залива;
 — развитая сеть парков и зон отдыха;
 — наличие спортивных объектов и фитнес-центров;
 — возможности для активного отдыха (велодорожки, прогулочные зоны).

6. Перспективы развития

— планы по развитию набережных и прибрежных территорий;

— перспективы улучшения транспортной инфраструктуры;

— планируемое строительство новых социальных объектов.

Эти факторы в совокупности делают Красносельский район одним из наиболее привлекательных для жизни в Санкт-Петербурге, особенно для молодых семей и тех, кто ценит баланс между городской средой и природными ландшафтами.

К общим проблемам района можно отнести:

1. Транспортные проблемы

— пробки на основных автомагистралях (Петергофское шоссе, проспект Маршала Жукова, проспект Ветеранов), особенно в часы пик;

— отсутствие станции метрополитена в пешей доступности.

2. Экологические проблемы

— шумовое загрязнение от железной дороги и аэропорта «Пулково»;

— загрязнение воздуха из-за близости промышленных зон;

— низкое качество воды в старых домах.

3. Социальные и бытовые проблемы

— устаревшие общественные зоны и их отсутствие в исторически сложившихся жилых кварталах.

Территория была проанализирована с помощью карт и спутниковых снимков, а для уточнения информации были проведены выезды на исследуемую территорию. Оценивалась обеспеченность социальными, культурно-досуговыми и спортивными учреждениями, обеспечивающими безопасность проживания, объектами торговли, наличие и качество элементов благоустройства. Результаты анализа отражены в таблицах плюсом или минусом, где плюс означает положительное влияние факторов на восприятие городской среды, а минус — отрицательное влияние. Для дальнейшей оценки транспортной доступности территории удаленность ближайшей станции метро рассчитана как расстояние от середины массива до ближайшей станции по дорогам. Рассмотрим результаты проведенного анализа.

Сводные таблицы помогают оценить жилые массивы и сделать выводы об их привлекательности для населения. В районе хорошо развита сеть общественного транспорта. Наиболее привлекательным с точки зрения транспортной доступности является массив Юго-Запад, удаленность от ближайшей станции метро здесь минимальная, при этом существует проблема нехватки парковочных мест. Наилучшее соотношение транспортной доступности и условий хранения автомобилей наблюдается в массиве

Таблица 2. Транспортная доступность

Номер массива	Наименование массива	Удаленность ближайшей станции метро (по дорогам)	Наличие многоуровневых паркингов, крупных парковочных зон	Доступность общественного транспорта
1	Южно-Приморский	6 км	+	+
2	Юго-Запад	3,5 км	-	+
3	Новосергиево	8,5 км	+	+
4	Сосновая Поляна	6 км	-	+
5	Урицк	4,5 км	-	+

Таблица 3. Обеспеченность социальными, культурно-досуговыми и спортивными учреждениями

Номер массива	Наименование массива	Школы и детские сады	Поликлиники	Культурно-досуговые учреждения	Спортивные учреждения
1	Южно-Приморский	+	+	+	+
2	Юго-Запад	+	+	-	+
3	Новосергиево	+	-	-	-
4	Сосновая Поляна	+	+	+	+
5	Урицк	+	-	-	+

Таблица 4. Безопасность территории

Номер массива	Наименование массива	Пункты полиции	Пожарная часть	Освещенность
1	Южно-Приморский	+	+	+
2	Юго-Запад	+	-	-
3	Новосергиево	-	-	+
4	Сосновая Поляна	+	+	-
5	Урицк	+	+	-

Таблица 5. Экологические характеристики территории

Номер массива	Наименование массива	Обеспеченность парковыми зонами	Качество озеленения дворовых пространств	Шумовое загрязнение	Близость крупных промышленных зон
1	Южно-Приморский	+	+	+	-
2	Юго-Запад	+	+	+	-
3	Новосергиево	+	+	-	+
4	Сосновая Поляна	+	+	-	+
5	Урицк	+	+	-	+

Таблица 6. Состояние жилищного фонда и развитость сферы услуг

Номер массива	Наименование массива	Состояние жилищного фонда	Продуктовые магазины	Парикмахерские, ателье	Магазины одежды и электроники	Частные медицинские центры
1	Южно-Приморский	+	+	+	+	+
2	Юго-Запад	+	+	+	+	-
3	Новосергиево	+	+	+	-	+
4	Сосновая Поляна	-	+	+	-	-
5	Урицк	-	+	+	-	-

Таблица 7. Благоустроенность территории

Номер массива	Наименование массива	Детские площадки	Спортивные площадки	Зоны выгула и дрессировки собак	Общественные пространства	Велодорожки
1	Южно-Приморский	+	+	-	+	-
2	Юго-Запад	-	+	-	-	-
3	Новосергиево	+	+	+	+	+
4	Сосновая Поляна	+	+	-	-	-
5	Урицк	+	+	-	-	-

Южно-Приморский, он находится на комфортном расстоянии от станции метро и имеет достаточное количество парковочных мест.

Массивы Южно-Приморский и Сосновая Поляна лучше остальных обеспечены социальными, культурно-досуговыми и спортивными учреждениями, здесь у жителей не возникает проблем с организацией досуга. В жилом массиве Южно-Приморский безопасность населения в полном объеме обеспечена наличием отделений полиции и пожарной части, а также достаточной освещенностью.

Жилые массивы Красносельского района обеспечены парковыми зонами, а дворовые пространства имеют высокую степень озелененности. Проходящая вдоль мас-

сивов Новосергиево, Сосновая Поляна и Урицк железная дорога, а также аэропорт Пулково, находящийся вблизи массивов, оказывают негативное влияние и создают шумовое загрязнение территории. При этом в непосредственной близости от массивов Южно-Приморский и Юго-Запад расположены крупные промышленные территории, которые негативно влияют на экологическое состояние окружающей среды.

Состояние жилищного фонда оценивалось по годам постройки жилых домов и эстетической привлекательности фасадов зданий, наблюдается зависимость между возрастом жилищного фонда и развитостью сферы услуг. Наилучшим образом сфера услуг развита в современных жилых массивах. Массив Южно-Приморский полностью

обеспечен всеми видами услуг, представлен современными жилыми домами, которые имеют привлекательный внешний вид.

Наиболее привлекательными с точки зрения благоустроенности территории являются жилые массивы, представленные современными жилыми комплексами, Южно-Приморский и Новосергиево. Они обеспечены общественными пространствами, зонами выгула домашних животных, спортивными площадками. В ходе анализа жилых массивов выявлено перспективное направление развития района. Единственная велосипедная дорожка, расположенная в массиве Новосергиево, очень популярна среди жителей района, ее продление повысит привлекательность района и приведет к увеличению количества жителей, ведущих активный образ жизни.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что из всех оцениваемых массивов наиболее привлекательным является Южно-Приморский. Он сочетает в себе

транспортную доступность, безопасность, развитость сферы услуг, качество жилищного фонда и его эстетическую привлекательность, обеспеченность социальными, культурно-досуговыми и спортивными учреждениями.

Все эти критерии являются ключевыми при оценке места жительства и повышают удовлетворенность городской средой. Методика оценки жилых массивов, используемая в данной статье, учитывает их основные характеристики. При этом для повышения достоверности результатов исследования следует ввести ряд дополнительных критериев оценки, расширив диапазон оценивания. Для выявления критериев, влияющих на восприятие, следует провести опрос или анкетирование местных жителей. Тема, поднятая в исследовании, требует дальнейшего изучения. Качественная оценка жилых массивов отражает не только их положительные, но и отрицательные характеристики, которые необходимо учитывать при управлении развитием городских территорий.

Литература:

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.03.2019 № 510-р «Об утверждении Методики формирования индекса качества городской среды». URL: [https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_320891/] (дата обращения: 01.04.2025).
2. Бойко В. В., Архипова О. Е., Базелюк А. А. Комфортность городской среды: обзор методов и подходов // Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. — 2024. — № 9. — 260 с.
3. Глебова И. С., Кундакчян Р. М. Качество жизни и управление привлекательностью условий проживания в крупнейших городах России: монография. — Казань: Казанский федеральный университет, 2010. — 257 с.
4. Дементьева И. Н. Привлекательность и комфортность проживания в городе в зеркале общественного мнения (на примере крупных городов Вологодской области) // Псковский регионологический журнал. — 2017. — № 1. — 36 с.
5. Жданова А. Э. Формирование комфортной городской среды: обзор нормативно-правового поля // Экономика. Социология. Право. — 2023. — № 2. — 30 с.
6. Полякова Е. Ю., Ляхова Н. И., Новикова О. А. Методология оценки качества и комфортности городской среды // Вестник Алтайской академии экономики и права. — 2021. — № 11. — 303 с.

БИОЛОГИЯ

Влияние берберина на иммуногистохимический профиль гиалинового хряща при остеоартрите

Абу-Салех Максим Самихович, аспирант

Научный руководитель: Веревкин Александр Александрович, кандидат медицинских наук, доцент
Кубанский государственный медицинский университет (г. Краснодар)

Берберин — природный алкалоид, выделяемый из коры и корней растений семейств Барбарисовые, Лютиковые, Рутовые и некоторых других, проявляет выраженные противовоспалительные свойства. Они обусловлены угнетением экспрессии провоспалительных цитокинов, таких как индуцибельная синтаза оксида азота (iNOS) и фактор некроза опухоли альфа (TNF-α). В настоящей статье описываются механизмы, посредством которых угнетается воспаление в гиалиновой хрящевой ткани при остеоартрите под действием берберина.

Ключевые слова: берберин, остеоартрит, гиалиновый хрящ, индуцибельная синтаза оксида азота, фактор некроза опухоли альфа.

Effect of berberine on the immunohistochemical profile of hyaline cartilage in osteoarthritis

Abu-Salekh Maksim Samikhovich, graduate student

Scientific advisor: Verevkin Aleksandr Aleksandrovich, candidate of medical sciences, associate professor
Kuban State Medical University (Krasnodar)

Berberine is a natural alkaloid isolated from the bark and roots of plants of the Berberidaceae, Ranunculaceae, Rutaceae and some other families. It exhibits pronounced anti-inflammatory properties. They are due to the suppression of the expression of proinflammatory cytokines, such as inducible nitric oxide synthase (iNOS) and tumor necrosis factor alpha (TNF-α). This article describes the mechanisms by which inflammation in hyaline cartilage tissue in osteoarthritis is suppressed under the action of berberine.

Keywords: berberine, osteoarthritis, hyaline cartilage, inducible nitric oxide synthase, tumor necrosis factor alpha.

В последние несколько лет прослеживается тенденция все более частого использования в клинических исследованиях природных алкалоидов с целью терапии остеоартрита [4, 8, 13, 14]. Природные алкалоиды, получаемые из лекарственных растений, как правило, обладают низким профилем токсичности и минимальными побочными эффектами [13]. Одним из таких природных алкалоидов является берберин — достаточно простой в получении с химической точки зрения [1] изохинолиновый алкалоид, содержащийся в корнях и коре растений семейств Барбарисовые, Лютиковые и Рутовые, а также некоторых иных [8].

Берберин демонстрирует многовекторную биологическую активность [8, 12, 14], среди которой можно вы-

делить противовоспалительный эффект, обусловленный подавлением экспрессии индуцибельной синтазы оксида азота (iNOS), ингибированием TNF-α и некоторых других провоспалительных цитокинов [9, 12], в связи с чем предполагается, что его использование может облегчить тяжесть течения остеоартрита.

Индукцибельная синтаза оксида азота (iNOS) участвует в образовании из L-аргинина оксида азота (NO), являющегося одним из важнейших медиаторов воспаления [6]. Его избыточное образование приводит к развитию различных воспалительных заболеваний, таких как пневмония, болезнь Крона, ревматоидный артрит, анкилозирующий спондилит и остеоартрит [11]. Это обуславливается тем, что NO нитрозилирует клеточные белки, что нару-

шает их нормальное функционирование [4]. Нитрозилирование, в свою очередь, представляет собой ковалентное присоединение NO-группы к тиолу цистеина с образованием S-нитрозотиола — SNO [2].

Помимо этого, оксид азота активирует сигнальный путь NF-κB, активирующий клеточный апоптоз и индуцирующий экспрессию генов провоспалительных цитокинов, что приводит к увеличению продукции IL-1β и TNFα [3]. Было показано, что внутрисуставное введение IL-1β и TNFα в полость коленного сустава вызвало прогрессирование остеоартрита [10].

