

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



52 2024
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 52 (551) / 2024

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 изображен *Николай Павлович Макаров* (1887–1980), советский ученый, экономист-аграрник.

Николай Павлович родился 20 декабря 1886 года в Харькове в семье служащего Даниловской мануфактуры. Он окончил экономическое отделение юридического факультета Московского университета и был оставлен при кафедре экономики для подготовки к профессорскому званию, которую вскоре покинул в знак протеста по поводу нарушения автономии университета министром просвещения Л. А. Кассо.

Отслужив в армии, Николай Павлович начал работать в статистико-экономическом бюро Московского уездного земства. В эти годы вышли его работы «Кредитная кооперация в Московском уезде», «Молочное скотоводство и крестьянское хозяйство в Московском уезде». В 1914 году Главное управление землеустройства и земледелия назначило Макарова преподавателем (а позднее и заведующим) на кафедре политической экономии и статистики Воронежского сельскохозяйственного института Императора Петра I. За работу «Крестьянское хозяйство и его эволюция» он был удостоен звания профессора.

Практически весь 1917 год Николай Павлович жил, курсируя между Петроградом и Воронежем. После Февральской революции вместо назначенного директора и его заместителя коллектив Воронежского сельскохозяйственного института выбрал правление, в которое вошел и Макаров. Выступая на первом Воронежском губернском крестьянском съезде, ученый предложил организовать в губернии Крестьянский союз. Съезд одобрил предложение, решив позаимствовать программу Союза из программы партии социалистов-революционеров. Одновременно Макаров работал в Главном земельном комитете и в отделе сельскохозяйственной экономии и политики Министерства земледелия Временного правительства.

Благодаря авторитету Макарова в кооперативной среде ему была предложена командировка в Сибирь, а затем и в США для знакомства с деятельностью правления «Союза Сибирских интегральных кредитных союзов» («Синкредсоюза») и положением дел сибирской кредитной и производительной кооперации. Союз имел контору в Новониколаевске (Новосибирск) и в Нью-Йорке. Совершив рискованное путешествие через всю Сибирь, Макаров прибыл в Харбин, а оттуда его путь лежал во Владивосток и в Америку. Сибирское кооперативное представительство в США командировку не оплатило вопреки привезенному им распоряжению, и экономист был вынужден зарабатывать чтением публичных лекций и редактированием статей отдела сельского хозяйства издательства Христианского союза молодых людей.

В США Макаров совершил многочисленные поездки по сельскохозяйственным районам, написал научно-популярную работу «Как американские фермеры организовали свое хозяйство» и брошюру «Условия и пределы применения тракторов в сельском хозяйстве Америки», закончил большую работу «Зерновое хозяйство в Северной Америке». В 1922 году Николай Павлович

переехал в Европу, где прожил еще два года, сначала в Чехословакии, а затем в Германии. За годы пребывания в Америке и Европе ученый глубоко изучил проблемы экономики, организации, технологии аграрного труда, результатом чего явилась опубликованная в Берлине книга «Организация сельского хозяйства», которая стала учебником и неоднократно переиздавалась.

После возвращения на родину в 1924 году Николаю Павловичу было предложено место заведующего кафедрой планирования сельского хозяйства, а затем декана вновь образованного экономического факультета Тимирязевской сельхозакадемии. Также он являлся сотрудником Научно-исследовательского института сельскохозяйственной экономики (НИИСХЭ) и Наркомзема.

В 1927 году Макаров пытался обосновать необходимость перехода к крупному механизированному сельскохозяйственному производству, созданию машинно-тракторных станций. Этому было посвящено новое издание курса «Организация сельского хозяйства».

Летом 1930 года вместе со многими своими коллегами ученый был обвинен в принадлежности к контрреволюционной Трудовой крестьянской партии и тесных связях с белоэмигрантским республиканско-демократическим объединением. Макаров был арестован. Позже в ходатайствах о реабилитации ученый-экономист писал, что его морально-психологическое состояние было настолько подорвано арестом и допросами, что он подписал заведомо фальсифицированные показания. По приговору Коллегии ОГПУ он был осужден на восемь лет заключения. Но благодаря ходатайству Н. И. Вавилова и Г. И. Ломова Макаров был частично амнистирован. Срок заключения, которое он отбывал в Ярославском политизоляторе, был сокращен до пяти лет. Находясь в ссылке, Макаров работал плановиком-экономистом и агрономом в различных совхозах Воронежской и Ростовской областей. Вскоре его пригласили на должность преподавателя кафедры экономики и организации сельского хозяйства в Ворошиловградский сельскохозяйственный институт.

Вернулся экономист и к научной работе: исследованиям вопросов экономики и организации сельского хозяйства Донбасса. Последним местом преподавательской работы Макарова стал Всесоюзный заочный институт сельского хозяйства в Москве. Научную же свою деятельность он не прекращал и после выхода на пенсию. В 1976 году он опубликовал работу «Индустриализация социалистического сельского хозяйства», но и она не была последней. Рукопись «Сельское хозяйство на пути от капитализма к социализму» осталась неопубликованной.

Скончался Николай Павлович Макаров 1 октября 1980 года в Москве в возрасте 93 лет, не дождавшись полной реабилитации, которая произошла для всех экономистов организационно-производственной школы только в 1987 году.

*Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина*

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Залеская К. Л. Умные города (smart cities): стандарты, когнитивно-информационные технологии и их приложения.....	1
Potekhin V. A. Digital Signal Processing: Chord Construction and Digital Processing	5
Топалов Н. К. Кроссплатформенная разработка на Flutter: ограничения и возможности.....	8

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Айтбай С. А. Оценка ветряного потенциала для определения оптимального месторасположения ветряных электростанций в Туркестанской области Республики Казахстан	11
Андреев Д. А., Морозов Р. А. Особенности аналоговых и цифровых фотокамер	18
Бакурина А. С. Технические решения, связанные с освоением углеводородного потенциала Арктического шельфа	20
Баржеев Е. В., Соленков П. Н. Эффективность солнечных водонагревательных установок в климатических условиях России	23
Бохаева А. У., Чурикова Л. А. Повышение эффективности удаления асфальтосмолопарафинистых отложений в нефтесборных трубопроводах растворителями	25
Гончаров П. Л. Разработка структурной схемы устройства автоматической кормушки для домашних животных.....	28
Кладько С. А., Василевская С. П. Исследование процесса низкотемпературной сепарации природного газа.....	30

Козленко А. П., Цзи Д. Анализ конструктивных решений днищевых обтекателей для повышения гидроакустических характеристик судов в условиях глубоководных районов Охотского моря и рекомендации по их оптимизации	34
Копылова К. А., Алымова А. Е. Преимущества и перспективы развития системы посадочных баз для комплектующих во внутриканальных мониторных наушниках ...	38
Котлов С. Р., Семенюта Е. Д. Техническое обслуживание и ремонт судовых двигателей.....	40
Кравчишин Д. Б., Поздняков Н. В. Судовождение в условиях ограниченной видимости.....	44
Кученкин И. Л. Общие сведения о компьютерном моделировании телевизионных приборов ночного видения.....	47
Лукьянов Г. Е., Максимов А. А. Выгрузка на необорудованный берег.....	49
Магдалин В. А., Абрамов В. А. Влияние конструкции гребного винта на экономичность и маневренность судов в районах с высокими приливными течениями Амурского залива	53
Манатов Е. С., Бухаров Д. Г. Исследование влияния конструкции антенн УКВ-радиосвязи на качество передачи сигналов в условиях гористой местности и мелководья Амурского залива.....	56
Пахомкин Т. О., Сучков К. А. Управление экипажем и командование на морских судах	60
Юркин Н. А. Система освещения моста.....	63
Якшибаев З. Р. Тактики и средства определения массового расхода скважинного флюида	66

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Умные города (smart cities): стандарты, когнитивно-информационные технологии и их приложения

Залеская Ксения Леонидовна, студент магистратуры
Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону)

В последние годы концепция умных городов стала главной в решении глобальных проблем урбанизации и управления городской инфраструктурой. Использование когнитивно-информационных технологий играет ключевую роль в повышении эффективности городских систем, улучшении качества жизни граждан и устойчивом развитии городов. В данной статье рассматриваются основные стандарты, применяемые в умных городах, а также технологии, обеспечивающие интеграцию и управление городской инфраструктурой. Анализируются проблемы, такие как кибербезопасность, социальная доступность и экологическая устойчивость, на основе практических примеров и данных опросов респондентов. Предлагаются рекомендации по дальнейшему развитию стандартов умных городов.

Ключевые слова: умные города (Smart Cities), когнитивно-информационные технологии, устойчивая городская инфраструктура, кибербезопасность, социальная доступность, экологическая устойчивость, информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ), стандарты умных городов, оптимизация городской среды, цифровая экономика, управление ресурсами, энергоэффективность, интеграция технологий, сбор и анализ данных, социальное равенство, цифровизация городской инфраструктуры, устойчивое развитие, городская экология.

Smart cities: standards, cognitive information technologies and their applications

Zaleskaya Kseniya Leonidovna, student master's degree
Don State Technical University (Rostov-on-don)

In recent years, the concept of smart cities has become central to addressing global urbanization challenges and managing urban infrastructure. The use of cognitive-informational technologies plays a key role in improving the efficiency of urban systems, enhancing citizens' quality of life, and promoting sustainable development in cities. This paper discusses the main standards applied in smart cities, as well as technologies that enable the integration and management of urban infrastructure. The paper analyzes issues such as cybersecurity, social accessibility, and environmental sustainability, based on practical examples and survey data. Recommendations for the further development of smart city standards are provided.

Keywords: Artificial intelligence, information security, Adversarial AI, cyber-attacks, data protection, machine learning, adaptive algorithms, threat forecasting, AI ethics, international cooperation. **Keywords:** smart cities, cognitive-informational technologies, sustainable urban infrastructure, cybersecurity, social accessibility, environmental sustainability, information and communication technologies (ICT), Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), smart city standards, urban environment optimization, digital economy, resource management, energy efficiency, technology integration, data collection and analysis, social equality, urban infrastructure digitalization, sustainable development, urban ecology.

Введение

Современные города сталкиваются с рядом трудностей, связанных с быстрым ростом населения, урбанизацией и экологическими проблемами

Ими могут быть: перенаселенность, культурные вызовы, ухудшение экологической ситуации, перегрузка

транспортной системы, недостаточная эффективность управления ресурсами и другие. Эти проблемы требуют поиска новых подходов к управлению городской инфраструктурой и эффективного использования современных технологий. Умные города — это концепция урбанистического развития, в которой используются цифровые технологии направленные на повышение качества жизни,

улучшение инфраструктуры, рациональность и оптимальность управления городскими ресурсами и обеспечения экологической безопасности. Развитие умных городов началось в начале 2000-х годов с инициативы компании IBM «Smarter Planet», направленной на создание интегрированных систем для управления транспортом, энергетикой, безопасностью и другими городскими процессами. Сегодня умные города рассматриваются как ключевой элемент устойчивого развития, что подтверждается включением их в Программу ООН по устойчивому развитию на период до 2030 года.

В Российской Федерации развитие умных городов идет в рамках программы «Умный город», которая была запущена Минстроем РФ в 2018 году. Эта программа направлена на внедрение цифровых технологий в управление городскими ресурсами и повышение качества жизни граждан, так же она стимулирует создание стандартов и технологий, адаптированных к условиям российских городов. Но реализация программы сталкивается с рядом трудностей высокая стоимость, неравномерное развитие регионов, проблемы с инфраструктурой, цифровое неравенство, риски кибербезопасности.

Целью статьи является анализ существующих стандартов умных городов и когнитивно-информационных технологий, применяемых для их реализации, а также выявление проблем и предложений по их совершенствованию. Особое внимание уделяется вопросам кибербезопасности, социальной доступности и устойчивого развития городов на основе практических примеров и данных опросов респондентов.

Анализ источников

Концепция умного города уже более двух десятилетий является предметом интенсивного научного интереса и практических разработок. Основные исследования в этой области направлены на изучение применения информационно-коммуникационных технологий, интернета вещей и искусственного интеллекта для управления городской инфраструктурой, повышения качества жизни граждан и обеспечения устойчивого развития городов.

Первоначально идея умного города была сформулирована компанией IBM в рамках инициативы «Smarter Planet» в начале 2000-х годов. Эта концепция получила широкое распространение благодаря предложению интегрировать различные городские системы на единой платформе для анализа и обработки данных в реальном времени. Такие технологии, как сбор данных с датчиков, интеллектуальные системы управления транспортом и энергией, позволили существенно повысить эффективность управления городскими процессами.

Одним из ключевых направлений в развитии умных городов является стандартизация. В рамках международных исследований SCC (Smart City Council) разработаны модели и стандарты для эффективного управления городскими процессами с использованием когнитивных технологий.

В России разработан стандарт «Умный город», который охватывает такие ключевые аспекты, как цифровая инфраструктура, энергоэффективность, информационная безопасность и управление городскими ресурсами.

Проведем анализ статей в контексте нашего исследования.

1. Анисимов В. А., Зюзин Д. А., «Использование современных технологий в развитии умных городов». Рассматриваются инновационные технологии (IoT, большие данные, ИИ) для создания умных городов. Приводится анализ влияния технологий на транспорт, ЖКХ и энергосбережение. Уделяется внимание вопросам устойчивого развития и цифровизации. Но к сожалению не проработан вопрос интеграции местных сообществ в цифровую экосистему [1].

2. И. И. Грозаву, А. Д. Шматко., «Информационные технологии в реализации городского пространства мегаполиса». Рассматривается роль ИТ в улучшении городской среды мегаполисов. Идет описание подходов к оптимизации транспортных систем и развитию цифровой инфраструктуры. Затрагиваются вопросы безопасности городской среды [2].

3. С. У. Ахтанова, «Умный город: основополагающие факторы развития». Представлены ключевые факторы развития умных городов: технологии, экология, экономика. Рассматривается роль государства и бизнеса в реализации концепции. Затронуты вопросы правового регулирования. Недостаточно внимания уделено примерам практической реализации. Отсутствует детальный анализ возможных рисков [3].

4. А. Н. Кузяшев, К. В. Сария., «Умное ЖКХ как часть концепции умного города». Рассматривается роль ЖКХ в умных городах, включая автоматизацию учета ресурсов и повышение энергоэффективности. Уделено внимание внедрению интеллектуальных систем управления жильем. Недостаток анализа проблем адаптации технологий для старого жилого фонда. Не рассмотрены социальные аспекты внедрения умного ЖКХ [4].

5. Михайлов С. С., «Концепция, архитектура и принципы создания умного города». Обсуждаются теоретические основы, архитектура и принципы построения умного города. Делается акцент на устойчивость, технологичность и адаптивность городской среды. Нет практического анализа примеров внедрения концепции. Слабо освещены финансовые и организационные вопросы [5].

6. Суйгут М. Ю., «Строительство умных городов». Рассматриваются подходы к реализации проектов умных городов, включая устойчивое развитие и энергоэффективность. Уделено внимание интеграции технологий для управления городской средой. Не раскрыты вопросы финансирования и общественного участия в проектах. Нет анализа ошибок или трудностей при внедрении [6].

7. Казанцева О. Л., «Умные города России». Изучается развитие умных городов в российском контексте. Рассматриваются примеры внедрения технологий, юридические и организационные аспекты. Недостаточно внимания уде-

лено сравнению с международными проектами. Слабое освещение экономических аспектов реализации [7].

Все работы подчеркивают актуальность концепции умных городов в условиях урбанизации, экологических вызовов и необходимости цифровизации. Затрагиваются технологические и организационные аспекты. Особое внимание уделяется устойчивому развитию и автоматизации управления. Недостаток конкретных кейсов успешной реализации проектов. Мало внимания к экономическим и социальным последствиям внедрения технологий. Необходима более глубокая проработка вопросов кибербезопасности и общественного участия.