Берберин также непосредственно влияет на TNF-α, вызывая снижение его экспрессии [5]. Известно, что TNF-α, с одной стороны, сам функционирует как провоспалительный цитокин, а с другой стороны, вызывает высвобождение большого количества других провоспалительных

цитокинов [7], способствуя, среди прочего, индукции апоптоза клеток. Следовательно, о противовоспалительном эффекте берберина также говорит снижение уровня TNF-α и зависящего от него IL-6 [9].

Таким образом, противовоспалительный эффект берберина, связан с подавлением экспрессии большого количества провоспалительных цитокинов, среди которых в данной статье рассмотрены индуцибельная синтаза оксида азота (iNOS) и фактор некроза опухоли альфа (TNF-α). В связи с этим представляется возможным исследовать морфофункциональные изменения гиалиновой хрящевой ткани при применении берберина с целью расширения и углубления представлений о морфогенезе гиалиновой хрящевой ткани при остеоартрите. В дальнейшем результаты таких исследований могут стать основой для разработки подходов к лечению остеоартрита с применением берберина.

Литература:

1. Загребаяев, А. Д. Производные берберина с внутримолекулярным переносом заряда: синтез и химиотерапевтическая активность: диссертация ... кандидата химических наук. — Ростов-на-Дону, 2022. — 154 с.: ил.
2. Осипов, А. Н. Биологическая роль нитрозильных комплексов гемопротеинов / Осипов А. Н., Борисенко Г. Г., Владимиров Ю. А. // Успехи биологической химии — 2007. — Т. 47 — С.259–292.
3. Ahmad N, Ansari MY, Haqqi TM. Role of iNOS in osteoarthritis: Pathological and therapeutic aspects. *J Cell Physiol.* 2020 Oct;235(10):6366–6376. doi: 10.1002/jcp.29607. Epub 2020 Feb 4. PMID: 32017079.
4. Ansari MY, Ahmad N, Haqqi TM. Oxidative stress and inflammation in osteoarthritis pathogenesis. *Biomed Pharmac.* 2020 Sep;129:110452. doi: 10.1016/j.biopha.2020.110452. Epub 2020 Jul 3. PMID: 32768946.
5. Cai Z, Chen Y. Synergetic protective effect of berberine and ginsenoside Rb1 against tumor necrosis factor alpha-induced inflammation in adipocytes. *Bioengineered.* 2021 Dec;12(2):11784–11796. doi: 10.1080/21655979.2021.1996508. PMID: 34699329.
6. Förstermann U, Sessa WC. Nitric oxide synthases: regulation and function. *Eur Heart J.* 2012 Apr;33(7):829–37, 837a–837d. doi: 10.1093/eurheartj/ehr304. Epub 2011 Sep 1. PMID: 21890489.
7. Jang DI, Lee AH, Shin HY, Song HR, Park JH, Kang TB, Lee SR, Yang SH. The Role of Tumor Necrosis Factor Alpha (TNF-α) in Autoimmune Disease and Current TNF-α Inhibitors in Therapeutics. *Int J Mol Sci.* 2021 Mar 8;22(5):2719. doi: 10.3390/ijms22052719. PMID: 33800290.
8. Luo XF, Zhou H, Deng P, Zhang SY, Wang YR, Ding YY, Wang GH, Zhang ZJ, Wu ZR, Liu YQ. Current development and structure-activity relationship study of berberine derivatives. *Bioorg Med Chem.* 2024 Oct 1;112:117880. doi: 10.1016/j.bmc.2024.117880. Epub 2024 Aug 17. PMID: 39216382.
9. Mehdi S, Mehmood MH, Ahmed MG, Ashfaq UA. Antidiabetic activity of Berberis brandisiana is possibly mediated through modulation of insulin signaling pathway, inflammatory cytokines and adipocytokines in high fat diet and streptozotocin-administered rats. *Front Pharmacol.* 2023 Apr 6;14:1085013. doi: 10.3389/fphar.2023.1085013. PMID: 37089941.
10. Page Thomas DP, King B, Stephens T, Dingle JT. In vivo studies of cartilage regeneration after damage induced by catabolin/interleukin-1. *Ann Rheum Dis.* 1991 Feb;50(2):75–80. doi: 10.1136/ard.50.2.75. PMID: 1998394.
11. Sharma JN, Al-Omran A, Parvathy SS. Role of nitric oxide in inflammatory diseases. *Inflammopharmacology.* 2007 Dec;15(6):252–9. doi: 10.1007/s10787-007-0013-x. PMID: 18236016.
12. Wang K, Yin J, Chen J, Ma J, Si H, Xia D. Inhibition of inflammation by berberine: Molecular mechanism and network pharmacology analysis. *Phytomedicine.* 2024 Jun;128:155258. doi: 10.1016/j.phymed.2023.155258. Epub 2024 Jan 11. PMID: 38522318.
13. Wong SK, Chin KY, Ima-Nirwana S. Berberine and musculoskeletal disorders: The therapeutic potential and underlying molecular mechanisms. *Phytomedicine.* 2020 Jul 15;73:152892. doi: 10.1016/j.phymed.2019.152892. Epub 2019 Mar 13. PMID: 30902523.
14. Zhang L, Tan M, Mao J, Zhang J, Wang XY, Zhang Y, Duo RX, Hao JY, Shen HL. Natural compound library screening to identify berberine as a treatment for rheumatoid arthritis. *Clin Rheumatol.* 2024 Mar;43(3):959–969. doi: 10.1007/s10067-024-06871-1. Epub 2024 Feb 2. PMID: 38305937.

МЕДИЦИНА

Влияние стресса на серотонинергическую систему и ее роль в развитии ПТСР

Бекишева Светлана Владимировна, студент
Челябинский государственный университет

В статье рассматриваются нейробиологические механизмы влияния острого и хронического стресса на серотонинергическую систему мозга и анализируется их роль в формировании посттравматического стрессового расстройства (ПТСР). Представлены данные отечественных исследований о динамике уровней серотонина, изменении экспрессии его рецепторов и транспортёров, а также об участии воспалительных и нейроэндокринных медиаторов, перестраивающих метаболизм триптофана и приводящих к относительной и абсолютной серотониновой недостаточности. Обсуждаются последствия дисфункции серотонинергической системы для клинической картины ПТСР — тревожности, раздражительности, дисфорического настроения, когнитивных нарушений и гиперреактивности на напоминания о травме. Выделены генетические маркёры, повышающие уязвимость к стрессу через нарушение регуляции 5-HT-передачи. Особое внимание уделено терапевтическим мишеням: эффективности селективных ингибиторов обратного захвата серотонина, потенциалу комбинированных схем с модуляторами глутаматергической системы и противоспалительными препаратами. Сделан вывод, что понимание стресс-индуцированных изменений серотонинергической системы является ключом к разработке более адресных методов профилактики и лечения ПТСР.

Ключевые слова: стресс, серотонин, серотонинергическая система, посттравматическое стрессовое расстройство, нейробиологические механизмы, патогенез.

Посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) — тяжёлое психическое состояние, возникающее после воздействия экстремального стрессора, существенно угрожающего жизни или благополучию человека. Развитие ПТСР связано с длительным патологическим ответом на пережитый стресс, при котором активируются нейробиологические пути, вовлечённые в стресс-реакцию. К числу таких путей относятся дисфункции систем нейромедиаторов и гормональные сдвиги, возникающие вследствие чрезмерной активации ответов на стресс. Серотонинергическая система мозга привлекает особое внимание, поскольку она играет важную роль в ограничении поведенческих и эмоциональных последствий стрессовых воздействий. Известно, что центральные стресс-лимитирующие системы включают в себя гамма-аминомасляную (ГАМК)-ергическую, опиоидергическую и серотонинергическую системы. В норме эти системы обеспечивают адаптацию к стрессу и препятствуют развитию дистресса. Однако при чрезмерном или длительно действующем стрессоре резерв адаптационных механизмов истощается, что приводит к нарушению баланса нейромедиаторных систем [1, с. 57–60].

Серотонин — нейромедиатор, осуществляющий широкий спектр функций в ЦНС, включая регуляцию эмоций, настроения, тревожности, сна и памяти. При

стрессовых воздействиях серотонинергическая система выступает одним из ключевых медиаторов адаптации. Ганс Селье, основоположник учения о стрессе, указал на существование защитных механизмов, смягчающих эффект стрессоров. Современные исследования подтверждают, что серотонин выполняет защитную роль: активность серотониновых нейронов повышается в ответ на острый стресс, способствуя мобилизации ресурсов для преодоления угрозы. Повышенная активность нейронов шва ведёт к увеличенному высвобождению серотонина в синапсах в острый период стрессовой реакции. Это сопровождается кратковременным повышением уровня внеклеточного серотонина в структурах мозга, ответственных за эмоциональную оценку угрозы.

Однако при длительном или повторном стрессе ресурсы серотонинергической системы начинают истощаться. Повышенная стимуляция серотониновых нейронов ведёт к чрезмерному расходованию запасов серотонина. Одновременно происходят адаптивные нейрофизиологические изменения: уменьшается чувствительность и количество постсинаптических серотониновых рецепторов в отделах мозга, ответственных за регуляцию эмоций и реакции страха. Исследования показали, что продолжительное воздействие стрессоров снижает высвобождение серотонина и эффективность его обрат-

ного захвата пресинаптическими нейронами, вследствие чего формируется относительная серотониновая недостаточность в ЦНС. Если стресс приобрел характер хронического дистресса, эти изменения углубляются: истощение серотонина сочетается с нейровоспалительными процессами, нарушающими метаболизм его предшественника — триптофана. Про-воспалительные цитокины, высвобождающиеся при хроническом стрессе, активируют ферменты, перерабатывающие триптофан по альтернативному пути, что снижает биодоступность триптофана для синтеза серотонина. В результате развивается абсолютный дефицит серотонина в головном мозге.

Таким образом, хронический стресс сопровождается глубокими нейрохимическими сдвигами: истощением серотонинергической передачи и снижением экспрессии рецепторов серотонина. Эти изменения носят адаптивный характер в короткой перспективе, но при сохраняющемся стрессоре они становятся фактором патологических нарушений. Одновременно страдают и другие нейромедиаторные системы — например, отмечается снижение уровня тормозного медиатора ГАМК и реактивное усиление глутаматной передачи под влиянием хронического избытка кортизола. Дисбаланс возбуждающих и тормозных влияний в ЦНС в условиях длительного стресса может приводить к нейрональной дисфункции и запуску апоптоза некоторых нервных клеток. Снижение серотонинергической активности в сочетании с усилением глутаматной эксайтотоксичности рассматривается как один из факторов уязвимости мозга к развитию стресс-индуцированных расстройств, включая ПТСР.

Накопленные данные свидетельствуют, что у пациентов с ПТСР имеются стойкие изменения серотонинергической системы, сходные с описанными при хроническом стрессе. В частности, исследования показывают пониженные базальные уровни серотонина у людей, переживших травматический стресс и страдающих ПТСР. Клинически хроническая серотониновая недостаточность проявляется рядом симптомов, которые часто наблюдаются при ПТСР: повышенной тревожностью, постоянным внутренним беспокойством, раздражительностью, вспышками агрессии, суицидальными мыслями и импульсивным поведением.

Указывается, что низкие уровни серотонина способствуют развитию именно таких поведенческих симптомов — беспокойства, раздражительности, агрессивности, суицидальности и импульсивности. Эти проявления сильно коррелируют с клинической картиной ПТСР. Можно сказать, что недостаточность серотонина лишает мозг одного из важных «фильтров» стрессовых импульсов, вследствие чего травматические воспоминания и связанные с ними негативные эмоции приобретают чрезмерную интенсивность и стабильность. Одновременно дефицит серотонина отрицательно сказывается на настроении, что объясняет частое сочетание ПТСР с депрессивной симптоматикой [3, с. 885–889].