Методология исследования основывалась на критическом анализе существующих моделей и стандартов умных городов, а также на опросах и анкетировании граждан. Опрос включал вопросы, направленные на выявление общественного мнения о применении умных технологий в городской среде, их восприятие проблем умного города.

Объектом исследования стала городская инфраструктура, в которую входят транспортные системы, энергетические сети, системы водоснабжения, сбор и утилизация отходов. В рамках данного исследования предметом изучения стало внедрение когнитивно-информационных технологий в управление городской инфраструктурой.

Основные задачи исследования включали:

1. Анализ существующих стандартов для умных городов и выявление их недостатков с точки зрения применения когнитивных технологий.
2. Исследование успешных примеров использования когнитивных технологий в управлении городскими процессами.
3. Оценка общественного восприятия умных технологий и их влияния на качество жизни.
4. Разработка рекомендаций по применению стандартов и технологий для оптимизации городской инфраструктуры.

В опросе приняли участие 20 респондентов, что позволило собрать данные о восприятии населением концепции умных городов и связанных с этим возможных

проблемах. Вопросы анкеты охватывали такие аспекты, как важность умных технологий, кибербезопасность, доверие к сбору данных и экологические аспекты внедрения технологий.

Результаты опроса показали, что большинство респондентов (более 70%) положительно оценивают перспективы внедрения умных технологий в управление городом и считают, что такие технологии помогут решить многие проблемы городской среды, включая транспортные заторы, экологическое загрязнение и энергопотребление. Основными преимуществами респонденты называли улучшение экологии, сокращение времени поездок и повышение уровня безопасности.

Около 60% опрошенных выразили обеспокоенность вопросами кибербезопасности и конфиденциальности данных, указывая на необходимость обеспечения надежной защиты информации в умных городах. Это подчеркивает важность разработки стандартов кибербезопасности, которые будут учитывать специфику городской инфраструктуры и потенциальные угрозы.

На диаграмме (рис. 1) показаны результаты опроса о восприятии респондентами проблем безопасности данных, а на рисунке 2 приведены ответы на вопрос о значимости экологических аспектов умных городов.

Кроме того, респонденты отметили необходимость участия государства и частного сектора в финансировании и разработке умных технологий. 85% участников опроса считают, что доступ к таким технологиям должен быть открыт для всех слоев населения, что подчеркивает важность социального равенства.

Анализ результатов показывает, что хотя умные технологии способны существенно улучшить управление городами, существуют ряд вопросов, связанных с их внедрением. Одной из главных проблем является кибербезопасность и защита данных. Поскольку сбор данных о городской среде и жизни граждан является неотъемлемой частью работы умного города, необходимо разработать меры, которые обеспечат защиту этих данных от несанкционированного доступа.

Как вы оцениваете уровень информационной безопасности в умных городах?
20 ответов

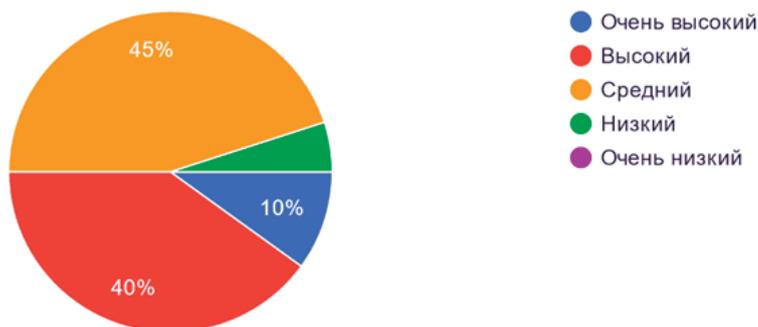


Рис. 1. Оценка респондентами кибербезопасности

Как вы считаете, умные города помогут улучшить экологическую ситуацию в вашем городе?

20 ответов

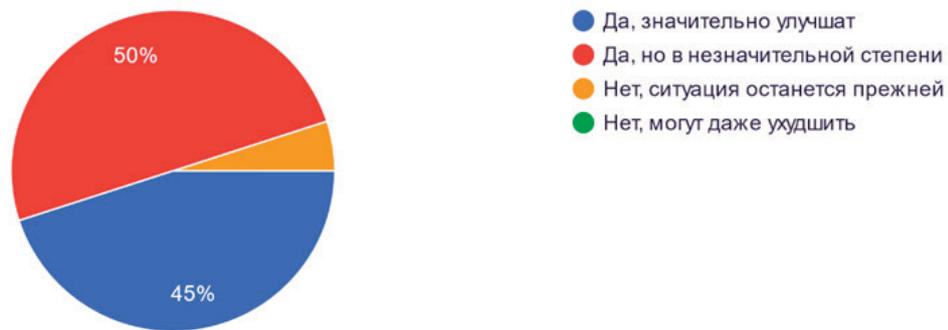


Рис. 2. Оценка респондентами экологических аспектов

Еще одним важным аспектом является социальная доступность. Внедрение умных технологий не должно увеличивать социальное неравенство. Это требует разработки универсальных стандартов, которые обеспечат равный доступ ко всем городским услугам, независимо от социального положения граждан.

Кроме того, результаты опроса подтвердили важность экологической устойчивости умных городов. Использование умных технологий может значительно сократить выбросы углекислого газа, улучшить управление отходами и оптимизировать потребление энергии. Однако некоторые технологии, такие как устройства интернета вещей, также могут способствовать увеличению потребления электроэнергии, что требует тщательной проработки стратегий их внедрения.

Вывод

Внедрение умных городов представляет собой важный шаг на пути к созданию устойчивой и эффективной городской среды. Когнитивно-информационные технологии обладают значительным потенциалом для улучшения управления городской инфраструктурой, повышения качества жизни граждан и снижения нагрузки на экологию.

Однако для успешного внедрения этих технологий необходимы универсальные стандарты, которые обеспечат безопасность данных и доступность технологий для всех слоев населения. Важным аспектом также является тесное сотрудничество между государственными органами, частным сектором и гражданским обществом, что будет способствовать более эффективной реализации концепции умных городов.

Литература:

1. Агдаева О. Г. Использование современных технологий в развитии умных городов. // Вестник науки. — 2023. — № 3. — С. 272–276.
2. Шматко А. Д. Информационные технологии в реализации городского пространства мегаполиса. // Экономические науки. — 2020. — № 11. — С. 127–135.
3. Ахматова С. У. «Умный город»: основополагающие факторы развития. // Central asian research journal for interdisciplinary studies. — 2022. — № 1. — С. 97–101.
4. Кузяшев А. Н. Умное ЖКХ, как часть концепции умного города // Эпоха науки. — 2020. — № 24. — С. 214–216.
5. Михайлов С. С. Концепция, архитектура и принципы создания «умного города» // Вестник науки. — 2022. — № 8. — С. 31–38.
6. Суйгут М. Ю. Строительство умных городов // Вестник науки — 2021. — № 11 — С. 66–71.
7. Казанцева О. Л. «Умные города» России // Российско-азиатский правовой журнал — 2021 — С. 9–12.

Digital Signal Processing: Chord Construction and Digital Processing

Potekhin Vsevolod Alexandrovich, student;
 Esin Alexander Yurievich, candidate of technical sciences, associate professor
 Siberian Federal University (Krasnoyarsk)

The work presents a method for synthesizing musical chords by summing sinusoidal signals. The process begins with the generation of individual sinusoids for selected musical notes based on their central frequencies and the defined sampling rate. These sinusoids are combined to form chords, normalized to maintain an amplitude range from -1 to 1, and visualized in the time domain. The proposed approach is demonstrated to replicate a musical excerpt. The method highlights the application of digital signal processing techniques in music synthesis and analysis.

Keywords: digital signal processing, music synthesis, chord construction, signal normalization, time-domain visualization.

In the digital world, signal processing and analysis have become an important part of our lives. Digital processing affects all life spheres, from crisp sound quality to analyzing various medical indicators [1]. Digital signal processing (DSP) is an important tool. It is a broad field of science where theory is actively used in practice bringing complex mathematical concepts into myriad practical applications [2].

DSP is a powerful technology that finds numerous practical applications across various industries [3]. It enables the transformation, analysis, and manipulation of digital signals, providing solution to real world problems, from audio processing to control system [4]. In this paper we focus on audio processing. We aim at simulating a chord. using Matlab Software. In order to achieve the goal some tasks have been solved:

Sinusoid Generation, namely:

- Central frequencies (Fc) and the sampling frequency (Fs) have been defined, and a time vector (t) has been constructed [5].
- Sinusoids for individual notes (A, C#, E) have been generated using the cosine function.

Chord Construction, namely:

- The generated sinusoids have been summed using the sum function to form a composite signal representing a chord.
- The resulting signal has been normalized to ensure its amplitude range was between -1 and 1.

Visualization and Playback

- The chord has been visualized in the time domain using plots.
- A sequence of chords has been created and played back using the sound function to produce a musical excerpt.

To start with, the creation of a chord is described by summing three sinusoidal oscillations. Every oscillation, in its turn, forms a part of the chord structure. Below, there is the distribution of frequencies across the octaves.

To construct chord A three notes are used:

1. Note A, with the frequency of 440 Hz.
2. Note C#, with the frequency of 554.365 Hz.
3. Note E, with the frequency of 659.260 Hz.

To simplify we can round these frequencies to 440, 550, and 660 Hz, respectively.

We generate the single sinusoidal note A. We set its center frequency, Fc equals 440 Hz, and we specify the sampling frequency, Fs equals 8000 Hz. The sampling frequency is the inverse of the sampling period, which represents our time step. Thus,

$$dt = \frac{1}{F_s} = 1.25e^{-4}$$

Now, we can create our time vector t, where we specify the start time, the step size, and the end value (t=0:1/dt:0.1)

This represents the time interval from 0 to 0.1 seconds with the incremental step of $1.25e^{-4}$. It is demonstrated in Figure 1.

Then, we can create our sinusoid by using the cosine function to generate a cosine signal. In the parentheses, we specify $2\pi \cdot F_c \cdot t$

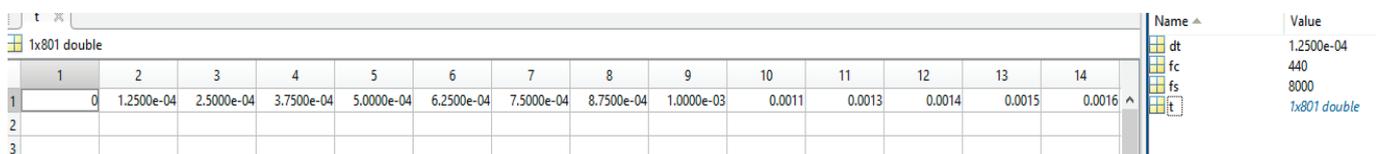


Fig. 1. Time sampling

1x801 double														Name	Value	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	dt	1.2500e-04	
1	1	0.9409	0.7705	0.5090	0.1874	-0.1564	-0.4818	-0.7501	-0.9298	-0.9995	-0.9511	-0.7902	-0.5358	-0.2181	fc	440
2															fs	8000
3															t	1x801 double
															x	1x801 double

Fig. 2. 801 samples of row vector

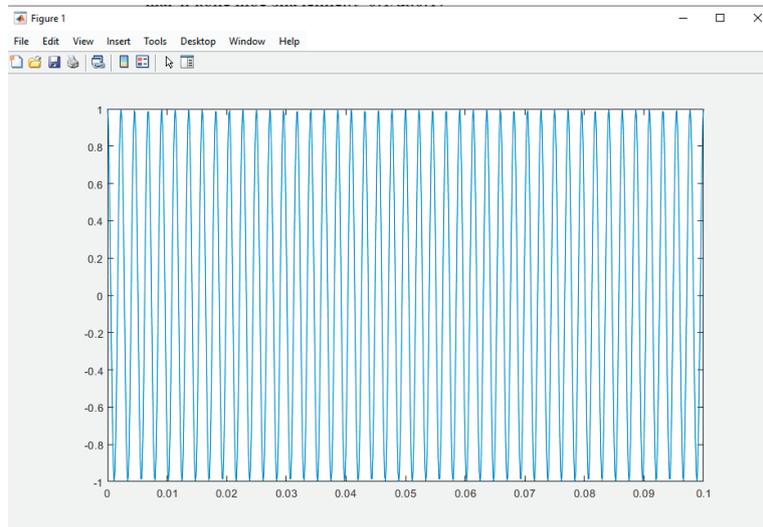


Fig. 3. Cosine function

We multiply the vector t by the scalar values π and F_c . As a result, the output vector x also becomes a row vector containing 801 samples, similar to the vector t . We can see it in Figure 2.

The cosine function starts at its maximum value, so the amplitude of the function ranges from -1 to $+1$. In order to confirm it, we visualize it using the command `plot(t, x)`. Figure 3 shows cosine function with amplitude ranges from -1 to $+1$.

Indeed, we observe the cosine wave oscillating between -1 and 1 . At this stage, we listen to our signal by using the command `sound(x, Fs)`, where we pass our vector x and the sampling frequency F_s as arguments.

Next, we need to create additional sinusoids by defining a vector of center frequencies as $F_c = [440, 550, 660]$. This gives us a column vector. Why is it important? We do not change the syntax for generating the sinusoid, we still write $x = \cos(2 * \pi * f_c * t)$. However, in this case, we do not simply multiply the scalar values by the vector. Instead, we multiply the scalar values 2π by both the column vector F_c and the row vector t . The result of the multiplication is the 3×801 matrix, where each row represents a separate sinusoid. By visualizing the matrix in figure 4, we can see three distinct sinusoidal waves.

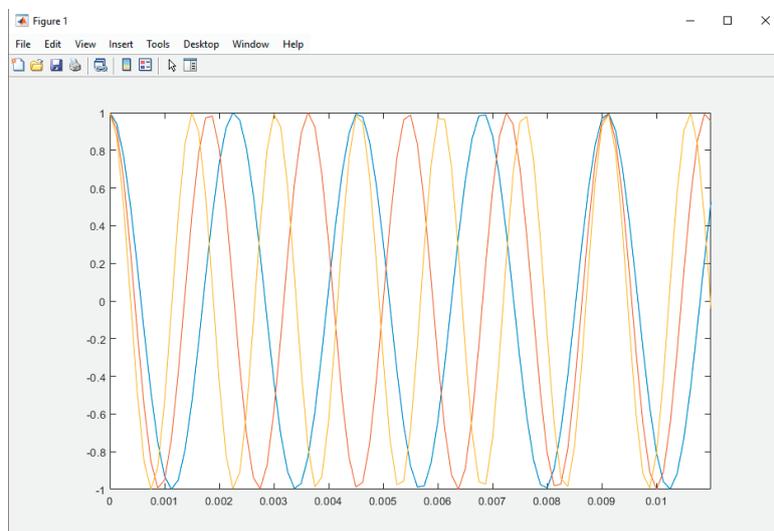


Fig. 4. Three distinct sinusoidal waves

To listen to the chord we need to summarize the three sinusoids together. We can use the built-in sum function, which adds the values across the rows of the matrix. After summing we obtain the row vector. The matrix before and after the addition is shown in figures 5 and 6.