Помимо изменений уровня самого нейромедиатора, при ПТСР отмечаются и другие признаки дисфункции серотонинергической системы. Исследования на животных моделях показали, что переживание экстремального стресса ведёт к долговременным изменениям в серотонинергических нейронах. В экспериментах на крысах с моделью ПТСР обнаружено снижение активности фермента моноаминоксидазы-А (МАО-А) и значительные колебания содержания моноаминовых нейромедиаторов в различных отделах мозга. Это указывает на перестройку метаболизма серотонина и родственных нейромедиаторов под влиянием травматического стресса. Косвенно о нарушении серотонинергической регуляции при ПТСР свидетельствуют и данные об эффективности фармакотерапии: известно, что селективные ингибиторы обратного захвата серотонина (СИОЗС) способны уменьшать выраженность симптомов ПТСР у части пациентов. СИОЗС являются препаратами первой линии при данном расстройстве, что подчёркивает значимость именно серотонинового дефицита в его патогенезе. Однако далеко не у всех пациентов с ПТСР достигается полноценная ремиссия на фоне терапии антидепрессантами, что говорит о многокомпонентности патогенетических механизмов и вовлечении других систем помимо серотонина [5, с. 138–141].

Кроме нейрохимических изменений, выявлены и генетические факторы, связывающие работу серотонинергической системы с предрасположенностью к ПТСР. В частности, полиморфизм промотора гена транспортера серотонина SLC6A4 ассоциирован с различиями в уязвимости к стрессу и тяжести симптомов ПТСР. Носители аллеля, связанного с пониженной экспрессией транспортера серотонина, демонстрируют более выраженные симптомы ПТСР при прочих равных условиях, что согласуется с гипотезой о роли серотониновой недостаточности. Также в генетических исследованиях отмечается связь некоторых вариантов генов серотониновых рецепторов с особенностями клинической картины ПТСР. Эти данные подтверждают, что вариабельность серотонинергической системы, заданная генетически, может влиять на сопротивляемость травматическому стрессу и характер формирования посттравматических нарушений [4, с. 65–70].

Наконец, серотонинергическая дисфункция при ПТСР тесно переплетается с изменениями эндокринной и иммунной систем. Серотонин участвует в регуляции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси: он способен модулировать секрецию кортикотропина и кортизола. Снижение серотонинергической активности может приводить к дисбалансу ГГНО, способствуя избыточной секреции кортизола или, напротив, нечувствительности рецепторов к нему. Наблюдения показывают, что у пациентов с ПТСР регуляция уровня кортизола нарушена, и серотониновый механизм торможения ГГНО может быть ослаблен. Кроме того, серотонин обладает иммуномодулирующим эффектом в ЦНС; его дефицит связан с хроническим провоспалительным состоянием. При ПТСР формируется порочный круг: хроническое воспаление

поддерживает нейрохимические нарушения, включая дисфункцию серотонина, что в свою очередь препятствует нормализации иммунных реакций. Тем самым, серотонинергическая система оказывается вовлечённой в каскад патогенетических событий при ПТСР наряду с гормональными и иммунными нарушениями [2].

В заключении можно сделать вывод, что нейробиологические исследования ПТСР показывают, что серотонинергическая система играет одну из центральных ролей в патогенезе этого расстройства. Стресс-индуцированные изменения серотонинергической нейротрансмиссии — снижение уровня серотонина, дисфункция его рецепторов и транспортёров — приводят к ряду симптомов, характерных для ПТСР, включая патологическую тре-

возможность, раздражительность, депрессивные состояния и нарушения когнитивной функции. Серотонин в норме ограничивает чрезмерные реакции страха и участвует в механизмах стрессоустойчивости, поэтому его дефицит делает психику уязвимой к формированию патологической памяти о травме и к длительному течению стрессового расстройства. Дисфункция серотонинергической системы при ПТСР не действует изолированно, а связана с другими звеньями патогенеза — гиперреактивностью оси стрессовых гормонов, возбуждением глутаматергической системы, нейровоспалением. Это подтверждается как поведенческими экспериментами на животных, так и генетическими и биохимическими исследованиями у людей.

Литература:

1. Лапшин М. С. Патогенез посттравматического стрессового расстройства, терапевтические мишени / М. С. Лапшин, М. В. Кондашевская, В. В. Епишев и др. // Успехи физиологических наук. — 2023. — Т.54. — № 1. — С.57–60.
2. Симоненков А. П. Синдром серотониновой недостаточности / А. П. Симоненков, В. М. Ключев // М.: БИНОМ. — 2013. — 96 с.
3. Ступин К. Н. Сравнительный анализ патобиохимических нарушений при депрессии и посттравматическом стрессовом расстройстве / К. Н. Ступин, М. Ю. Зенько, Е. А. Рыбникова // Биохимия. — 2021. — Т. 86. — № 6. — С.885–889.
4. Фаустова А. Г. Современные представления о генетических маркерах посттравматического стрессового расстройства / А. Г. Фаустова // Клиническая и специальная психология. — 2021. — Т.10. — № 1. — С.65–70.
5. Чистякова О. В. Метаболический синдром: причинно-следственные отношения между окислительным стрессом и хроническим воспалением / О. В. Чистякова, И. Б. Сухов, А. О. Шпаков // Russian Journal of Physiolgy. — 2018. — № 2. — С.138–141.

Синдром сухого глаза: современный взгляд на проблему

Каменских Полина Валерьевна, студент;

Савельева Яна Андреевна, студент

Научный руководитель: Голдобина Галина Владимировна, доцент
Пермский государственный медицинский университет имени академика Е. А. Вагнера

В статье рассматриваются проблемы диагностики и лечения синдрома сухого глаза, данные о распространенности данной патологии среди студентов и у пациентов старше 40 лет. Приведены данные собственного исследования об осведомленности населения о данной проблеме, наиболее часто используемых препаратах, эффективности применяемого лечения.

Ключевые слова: синдром сухого глаза (ССГ), кератоконъюнктивит, мейбомиевые железы, искусственные слезы.

Актуальность проблемы. Синдром сухого глаза — одно из самых распространённых офтальмологических заболеваний, которое в последние десятилетия приобрело особую актуальность. Современный ритм жизни, длительная работа за компьютером, использование смартфонов, компьютеров и неблагоприятные экологические факторы способствуют росту числа пациентов с жалобами на сухость, жжение и ощущение «песка» в глазах. По данным Всемирной организации здравоохранения, симптомы сухого глаза наблюдаются у значительной части населения, осо-

бенно у лиц старше 40 лет. По данным различных исследований, его распространённость варьируется от 5 % до 50 % в зависимости от возраста, географического региона, этнической принадлежности, пола. У женщин ССГ встречается чаще (почти 70 % случаев), чем у мужчин, что связывают с гормональными изменениями, связанными с менопаузой. Частота заболевания значительно увеличивается с возрастом: до 50 лет — 12 %, после 50–67 %.

Актуальность данной проблемы обусловлена не только её широкой распространённостью, но и влиянием на ка-

чество жизни пациентов. Синдром сухого глаза может значительно снижать работоспособность, вызывать дискомфорт и хроническое раздражение глаз. При отсутствии своевременного лечения заболевание способно приводить к повреждению роговицы и другим серьёзным осложнениям. В связи с этим особое значение приобретает своевременная диагностика, понимание факторов риска и выбор адекватной терапии.

Цель исследования: Определение распространенности синдрома сухого глаза среди студентов и работающего населения, а также анализ факторов, способствующих его развитию, на основе теоретических и эмпирических данных.

Задачи:

- изучить этиологию, патогенез и клиническую картину синдрома;
- изучить методы диагностики;
- провести опрос среди студентов и взрослого населения;
- составить список наиболее часто используемых препаратов для лечения синдрома сухого глаза
- сделать выводы о распространении синдрома сухого глаза среди опрошенных, о встречающихся симптомах

Материалы и методы: В марте 2025 года на кафедре фармакологии Пермского государственного медицинского университета (ПГМУ) была проведена работа, посвященная анализу распространенности синдрома сухого глаза среди студентов и работающего населения. В анкетировании приняли участие 165 человек, из них 131-студенты, а 34- работающее население. Для проведения анкетирования использован сервис Google Формы. Полученные данные были обработаны статистически с использованием таблиц Excel.

Основное содержание. Синдром сухого глаза (ССГ), или сухой кератоконъюнктивит, — это распространенное многофакторное заболевание поверхности глаза, характеризующееся нарушением гомеостаза слезной пленки (слезная пленка изменяется по своему химическому и количественному составу).

В норме передняя поверхность глазного яблока покрыта непрерывной тонкой (около 10 мкм) слезной пленкой, имеющей трехслойную структуру:

Наружный липидный слой — маслянистый секрет мейбомиевых желез (это голокриновые сальные железы, расположенные в тарзальных пластинках верхних и нижних век. Их секреторный продукт — мейбум — содержит как полярные, так и неполярные липиды и образует самый внешний слой слезной пленки) обеспечивает скольжение верхнего века по поверхности глазного яблока и замедляет испарение слезной пленки.

Водянистый слой составляет 98 % от её толщины. Представляет собой секрет основной и добавочных слезных желез. Водный слой с растворенными электролитами и органическими соединениями вымывает из глаза инородные тела, обеспечивает роговицу питательными веществами и кислородом, создает иммунную защиту.

Муциновый слой покрывает роговичный и конъюнктивальный эпителий и является наиболее глубокой частью слезной пленки. Составляет 0,5 % от всей толщины пленки. Слизистый секрет бокаловидных и эпителиальных клеток непосредственно контактирует с роговицей, делает ее поверхность ровной и гладкой, связывая с ней слезную пленку и обеспечивая высокое качество зрения.

Примерно каждые 10 секунд слезная пленка разрывается, инициируя мигательное движение век и обновление слезной жидкости, восстанавливающей ее целостность. Нарушение стабильности прероговичной слезной пленки приводит к ее частым разрывам, сухости поверхности роговицы и конъюнктивы, развитию синдрома сухого глаза.

Распределение слезной пленки на поверхности глаза происходит благодаря рефлекторному морганию. Для её эффективного распределения должны сочетаться несколько факторов: нормальный моргательный рефлекс, контакт век и глазной поверхности, нормальный эпителий (внешний слой) роговицы.

Этиология и патогенез

ССГ — это сложное и многофакторное заболевание, обусловленное взаимодействием различных факторов. К основным этиологическим факторам относятся:

Возрастные изменения выработки слезы. С возрастом снижается функция слезных желез. Они претерпевают структурные и функциональные изменения. На мышечных моделях старения было показано, что нейронная стимуляция секреции белка является ранней мишенью старения, сопровождающейся увеличением количества тучных клеток и накоплением липофусцина. Гипергликемия и повышенная лимфоцитарная инфильтрация могут способствовать такой потере функции в пожилом возрасте. Эти данные свидетельствуют о том, что усиление окислительного стресса может снижать функции слезных желез с возрастом. Нарушение вегетативной иннервации, опосредованное иммунитетом или воспалением, может способствовать потере секрета слезной железы с возрастом [1].

Аутоиммунные заболевания (синдром Шегрена, ревматоидный артрит, системная красная волчанка) могут поражать слезные железы [2].

Ятрогенные факторы: длительное применение некоторых лекарственных препаратов (антигистаминные, антидепрессанты, бета-блокаторы и др.), а также лучевая терапия области головы и шеи могут негативно влиять на функцию слезных желез.

Трициклические антидепрессанты и неселективные ингибиторы обратного захвата серотонина уменьшают холинергическую иннервацию, которая играет важную роль в стимуляции слезной секреции. Блокируется выработка слезной жидкости, кроме того, она теряет липидный слой, поэтому быстро испаряется, меняются свойства и состав слезной пленки, появляется сухость, раздражение, размытость и нечеткость зрения.

Бета-адреноблокаторы снижают активность слёзных желез, вызывают нарушение сна и повышенную утомляемость глаз. Неселективные бета-адреноблокаторы Пропранолол и Тимолол блокируют бета-1 и бета-2 адренорецепторы, что приводит к более выраженным побочным эффектам, включая ССГ. Селективные бета1-адреноблокаторы в меньшей степени влияют на функцию слезных желез, чем неселективные, однако все же могут вызывать ССГ у некоторых пациентов.

Диуретики меняют физико-химический состав и объём жидкостей, циркулирующих в организме, снижают мышечную активность, вследствие чего нарушается работа слёзных желез. Нарушение ионного обмена, в частности, снижение уровня калия, натрия и хлора, вызывает раздражение слизистых, становится причиной сухости глаз и снижения зрения.