Before:



Fig. 5. Matrix before addition

After:

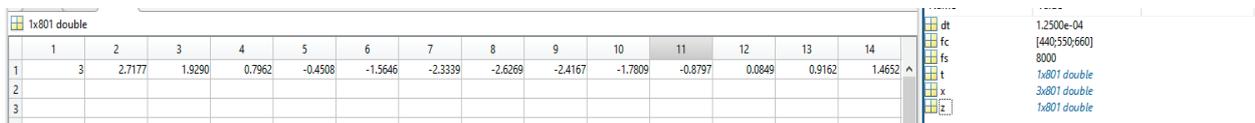


Fig. 6. Matrix after addition

Now, we need to normalize the resulting vector so that its amplitude range is between -1 and 1 . We can verify this by inspecting the variable in the Workspace, ensuring that the maximum value returns to 1. Figure 7 shows signal normalization

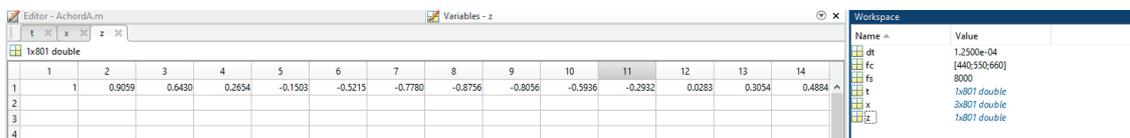


Fig. 7. Signal normalization

Next, we visualize it using the plot command. This shows the sum of the three sinusoids in the time domain, which represents how the chord A appears. Figure 8 shows sum of the three sinusoids

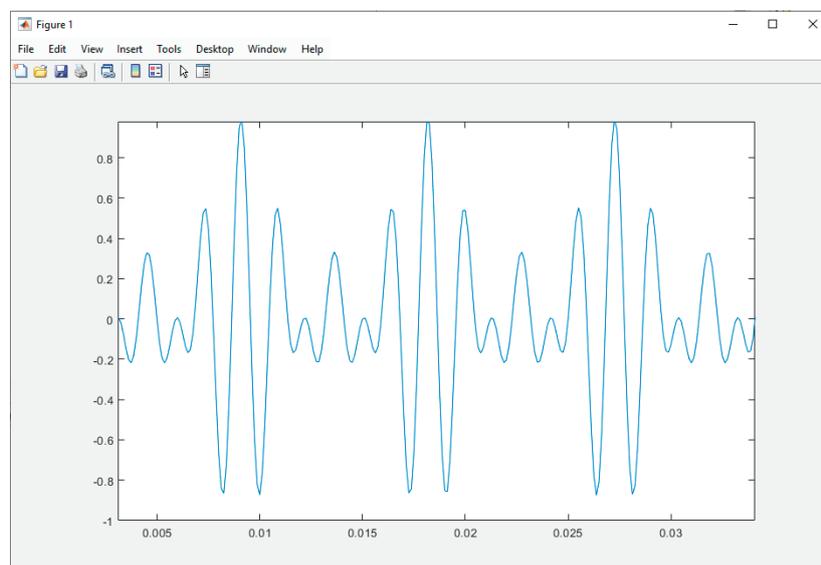
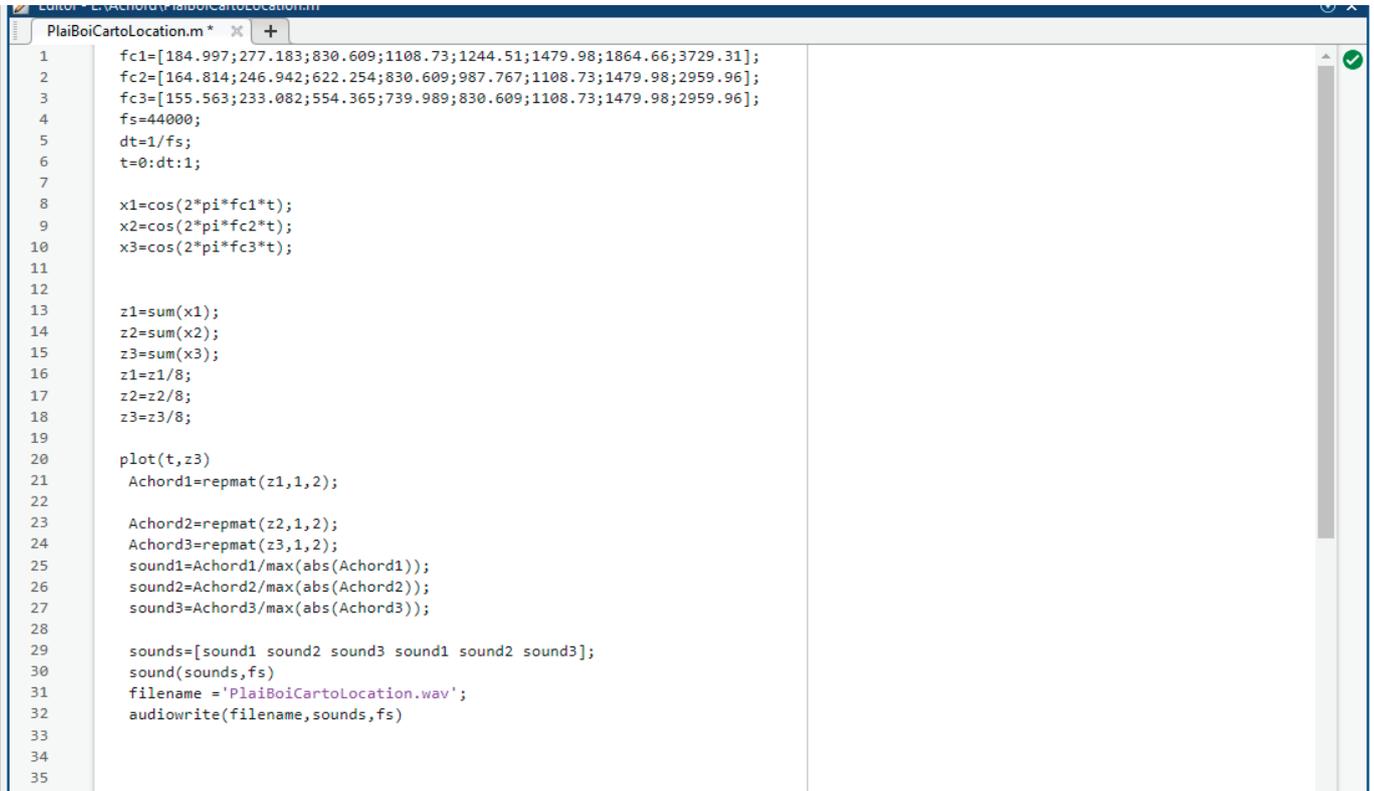


Fig. 8. Sum of the three sinusoids

Using our knowledge of the chord construction, we can play various musical melodies. Below, there is a sample MATLAB code that creates a sequence of chords, inspired by a musical excerpt from Playboi Carti — Location.



```
1 fc1=[184.997;277.183;830.609;1108.73;1244.51;1479.98;1864.66;3729.31];
2 fc2=[164.814;246.942;622.254;830.609;987.767;1108.73;1479.98;2959.96];
3 fc3=[155.563;233.082;554.365;739.989;830.609;1108.73;1479.98;2959.96];
4 fs=44000;
5 dt=1/fs;
6 t=0:dt:1;
7
8 x1=cos(2*pi*fc1*t);
9 x2=cos(2*pi*fc2*t);
10 x3=cos(2*pi*fc3*t);
11
12
13 z1=sum(x1);
14 z2=sum(x2);
15 z3=sum(x3);
16 z1=z1/8;
17 z2=z2/8;
18 z3=z3/8;
19
20 plot(t,z3)
21 Achord1= repmat(z1,1,2);
22
23 Achord2= repmat(z2,1,2);
24 Achord3= repmat(z3,1,2);
25 sound1=Achord1/max(abs(Achord1));
26 sound2=Achord2/max(abs(Achord2));
27 sound3=Achord3/max(abs(Achord3));
28
29 sounds=[sound1 sound2 sound3 sound1 sound2 sound3];
30 sound(sounds,fs)
31 filename = 'PlaiBoiCartoLocation.wav';
32 audiowrite(filename,sounds,fs)
33
34
35
```

Fig. 9. MATLAB code for musical excerpt

In conclusion, we have demonstrated a systematic approach to synthesizing musical chords using sinusoidal signals. By generating sinusoids based on the central frequencies of notes, summing them to form chords, and normalizing the resulting signal, we archived a clear and reproducible method for creating harmonic structures. Visualization of the chords in the time domain and playback of a chord sequence illustrate the effectiveness of the approach in replicating musical excerpts. This method provides a foundation for further exploration in digital music synthesis of signal processing in musical contexts.

References:

1. Upadhyay R. K. Digital Signal Processing: From Theory to Practical Applications // Journal of Propulsion Technology.— 2023.— Vol. 44, № 4.
2. Lai E. Practical digital signal processing // Elsevier. 2003.
3. Rao K. D., Swamy M. N. Digital signal processing. Theory and practices // Springer. 2018
4. Karl, J. H. An introduction to digital signal processing // Elsevier. 2012
5. Proakis, J. G. Digital signal processing: principles, algorithms an applications // 4/E. Pearson Education India. 2007

Кроссплатформенная разработка на Flutter: ограничения и возможности

Топалов Никита Константинович, студент
Приднестровский государственный университет имени Т. Г. Шевченко (г. Тирасполь)

В статье рассматриваются возможности и ограничения кроссплатформенной разработки мобильных приложений с использованием фреймворка Flutter. Анализируются ключевые преимущества и вызовы, с которыми сталкиваются разработчики при создании приложений для различных платформ, а также рассмотрены перспективы применения Flutter в современном мобильном программировании.

Ключевые слова: кроссплатформенная разработка, Flutter, мобильные приложения, Dart, возможности Flutter, производительность, пользовательский интерфейс, виджеты, тестирование, нативный код, ограничения Flutter, веб-разработка, интеграция с нативными API.

С каждым годом мобильные приложения становятся все более востребованными, и разработчики ищут способы эффективной и быстрой разработки решений для различных платформ. Кроссплатформенные фреймворки, такие как Flutter, предоставляют уникальные возможности для создания приложений, которые могут работать на нескольких операционных системах без необходимости написания отдельных кодов для каждой из них. В последние годы Flutter, разработанный компанией Google, стал одним из самых популярных инструментов для разработки мобильных приложений. В этой статье рассматриваются ключевые возможности, ограничения и перспективы использования Flutter в мобильной разработке.

Flutter был анонсирован в 2017 году, и с тех пор его популярность быстро возросла. Разработанный Google, Flutter изначально был нацелен на создание высокопроизводительных мобильных приложений, но в последние годы фреймворк значительно расширил свои возможности, включая поддержку веб-разработки и десктопных приложений. Изначально с Flutter могли работать только Android и iOS, но с последними обновлениями появилась возможность создания приложений для Windows, macOS и Linux. Одной из особенностей Flutter является его использование языка программирования Dart, который быстро стал популярным среди разработчиков благодаря своей простоте и эффективности.

Одним из главных преимуществ Flutter является его способность создавать приложения, которые одинаково

хорошо работают на различных мобильных платформах. Это позволяет существенно сократить время и затраты на разработку, так как один код может быть использован для обеих платформ. Использование одного кода для Android и iOS действительно ускоряет процесс разработки и делает его более эффективным [1, с. 62].

Кроме того, Flutter предлагает высокую производительность благодаря компиляции в нативный код. Это позволяет создавать приложения с плавной анимацией и быстрым откликом. Согласно исследованию Захарова (2020), скорость работы Flutter-с приложений значительно превышает аналогичные приложения, созданные с использованием других кроссплатформенных фреймворков, таких как React Native [2, с. 137].

Flutter предлагает обширную библиотеку виджетов, которые помогают разработчикам быстро создавать пользовательские интерфейсы, адаптированные под различные устройства и экраны. Виджеты Flutter предоставляют возможность создавать сложные UI элементы, используя минимальное количество кода. Этот аспект значительно ускоряет процесс разработки интерфейсов и упрощает создание функциональных и привлекательных решений. Широкие возможности встроенных элементов управления и их кастомизация действительно ускоряют разработку [3, с. 35]. Наглядно эффективность использования Flutter в разработке мобильных приложений продемонстрирована в таблице 1:

Таблица 1. Эффективность использования Flutter в разработке мобильных приложений

Показатель	Значение, %
Ускорение разработки	25
Уменьшение времени на тестирование	20
Снижение затрат на разработку	30
Производительность приложений	15

Источник: [4, с. 42]

Примером успешного использования Flutter является приложение Google Ads. Оно было разработано с использованием Flutter, что позволило компании Google эффективно создавать и обновлять приложение на обеих платформах — iOS и Android — без необходимости разрабатывать два отдельных приложения. Это также позволило ускорить процесс тестирования и упростить поддержание актуальности приложения. Такие компании, как Alibaba и eBay, также используют Flutter в своих мобильных приложениях, что подтверждает высокую производительность и универсальность фреймворка.

Несмотря на свои многочисленные преимущества, Flutter имеет и несколько ограничений. Одним из главных вызовов является размер приложений. Приложения, созданные с использованием Flutter, как правило, имеют больший размер по сравнению с нативными приложениями для iOS или Android. Увеличение размера файла приложения может стать проблемой для пользователей с ограниченными объемами памяти на устройствах [4, с. 30].

Еще одним ограничением является ограниченная поддержка некоторых нативных функций операционных систем. Несмотря на то, что Flutter предоставляет обширную

библиотеку для работы с большинством функций устройства, в некоторых случаях разработчики могут столкнуться с необходимостью написания собственного нативного кода для реализации специфичных функций. Это может стать вызовом для разработчиков, которые не имеют опыта работы с нативным кодом на платформе Android или iOS [5, с. 188].

Несмотря на существующие ограничения, Flutter имеет большие перспективы. С каждым новым релизом фреймворк становится все более мощным инструментом для кроссплатформенной разработки. Планы на будущее включают улучшение поддержки веб-разработки и интеграции с нативными API для улучшения совместимости с более широким спектром устройств.

В настоящее время многие крупные компании, такие как BMW, Tencent, и Philips, уже используют Flutter для создания своих мобильных приложений, что подтверждает

его значимость для промышленной разработки. В перспективе можно ожидать, что Flutter станет основным инструментом для кроссплатформенной разработки, особенно с учетом растущего числа мобильных устройств и необходимости создавать приложения для всех платформ с минимальными затратами.

Кроссплатформенная разработка с использованием Flutter представляет собой мощный инструмент для создания мобильных приложений. Несмотря на некоторые ограничения, такие как увеличенный размер приложений и необходимость использования нативного кода для специфичных функций, Flutter предлагает множество преимуществ, включая высокую производительность, гибкость в дизайне и снижение затрат на разработку. В будущем мы можем ожидать дальнейшее улучшение возможностей Flutter, что позволит ему стать основным инструментом для кроссплатформенной разработки.

Литература:

1. Петров С. В. Разработка мобильных приложений на платформе Flutter // Издательство «БХВ-Петербург». — 2020. — С. 45–78
2. Захаров И. В. Кроссплатформенная разработка на Flutter: руководство для начинающих // Издательство «Вильямс». — 2020. — С. 123–150
3. Белоусов И. В. Программирование на языке Dart: Современные подходы и технологии // М.: Издательство «КоМП». — 2020. — С. 33–60.
4. Шмидт А. Л. Разработка приложений для мобильных устройств с использованием Flutter // Издательство «Диалектика». — 2021. — С. 12–45.
5. Смирнов М. С. Современные подходы в кроссплатформенной разработке мобильных приложений // Журнал «Программирование». — 2021. — № 8. — С. 187–191.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Оценка ветряного потенциала для определения оптимального месторасположения ветряных электростанций в Туркестанской области Республики Казахстан

Айтбай Сержан Ануарбекулы, студент магистратуры
Научный руководитель: Михалкова Елена Григорьевна, кандидат технических наук, доцент
Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева (Казахстан)

Работа посвящена исследованию перспектив развития альтернативной энергетики в Казахстане с акцентом на определение ветропотенциала в Туркестанской области. Учитывая дефицит энергоресурсов в южных регионах и стратегические планы развития города Туркестан, обоснована актуальность строительства ветряных электростанций (ВЭС).

Проведена оценка ветрового потенциала региона для определения оптимальных мест размещения ВЭС. Исследование базируется на анализе данных программ Google Earth, Global Wind Atlas, кадастровой карты Республики Казахстан и схемы существующих сетей Единой электроэнергетической системы РК. Была описана методика выбора наиболее подходящего месторасположения с учетом географических, инфраструктурных и климатических факторов. В результате анализа предложено оптимальное месторасположение для строительства ВЭС путем сравнительного анализа трех вариантов.