Антигистаминные препараты обладают ксерогенным действием, то есть способствуют высушиванию слизистых оболочек носа, рта, глаз. Обычно такое побочное действие препаратов наблюдается при длительном приеме или увеличении дозировки. Особенно часто пересыхание глазной поверхности возникает при приеме препаратов первого поколения. Они блокируют М-холинорецепторы, Н1-гистаминовые рецепторы, за счет чего быстро помогают устранять аллергическую реакцию. Но эти лекарственные препараты действуют на все рецепторы сразу, поэтому способствуют угнетению продукции слезной жидкости. Отсюда и появляются неприятные симптомы ССГ после лечения аллергии. Меньший риск развития болезни наблюдается при лечении аллергии препаратами 2 поколения. Они действуют избирательно, поэтому почти не блокируют выработку слез. Практически не вызывают пересыхания слизистых оболочек антигистаминные 3 поколения.

В составе сосудосуживающих глазных капель присутствуют α -адреномиметики. Они вызывают сужение просвета сосудов, из-за чего нарушается кровоснабжение глазного яблока. При длительном применении таких капель развивается гипоксия роговицы, а сухость глаз усиливается.

В последнее десятилетие в связи с широким распространением лазерной офтальмохирургии увеличивается частота встречаемости ССГ, развившегося вследствие перенесенных оперативных вмешательств на роговице. Доказано, что после эксимерлазерной коррекции зрения ССГ выявляется у более чем 50 % пациентов, что связано со снижением чувствительности роговицы, изменением её формы и появлением послеоперационной нейротрофической эпителиопатии. Рефракционные операции (LASIK, PRK) также могут временно или постоянно нарушать иннервацию роговицы и, как следствие, снижать выработку слезы. Это связано с повреждением нервных образований роговицы в момент проведения вмешательства и задержкой в процессах их восстановления [5].

Лучевое лечение сопровождается развитием лучевых повреждений здоровых тканей, выражающихся в виде лу-

чевых реакций со стороны глазной поверхности, внутриглазных и, в ряде случаев, орбитальных структур, и сопровождается появлением постлучевых осложнений. ССГ развивается из-за лучевого повреждения тканей глаза при контактном и дистанционном лучевом лечении онкологической патологии органа зрения. Например, после брахитерапии меланомы хориоидеи признаки постлучевого синдрома «сухого глаза» различной степени тяжести выявляются у 94 % больных и сохраняются на протяжении более 12 месяцев после лечения.

Увеличение испарения слезы может быть вследствие следующих причин:

1. Дисфункция мейбомиевых желез (ДМЖ). При нарушении функции желез качество и количество мейбомиевой жидкости изменяется, что негативно сказывается на поверхности глаза. Наблюдается повышенное испарение слезной жидкости, гиперосмолярность слезной жидкости, повышенное окрашивание поверхности глаза, усиление воспаления, симптоматическое раздражение век и глазных яблок, а также снижение остроты зрения.

2. Неполное смыкание век (лагофтальм). Неполное смыкание век во время сна или бодрствования приводит к повышенному испарению слезы.

3. Низкая частота моргания. В норме человек должен моргать около 25 раз в минуту. В это время слизистая оболочка глаз увлажняется естественным путём за счёт слёзной плёнки. Однако во время просмотра телевизора, чтения книг, работы за компьютером частота моргания существенно сокращается. Редкое моргание приводит к увеличению скорости испарения слёз, застою мейбума, изменению состава слёз и их быстрому испарению.

К развитию синдрома сухого глаза могут приводить и факторы окружающей среды: сухой воздух, ветер, кондиционирование воздуха, загрязнение воздуха и курение могут увеличивать испарение слезы.

Среди других факторов можно отметить:

А. Ношение контактных линз. В качестве основных факторов, способствующих развитию ССГ при ношении контактных линз, выделяют механическое, гипоксическое и токсико-аллергическое воздействие. Находясь в непосредственном контакте с роговицей, контактные линзы механически воздействуют на эпителий роговицы и слезную пленку, нарушают ее целостность и вызывают раздражение роговицы [12].

Б. Заболевания век. Блефарит вызывает дистрофическим изменениям в тканях век, нарушению секреции водного и липидного компонентов слёзной плёнки. Демодекоз нарушает секреторную функцию мейбомиевых желёз, уменьшает липидный слой прекорнеальной слёзной плёнки, усиливает её испаряемость.

В. Заболевания роговицы и конъюнктивы: ССГ встречается у пациентов с хроническими конъюнктивитами различной этиологии, рубцами роговицы и конъюнктивы, лагофтальмом, эндокринной офтальмопатией, ожоговой болезнью глаз [14]. Патологические изменения эпителия роговицы, препятствуют формированию на из-

мененной ее поверхности полноценной слезной пленки, вызывают нарушение конгруэнтности передней поверхности глазного яблока. Это способствует ускоренному испарению слезной пленки. В исходе нарушения стабильности слезной пленки развиваются ксеротические изменения роговицы и конъюнктивы различной степени выраженности

Г. Рубцовые изменения роговицы и конъюнктивы могут нарушать распределение слезной пленки по поверхности глаза.

Д. Поражение тройничного нерва может нарушать чувствительность роговицы и рефлекторное слезоотделение и способствует появлению симптомов сухости глаз.

Е. Дефицит витамина А может приводить к нарушению эпителизации роговицы и конъюнктивы. При дефиците витамина А снижается активность слезных желёз, роговица и конъюнктивa пересыхают, утрачивают природный блеск, воспаляются. Появляется резь и ощущение «песка в глазах», в уголках глазных щелей скапливается слизь, образуются корки. Исследования показали, что даже краткосрочный приём витамина А повышает качество слезной жидкости и снижает проявления синдрома сухого глаза.

Диагностика ССГ основывается на комплексном обследовании, включающем:

— Сбор анамнеза: Важно выявить наличие факторов риска, симптомы заболевания и сопутствующие заболевания. **При сборе анамнеза важно обратить внимание на условия, в которых появляются или усиливаются жалобы пациента.** К ним относятся чувство жжения в глазах, ощущение «сухости», покраснение глаз и век, зуд в области век, дискомфорт в глазах, утомление глаз, особенно при работе за компьютером, отёк и покраснение в области век, неустойчивое зрение, слезотечение, светобоязнь, повышенная чувствительность к табачному дыму, резь в глазах при инстилляциях препаратов.

— Осмотр глаз: Определяется состояние кожи век, достаточность их смыкания, характер и частота мигательных движений. При биомикроскопии глаза анализируется состояние слезной пленки, роговицы, конъюнктивы глазного яблока и век, высота слезных менисков. **Некоторые объективные признаки, которые могут быть обнаружены при осмотре у пациентов с синдромом сухого глаза: нити слизи, истончение водного (центрального) слоя слизистой оболочки, пенное отделяемое по краям век**

Также проводят диагностические тесты: тест Ширмера, пробу Норна, измерение осмолярности слезной жидкости.

Лечение ССГ направлено на устранение симптомов, восстановление гомеостаза слезной пленки и предотвращение прогрессирования заболевания. Лечение должно быть индивидуальным и учитывать этиологию, патогенез и степень тяжести ССГ.

Заместительная терапия: Использование искусственных слез и глазных гелей для восполнения дефицита слезной жидкости.

Механизм действия: Восполняют дефицит слезной жидкости, увлажняют поверхность глаза и уменьшают трение век о роговицу.

Искусственные слезы должны обладать следующими свойствами:

1. Гипотонические или изотонические растворы, содержащие электролиты (калий, бикарбонаты), поверхностно-активные вещества, различные вязкие агенты.
2. В идеале не должны содержать консерванты.
3. Нейтральная или слабощелочная pH.
4. Осмолярность раствора должна составлять 181–354 мосмоль/л

Виды искусственных слез:

— На основе гиалуроновой кислоты: Считаются одними из лучших, так как гиалуроновая кислота обладает высокой влагоудерживающей способностью и биосовместимостью.

Примеры: Хило-Комодон (Натрия гиалуронат), Гилан (Натрия гиалуронат), Оптинол Экспресс увлажнение (Натрия гиалуронат)

— На основе карбомеров: Образуют защитную пленку на поверхности глаза, обеспечивая длительное увлажнение.

Примеры: Офтагель (Карбомер), Видисик, Лакропос

— На основе поливинилового спирта (ПВС): Более простые и доступные, но могут требовать более частого применения.

Примеры: Офтолик (поливиниловый спирт + повидон)

— На основе полиэтиленгликоля (ПЭГ) и пропиленгликоля (ППГ): Обеспечивают увлажнение и смазывание поверхности глаза.

Примеры: Систейн Ультра, Систейн гель.

Стимуляция слезоотделения: Применение лекарственных препаратов, стимулирующих выработку слезы (циклоспорин, диквафозол).

Лечение дисфункции мейбомиевых желёз (ДМЖ):

Антибиотики (Тобрамицин, Азитромицин): В виде капель или мазей, применяются при бактериальном блефарите и ДМЖ. Назначаются врачом.

Омега-3 жирные кислоты (в виде капсул): Улучшают качество секрета мейбомиевых желёз.

Липидные капли: Содержат липиды, восполняющие дефицит липидного слоя слезной пленки (например, EvoTears,).

Уменьшение испарения слезы:

Очки с боковыми щитками защищают глаза от ветра и сухого воздуха.

Увлажнители воздуха повышают влажность в помещении.

Противовоспалительная терапия: кортикостероиды, нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) и другие противовоспалительные средства уменьшают воспаление поверхности глаза.

Хирургическое лечение: В некоторых случаях может потребоваться хирургическое лечение, такое как окклюзия слезных точек (установка силиконовых пробок для уменьшения оттока слезы).

Изменение образа жизни: Рекомендации по изменению образа жизни включают: регулярные перерывы при работе за компьютером каждые 20–30 минут, чтобы дать глазам отдохнуть; повышение частоты моргания во время работы за компьютером и чтения; стараться избегать мест с сухим воздухом и ветром; употреблять достаточное количество жидкости (не менее 2 литров в день).

По результатам опроса 58,2 % опрошенных не знают, что такое синдром сухого глаза, из них 11,5 % — работающее население, 46,7 % — студенты. Среди опрошенных у 32,5 % есть установленный диагноз синдрома сухого глаза, в свою очередь 38,2 % респондентов не знают есть ли у них данный синдром, и 30,3 % людей отрицают наличие заболевания.

Собственные данные

Таблица 1. Распространенность ССГ (на 165 респондентов)

	Все респонденты	Студенты	Работающее население
Не знают, что такое ССГ	58,2 %	46,7 %	11,5 %
Знают, что такое ССГ	41,8 %	32,7 %	9,1 %
Имеют установленный диагноз ССГ	31,5 %	25,5 %	6,0 %
Не знают о наличии ССГ у себя	38,2 %	30,9 %	7,3 %
Отрицают наличие ССГ	30,3 %	23,0 %	7,3 %

Таблица 2. Риск развития ССГ (на 113 респондентов)

	Зона риска развития ССГ
Студенты	65,2 %
Работающее население	70,8 %

При оценке результатов респондентов (которые отрицают или не знают о наличии синдрома сухого глаза) было выявлено, что 70,8 % работающего население и 65,2 % студентов находятся в зоне риска развития данного синдрома. Они подвержены факторам, способствующим развитию синдрома сухого глаза:

— Прием лекарственных препаратов (антигистаминные, антидепрессанты, бета-блокаторы, диуретики, сосудосуживающие);

— Длительное нахождение перед экраном смартфона, планшета, компьютера, телевизора

— Условия сильных ветров или сухой ветер (кондиционеры, обогреватели).

Отмечают у себя частое наличие данных симптомов:

— Жжение, покраснение, зуд в глазах;

— Ощущение инородного тела или песка, чувство сухости глаз;

— Слезотечение, светобоязнь, усталость глаз

— Снижение остроты зрения вечером, нечеткость зрения

При продолжительном использовании антидепрессантов, диуретиков и сосудосуживающих средств следует учитывать потенциальный риск развития синдрома сухого глаза. Согласно результатам опроса, у 33 % респондентов, длительно принимающих эти препараты, был диагностирован ССГ, что подчеркивает необходимость внимательного отношения к состоянию глаз при такой терапии.