Ключевые слова: оценка потенциала, ветряная энергия, выработка электроэнергии, ветряная электрическая станция, ветряной потенциал.

Assessment of wind potential to determine the optimal location of wind farms in the Turkestan region of the Republic of Kazakhstan

Aytbay Serzhan Anuarbekuly, student master's degree
Scientific advisor: Mikhalkova Yelena Grigoryevna, candidate of technical sciences, associate professor
Almaty University of Energy and Communications named after G. Daukeev (Kazakhstan)

The paper is devoted to the study of the prospects for the development of alternative energy in Kazakhstan, with an emphasis on determining the wind potential in the Turkestan region. Considering the shortage of energy resources in the southern regions and the strategic development plans of the city of Turkestan, the relevance of the construction of wind farms (wind farms) is justified.

An assessment of the wind potential of the region has been carried out to determine the optimal locations for wind farms. The study is based on the analysis of data from Google Earth, Global Wind Atlas programs, the cadastral map of the Republic of Kazakhstan and the scheme of existing networks of the Unified Electric Power System of the Republic of Kazakhstan. The methodology for choosing the most suitable location was described, considering geographical, infrastructural and climatic factors. As a result of the analysis, the optimal location for the construction of wind farms was proposed through a comparative analysis of three options.

Keywords: potential assessment, wind energy, electricity generation, wind power plant, wind potential.

Региональные проблемы энергоснабжения: фокус на южные регионы

Энергетический дисбаланс между регионами страны, усиленный снижением выработки электроэнергии в южной зоне и зависимостью от импорта и перетоков из

других регионов, подчеркивает необходимость развития локальных генерирующих мощностей, включая альтернативные источники энергии. Согласно данным «Самрук-Энерго», в 2023 году выработка электроэнергии в Казахстане составила 112,8 млрд кВт·ч, что на 0,04% ниже по сравнению с 2022 годом. Снижение выработки наблюда-

лось в западной и южной зонах Единой электроэнергетической системы (ЕЭС). При этом западная зона не подключена к параллельной работе с ЕЭС, а южная зона, характеризующаяся значительным дефицитом электроэнергии, покрывает свои потребности за счет поставок с севера Казахстана, где расположены крупные угольные электростанции, а также импорта из Российской Федерации.

В частности, производство электроэнергии в южной зоне в 2023 году сократилось на 2,7%, или на 394,9 млн кВт·ч, достигнув 14 млрд кВт·ч. В западной зоне спад составил 1,2% (или 174 млн кВт·ч), и производство снизилось до 14,3 млрд кВт·ч. В северной зоне, напротив, выработка электроэнергии возросла на 526,1 млн кВт·ч (0,6%) и достигла 84,4 млрд кВт·ч.

Потребление электроэнергии в Казахстане в 2023 году увеличилось на 1,88% (или 2,1 млрд кВт·ч) и достигло 115,1 млрд кВт·ч. Рост был отмечен во всех зонах страны, при этом наиболее существенное увеличение зафиксировано в южной зоне, где потребление возросло на 4,23% (или на 1,1 млрд кВт·ч) и составило 26,7 млрд кВт·ч. В северной зоне прирост потребления составил 1,23% (или 896,7 млн кВт·ч), достигнув 73,5 млрд кВт·ч, а в западной зоне потребление возросло на 0,93% (или на 135,75 млн кВт·ч) и составило 14,7 млрд кВт·ч.

Для покрытия дефицита электроэнергии Казахстан традиционно прибегает к импорту из России. В 2023 году объем импорта из РФ составил 2,3 млрд кВт·ч, что на 37,5% больше, чем в 2022 году. При этом, по данным участников рынка, стоимость российской электроэнергии для Казахстана значительно выше внутренних тарифов: в 2023 году цена одного кВт·ч из РФ составляла порядка 26,2 тенге [1]. Решением этих проблем можно считать строительство экологичных электростанций в южных регионах страны.

Одним из эффективных направлений решения проблемы энергетического дефицита в южной зоне Казахстана является развитие возобновляемых источников энергии, среди которых особое место занимает ветроэнергетика. Учитывая экологические, экономические и ресурсные преимущества ветровых электростанций, их внедрение способно не только сократить зависимость региона от перетоков мощности и импорта электроэнергии, но и обеспечить устойчивое развитие энергетического сектора в условиях ограниченных природных ресурсов и необходимости снижения экологической нагрузки.

Ключевым преимуществом ветровой энергии является её экологическая безопасность. Например, эксплуатация ветрогенератора мощностью 1 МВт позволяет ежегодно предотвратить выбросы около 1800 тонн углекислого газа, 9 тонн диоксида серы и 4 тонн оксидов азота в атмосферу. Эти показатели делают ветровую энергию значимым инструментом в борьбе с загрязнением воздуха и изменением климата. В отличие от традиционных тепловых электростанций (ТЭС), ветряные станции не потребляют воду, что способствует снижению нагрузки на водные ресурсы, особенно в условиях их дефицита.

Развитие возобновляемой энергетики в Казахстане: цели, потенциал и перспективы

В 2013 году в Казахстане была утверждена «Концепция по переходу Республики Казахстан к зеленой экономике» до 2050 года, которая определяет принципы устойчивого развития через повышение доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Согласно Концепции, доля ВИЭ в общем объеме производства электроэнергии должна составить 10% к 2030 году и 50% к 2050 году.

К концу 2021 года в Казахстане действовали 134 объекта ВИЭ с суммарной мощностью 2010 МВт, что в 11 раз больше уровня 2014 года. Структура ВИЭ на 2022 год представлена солнечной энергетикой (57%), ветровой (29,1%), малой гидроэнергетикой (13,4%) и биоэнергетикой (0,5%). Ресурсный потенциал страны включает 920 млрд кВт·ч ветроэнергии, 62 млрд кВт·ч гидроэнергии и 2,5 млрд кВт·ч солнечной энергии ежегодно [2].

Климатические особенности Казахстана, такие как наличие ветровых коридоров со скоростью ветра свыше 5 м/с, делают его перспективным для ветроэнергетики. Основные ветровые ресурсы сосредоточены в центральных, северных и южных регионах, где возможно производство до 1,82 млрд кВт·ч электроэнергии ежегодно, что подтверждено данными ветрового атласа, разработанного в рамках проекта «Казахстан — Инициатива по развитию рынка ветроэнергетики».

Таким образом, в настоящее время на территории Казахстана существует система, способствующая развитию ветровой энергетики.

Основные принципы проектирования и выбора площадки для ветроэнергетических станций

Проектирование сетевых ВЭС регламентируется Сводом правил [3] РК 4.04-112-2014, утвержденным 7 января 2015 года, который содержит основные принципы проектирования и выбора площадки для размещения станции. Приоритетными задачами при проектировании и строительстве ВЭС являются обеспечение энергетической надежности и экономической целесообразности.

Для оптимизации эффективности, безопасности и экономической выгоды при выборе места под ВЭС должны быть учтены следующие факторы:

— географические особенности региона, включая рельеф, высоту над уровнем моря и наличие природных препятствий.

— возможности подключения к существующим электросетям, что является важным фактором для интеграции ВЭС в энергосистему.

— воздействие на окружающую среду при строительстве и эксплуатации ВЭС, включая влияние на животный мир, водные ресурсы и ландшафт.

— техническая инфраструктура, такая как дороги, железные дороги, водоснабжение, и т.д., обеспечивающая доступ к площадке.

— доступность земельных участков либо возможность их приобретения для будущего использования.

— особенности поверхности площадки, где предпочтение отдается ровным участкам для упрощения строительства и повышения эффективности работы оборудования.

Определения оптимального месторасположения СЭС в Южном регионе Казахстана

Для определения наиболее оптимального местоположения для строительства ветроэнергетической станции (ВЭС) с учетом представленных критериев были выделены три потенциально подходящих земельных участка в Туркестанской области. Ключевым фактором при выборе площадки выступает минимизация расстояния до конечных потребителей электроэнергии. Вместе с тем, учитывая сетевой характер станции, особое внимание уделяется минимизации длины линии электропередачи, обеспечивающей подключение станции к энергосистеме.

С целью объективного сравнения и оценки генерации электроэнергии, для всех вариантов были выбраны одинаковые участки с равной площадью в 50 гектаров, при этом для расчета потенциально вырабатываемой энергии использовались ветроэнергетические установки одного типа.

В первом варианте предполагается подключение ВЭС к шинам 110 кВ подстанции КОФ в городе Кентау. Подстанция является ответвительной, соединенной с двумя линиями 161 и 162 напряжением 110 кВ. Это позволит разгрузить данные линии и снизить нагрузку на трансформаторы

ПС Миргалимсай. Участок для ВЭС расположен в 1,5 км от населенного пункта и в 500 м от ПС КОФ (координаты: 43.53833° северной широты, 68.49856° восточной долготы).

Во втором варианте ВЭС подключается к шинам 110 кВ подстанции Коммунальная в селе Шайтобе. Эта проходная подстанция соединяет линию № 169 (110 кВ) между ПС «ЖБИ», «Шаульдер» и ПС «Яссы». Участок для ВЭС находится в 2,5 км от ПС Коммунальная (координаты: 42.83375° северной широты, 68.45841° восточной долготы, площадь 50 га).

В третьем варианте предусмотрено подключение к шинам 110 кВ подстанции Ленгер в селе Ленгер. Подстанция имеет проходное подключение между ПС ТЭЦ-3 и «Самсоновка» через линии № 121 и № 122 (110 кВ). Участок ВЭС расположен в 2 км от ПС Ленгер (координаты: 42.19816° северной широты, 69.880407° восточной долготы).

Вторым фактором, влияющим на выбор местоположения станции, является наличие доступных земельных участков, оценка которого проводится на основе данных кадастровой карты Республики Казахстан (см. рисунок 2).

Была проведена проверка рельефа местности на выбранных участках с использованием базы данных программного комплекса Google Earth [4]. Для этой цели были построены профили, показывающие средние и максимальные уклоны каждого участка земли, а полученные результаты были обобщены в таблице 1.

В соответствии с указаниями в справочнике [3, с. 6], возможно устанавливать ветряные электростанции на ровной местности или на плато холмов, согласно в [5] ровные участки характеризуются небольшим (до 5–10 градусов)

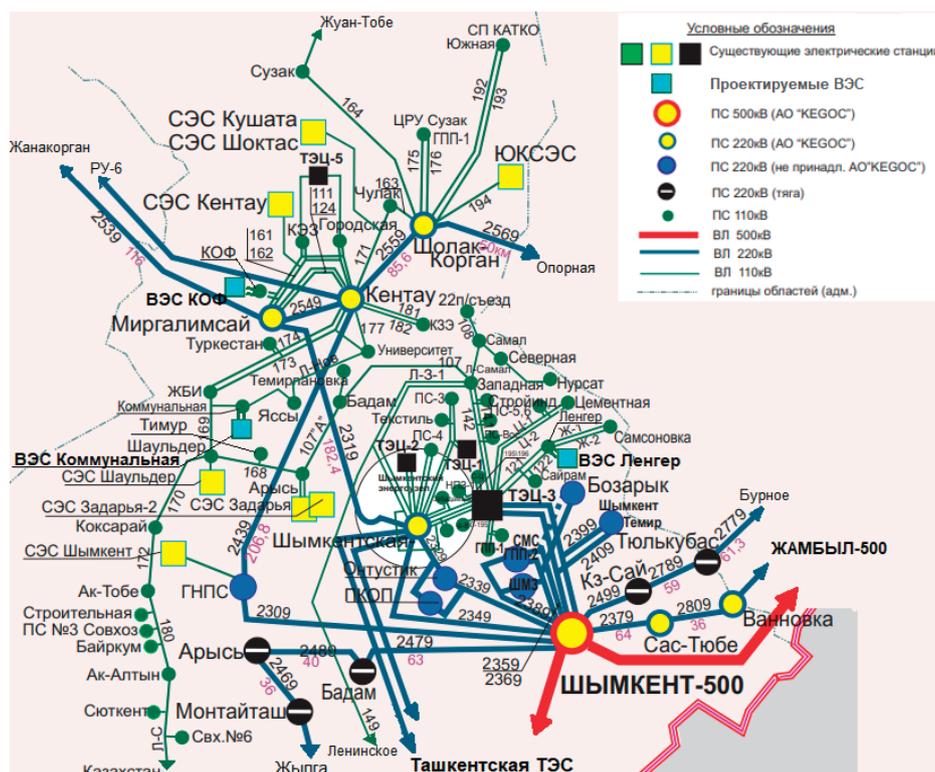


Рис. 1. Фрагмент карты-схемы Туркестанской области с указанием проектируемых ВЭС

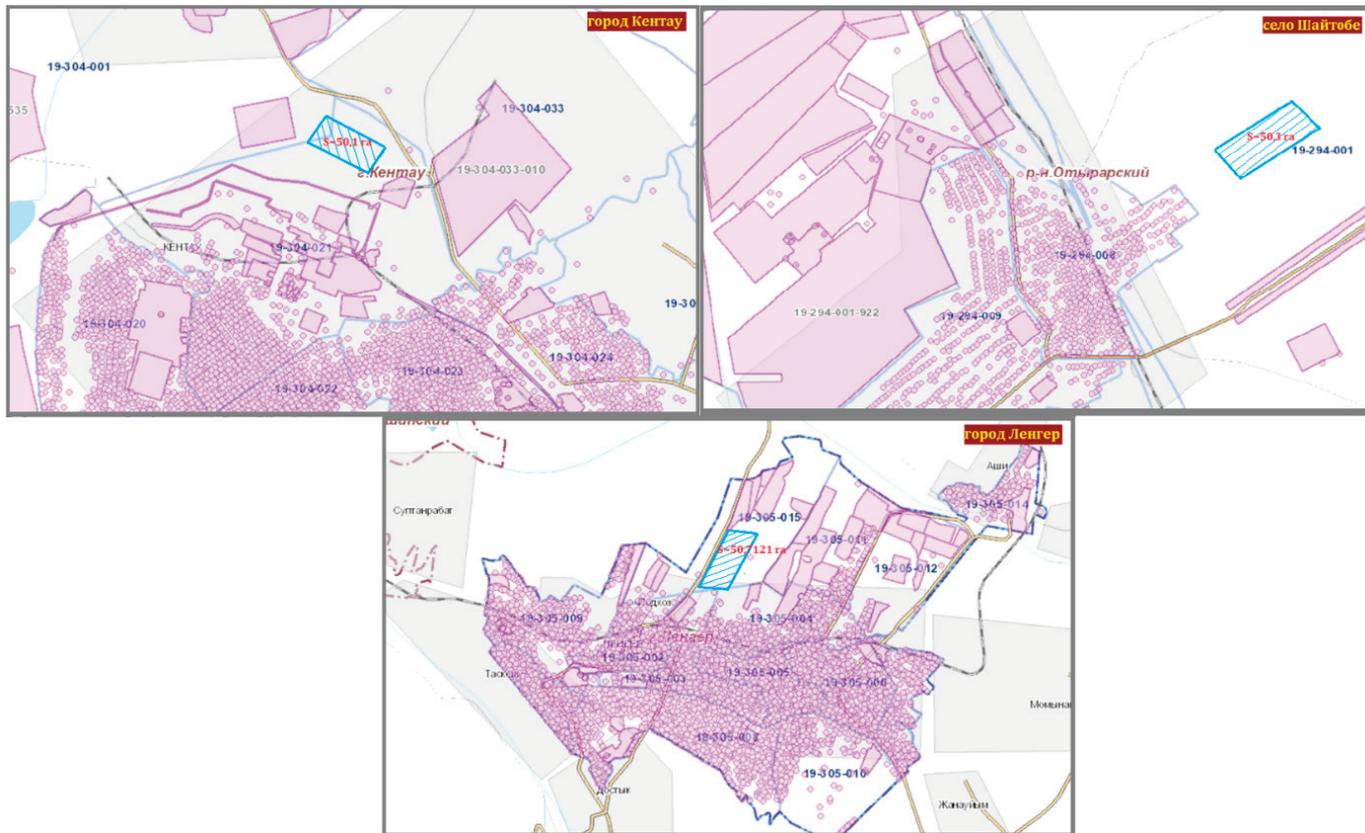


Рис. 2. Фрагменты кадастровой карты, отображающие варианты размещения площадок ВЭС

наклоном. Следовательно, все выбранные участки пригодны для размещения ветроэнергетических установок.