Для устранения симптомов синдрома сухого глаза используются различные глазные капли, направленные на восполнение дефицита слезной жидкости, увлажнение

Таблица 3. Применение искусственных слез для устранения симптомов ССГ (на 165 респондентов)

Ответы	Все респонденты	Студенты	Работающее население
Да	27,9 %	23,1 %	4,8 %
Нет	72,1 %	56,9 %	15,2 %

Таблица 4. Наиболее популярные препараты для лечения ССГ (на 46 респондентов)

Препараты	Все респонденты	Студенты	Работающее население
Гилан	7,3 %	6,1 %	1,2 %
Оптинол Экспресс	4,2 %	3,6 %	0,6 %
Систейн Ультра	3,6 %	1,2 %	2,4 %
Офтолик	3,6 %	3,6 %	0 %
Офтагель	2,4 %	1,8 %	0,6 %
Дефислез	2,4 %	1,8 %	0,6 %

поверхность глаза и уменьшение трение век о роговицу, а также глазные гели, обеспечивающие более длительное увлажнение, чем капли, за счет более вязкой консистенции. Их обычно используют на ночь.

Среди опрошенных только 27,9 % использовали лекарственные препараты — искусственные слезы. Все респонденты, обратившиеся к медикаментозной терапии для устранения симптомов ССГ, отметили улучшение самочувствия.

Проведенное исследование выявило значительную проблему недостаточной информативности о синдроме сухого глаза среди населения. Более половины опрошенных (58,2 %) не знакомы с этим заболеванием, в то время как треть (32,5 %) уже страдает от него. При этом 70,8 % лиц, отрицающих или не знающих о наличии у себя синдрома сухого глаза, подвержены риску его развития, что в будущем может привести к ухудшению качества зрения и снижению работоспособности. Данный факт подчеркивает необходимость разработки и внедрения образовательных программ и информационных кампаний,

направленных на повышение осведомленности о синдроме сухого глаза, его ранней диагностики и эффективном лечении, что позволит улучшить качество жизни населения.

Заключение

Синдром сухого глаза — это распространенное и многофакторное заболевание, которое может значительно снижать качество жизни пациентов. Своевременная диагностика, комплексное лечение и профилактика ССГ позволяют устранить симптомы, восстановить гомеостаз слезной пленки и предотвратить прогрессирование заболевания.

Необходимо уделять внимание профилактическим мерам, особенно лицам, входящим в группу риска по развитию ССГ.

Дальнейшие исследования в области этиологии и патогенеза ССГ позволят разработать новые и более эффективные методы лечения и профилактики этого распространенного заболевания.

Литература:

1. Эдуардо М Роша, Моника Алвес, Джей Дэвид Риос, Дарлин Дартт. Стареющая слезная железа: изменения в структуре и функции. Глазной Прибой. — 2008 Октябрь;6(4):162–74. doi:10.1016/s1542-0124(12)70177-5
2. Затворницкая И. И. Болезни, вызывающие синдром сухого глаза. — 2018 г.
3. Małgorzata Mrugacz, Lucyna Ostrowska, Joanna Łazarczyk-Kirejczyk, Анна Брил, Grzegorz Mrugacz, Ewa Stefańska, Agata Szulc. Болезнь сухого глаза у пациентов, получающих антидепрессанты. Klin Oczna. 2013;115(2):111–4. PMID: 24059025 (Статья на польском языке)
1. Снех Патель, Рия Миттал, Нареш Кумар, Анат Галор. Окружающая среда и сухость глаз — проявления, механизмы и другое. Обзорная статья. Front. Токсикология. 23 августа 2023 г. Раздел Клиническая токсикология. Том 5.-2023 г.
2. Астахов С. Ю., Ткаченко Н. В. Выявление и лечение синдрома “сухого глаза” у пациентов, перенесших факоэмульсификацию. Офтальмологические ведомости. — Том IV. — № 4. — 2011 г.
3. Воронцова О. А., Бржеский В. В. Влияние β-адреноблокаторов на развитие синдрома “Сухого глаза” у детей с врожденной глаукомой. — Клиническая медицина. Офтальмологические ведомости. — Том III. — № 3. — 2010 г.
4. М. Оцуки, Н. Екои, К. Мори, Y. Мацумото, W. Адачи, К. Ишибаши, М. Сато, С. Киношита. Неблагоприятное воздействие глазных капель с бета-блокатором на поверхность глаза. Японская Ганка Гаккай Засси. — 2001 Март;105(3):149–54. PMID 11280872 (Статья на японском языке)
5. Созуракова Е. А., Рудаева Е. В., Елгина С. И., Черных Н. С., Мозес К. Б., Центрер Я., Паньшина Е. Е., Егорова Е. Д., Пахолкина А. И., Мазанова С. Х. Синдром сухого глаза: проблемы диагностики и лечения. Медицина в Кузбассе. 2024. DOI:10.24412/2687-0053-2024-2-21-28 EDN:LZZIRH
6. Приянка Чхадва, Ракель Голдхардт, Анат Галор. Заболевания мейбомиевых желез: роль дисфункции желез в развитии синдрома сухого глаза. — Офтальмология. — 2017.- Nov; 124(11S): S20-S26. doi:10.1016/j.opht.2017.05.031. PMID: 29055358
7. Бржеский В. В., Калинина И. В. Основные направления медикаментозной терапии больных с роговично-конъюнктивальным ксерозом. Медицинский совет. — 2015. — № 11
8. Егоров Е. А. Синдром “сухого глаза”, ассоциированный с ношением контактных линз. Особенности терапевтического подхода. DOI: 10.21689/2311-7729-2018-18-2-66-69
9. Кристин Леонард. Сухость глаз: Связь с блефаритом. 12 февраля 2021 г. Review of Ophthalmology.
10. Иран Хао, Сяюй Чжан, Цзяюй Бао, Лэй Тянь, Ин Цзэ. Demodex folliculorum — заражение при дисфункции мейбомиевых желез у пациентов с синдромом сухого глаза. Раздел офтальмологии. — Front. Med., 24 февраля 2022 г.
11. Татарникова Е. Б., Кривошеина О. И. Синдром “сухого глаза”: современные аспекты этиологии и патогенеза. Клиническая офтальмология. — Том 20. — № 3. — 2020.
12. Трубилин В. Н., Куренков В. В., Полунина Е. Г., Капкова С. Г., Маркова Е. Ю. Алгоритм диагностики дисфункции мейбомиевых желез и водоиспаряемой формы синдрома сухого глаза. Учебное пособие- Москва, ФМБА. — 2018.

Стрептококковая инфекция в стоматологии: иммунологический аспект. Бактериофаготерапия

Нигманов Данисхан Рустамович, студент
Международный университет Кимё в г. Ташкенте (Узбекистан)

Статья посвящена изучению механизмов иммунного ответа на стрептококковые инфекции и применению бактериофагов в лечении заболеваний полости рта. В работе подробно рассматриваются патогенные механизмы этих микроорганизмов, которые способствуют их выживанию в организме человека и преодолению иммунной защиты. Особое внимание уделяется факторам патогенности, таким как адгезия, колонизация, выработка токсинов и ферментов, а также способности стрептококков адаптироваться к условиям окружающей среды. Описан процесс взаимодействия Т-хелперов 2-го типа (Th2, CD4+) с В-лимфоцитами, их созревание до плазмоцитов и секреция IgA, которые связываются с антигенами на слизистой оболочке и способствуют фагоцитозу патогенов. Рассмотрены принципы действия бактериофагов, их специфичность в уничтожении патогенных бактерий, таких как *Streptococcus mutans*, без нарушения нормальной микрофлоры. Подчеркнуты преимущества бактериофаготерапии, включая разрушение биопленок и отсутствие дисбактериоза, в отличие от антибиотиков. Однако отмечены ограничения, такие как высокая специфичность фагов, необходимость точной диагностики и строгих условий хранения. Приведены примеры успешного применения фаговой терапии в стоматологии, включая снижение воспаления при пародонтите и предотвращение кариеса. Обсуждаются перспективы разработки модифицированных фагов и комбинированной терапии с антимикробными препаратами. В то же время подчеркивается необходимость дальнейших исследований для стандартизации, оценки безопасности и долгосрочных последствий фаготерапии, а также ее влияния на микробиоту человека и организм в целом.

Ключевые слова: *Streptococcus mutans*, *salivarius*, *sanguinis*, патогенность, факторы патогенности, иммунологический аспект, иммунитет, бактериофаги.

Бактерии рода стрептококки из семейства Streptococcaceae являются шаровидными или овальными грамположительными факультативно-анаэробными бактериями диаметром менее 1–2 мкм расположенных попарно или в виде цепочки. Они присутствуют на поверхности слизистой оболочки тела человека так как стрептококки являются мезофилами и оптимальная температура для их существования является 36–37°, а pH среда должна быть нейтрально — 7,2–7,4. Большое количество штаммов абсолютно неподвижны. Стрептококки являются представителями нормофлоры биоценоза различных органов и систем человека таких как верхние дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, мочеполовая система и кожа; также они условно-патогенные и, при снижении иммунитета, вызывают местные воспалительные процессы с локализацией в вышеперечисленных системах. В стоматологии стрептококки вызывают заболевания в зубочелюстной и ротовой области — это кариес, периодонтит, периостит, тонзиллит, пародонтит, стоматит, пульпит, гингивит, абсцессы и флегмоны. [1,2]

Виды стрептококков

Состав стрептококков в нормобиоте человека: *S. mitis*, *S. salivarius*, *S. massiliensis*, *S. bovis*, *S. mutans*, *S. oralis*, *S. infantis*, *S. pyogenes*, *S. sanguinis*, *S. para sanguinis*, *S. gordonii*, *S. cristatus*, *S. peroris*, *S. australis*, *S. sinensis*, *S. orisratti*, *S. oligo fermentans*, *S. pseudo pneumoniae* и *S. pneumoniae*.

В человеческом организме сосуществует большое количество стрептококков, но рассмотрим представителей, которые вызывают кариес зубов. Основными кариесо-

генными бактериями является *S. mutans*, *S. salivarius*, *S. Sanguinis*. В нормальной биологической пленке содержание микроорганизмов равна 1 %, но в кариозных дефектах их значение возрастает до 40–50 %. Группа *S. mutans* включают в себя *S. mutans*, *S. ratti*, *S. hyovaginalis*, *S. downei*, *S. ferus*, *S. sobrinus*, *S. criceti*, *S. macacae*, и *S. devriesei*. *S. mutans* и *S. sobrinus*, являются этиологическими агентами кариесогенеза, также они самые распространенные стрептококки этой группы. Имея биохимические свойства, они синтезируют внеклеточные полисахариды из сахарозы, что позволяет стрептококкам обеспечить адгезивные (прикрепление к зубам), размножающие (обеспечивая благоприятную среду и увеличение стабильности матрикса) и колониальные свойства с последующим образованием зубных бляшек и начало деминерализации эмали. Локализируются, в частности, в областях между двумя зубами апроксимальная поверхность, в естественных слепых ямках и фиссурах, пришеечная область. Менее встречаемыми являются *S. ratti*, *S. downei*, *S. criceti*. Группа *S. salivarius* относит к себе два вида *S. salivarius* и *S. vestibularis*. Они выполняют роль колонизационную резистентность, также способны ингибировать налет на зубах совместно с ферментом уреазой. Это при условии нормального микробного баланса. Группа *S. salivarius* тоже производит внеклеточные полисахариды, но в гораздо меньшей степени чем группа *S. mutans*. Производимый ими полисахарид используется другими бактериями создавая благоприятные условия и сдвигая кислотно-щелочной баланс. *S. sanguinis* входит в группу *S. mitis* в эту группу также входят *S. sinensis*, *S. orisratti*, *S. gordonii*, *S. cristatus*, *S. peroris*, *S. australis*. *S. sanguinis* как

и *S. salivarius* косвенно способствует кариесогенезу — это изменение баланса, образование биопленки где *S. sanguinis* взаимодействует с другими кариесо образующими бактериями. Локализация *S. salivarius* колонизирует поверхность языка, *S. sanguinis* встречается на спинке языка, эти биотопы являются аэробной средой, для факультативных анаэробов данные области поддерживаются лучше так как среда имеет позитивно окислительно-восстановительным потенциалом. [2]

Классификация.

Стрептококков в основном классифицируют по типу гемолиза на кровяных агарах. Определяют степень лизиса эритроцитов и подразделяют на три типа:

1) α -гемолитические — вызывают частичный или неполный гемолиз и имеют зелены́й цвет. Одним из значимых представителей альфа-гемолитических стрептококков является: *S. mutans*, *S. salivarius*, *S. Sanguinis* хотя они и вызывают гемолиз, их основная роль является производство кислот. Также к Альфа-гемолитическим относится пневмония и менингита *S. pneumonia*, *S. thermophilus* который применяется в приготовлении молочных продуктов.

2) β -гемолитические — тут происходит полный лизис эритроцитов, цвета не имеют; они прозрачны. Исходя из источника Бета участвуют в классификации Ребекки Лэнсфилд или серологические группы основана на наличии С-полисахаридов в клеточную стенку и наличие антигенных различий в углеводах клеточной стенки: Серогруппа А — *S. pyogenes*, Серогруппа В — *S. agalactiae*, Серогруппа С — встречается в основном у животных.

3) γ -гемолитические — гемолиз не произошел. [9,10]

Патогенность.

Патогенность имеет основные факторы к ним относятся: факторы распространения, адгезии, колонизация, защиты, вирулентности, токсины, инвазии. Вирулентностью считается степень патогенности конкретного микроорганизма и измеряется в том минимальном количестве смертельной дозы в одном мл.

К фактору распространения относятся: ферменты, к примеру у кокковых это гиалуронидаза, лецитиназа, протеиназы, ДНКаза, щелочная фосфатаза; жгутики и ундулирующая мембрана, но стрептококки не обладают ими. [4,5]

Фактор адгезии (способность прилепляется к клеточной стенке макроорганизма) и колонизации (способность размножаться и размещаться на поверхности клеток) к ним относятся: адгезины — липотейхоевая кислота и экзотоксины — гемотоксины, лейкоцидин, энтеротоксин у стрептококков. Важную роль в факторе адгезии и колонизации участвует фибронектин-связывающий белок, который синтезируется всеми видами стрептококков. Этот белок связывает к фибронектину внеклеточного матрикса, что обеспечивает связь цепи стрептококков с клетками хозяина. Благодаря перечисленным адгезинам сам процесс проходит быстро: за 5 минут количество стрептококков на 1см^2 увеличивается с 10^3 до 10^6 , но впоследствии скорость снижается и в течение 8

часов остается стабильной. Спустя пару дней количество бактерий насчитывается около 10^8 , следственно образуется зубной налет, а далее формирование бляшки. [3,4,5]

Защитные — это капсула, но только малое количество стрептококков могут образовать ее из полисахаридов или гиалуроновой кислоты, она обладает антифагоцитарным свойством; и гидролитические ферменты — гиалуронидаза, стептокиназа, ДНКаза, липаза, протеаза, нейроминидаза, варьируются от штамма, не все продуцируют полный набор ферментов.

Токсины — это вышеперечисленные экзотоксины и эндотоксины, выделяемые клеткой в случай гибели. [4,5]

Устойчивость к антибиотикам затрудняет лечение заболеваний, штаммы рода *Streptococcus* одновременно обладают устойчивостью к пенициллину, эритромицину [4], объясняется наличием плазмидов. Плазмиды это внехромосомный фактор наследственности, автономным репликатором. Существует несколько его видов, но за резистентность к антибиотикам отвечает R-плазмид (resistance) обусловлено наличием несущего гена, кодирующего ферменты разрушающие антибиотики и последующая их передача. Самыми распространенными считается бета-лактамаза, ферменты инактивации разных видов антибиотиков. [6]

Иммунологический аспект стрептококковых инфекций

Механизм противомикробной защиты делятся на: неспецифические и специфические.

Неспецифические: Процессы, не зависящие от распознавания антигенной структуры к ним, относятся: Слизистая, подслизистая, слюна, пелликула зуба, эмаль, дентин. Слизистая оболочка полости рта защищает организм от антигенов так как является барьерной тканью предотвращая колонизацию бактерий благодаря эпителиальное, мукозальной подслизистой и одна из первых встречается с большинством агентов, вследствие чего и формируется иммунный ответ в виде воспаления. При жевании пищи и приеме жидкости происходит механическое очищение поэтому кариес на буграх (6 по блеку) самый не распространенный. Также вне приема пищи очищение происходит за счет слюны, постоянный ее ток вымывает бактериальную флору, нельзя забывать и о pH слюны, слабо щелочная, что создает неблагоприятные условия, ведь стрептококки предпочитают кислую среду и если не произойдет снижения pH и выделяемого объема слюны (в сутки 1,5–2 литра), бактерии не будут проявлять сильной патогенности. Как сказано выше стрептококки является часть нормобиоты полости рта и при отсутствии признаков патогенности и сохранении бактериального баланса не формируется воспалительный процесс.

Гуморальную неспецифическую защиту в полости рта обеспечивает слюна, в которой содержатся ферменты лизоцим, лактоферрин, каталаза, глутатионредуктаза, муцины.

Лизоцим — низкомолекулярный белок, растворимый в воде, его свойство заключается в способности расщеплять гликозидные связи. Также участвует в регенерации и регулирует проницаемость тканевых барьеров.

Лактоферрин — железосодержащий белок, оказывает бактериостатическое действие, которое обеспечивается его способностью забирать железо.

Пероксидаза — в комплексе с перекисью водорода оказывает бактерицидное действие.

Каталаза — катализирует разложение перекиси водорода, нейтрализуя ее. Оказывает вспомогательный эффект, удаляя перекись, продуцируемую бактериями, препятствуя ее накоплению, она предотвращает повреждение эпителиальных клеток.

Глутатионредуктаза — также оказывает вспомогательный эффект, защищая клетки от окислительного стресса, который является продуктом активности бактерий, поддерживая целостность слизистой.

Муцины — обеспечивают защиту барьера благодаря агглютинирующим способностям. [3,7]

Специфические: Комплекс механизмов, с помощью которых происходит распознавание и уничтожение чужеродного антигена. Делятся на гуморальные Ig-иммуноглобулины и клеточные Т и В лимфоциты.

Клеточный: при нарушении барьера бактериями, продуктами их жизни деятельности и распада они начинают распознаваться АПК (антигенпрезентирующая клетка — макрофаги, В-лимфоциты, дендритные клетки), после связи с агентом посредством: рецепторов распознающим паттерн они стимулируют эндо- и эпителиальных Т, В-лимфоцитов, макрофагов, нейтрофилов посредством выработки цитокинов. [7] Также макрофаги и фибробласты имеют ферменты расщепляющие белково-полисахаридные молекулы на фрагменты, несущие специфические антигенные детерминанты — эритропы. Они фиксируются белками и выводятся на мембрану макрофага. Которые распознаются Т-хелперами благодаря специфическим рецепторам к определенным антигенам, находясь на слизистой и подслизистой оболочках рта.

Гуморальный: согласно исследованию у людей, с кариесом был повышенный уровень общих IgG (9.9 мг/децилитр у контрольной группы 6.7 мг/дл) и IgA (1.8 мг/дл у контрольной группы 1 мг/дл). Был обнаружен высокий уровень специфического для стрептококков IgA в слюне у 75 % людей с кариесом. Специфический уровень IgG в сыворотке был повышен чем в слюне. IgM в слюне и сыворотке не отличался от людей с кариесом и контрольной группы [8].

После распознавания антигена Т-хелперы в особенности Т-хелперы 2 типа (Th2, CD4+) взаимодействуют с В-лимфоцитами, после чего последние направляются в лимфатические узлы, где Th2-клетки стимулируют и В-лимфоциты дозревают до стадии плазмочитов и секретируют IgA. Антитела поступают в кровь, далее взаимодействуют с эпителиоцитами слизистой оболочки и связываются с антигенами и выделяются на поверхность

слизистой. Далее IgA распознается фагоцитами и вместе с агентом фагоцитируется.

Бактериофаготерапия в лечении стрептококковых инфекций

Принцип действия бактериофагов. Бактериофаги это вирусы способные специфически убивать бактерии. Их специфичность обусловлена точечным воздействием на определенную патогенную (мишень) бактерию и не затрагивают другую микрофлору. Они прикрепляются к клеточной стенке своей мишени имеющие специальные рецепторы. Далее бактериофаги вводят ДНК или РНК в бактерию, там генный материал и вирусные частицы реплицируются. После завершения репликации новые фаги лизируют клеточную стенку бактерии, фаги высвобождаются и начинают инфицировать остальные бактерии. [11]

Преимущества и недостатки использования бактериофагов в стоматологии. Streptococcus mutans основная кариесогенная бактерия, бактериофаги эффективны против неё благодаря способности разрушать биоплёнку. Этот фактор делает бактериофагов незаменимым инструментом в лечении инфекционных заболеваний ротовой полости. Бактериофаги имеют существенное преимущество над антибиотиками в том, что они не вызывают дисбактериоз так как у антибиотиков большой спектр поражения, что и вызывает дисбактериоз тем, что помимо патогенных бактерий поражает и обычную флору, а фаги только мишени и могут комбинироваться с терапевтическими методами для усиления эффекта. [13]

Однако у бактериофагов есть ограничение. Оно заключается в его высокой специфичности, для которой необходимо точная диагностика возбудителя перед началом лечения, без обнаружения конкретного возбудителя невозможно подобрать точный фаг, и он не будет действовать, к сожалению, фагов общего спектра пока не найдены. Помимо этого, фаги требуют соблюдения строгих условий хранения для стабильной их работы. Исследования реакции иммунитета на фаги и развитие резистентности к фагам проводятся по сей день. [12]

Примеры успешного применения бактериофаготерапии в лечении инфекций полости рта. Одним из примеров можно привести исследование Ганненко А. С., согласно которому при заболевании пародонта возникшее из-за стрептококковой инфекции и последующем воздействием бактериофагов привело к снижению воспаления и ускорению заживлению тканей. [14] Также можно привести исследование Андрея Кропински как было бактериофаги разрушают биоплёнку Streptococcus mutans in vitro и это исследование подтверждает данное высказывание, также бактериофаг снизил риск развития кариеса. [13]

Перспективы и ограничения бактериофаготерапии. В связи с тем, что в настоящее время учащается антибиотикорезистентности бактерии, поэтому бактериофаги имеют особое место в медицине, в том числе в стомато-

логии. Исходя из последних исследований они направлены на улучшение терапевтических свойств фагов, также начало разработки модифицированных фагов для увеличения спектра их воздействия на патогенные микроорганизмы. Следует упомянуть что проводят исследование в комбинировании фагов и антимикробных препаратов для повышения эффективности процедуры. [12]

Тем не менее остаются серьёзные ограничения, связанные с необходимостью стандартизации и регламентации использования бактериофагов в стоматологии. основная проблема фаготерапии — это недостаток данных о последствиях, долгосрочности, безопасности и это требует продолжения клинических исследований. Также требуется исследования влияния на микробиоту человека. [11]

Литература:

1. Баландина В. Ю., Пурсанова А. Е., Свириденко А. В. Роль стрептококков в патогенезе заболеваний зубочелюстной системы // Огарёв-Online. 2022. № 12 (181). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-streptokokkov-v-patogeneze-zabolevaniy-zubochelyustnoy-sistemy> (дата обращения: 29.04.2025).
2. Клиническое значение представителей рода streptococcus при развитии пародонтита / Бажутова И. В., Исмагуллин Д. Д., Лямин А. В., Трунин Д. А., Жестков А. В., Разумный В. А. // Инфекция и иммунитет. 2022, Т. 12, № 1, с. 51–58.
3. Правосудова, Н. А. Микробиология полости рта: сб. тестов для студентов специальности «Стоматология» / Н. А. Правосудова, В. Л. Мельников, Н. Н. Митрофанова. — Пенза: Изд-во ПГУ, 2015. — 76 с.
4. Соловьянова Н. А., Афонина В. С., Андреева И. С., Пучкова Л. И., Селиванова М. А., Буряк Г. А., Сафатов А. С. Изучение патогенных свойств штаммов кокков, выделенных из образцов атмосферных аэрозолей юга Западной Сибири // Acta Biomedica Scientifica. 2011. № 3–1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-patogennyh-svoystv-shtammov-kokkov-vydelennyh-iz-obraztsov-atmosfernyh-aerorozolej-yuga-zapadnoy-sibiri> (дата обращения: 29.04.2025).
5. Госманов, Р. Г. Микробиология и иммунология: учебное пособие / Р. Г. Госманов, А. И. Ибрагимов, А. К. Галиуллин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 240 с.
6. Гигани, О. Б., Плазмиды: монография / О. Б. Гигани, О. О. Гигани. — Москва: Русайнс, 2017. — 153 с.
7. Шабашова Н. В., Данилова Е. Ю. Местный иммунитет и микробиота ротовой полости (обзор) // Проблемы медицинской микологии. 2015. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mestnyy-immunitet-i-mikrobiota-rotovoy-polosti-obzor> (дата обращения: 29.04.2025).
8. H Parkash, A Sharma, U Banerjee, S S Sidhu, K R Sundaram Humoral immune response to mutans streptococci associated with dental caries Natl Med J India. 1994 Nov-Dec;7(6):263–6.
9. Барон С., редактор. Медицинская микробиология. 4-е издание. Галвестон (Техас): Медицинское отделение Техасского университета в Галвестоне; 1996. Глава 13 Стрептококк
10. Бактерии в ЖКТ: нормальная микрофлора и возбудители болезней Streptococcus (стрептококки) gastroscan.ru
11. Nelson D. C., Schuch R., Fischetti V. A. Genomic Sequence of C1, the First Streptococcal Phage. J Bacteriol. 2003 Jun;185(11): 3325–32. doi: 10.1128/JB.185.11.3325–3332.2003.
12. Górski A., Międzybrodzki R., Weber-Dąbrowska B., et al. Therapeutic potential of phages in autoimmune liver diseases. Clinical and Experimental Immunology. 2018 Apr;192(1):1–6. doi: 10.1111/cei.13092. Epub 2018 Jan 23.
13. Kropinski A. M., Clokie M. R. J. Bacteriophages Methods and Protocols, Volume 1: Isolation, Characterization, and Interactions Book 2009
14. Ганненко А. С., Мирошниченко В. В., Масимов А. Э. Применение бактериофагов для лечения воспалительных заболеваний пародонта // Проблемы стоматологии. 2020. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-bakteriofagov-dlya-lecheniya-vozpалitelnyh-zabolevaniy-parodonta> (дата обращения: 29.04.2025).