Первый участок расположен на расстоянии 3 км к северу от города Кентау. Второй участок находится в 2 км к восточно-северному направлению от села Шайтобе. Третий участок расположен в 2 км к северо-западу от города Ленгер, в непосредственной близости от жилой застройки.

Следующим шагом является сравнение ветряного потенциала выбранных участков. Разработчики ветроэнергетики используют различные типы программных приложений для оценки ветровых ресурсов на определенных координатах. В настоящее время часто используются такие программные обеспечения как «Meteadyn WT» и «WindStation», «ZerphyCFD», «Openwind», «WindSim», «WindPRO» и другие. Для получения данных на участках пользуемся глобальным атласом ветров «Global Wind Atlas» [6].

Рассмотрим более детально процесс получения данных о ветровом потенциале и расчета потенциальной выработки электроэнергии на примере первого участка, расположенного вблизи подстанции КОФ в городе Кентау.

Получение значений в программе Global Wind Atlas осуществляется по координатам участка, для первого варианта внесем данные — северная широта 43.53833°, восточная долгота 68.49856° (см. рисунок 3).

Таким образом получены данные ветра на указанных участках. В таблице 2 приведены значения средней плотности энергии, скорость ветра и коэффициент распределения Вейбулла для сравниваемых вариантов.

Таким образом, в результате полученных данных видно, что наиболее перспективным местом для размещения ВЭС является участок Коммунальная, так как он имеет высокой стабильности ветровых потоков достаточную скорость ветра для эффективной работы станции. Участок Кентау также может рассматриваться как альтернатива благодаря высокой скорости ветровых потоков. Участок Ленгер из-за низких показателей не рекомендуется для размещения ВЭС.

Расчет вырабатываемой энергии. Для расчета вырабатываемой электроэнергии с определенного участка земли используем метод распределения Вейбулла.

Таблица 1. Максимальный угол наклона площадок ВЭС

№ вар-та	Средний уклон, %	Максимальный уклон, %	Максимальный угол наклона, °
1	3,4	9,4	5,3
2	1,9	7	3,1
3	1,9	6,5	3,7

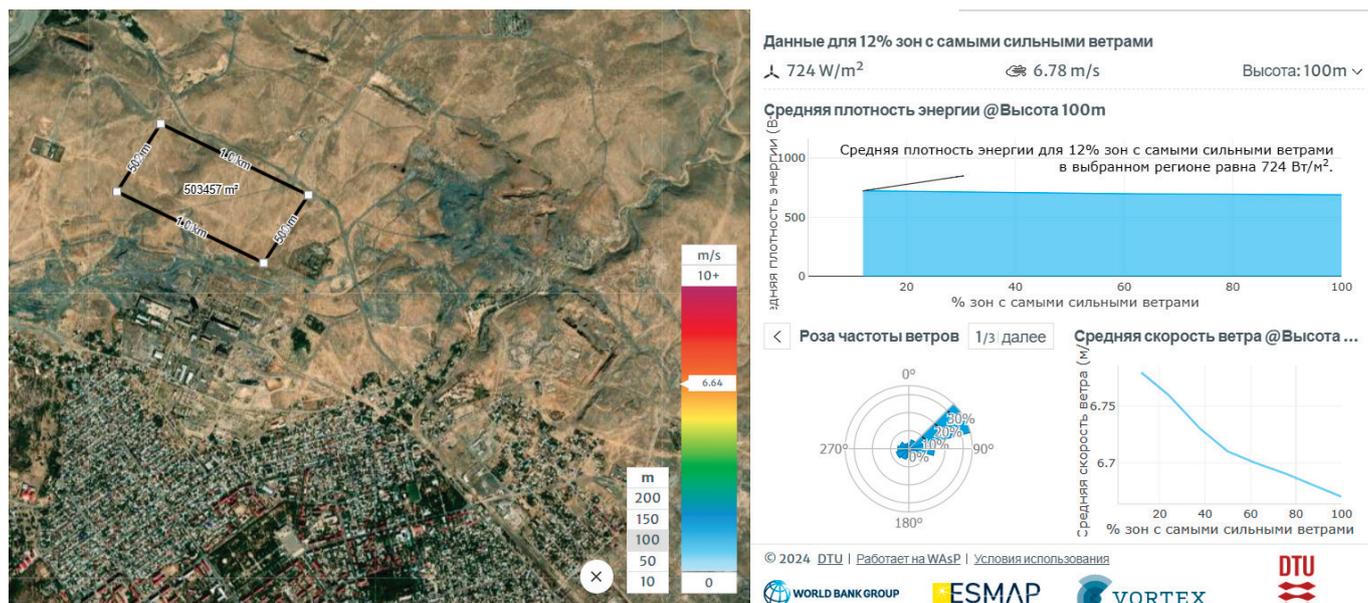


Рис. 3. Global Wind Atlas, координаты и данные ветра первого участка

Таблица 2. Данные ветра Global Wind Atlas для вариантов размещения ВЭС

№	Координаты	Название ВЭС	Ветровой ресурс по GWA		
			Средняя плотность энергии Вт/м²	Скорость ветра на участке, м/с	Коэффициент распределения Вейбулла
1	43.53833°«С 68.49856°«В	ВЭС Кентау	724	6,78	1,56
2	42.83375°«С 68.45841°«В	ВЭС Коммунальная	471	7,11	1,84
3	42.19816°«С 69.880407°«В	ВЭС Ленгер	147	4,02	1,68

При выборе ветроэнергетических установок (ВЭУ) было проведено сравнительное исследование трех типов оборудования, представленных крупнейшими производителями в данной отрасли: Vestas (Дания), Nordex (Германия), Envision (Китай).

Произведем расстановку. Для участка площадью 500 000 м² (50 Га) с диаметром ротора ВЭУ 148м и минимальным расстоянием между установками, равным трём диаметрам ротора, площадь, занимаемая одной ВЭУ, составляет 51 609,9 м². Делением общей площади участка на площадь, занимаемую одной ВЭУ, определяется максимально возможное количество установок:

$$N_{\text{ВЭУ}} = 500\,000 / 51\,609,9 \approx 9,68 \text{ шт.}$$

Таким образом, на участке можно установить до 9 ВЭУ с учетом минимальных расстояний.

Метод распределения Вейбулла позволяет более точно учесть характер ветрового потенциала на участке и прогнозировать, сколько энергии может быть произведено в условиях конкретного ветрового режима. Распределение Вейбулла используется для описания статистики скорости ветра в определенной местности. Оно позволяет определить вероятность того, с какой частотой ветровая скорость будет находиться в определенном диапазоне.

Результаты расчета выработки электроэнергии в год по методу Вейбулла для трех вариантов размещения ВЭС сведены в таблицу 4.

Исходя из расчетных данных приведенных в таблице 4 минимальное значение вырабатываемой электроэнергии у третьего варианта — вблизи города Ленгер, составляющее 5671514,75 кВт·ч. Первый вариант на 40,366% больше третьего варианта, однако вырабатывает 15606066,31 кВт·ч за год, что на 9,1% меньше, чем второй вариант. Наиболее потенциально-эффективным по выработке электроэнергии является второй вариант размещения площадки под строительство ВЭС — вблизи села Шайтобе с выработкой в 17187291,57 кВт·ч за год.

На основе вышеуказанной таблицы построим диаграмму распределения Вейбулла для трех вариантов (см. рисунок 4).

На диаграмме распределений Вейбулла для трёх ВЭС видно, что I вариант (ВЭС КОФ) характеризуется умеренным распределением с пиком около 5 м/с и узкой областью высоких частот, что свидетельствует о стабильности скорости ветра. II вариант (ВЭС Коммунальная) имеет более высокую частоту в диапазоне 5 м/с и более равномерное распределение, что указывает на больший диапазон скоростей. III вариант (ВЭС Ленгер) отличается вы-

Таблица 4. Выработка электроэнергии в год

$V_{\text{ветра}}$, [м/с]	Выработка в год ВЭС КОФ [кВт·ч]	Выработка в год ВЭС Коммунальная [кВт·ч]	Выработка в год ВЭС Ленгер [кВт·ч]
0	-	-	-
1	-	-	-
2	-	-	-
3	74 906,08	65 646,86	131 833,68
4	230 645,98	223 449,73	351 962,59
5	489 282,61	511 292,59	618 574,28
6	818 722,38	905 582,03	823 476,06
7	1 177 602,13	1 356 823,35	907 769,47
8	1 547 191,84	1 830 445,89	882 558,50
9	1 867 002,70	2 237 824,37	762 203,24
10	1 923 256,74	2 305 894,44	544 236,12
11	1 679 781,33	1 989 803,65	319 458,73
12	1 361 978,60	1 574 859,76	168 945,54
13	1 086 491,21	1 211 876,82	85 384,32
14	853 607,10	907 737,82	41 310,55
15	661 045,63	662 459,66	19 162,00
16	504 960,37	471 411,56	8 532,57
17	380 717,93	327 322,56	3 651,52
18	283 467,32	221 890,70	1 503,37
19	208 526,82	146 929,80	596,00
20	151 622,22	95 078,45	227,71
21	109 010,80	60 148,96	83,91
22	77 522,85	37 213,64	29,84
23	54 547,84	22 523,90	10,25
24	37 987,03	13 340,70	3,40
25	26 188,81	7 734,34	1,09
Итого:	15 606 066,31	17 187 291,57	5 671 514,75

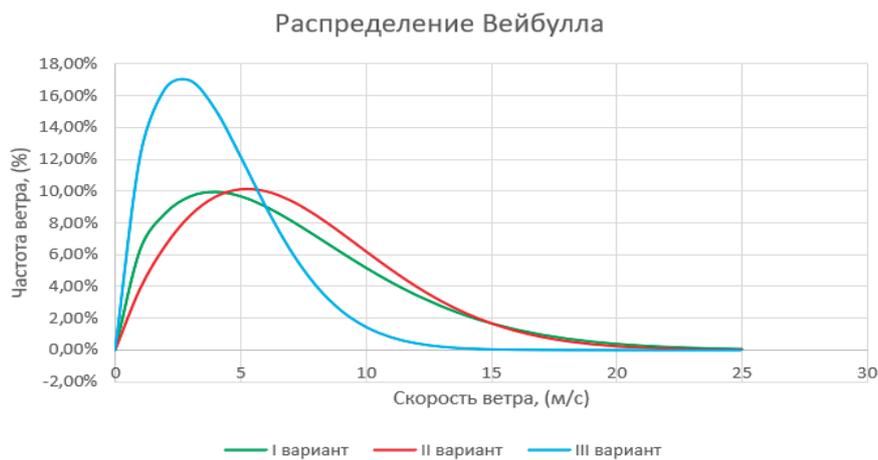


Рис. 4. Диаграмма распределения Вейбулла

соким пиком на 3–4 м/с, но с резким падением частоты, указывая на преобладание низких ветров. Для выработки энергии наиболее эффективен II вариант, благодаря оптимальной скорости ветра для генераторов.

На основании расчетных данных построены графики выработки электроэнергии для каждого варианта по месяцам (см. рисунок 5).

Исходя из графика видно, что зимой в месяцы январь, февраль, декабрь и летом в месяцах июнь, июль, август наблюдаются больше выработки электроэнергии, что связано с более сильными и стабильными ветрами, тогда как в месяцы март, апрель, май, сентябрь, октябрь, ноябрь выработка снижается из-за нестабильных ветровых условий. Вариант 1 (ВЭС КОФ) выделяется высокой выработкой

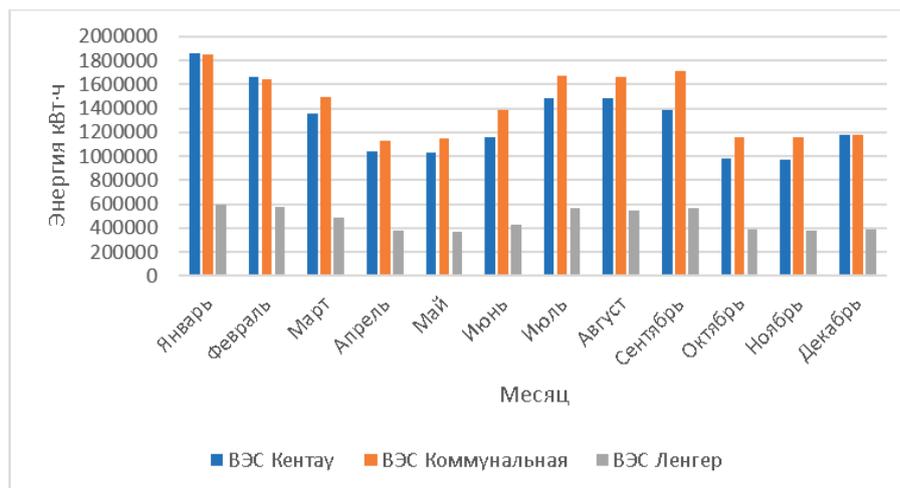


Рис. 5. График выработки электроэнергии по месяцам для трех вариантов месторасположения ВЭС в Туркестанской области

зимой, что указывает на регион с сильными зимними ветрами, вариант 2 (ВЭС Коммунальная) — равномерность и летние пики, а вариант 3 (ВЭС Ленгер) характеризуется самой низкой выработкой из-за слабых ветров.

По сравнению с другими вариантами, ВЭС Коммунальная может обеспечивать более сбалансированную выработку, что позволяет лучше управлять распределением энергии и снизить зависимости от сезонных колебаний ветра.

Заключение

В ходе оценки ветряного потенциала для определения оптимального месторасположения ВЭС в Туркестанской области были рассмотрены три варианта площадки под строительство ВЭС. Оценка ветряного потенциала для всех вариантов размещения ВЭС производилось для отведенной площади 50 Га и одинаковой мощности и количества ветроагрегатов.

С помощью программного обеспечения Global Wind Atlas были получены скоростные ветровые характеристики для трех вариантов расположения ВЭС. На основании расчетов в программе GreenWich определены коэф-

фициенты распределения Вейбулла. При втором варианте расположения ВЭС (ВЭС Коммунальная) были получены наиболее высокие характеристики: средняя скорость ветра — 7,11 м/с; плотность энергии 471 Вт/м².

На основании сравнения технических характеристик и стоимостных показателей различных производителей был выбран ветроагрегат Envision EN-148/4,5 МВт в количестве 9 шт., который обладает высокой производительностью и экономичностью в эксплуатации.

По методу распределения Вейбулла получена годовая выработка электроэнергии для всех трех ВЭС. Исходя из результатов расчета наибольшая выработка была получена на ВЭС Коммунальная и составила 17,6 МВт. На основании полученной годовой выработки электроэнергии была рассчитана выработка электроэнергии по месяцам для каждого из вариантов. Произведен анализ этих данных.

Таким образом, наиболее оптимальным вариантом размещения ВЭС является ВЭС Коммунальная вблизи села Шайтобе. Тем не менее, для полной оценки определения оптимального месторасположения ВЭС на следующем этапе работы необходимо произвести технико-экономический расчет.

Литература:

1. Отчет. Годовой отчет 2023 / АО «Самрук-Энерго» / Департамент «Развитие Рынка и Продажи» / 2023. — 16 с.
2. Исследовательская команда ТОО «Verny Capital» [Электронный ресурс]: Отчет об объектах возобновляемых источников энергии Казахстана, 2022 г. Электрон. дан. — URL: https://vernycapital.com/wp-content/uploads/2022/10/Kazakhstan-wind-power-05.05.2022_RUS.pdf
3. Свод правил Республики Казахстан: СП РК 4.04–112–2014. Проектирование ветряных электростанций. — Введ. с 01.07.2015. — Астана: Министерство национальной экономики РК, 2015. — 40 с.
4. Google Планета Земля 7.3.4.864 [Электронный ресурс] / Alphabet. — URL: <https://www.google.com/earth/about/versions>
5. География. Современная иллюстрированная энциклопедия. — М.: Росмэн. Под редакцией проф. А. П. Горкина. 2006. — 624 с.
6. Global Wind Atlas. Глобальный атлас ветров. [Электронный ресурс]: Потенциал ветряной энергии — Электрон. дан. — URL: <https://globalwindatlas.info>

Особенности аналоговых и цифровых фотокамер

Андреев Данила Андреевич, студент;

Морозов Руслан Андреевич, студент

Научный руководитель: Астахов Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент
Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске

Почти у каждого человека есть свой фотоальбом, в котором запечатлены многие моменты его жизни, он дает уникальную возможность окунуться в прошлое и вновь насладиться беззаботными днями.

Многие любители фотографии посвящают себя фотоискусству: постоянное обучение и совершенствование навыков дает возможность выхватить любой важный момент из непрерывного потока времени и оставить его на память грядущим поколениям.

Несмотря на кажущееся безоговорочное лидерство цифровых технологий в современном фотоискусстве, споры вокруг того, какой тип фотокамеры лучше, пленочный или цифровой, продолжают до сих пор: любители съемки на фотопленку настаивают на неповторимости ее цветопередачи; их оппоненты утверждают, что цифровой снимок может быть подвергнут программной обработке, позволяющей скорректировать практически любые свойства.

Внешне пленочную фотокамеру практически невозможно отличить от цифровой, но разница между ними существенна: в пленочной фотокамере в качестве светочувствительного элемента используется светочувствительная фотопленка; в цифровой фотокамере в качестве светочувствительного элемента используется матрица из светочувствительных полупроводниковых дискретных элементов.

Любая фотокамера (пленочная и цифровая) должна содержать, минимум три основных узла:

— корпус, являющийся основой, на которой размещаются все устройства и узлы фотокамеры и выполняющий функции защиты светочувствительных элементов от сторонней засветки,

— объектив — оптический прибор, как правило, состоящий из нескольких дискретных оптических элементов, позволяющий изменять величину поля зрения (путем изменения фокусного расстояния) и количество световой энергии, падающей на светочувствительный элемент (путем изменения относительного отверстия за счет диафрагмы),

— затвор (соответственно, механический и электронный), обеспечивающий нужную величину экспозиции.

Пленочная фотокамера (иногда встречается термин «аналоговая») представляет собой оптическое устройство, в котором изображение объекта переносится на светочувствительные материалы одноразового применения с последующим созданием видимого изображения после химической обработки в лабораторных условиях.

Формирование изображения происходит в процессе протекания фотохимической реакции в светочувствительном слое фотопленки (галогениде серебра) [2].

Устройство типовой плёночной (аналоговой) фотокамеры показано на рисунке 1.

Достоинствами плёночных (аналоговых) фотокамер принято считать:

- широкий динамический диапазон,
- возможность получения естественной цветопередачи,

К недостаткам плёночных (аналоговых) фотокамер относят:

- низкие (по сравнению с цифровыми фотокамерами) значения ISO, что накладывает существенные ограничения при съемке телеобъективами,
- невозможность получения изображения в режиме реального времени,
- ручная настройка экспозиции, требующая квалификации.

Цифровая фотокамера представляет собой оптико-электронное устройство, в котором изображение объекта переносится на матрицу из светочувствительных полупроводниковых дискретных элементов.

В основе процесса формирования изображения лежит генерация свободных носителей заряда в процессе внутреннего фотоэффекта, формирующих на светочувствительной поверхности матрицы «электронный рельеф», пропорциональный уровню освещенности.

Матрица состоит из конечного множества светочувствительных ячеек — пикселей, покрытых цветными фильтрами, как правило, в соответствии с известной цветовой схемой *RGB*.

Устройство типовой цифровой фотокамеры показано на рисунке 2.

Достоинствами цифровых фотокамер принято считать:

- возможность работы с высокими значениями ISO, без ограничений при съемке телеобъективами,

— относительно высокая разрешающая способность современных матриц,

- возможность, электронной стабилизации матрицы,
- автоматизация функций,

- получение изображения в режиме реального времени.

К недостаткам цифровых фотокамер относят:

- узкий динамический диапазон в условиях недостаточного освещения,

— возможность получения естественной цветопередачи возможна при больших уровнях освещенности.

Результаты проведенного анализа не показали явного преимущества цифровых фотокамер перед аналоговыми фотокамерами: в зависимости от условий и объектов съемки для достижения лучшего результата могут применяться оба типа фотокамер.

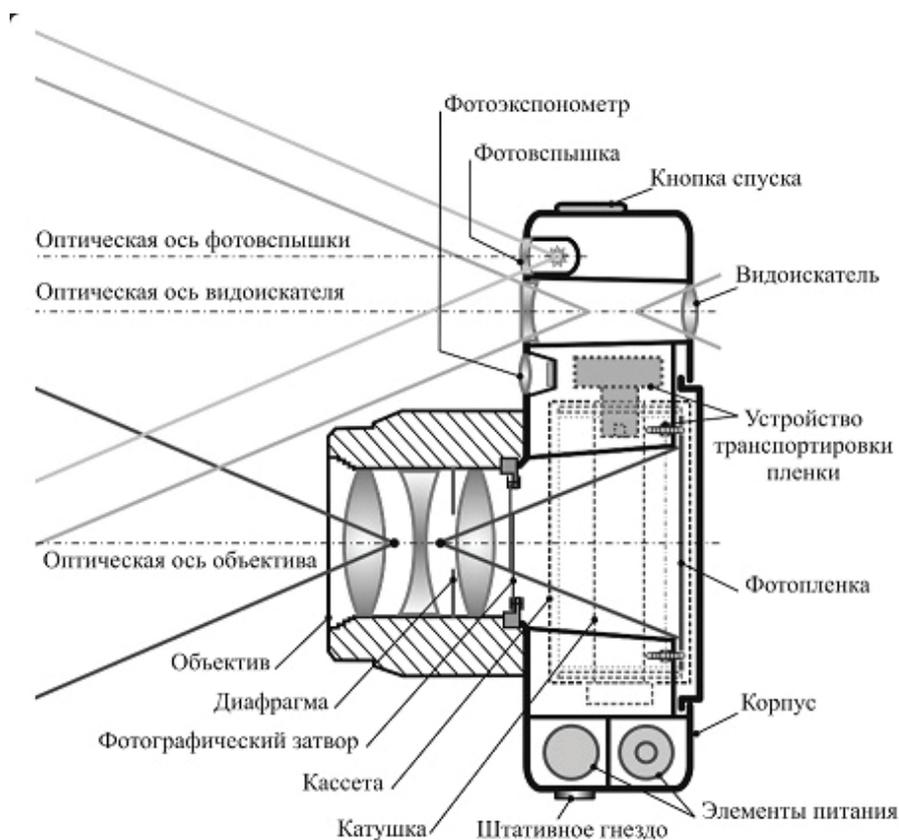


Рис. 1. Устройство плёночной (аналоговой) фотокамеры

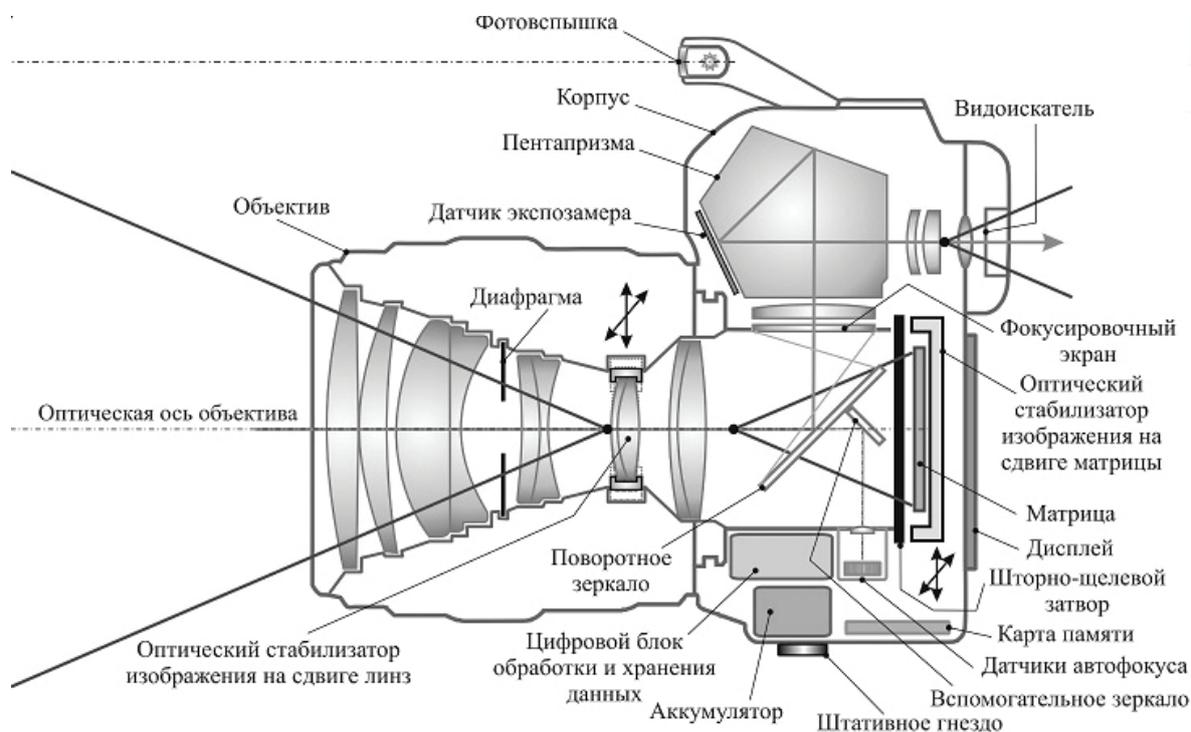


Рис. 2. Устройство цифровой фотокамеры

Литература:

1. Фотоаппараты в жизни человека.— Текст: электронный // Моя Газета: [сайт].— URL: <https://mygazeta.com/образ-жизни/фотоаппараты-в-жизни-человека.html> (дата обращения: 23.12.2024). (дата обращения 16.02.2023).

2. Формирование изображений на камеру.— Текст: электронный // CoderLessons: [сайт].— URL: <https://coderlessons.com/tutorials/akademicheskii/tsifrovaia-obrabotka-izobrazhenii/formirovanie-izobrazheniia-na-kameru?ysclid=lf71htd29t504634849> (дата обращения 23.02.2023).
3. Молодежь отказывается от цифровой фотографии в пользу пленки?.— Текст: электронный // Аргументы Недели: [сайт].— URL: <https://argumenti-ru.turbopages.org/argumenti.ru/s/society/2019/03/606563> (дата обращения 20.02.2023).

Технические решения, связанные с освоением углеводородного потенциала Арктического шельфа

Бакурина Анна Станиславовна, студент магистратуры
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

В статье рассматриваются вопросы стратегического развития Арктической зоны России и технические решения (Морская ледостойкая стационарная платформа «Приразломная» и подводные добычные комплексы), принятые для освоения углеводородного потенциала Арктического шельфа.

Ключевые слова: углеводородная база, месторождение.

Освоение Арктики является неоспоримым приоритетом для России, так как этот регион обладает колоссальными экономическими возможностями, а также имеет стратегическое значение. С Арктикой связывается укрепление энергетического потенциала России, расширение логистических возможностей и обеспечение национальной обороны и безопасности.

Двадцать шестого октября 2020 года президент Российской Федерации Владимир Путин подписал Стратегию развития Арктической зоны России до 2035 года [1], согласно которой значение Арктической зоны Российской Федерации и обеспечение ее национальной безопасности в числе прочего заключается в следующем:

— Для России Арктический шельф считается основным резервом нефтегазовых ресурсов и обеспечивает добычу более 80 процентов горючего природного газа и 17 процентов нефти (включая газовый конденсат) в РФ;

— Значение Северного морского пути (рисунок 1) как транспортного коридора мирового значения, используемого для перевозки национальных и международных грузов;

— В Арктической зоне располагаются объекты стратегических сил сдерживания в целях недопущения агрессии против РФ и ее союзников.

Освоенность углеводородной базы чрезвычайно мала [2]. В настоящее время в промышленной разра-



Рис. 1. Северный морской путь



Рис. 2. МЛСП «Приразломная»

ботке находится лишь Приразломное нефтяное месторождение, на котором добыча осуществляется с помощью морской ледостойкой платформы (МЛСП). МЛСП «Приразломная» (рисунок 2) — единственная в России, добывающая нефть на Арктическом шельфе.

Одним из главных условий, которые определяют возможность вовлечения углеводородной базы в промышленный оборот, является техническая доступность нефтегазовых месторождений, которая зависит от следующих факторов:

- Ледовая обстановка;

- Глубина моря;
- Удаленность от береговой линии;
- Наличие технологий и апробированных решений для освоения месторождений.

Глубина воды в месте дислокации платформы составляет 19,2 м. «Приразломная» является платформой гравитационного типа и опирается на дно моря и стоит на бетонном кессоне. Устойчивость обеспечивается за счет собственного веса, хранилища нефти и бетонного балласта. Конструкция МЛСП «Приразломная» показана на рисунке 3.

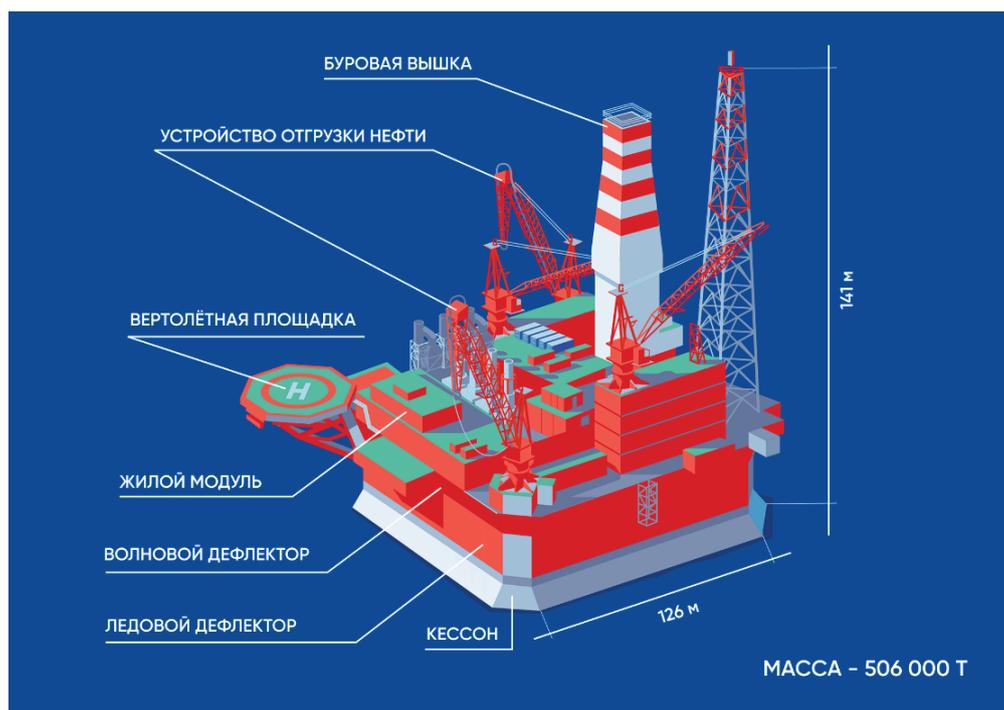


Рис. 3. Конструкция МЛСП «Приразломная»

На МЛСП присутствует все самое необходимое для выполнения работ, труда и отдыха рабочего персонала, а также для эвакуации работающего персонала в случае аварийных ситуаций, так как конструкция «Приразломной» разработана с учетом воздействия на нее окружающей среды.