Оценка величины придесневого уступа при одонтопрепарировании под металлокерамические коронки

Расулов Тимур Мансурович, ординатор;
Головатенко Ольга Викторовна, кандидат медицинских наук, доцент
Ижевская государственная медицинская академия

В статье авторы проводится анализ ширины и протяженности уступа при препарировании зубов под одиночные металлокерамические коронки.

Ключевые слова: препарирование, металлокерамические коронки, уступ.

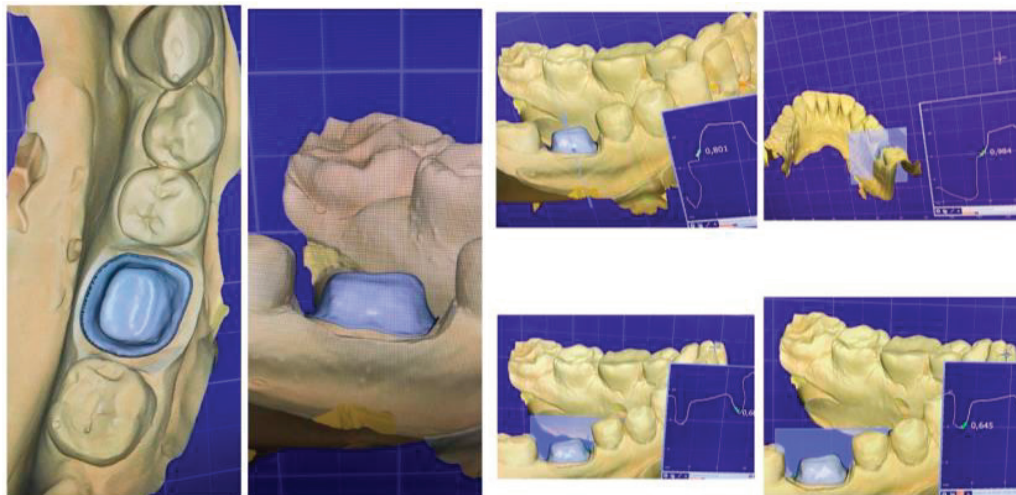
Введение. На протяжении последних десятилетий протезирование металлокерамическими коронками остается наиболее распространенным методом протезирования [1]. По литературным данным процент неудачного протезирования первые 2–3 года пользования металлокерамическими конструкциями составляет около 20–26 %. По данным Грицай И. Г. (2004) среди всех осложнений, ведущих к снятию цельнолитых конструкций, расцементировка искусственных коронок составляет до 50 % от общего количества осложнений [2]. Наиболее частой причиной расцементирования является несоответствие культи препарированного зуба форме, способствующей долговременной ретенции коронки. При препарировании зубов под металлокерамические коронки независимо от состояния пульпы общим требованием является правильное формирование культи протезируемых зубов (конусность, размер, уступ) [3]. Одним из этапов во время препарирования зуба, требующего от врача-ортопеда максимальной аккуратности и точности, является формирование придесневого уступа. На сегодняшний день в литературе описаны различные виды уступов [4]. Наиболее часто применяются 3 вида уступов: плечевой уступ под углом 90° (shoulder); желобообразный, закругленный уступ (chamfer); ножевидный уступ (knife-edge). При обработке зуба под искусственную коронку необходимо создавать круговой уступ по краю препарирования с учетом минимально допустимой толщины будущей реставрации. Уступ может быть разной ширины, однако нужно помнить, что чем шире уступ, тем выше риск травмы пульпы и потери жизнеспособности зуба. Также по мнению Massimo Mazza (2017), уступ является одним из факторов, провоцирующих перелом зуба [5]. Увеличение глубины уступа с 0,5 мм до 1 мм приведет к 45 % снижению прочности на сдвиг отпрепарированного зуба. А уменьшение на 1 мм радиуса цилиндра с 4,5 мм до 3,5 мм приведет к уменьшению площади поверхности на 40 %. Таким образом, устойчивость коронки во многом зависит не только от формы уступа, но и от его ширины. Рекомендованная ширина уступа, достаточная для размещения материала коронки 0,5 мм [5].

По литературным данным, именно на этапе препарирования происходит большое количество ошибок, которые приводят к неблагоприятным исходам протезирования металлокерамическими коронками [2]. Поэтому изучение современных подходов к аспектам препарирования зубов под искусственные коронки является актуальным.

Цели. Оценить ширину циркулярного придесневого уступа у моляров и премоляров верхней и нижней челюсти при одонтопрепарировании под металлокерамические коронки.

Материалы и методы. Для оценки качества препарирования нами были отобраны 40 сканов зубов, препарированных под одиночные металлокерамические коронки: 20 моляров и 20 премоляров. Изучение сканов включало оценку следующих параметров: наличие сформированного уступа, его ширина с четырех поверхностей (рис. 1).

Рис. 1. Определение наличия и ширины уступа в области моляров



Измерения проводились в программе DentalCAD (ExoCAD). Результаты исследования статистически обработаны в программе Microsoft Excel 2016 с определением относительных показателей и ошибок. Систематизацию данных и визуализацию результатов проводили в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2016.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные измерения представлены в таблице 1:

Критерии	Групповая принадлежность	
	Моляры	Премоляры
Вестибулярный уступ, мм	0,96 ± 0,06	0,65 ± 0,05
Оральный уступ, мм	0,90 ± 0,04	0,60 ± 0,04
Дистальный уступ, мм	0,76 ± 0,03	0,61 ± 0,05
Медиальный уступ, мм	0,72 ± 0,04	0,51 ± 0,03

Из этой таблицы видно, что в области моляров наибольшая ширина уступа определяется с вестибулярной и оральной поверхностями. Так, при анализе ширины уступа с вестибулярной и оральной поверхности было обнаружено, что суммарная ширина уступа у 8 моляров (40,0 %) превышает 2 мм. Ширины уступа с медиальной и дистальной поверхности моляров достоверно ниже, чем с вестибулярной и оральной поверхности ($p < 0,05$), но при этом все равно превышает рекомендованные минимальные значения. Среднее значение ширины уступа в области моляров составляло $0,84 \pm 0,02$ мм.

При анализе ширины уступа в области премоляров выявлено наименьшее значение в области медиальной поверхности ($0,51 \pm 0,03$ мм). В области остальных поверхностей премоляров ширина уступа составила в среднем $0,62 \pm 0,03$ мм.

Выводы

При анализе протяженности уступа выявлены проблемные участки в области перехода проксимальных поверхностей на вестибулярную или оральную поверхности. В этих участках уступ частично отсутствовал у 30 % изученных моляров, что может приводить к гипертонусу искусственной коронки и некорректному прилеганию к культе зуба. Наибольшая ширина уступа определяется с вестибулярной и оральной поверхностями моляров, где значения превышают рекомендованные почти в 2 раза. Такое препарирование приводит к уменьшению площади культи, что может существенно снижать ретенцию коронки, приводя к неблагоприятным исходам протезирования.

Литература:

1. Rauch A., Schrock A., Schierz O., Hahnel S. Material selection for tooth-supported single crowns-a survey among dentists in Germany. Clin Oral Investig. 2021 Jan;25(1):283–293. doi: 10.1007/s00784–020–03363–9. Epub 2020 Jun 16. PMID: 32556660; PMCID: PMC7785551.
2. Грицай И. Г. Исследование причин снятия несъемных зубных протезов. Институт стоматологии. — 2004. — № 1. — С. 79.
3. Уханов М., Ряховский А., Алейников К., Карапетян А. (2008). Основные принципы препарирования зубов под металлокерамические коронки. Panorama of prosthetic dentistry. 3–13.
4. Массирони Д., Пасчетта Р., Ромео Д. Точность и эстетика / пер. с англ. — М.: Квинтэссенция, 2008г. — 464 с.
5. Mazza M, Venuti P, Shoenenberger A. Vertiprep. A new approach. Tomorrow Tooth Journal. 2017.vol.1.P1–29.

Тотальный аномальный дренаж легочных вен: общий обзор

Халдарбекова Гулжахон Зафар кизи, докторант (DSc), доцент
Ташкентский государственный стоматологический институт (Узбекистан)

Файзуллаева Дилнура Улугбек кизи, студент;
Матмуссаева Саида Мамур кизи, студент;
Камолова Фарангиз Элмурод кизи, студент
Международный университет Кимё в г. Ташкенте (Узбекистан)

Тотальное аномальное дренирование лёгочных вен (ТАДЛВ) — это редкое врождённое заболевание сердечно-сосудистой системы, которое поражает лёгочные вены, приводя к смешиванию артериальной и венозной крови, за которым следует выраженная гипоксемия. Из-за анатомической патологии лёгочных вен требуется хирургическое вмешательство, без которого ТАДЛВ приведёт к неотвратимой гибели ребёнка.

Ключевые слова: ТАДЛВ, гипоксия, диагностика, дефект межпредсердной перегородки, врожденный порок сердца, легочные вены.

Total anomalous pulmonary venous drainage: a general overview

Khaldarbekova Guljahon Zafar qizi, doctoral student (dsc), associate professor
Tashkent State Dental Institute (Uzbekistan)

Fayzullayeva Dilnura Ulugbek kizi, student;
Matmussayeva Saida Mamur qizi, student;
Kamolova Farangiz Elmurod qizi, student
Kimyo International University in Tashkent (Uzbekistan)

Total anomalous pulmonary venous return (TAPVR) is a rare congenital condition of the cardiovascular system that affects the pulmonary veins, leading to a mixing of arterial and venous blood, followed by severe hypoxaemia. Due to the anatomical abnormality of the pulmonary veins, surgical intervention is required. surgical intervention, without which TAPVR will lead to the child's imminent death.

Keywords: TAPVR, hypoxia, diagnosis, atrial septal defect, congenital heart defect, pulmonary veins, outcome.

Введение. Тотальный аномальный дренаж легочных вен (ТАДЛВ), является редким врожденным заболеванием. Отличительной особенностью является отсутствие соединения между легочными венами с левым предсердием. В следствии аномалии легочной вены(ЛВ) кровь не полностью очищается, образуется смешанная кровь. Пациенты с таким диагнозом сталкиваются системной гипоксией. Лечение этой патологии является исключительно хирургическое вмешательство.

Цель. Целью данной работы является общий анализ болезни, эффективность к выздоровлению и насколько эта болезнь поддаётся лечению. Рассмотрим несколько проведенных операций и реабилитации.