МЛСП «Приразломная» конструктивно делится на нижнюю (кессон) и верхнюю части.

Кессон является несущей конструкцией платформы, воспринимающий все нагрузки, приходящиеся на него. Он представляет собой сталебетонную конструкцию, покрытой лакокрасочным покрытием, защищающем танки нефти от коррозии под воздействием морской воды. Кессон обладает собственной плавучестью, благодаря чему обеспечивалась доставка МЛСП в сборе на плавучую к месту ее установки.

Кессон имеет в своем составе ледовый и волновой дефлекторы, расположенные по всему периметру платформы и предназначенные для защиты верхней части платформы от воздействия льда и волн соответственно.

Длина и ширина МЛСП «Приразломная» составляют 126 метров, высота — 141 м. Вес платформы составляет около 500 тыс. т.

Буровая вышка защищена от внешнего воздействия окружающей среды, что позволяет круглосуточно вести бурение скважин месторождений.

МЛСП «Приразломная» оборудована комплексами устройств прямой отгрузки нефти (КУПОН), работающими на основе крановой системы и позволяющими производить загрузку танкеров из нефтехранилища платформы.

Платформа снабжена вертолетной площадкой, которая предназначена для доставки вахтового персонала и грузов.

МЛСП обсыпана каменной бермой высотой по гребню 2,5 м для предотвращения подмыва основания.

На МЛСП персонал работает в вахтовом режиме со сменой вахт через каждые 30 суток. Платформа оснащена временным убежищем, которое обеспечивает безопасность пребывания в нем в течение двух часов в случае аварии, а также средством спасения.

Наиболее эффективным (но мало проработанным) техническим решением при обустройстве арктических месторождений является подводная технология добычи углеводородов с применением подводных добычных комплексов (ПДК) [3]. ПДК — комплекс подводных устройств, систем и оборудования, предназначенный для обеспечения добычи углеводородов на морских месторождениях с использованием подводного заканчивания скважин, устья которых располагаются на морском дне.

По сравнению с традиционными методами освоения, когда устья скважин размещены на стационарных платформах, данный способ имеет ряд преимуществ:

— Размещение оборудования на дне моря, что позволяет осуществлять операции по добыче и транспорту УВ сырья под водой (в том числе подо льдом) в экстремальных климатических условиях, исключая влияние природных явлений;

— Возможность сезонной и непрерывной разработки месторождений, расположенных в суровых арктических условиях, независимо от наличия ледовой обстановки, торов, айсбергов;

— Стоимость оборудования для подводной добычи практически не зависит от глубины воды, что является большим преимуществом по сравнению с надводными платформами.

Для функционирования любого ПДК требуется наличие источника энергии, важнейшим условием при выборе которого является географическое положение потребителя электроэнергии. В зависимости от положения месторождений источник электроснабжения ПДК может находиться на ближайшем побережье (рис. 4) либо на стационарной или плавучей платформе (рис. 5) [4].

Таким образом, дальнейшие разведка и обустройство Арктических месторождений, совершенствование нефтедобывающей промышленности в условиях сложной ледовой обстановки позволит многократно приумножить энергетический потенциал нашей страны.

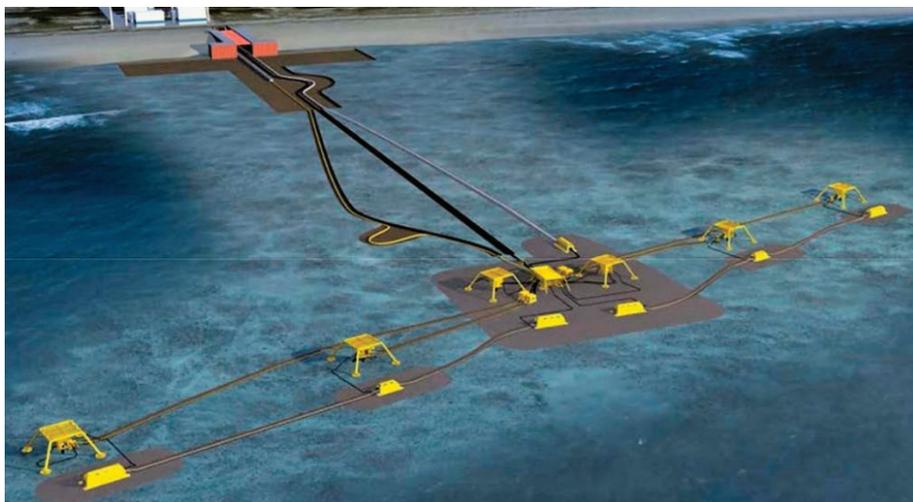


Рис. 4. Энергоснабжение и управление ПДК с берега



Рис. 5. Энергоснабжение и управление ПДК с платформы

Литература:

1. Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645 О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2023 года (с изменениями и дополнениями).
2. Назаров В. И., Григорьев Г. А., Краснов О. С., Медведева Л. В. Экономическая оценка одородной сырьевой базы арктического шельфа России / АО «Геологоразведка», Санкт-Петербург, Россия / 2021 г.— 22 с.
3. НД № 2–090601–003 Правила классификации и постройки подводных добычных комплексов / Российский морской регистр судоходства / Санкт Петербург / 2017 г.— 105 с.
4. Косарева Ю. В., Бесхижко В. В., Симакова С. В., Чесноков А. А., Толочкин О. Ю. Подводные добычные комплексы как перспективный тренд в освоении месторождений и некоторые вопросы их электроснабжения / журнал «Neftefaz.RU», 2019 г.— 34 с.

Эффективность солнечных водонагревательных установок в климатических условиях России

Баржеев Егор Викторович, студент;
 Соленков Павел Николаевич, студент

Научный руководитель: Астахов Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент
 Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске

Стоимость энергии, получаемой от возобновляемых источников энергии непрерывно снижается, и одним из самых освоенных направлений ее использования является нагрев воды. Ещё за 2021 год общая тепловая мощность солнечных коллекторов мира по разным оценкам превысила 280 ГВт тепловой энергии [1], приблизительно составляет более 490 млн м² солнечных коллекторов, и эти цифры продолжают расти. В России рынок в данной отрасли развит слабо, и основное количество солнечных установок эксплуатируется в регионах Краснодарского края, Бурятии и Дагестана.

СВУ разнообразны по в конструкции, по используемым материалам, схемам течения теплоносителей, количеству контуров циркуляций, организацией накопленного тепла, габаритам и т.д., их подробная классификации показана на рисунке 1.

В первой из групп находятся отдельные СВУ, где функции сбора солнечной энергии и её хранения выполняют два разных устройства — солнечный коллектор и бак-аккумулятор соответственно. Первую подобную установку подобного типа запатентовал Вильям Бейли ещё в 1909 г. [2]. В более крупных установках подобного типа устанавливается циркуляционный насос для принудительного создания потока теплоноситель жидкости в контуре. Данные солнечные водонагреватели проектируются индивидуально под нужды конкретного потребителя.

Вторую группу составляют интегрированные солнечные водонагревательные установки, в которых бак-аккумулятор совмещён с поглощающей панелью, которая в свою очередь размещена на одной из граней бака. Установки данного типа имеют одну отличительную особен-

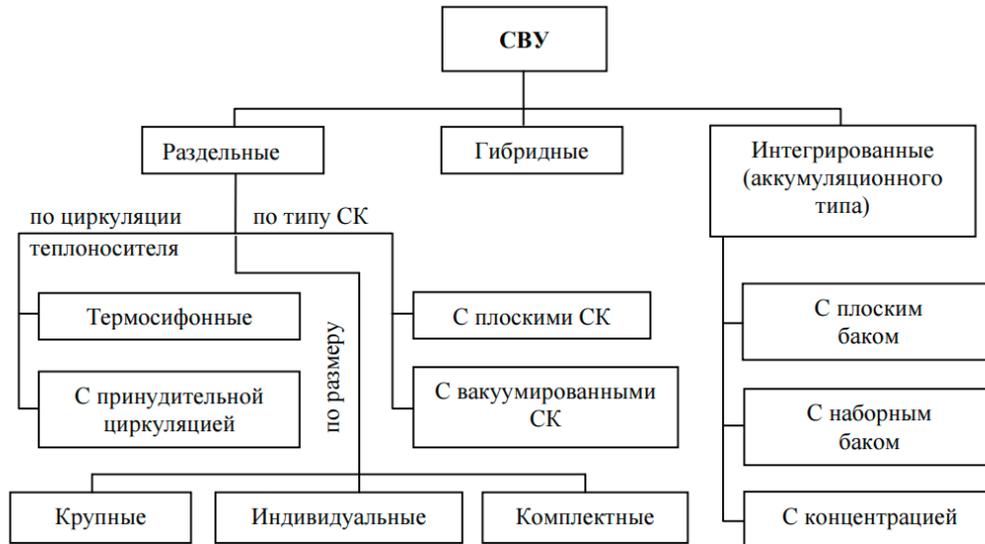


Рис. 1. Классификация солнечных водонагревательных установок

ность, а именно различные формы баков-аккумуляторов: цилиндрические, плоские и наборные. В данный момент такие СВУ достаточно редки из-за вытеснения с рынка термосифонными солнечными водонагревателями, в силу большей технологичности, простоты и их надёжности.

В третьей группе разместились тоже не столь многочисленные гибридные установки. Они способны преобразовывать солнечную энергию как в тепловую, так и в электрическую энергии. Но в силу выполнения трансформации одновременно двух типов энергии они намного менее мощные, чем отдельно взятые СВУ и автономная солнечная электростанция, и по этой причине большой популярности не сыскали.

Термосифонную СВУ рассматривают в простой конфигурации, в состав которой входят такие компоненты как: солнечный коллектор, водяной бак-аккумулятор, соединяющие их теплоизолированные трубопроводы. После попадания на коллектор солнечных лучей жидкость постепенно начинает разогреваться и благодаря естественной либо принудительной циркуляции попадает в бак-аккумулятор, после чего возвращается в солнечный коллектор для последующего нагрева. Во время малой для разогрева воды интенсивности солнечных лучей циркуляция воды завершается с помощью автоматики и продолжается, в случае, когда интенсивность солнечных лучей увеличивается до нужного для разогрева воды уровня. Жидкость в баке является в полной мере смешанной потому как размеры и расположение баков в СВУ осуществить меры для сохранения в баке температурной стратификации, по большей части, не удаётся.

Отбор нагретой термоносящей жидкости к потребителю в СВУ выполняется в баке-аккумуляторе, в случае необходимости, жидкость нагревается запасным водонагревателем. В СВУ аккумуляционного вида отсев разогретой жидкости происходит в верхней области разогретой панели.

Ожидалось, что в СВУ используется смеситель, в случае повышения температуры в баке-аккумуляторе, необходимой водопотребителю, в жидкость добавляется необходимое количество холодной воды из водопровода.

Этот и другой вид СВУ создавались в ожидании того, что теплоизолированный бак-аккумулятор и соединительные трубопроводы. Вместимость нагрузочного бака равна сотне литров жидкости, а нагрузка составляет сотню литров жидкости в день. Размер площади коллектора термосифонной установки равняется двум квадратным метрам, а площадь интегрированной СВУ составляет 1,5 м². Интегрированные СВУ выделяются низкой чувствительностью относительно размеров солнечного коллектора. При величине поглощательной способности окрашенной в черные цвета поглощающей панели 0,92÷0,93 приведённую поглощательную способность можно оценить (так альфа) ~ 0,81. Этот аппарат состоит из отдельных частей — ёмкостей, соединённых между собой клеевыми швами. Поглощающая панель, в отличие от металлических конструкций имеет более низкую теплопроводность, вследствие чего тепло по конструкции не передается, поэтому клеевые швы в оптическом КПД не участвуют. Оптический КПД СВУ можно оценить в 0,69, учитывая габариты СВУ и ее поглощающую площадь. Подобным способом считается эффективный коэффициент потерь. Тепловыми потерями пренебрегают, считая, что в зонах клеевых швов потери компенсируются поглощённым солнечным светом. Таким образом эффективный коэффициент потерь равен 5,3 Вт(м²/К).

В роли показателя энергетической эффективности СВУ применялась «доля покрытия нагрузки горячего водоснабжения потребителя за счет солнечной энергии» или же коэффициент замещения f [3].

Существенным моментом при моделировании СВУ считается график потребления горячей воды за сутки. В этом случае моделируется система, включающая в себя

график использования нагретой воды, в температурном промежутке 37÷45°C, созданным по данным [3]. Когда в баке-аккумуляторе температура ниже необходимой, нагрев воды происходит за счёт резервного нагревателя.

В периоды, когда температура не поднимается выше нуля градусов цельсия, потери нивелируют эффект стратификации, о чём свидетельствуют расчёты годовой доли пере-

крытия нагрузки горячего водоснабжения: аккумулирующие системы нагрева выдают самую низкую производительность за год, по сравнению с термосифонными СВУ.

При использовании СВУ аккумуляционного типа, последние способны покрывать нагрузки горячего водоснабжения наравне с отдельными СВУ, несмотря на более низкие параметры технического совершенства первых.

Литература:

1. Renewables 2021. Global Status Report. 2022. Электронный ресурс: <http://www.ren21.net> (доступ свободный) [Дата последнего обращения: 13.03.2023 г.]
2. Bailey W. J. Solar Heater // US patent No. 966070. 1910
3. Duffie J. A., Beckman W. A. Solar Engineering of Thermal Processes: 3d ed. New Jersey. John Wiley & Sons. 2006. 928 p.

Повышение эффективности удаления асфальтосмолопарафинистых отложений в нефтесборных трубопроводах растворителями

Бохаева Акмарал Утегеновна, студент магистратуры;

Чурикова Лариса Алексеевна, кандидат технических наук, ассоциированный профессор
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет (г. Уральск, Казахстан)

В статье рассмотрено решение вопроса предотвращения образования асфальтосмолопарафинистых отложений при транспортировке высоковязкой нефти. Авторами проанализированы принципы формирования оптимальных рабочих смесей с целью создания эффективных ингибиторов АСПО, предназначенных в качестве растворителей АСПО для повышения эффективности транспорта нефти с высокой вязкостью.

Ключевые слова: асфальтосмолопарафинистые отложения, трубопровод, ингибитор, сополимер этилен-винилацетата, динамическая вязкость, снижение температуры потери текучести.

Эффективное применение растворителей для удаления отложений в нефтепроводах и их влияние на образование и рост этих отложений на стенках трубопровода представляют собой важную задачу. Ежегодно в борьбу с этой проблемой вкладываются значительные средства, что подчеркивает настоятельную необходимость в поиске экономически обоснованных и эффективных решений против асфальтосмолопарафинистых отложений (АСПО). Актуальность исследования заключается в оценке эффективности растворителей и их воздействии на реологические характеристики нефти. Проведенные исследования нацелены на решение вопросов, связанных с отложениями в трубопроводах и эффективным использованием растворителей для борьбы с АСПО.

Выбор оптимального растворителя зависит от множества факторов, включая состав нефти, условия транспортировки и особенности самого трубопровода. Необходимость тщательного изучения воздействия каждого растворителя на асфальтосмолопарафинистые вещества (АСПВ) и его свойства является ключевым шагом в этом процессе [1].

Накопление (АСПВ) в трубопроводах представляет собой значительную проблему для нефтяных компаний

(рис. 1). Ежегодно они инвестируют огромные средства в её решение.

АСПВ, образуясь на внутренней поверхности труб, приводит к различным негативным последствиям:

- уменьшение диаметра труб из-за формирования отложений, что негативно сказывается на пропускной способности и рабочей эффективности системы;
- возникновение аварий, вызванных износом и повреждением труб и их компонентов;
- рост вероятности ухудшения качества нефти, транспортируемой по трубопроводу.

Особенно актуальна последняя проблема, поскольку отложения содержат значительное количество сернистых соединений, что повышает уровень серы в конечном продукте. Чтобы обеспечить высокое качество транспортируемой нефти, необходимо вовремя принимать меры по борьбе с образованием АСПВ на стенках труб [2].