Материалы и Методы. Анализ научных исследований, входящих в PubMed, КиберЛенинка, oriens.uz

Тотальный аномальный дренаж лёгочных вен (ТАДЛВ) — это врождённое сердечное заболевание, при котором имеется дефект межпредсердной перегородки, и все лёгочные вены впадают в правое предсердие или его притоки, то есть лёгочные вены не соединены с левым предсердием. При наличии этого диагноза требуется неотложная помощь в виде хирургического вмешательства. Совершенствование предоперационного ухода и развитие хирургических техник продолжают способствовать повышению выживаемости и снижению заболеваемости [1].

Первое описание данного порока принадлежит J. W. Winslow. По данным [2,3,4,5,6], ТАДЛВ встречается не чаще чем в 0,7–2,6 % случаев. С возрастом частота встречаемости этой патологии снижается. У взрослых людей данное заболевание практически не встречается [2,7,8]. Дети с такой патологией редко доживают до года: по данным Н. М. Амосовой и соавторов, до одного года погибают около 80 % младенцев с ТАДЛВ [9]. Это обусловлено выраженным застоем крови в малом круге кровообращения и тяжёлой гипоксией, возникающими вследствие дефекта межпредсердной перегородки. Также, по данным, собранным из источников [10] и работы R. Darling, который упоминается как соавтор [11], была предложена анатомическая классификация, основанная на уровне впадения лёгочных вен (ЛВ). Авторы выделяют четыре типа порока: Супракардиальный (надсердечный) тип — ЛВ впадают непосредственно в верхнюю полую вену (ВПВ) или её притоки. Кардиальный тип — ЛВ впадают в правое предсердие (ПП) либо в коронарный синус. Инфракардиальный (подсердечный) тип — ЛВ впадают в нижнюю полую вену (НПВ) или её притоки ниже уровня диафрагмы. Смешанный тип — кровь из ЛВ поступает в правые отделы сердца по двум или трём из вышеописанных путей. Такие анатомические дефекты значительно усложняют жизнь пациента, а также затрудняют

выбор метода лечения. При ТАДЛВ гемодинамика характеризуется объёмной перегрузкой малого круга кровообращения (МКК) и обеднением большого круга кровообращения (БКК). Более половины пациентов, по данным [12], страдают от выраженного цианоза. Лёгочная артериальная гипертензия у 20 % больных имеет гиперкинетический характер, а у 80 % — склеротический.

При оценке гемодинамики большое значение имеет наличие градиента давления между правым и левым предсердиями, что свидетельствует о неадекватности межпредсердного дефекта. Его размеры определяют объём системного кровотока [13,14]. Чем больше крови поступает в МКК и чем выраженнее лёгочно-венозная обструкция, тем быстрее развивается объёмная перегрузка правых отделов сердца и артериальная лёгочная гипертензия (ЛГ) [15]. При этом левые отделы сердца сохраняют нормальные размеры либо бывают гипоплазированы. Нередко наблюдается снижение ударного объёма левого желудочка и минутного объёма большого круга кровообращения (БКК) [16].

Для диагностики ТАДЛВ используются электрокардиография, эхокардиография, рентгенография, а также катеризация полостей сердца с ангиокардиографией [7,18]. При отсутствии хирургического вмешательства ребёнок, как правило, живёт не более 7 недель; лишь в 20 % случаев дети доживают до года. Единственным эффективным методом лечения является хирургическая операция, после которой необходим тщательный уход. У новорождённых может быть проведено паллиативное вмешательство, направленное на устранение симптомов и увеличение межпредсердного сообщения — с помощью баллонной артеросептостомии. Это улучшает поступление крови в левое предсердие (ЛП) и, соответственно, в большой круг кровообращения (БКК) [19,7]. Однако подобная операция проводится только у детей, достигших возраста трёх месяцев.

Согласно данным из Техаса, был проанализирован массив госпитализаций стационарных пациентов с диагнозом ТАДЛВ в период с 1 января 1999 года по 31 декабря 2016 года. В первую очередь была изучена динамика показателей смертности за указанный период, а также ассоциации между объёмом хирургических вмешательств по ТАДЛВ и уровнем летальности. Для анализа использовались одномерные и многомерные статистические модели с учётом влияния лечебного центра.

В рамках дополнительного анализа изучалась связь между объёмом операций и смертностью среди подгрупп пациентов: изолированная ТАДЛВ, ТАДЛВ с другими врождёнными пороками сердца (ВПС), ТАДЛВ с гетеротаксией и ТАДЛВ с анатомией одного желудочка. Из 971 хирургической госпитализации, отвечающей критериям включения, 62 % составили мальчики. Смертность после

хирургической коррекции ТАДЛВ снизилась с 15,1 % (в 1999–2004 гг.) до 7,6 % (в 2012–2016 гг.), при этом отношение шансов на год увеличения составило 0,96 (95 % доверительный интервал [ДИ] 0,92–0,99, $p = 0,030$). Согласно унивариантному анализу, факторами, ассоциированными с повышенной смертностью, были: более ранний возраст, преждевременные роды, малый объём хирургического вмешательства, наличие гетеротаксии и сопутствующие ВПС. В многофакторной модели объём операций оставался значимым фактором: отношение шансов при увеличении объёма на каждые 10 пациентов составило 0,93 (95 % ДИ 0,90–0,96, $p < 0,001$).

В подгрупповом анализе наименьшая смертность наблюдалась при изолированной ТАДЛВ ($n = 606$, смертность = 6 %), тогда как при ТАДЛВ с другими ВПС — 20 % ($n = 359$), с гетеротаксией — 21 % ($n = 135$), и с анатомией одного желудочка — 23 % ($n = 128$). Во всех подгруппах, кроме последней, больший объём хирургических вмешательств был связан с более низкой смертностью. Согласно данным [21], была проведена хирургическая коррекция у 51 пациента с инфракардиальным и неинфракардиальными типами ТАДЛВ. В исследование включены 23 пациента с инфракардиальным и 28 — с неинфракардиальным типом. Сравнивались особенности послеоперационного периода в отделении интенсивной терапии, а также отдалённая смертность и частота стеноза лёгочных вен. Средний срок наблюдения составил $79,8 \pm 81,5$ месяца.

Серьёзные послеоперационные осложнения наблюдались у 22 пациентов (43,1 %). В течение периода наблюдения умерли 10 пациентов (19,6 %), а у 8 (15,7 %) развился стеноз лёгочных вен. Кривая Каплана—Мейера показала лучшую кумулятивную выживаемость у пациентов с инфракардиальным типом ТАДЛВ ($p = 0,308$). При этом анатомический тип не был статистически значимым фактором выживаемости. Существенное влияние оказывали такие параметры, как длительность искусственной вентилиации лёгких, продолжительность пребывания в отделении интенсивной терапии и в стационаре.

Заключение

Тотальный аномальный дренаж лёгочных вен (ТАДЛВ) — редкая, но потенциально смертельно опасная врождённая патология сердца. Для диагностики применяются ангиография и эхокардиография. Согласно литературным данным, самопроизвольное излечение невозможно — необходима срочная хирургическая коррекция. Также инфракардиальный тип ТАДЛВ продемонстрировал наивысшую кумулятивную выживаемость после оперативного вмешательства.

Литература:

1. Shaw FR, Chen JM. Surgical Considerations in Total Anomalous Pulmonary Venous Connection. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth.* 2017 Jun;21(2):132–137. doi: 10.1177/1089253216688535. Epub 2017 Jan 20. PMID: 28107801.

2. Chartrand C., Payot M., Davidnon A. et. al. A new surgical approach for correction of partial anomalous pulmonary venous drainage into the SVC. *J. Th. Cardiovasc. Surg.* -1976. -V.71. -N.3. -P.29–34.
3. Miller W., Rashkind W., Miller R. et al. Total anomalous pulmonary venous return: effective palliation of critical ill infants by balloon atrial septostomy. *Circulation.* -1967. -V.35. -Suppl.2. -P.11–189.
4. Williams G., Richardson W., Camplell G. Repair of total anomaly pulmonary venous drainage in infancy. *J.Thorac.Card. Surg.* -1964. -V.47. -N.2. -P.199–202.
5. Heineman M. K., Hanley F. L., Van Praagh S. et al. Total anomalous pulmonary venous drainage in newborns with visceral heterotaxy. *Ann Thorac. Surg.* 1994. 57: 8891e
6. Husain S. A., Maldonado E., Rasch D., Michalek J., Taylor R., Curzon Ch., Neish S., Calhoun J. H. Total anomalous pulmonary venous connection: factors associated with mortality and recurrent pulmonary venous obstruction. *Ann. Thorac. Surg.* 2012. 94 (Issue 3): 825–32. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2012.04.026
7. Children`s cardiosurgery: guide for physicians. Under edition Bockeria L. A., Shatalov K. V., Moscow.A. N. BakoulevScientific Center for Cardiovascular Surgery. 2016.
8. Yamagishi M., Nakamura Y., Kanazawa T., Kawada N. Double switch operation for corrected transposition with total anomalous pulmonary venous return. *J. Thorac. Cardiovasc.Surg.* 1997.114: 84850.
9. Амосов Н. М., Зынковский М.Ф, Игнатов П. И., Паничкин Ю. В. Хирургическое лечение полного аномального дренажа легочных вен. *Грудная хирургия.* -1978. -N1. -С.3–9.
10. 115_МаматовМухаммаджонАхмадович_805–816.pdf
11. Darling R. S., Rothney M. B., Greid J. M. Total anomalous pulmonary venous return into the right side of the heart. *Lab. Invest.* -1957, -V.6. -N.1, -P.44–64.
12. Ashoush R., Jebara V. A., el Rassi I., Badawi G., Sarcis A., As- mar B. et. al. Total anomalous pulmonary venous connection in adults; A surgical review. *J.Med. Liban* -1993.-V.41.-N.4.-P.230–235.
13. Serra A., Bruniaux J., Lacour-Gayet F. et al. Obstruction of total anomalous pulmonary venous drainage. Factors influencing improvement in surgical results. *Arch.Mai.Coeur.* -1990. -V.83. -N.5. -P.643–646.
14. Van de Wal H. J. C. M. Total anomalous pulmonary venous drainage by double connection corrected ”y” ascending vein and coronary sinus repair. *J.Th.Cardiovasc. Surg.* -1993. -V.105. -N.2. -P.367–368.
15. Caldarone C. A., Najm H. K., Kadletz M. et al. Surgical management of total anomalous pulmonary venous drainage: impact of coexisting cardiac anomalies. *Ann. Thorac. Surg.* 1998.66: 15216.
16. Bouharin V. A., Podzolkov V. P., Ilyin V. N. et. al. Correction of total anomalous pulmonary venous drainage in patients from in fancy to adolescence. *The second World Congress of Ped. Cardiology I and Cardiac Surgery.* Honolulu. Hawaii. -1997. -P.372.
17. Fukahara K., Murakami A., Ueda T. et.al. Usefulness of MRI and cine MRI in the assessment of TAPVC. *The second World Congress of Ped. Cardiology and cardiac Surgery.* Honolulu. Hawaii. -1997. -P.344.
18. Van Son J. A. M., Hamsch J., Kinzel P., Haas G.S, Mohr F. W. Urgency of operation in infracardiac total anomalous pulmonary venous connection. *Ann.Thorac. Surg.* 2000. 70 (Issue 1): 128–30. DOI: 10.1016 / S0003 -4975(00)01350–3.
19. Wilson J. A description of a very unusual formation of the human heart. *Philos.Trans. R.Soc. –London* -1798. -V.88. -P.346.
20. Lahiri S, Wang Y, Caldarone CA, Morris SA. Trends in Infant Mortality After TAPVR Repair over 18 Years in Texas and Impact of Hospital Surgical Volume. *Pediatr Cardiol.* 2020 Jan;41(1):77–87. doi: 10.1007/s00246–019–02224-x. Epub 2019 Nov 22. PMID: 31758210.
21. Na JY, Song J, Huh J, Kang IS, Yang JH, Jun TG. Surgical Outcomes for Obstructive Total Anomalous Pulmonary Venous Return of the Non-Infracardiac Type Compared with the Infracardiac Type. *Heart Surg Forum.* 2020 Nov 5;23(6):E833-E836. doi: 10.1532/hsf.3217. PMID: 33234209.

Молодой ученый

Международный научный журнал
№ 18 (569) / 2025

Выпускающий редактор Г. А. Письменная
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова
Художник Е. А. Шишков
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 14.05.2025. Дата выхода в свет: 21.05.2025.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.