Управление образованием отложений в АСПВ является ключевым и сложным процессом при эксплуатации нефтепроводов, так как включает в себя множество химических и физических процессов, которые трудно контролировать. К тому же, на образование АСПО влияют различные факторы, такие как химический состав нефти,



Рис. 1. Основные последствия формирования АСПО

условия транспортировки, состояние оборудования и труб, изменения температуры, наличие механических примесей и прочее.

Для эффективной борьбы с АСПО необходимо точно определить их химический состав и свойства. Состав осадков, накапливающихся в трубопроводах, варьируется в зависимости от физико-химических характеристик транспортируемой нефти и от сроков эксплуатации трубопроводной системы. Помимо перечисленных веществ, в АСПО содержатся механические примеси, включая частицы глины, земли, песка и коррозионные продукты, попадающие в нефть во время её транспортировки по старым трубам.

Кроме того, в минимальных количествах в отложениях присутствуют низкомолекулярные смолы, нафтены и прочие полярные соединения, а также ПАВ-деэмульга-

торы, которые были добавлены в нефть на стадии её подготовки и способствуют эмульгированию внешнего слоя осадков в условиях наличия воды (Рис. 2).

В ходе исследования свойств и характеристик нефти и твердых углеводородных фракций была установлена взаимосвязь между составом твердых углеводородов и увеличением отложений парафина в процессе транспортировки нефти. Важно также учитывать, что соотношение содержания асфальтенов и смол значительно влияет на этот процесс. Таким образом, если содержание асфальтенов превышает уровень смол, это приводит к снижению интенсивности парафинизации. В противоположной ситуации, когда количество смол превышает содержание асфальтенов, наблюдается увеличение отложений. Кроме того, по всему трубопроводу наблюдается заметная изменчивость фракционного состава парафинов в отложе-

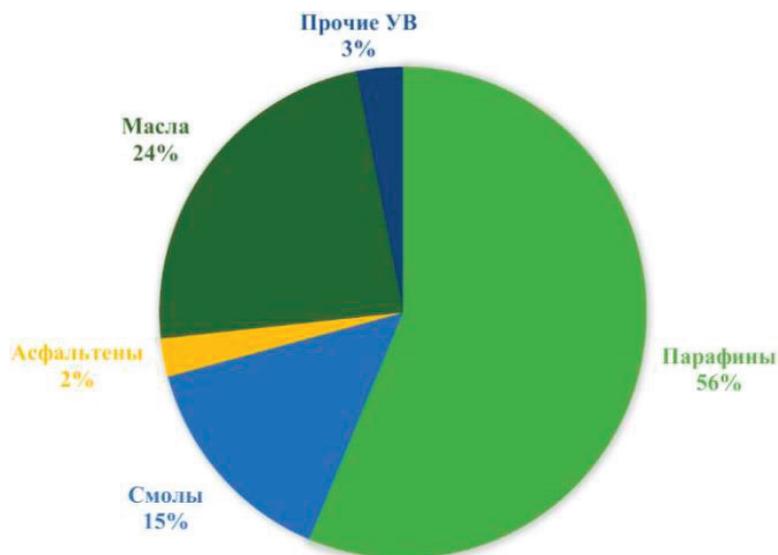


Рис. 2. Примерный порядок распределения основных составляющих, входящих в АСПО

ниях, хотя общий состав выпавших отложений остается практически неизменным.

Множество ученых исследовало эффективность различных ингибиторов, направленных на предотвращение образования отложений, а также механизмы их действия. Эффективность промышленных ингибиторов, как правило, обладает ограничениями и требует индивидуальной оценки для каждой конкретной ситуации. Поэтому выбор ингибиторов следует осуществлять с максимальной осторожностью, чтобы избежать нежелательных результатов. Ингибиторы действуют на зародыши парафиновых отложений, разрушая их и останавливая рост кристаллов, удерживая зародыши в растворе. Для обеспечения активности ингибиторов важно, чтобы они постоянно присутствовали в сырой нефти.

Основная цель реагентов комплексного действия заключается в их применении как ингибиторов для предотвращения образования асфальто-смолистых парафинолов, а также как реактивов, способствующих снижению вязкости нефти с высоким содержанием парафина. В настоящее время существует множество типов реагентов комплексного действия, состоящих из двух или более компонентов, которые, взаимодействуя, повышают эффективность действия друг друга. Наиболее распространенными являются присадки, обладающие депрессорно-модифицирующими и депрессорно-диспергирующими свойствами. Реагенты под маркой «СНПХ» представляют собой ключевые ингибиторы комплексного действия, как указано в таблице 1 [3].

Ингибиторы, которые препятствуют образованию парафинистых отложений, должны соответствовать следующим критериям [4]:

- температура застывания должна быть оптимизирована для зимнего периода эксплуатации;

- не ухудшать качество исходного материала;
- предотвращать накопление отложений с расходом химикатов в пределах 100–300 г на тонну продукции.

Одним из наиболее известных ингибиторов формирования парафина в нефтяной отрасли является сополимер этилен-винилацетата (ЭВА), обладающий молекулярной массой в диапазоне от 1000 до 30000 Дальтон.

Структура макромолекул ЭВА преимущественно характеризуется как блоксополимер, включающий чередующиеся участки полиэтилена и винилацетата. Эта особенность структуры обусловлена различной активностью мономеров. Рост концентрации винилацетата приводит к снижению кристалличности и повышению растворимости из-за увеличения полярности, а некоторые добавки ЭВА могут подвергаться частичному гидролизу.

Нефть из месторождения Жетыбай (Казахстан) классифицируется как нефть средней плотности, в то время как нефть из Каражанбаса (Казахстан) относится к тяжелым сортам [5]. Однако обе эти категории являются вязковязкими.

Результаты проведенных исследований показали, что при добавлении ЭВА-25 к нефти наблюдается снижение ее динамической вязкости. Это улучшает реологические характеристики нефти и уменьшает вероятность образования парафиновых кристаллов (таблицы 2, 3).

Таким образом, результаты показали, что с увеличением концентрации ингибитора наблюдается заметное снижение температуры потери текучести. При использовании ингибитора ЭВА-25 в концентрации 1000 ppm (0,1%) этот эффект был наибольшим, показывая наилучшие результаты среди всех протестированных концентраций (рис. 3).

Таблица 1. Химические вещества, применяемые в роли ингибиторов

Марка реагента	Характер действия	Размер дозировки
СНПХ-7941	Ингибитор, препятствующий формированию АСПО с диэмульгаторным действием	50–200 г/т
СНПХ-7909	Ингибитор, препятствующий формированию АСПО с диэмульгаторным действием	50–200 г/т
СНПХ-7912М	Ингибитор, препятствующий формированию АСПО с диэмульгаторным действием	25–100 г/т
СНПХ-7920М	Ингибитор, препятствующий образованию АСПО, снижает уровень коррозионной активности на 60–70%	100–200 г/т
СНПХ-7920	Ингибитор, препятствующий образованию АСПО и гидратов	100–200 г/т
СНПХ-2005	Депрессор для снижения вязкости нефти и подавления формирования АСПО	150–300 г/т

Таблица 2. Характеристики нефти при температуре 60 °С

Месторождение	Плотность, г/см ³	Динамическая вязкость мПа*с	
		без добавок	с добавкой ЭВА-25
Жетыбай	0,874	25,48	19,21
Каражанбас	0,944	18,87	13,8

Таблица 3. Влияние ЭВА-25 на температуру застывания нефти

№ эксперимента	Концентрация ингибитора в нефти, % масс	Температура застывания нефти, С	Депрессорный эффект, DT
1	0	-15	0
2	1	-20	5
3	2	-22	9
4	3	-23	16
5	5	-30	22



Рис. 3. График изменения концентрации реагента ЭВА-25 в зависимости от температуры потери текучести

Литература:

1. Чухарева Н. В., Рудаченко А. В., Бархатов А. Ф., Федин Д. В. Транспорт скважинной продукции / Н. В. Чухарева и [др.].— Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011.— 354 с.
2. Иванова Л. В. Асфальтосмолопарафиновые отложения в процессах добычи, транспорта и хранения / Л. В. Иванова, Е. А. Буров, В. Н. Кошелев // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». — 2011 — № 1. — С. 268–284.
3. Герасимова Е. В. Лабораторная методика оценки эффективности растворителей асфальто-смолистых и парафиновых отложений / Е. В. Герасимова, Е. В. Ахметов, А. А. Десяткин, Ю. В. Красильникова // Нефтегазовое дело.— 2010 — № 16.— С. 23–33.
4. Сальников А. В. Оценка эффективности применения растворителей для очистки трубопроводов малого диаметра от асфальтосмолопарафиновых отложений / А. В. Сальников, Я. В. Щербатюк // Ресурсы Европейского Севера. Технологии и экономика освоения.— 2018 — № 02 (12).— С. 94–101.
5. Тлегинов Б. Б. Вовлечение в разработку недренируемых запасов нефти на месторождении Жетыбай / Б. Б. Тлегинов // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана.— 2020.— № 4(5).— 51 с.

Разработка структурной схемы устройства автоматической кормушки для домашних животных

Гончаров Павел Леонидович, студент магистратуры
Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске

Целью исследования является предложение устройства автоматической кормушки для домашних животных с возможностью дистанционного управления. Актуальность исследования обусловлена тем, что существующие технические устройства не имеют возможности удаленного мониторинга и управления. Решением данной проблемы является

разработка устройства управления на основе микроконтроллера, шнека с шаговым мотором, весов, модуля часов реального времени и GSM-модуля для организации информационного обмена с использованием мобильной связи.

Ключевые слова: GSM-модуль, автоматическое кормление домашних животных, бункерный контейнер кормушки, часы реального времени, микроконтроллер с архитектурой AVR.

Актуальность исследования обусловлена тем, что во многих существующих аналогах устройств кормушек с автоматическим кормлением нет возможности удаленного оповещения хозяина о том, что количество корма в бункерном контейнере минимально. Кроме того, возможность удаленного контроля устройством может позволить оперативно переназначить время кормления.

Предлагаемое устройство должно реализовывать следующие функции:

1. Автоматическое кормление домашнего животного в заданные пользователем моменты времени (или же по таймеру, например, каждые 6 часов).
2. Возможность регулирования порций кормления.
3. Удаленное управление с использованием мобильной связи.
4. Контроль остатка корма в бункерном контейнере и сигнализация при достижении предельно низкой массы.

Структурная схема предлагаемого устройства, удовлетворяющего обозначенным техническим и функциональным характеристикам, представлена на рис. 1.

Основу работы устройства составляет микроконтроллер с архитектурой AVR, например, *Atmega8*. [1], выбор которого обусловлен его распространённостью, относительной дешевизной и высокой функциональностью в сравнении с другими микроконтроллерами с архитектурой данного типа.

Принцип действия предлагаемого устройства аналогичен подобным техническим решениям. Он заключается в порционной подаче корма в бункерный контейнер кормушки с применением шнека. Скорость подачи корма должна быть не высокой и поддерживаться на заданном уровне, чтобы избежать измельчения корма (например, многие лечебные корма для зубов домашнего питомца могут утратить свою эффективность при его из-

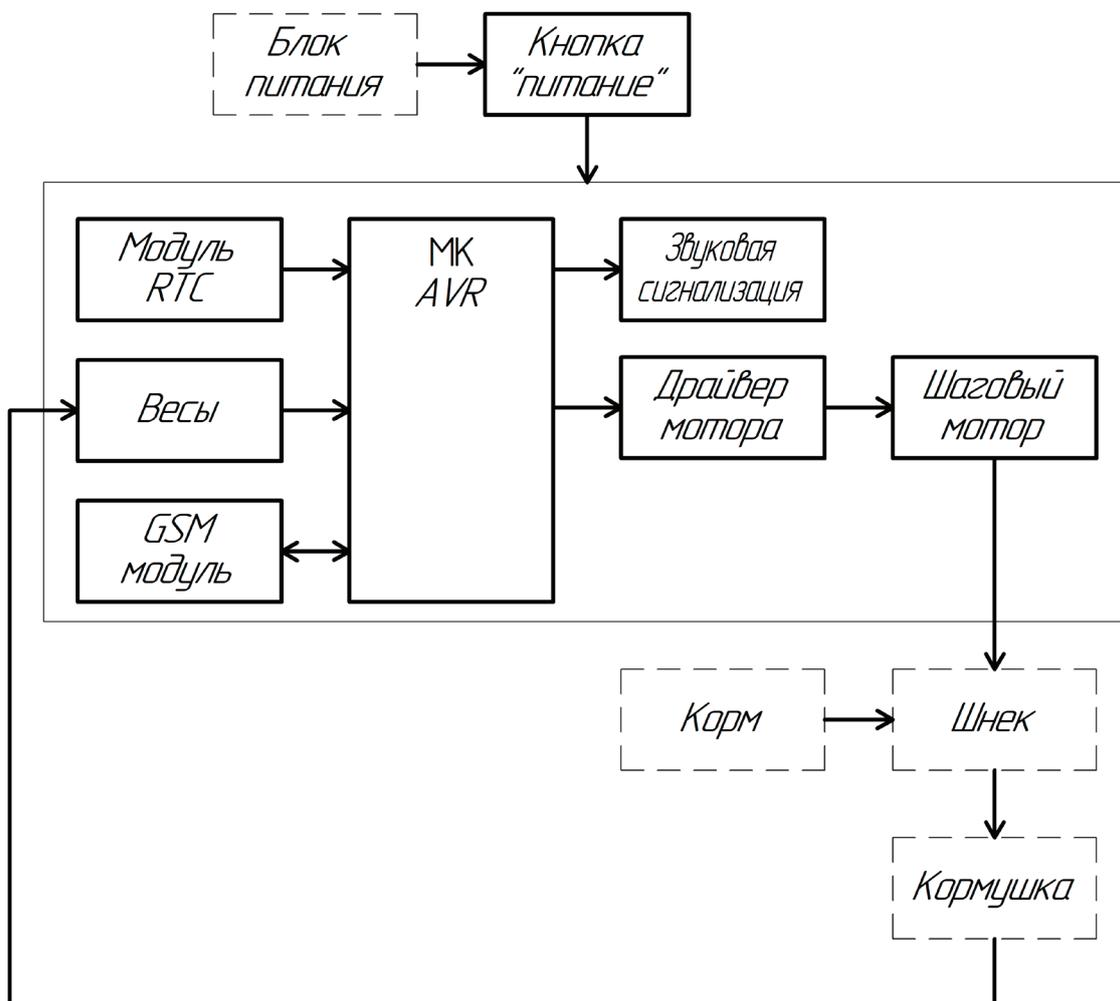


Рис. 1. Структурная схема устройства автоматической кормушки для домашних животных

мельчении). Поэтому, как правило, для приведения шнека в движение используется шаговый мотор, предоставляющий высокие возможности по управлению и регулированию скорости за счет точности позиционирования вала шагового мотора.

Для управления шаговым мотором необходимо использование драйвера мотора для обеспечения требуемой нагрузочной способности, поскольку подавляющее большинство микроконтроллеров не способны напрямую управлять моторами, в том числе и шаговыми.

Для обеспечения требования 1) необходимо использование часов реального времени. В микропроцессорных системах для решения данной задачи используются модули RTC. Микроконтроллер при этом будет периодически опрашивать часы реального времени для проверки наступления времени очередного кормления.

Возможность регулирования порций кормления достигается за счет реализации в алгоритмах микроконтроллера нескольких скоростных режимов вращения шагового двигателя. В зависимости от скорости подачи корма при постоянстве времени кормления будет достигаться регулирование порций корма.

Для обеспечения требования 3) необходимо использование модуля удаленного информационного обмена [2]. Для этих целей может использоваться GSM-модуль, предназначенный для предоставления возможности некоторой микропроцессорной системе поддерживать информационный обмен с использованием сотовой связи,

в результате чего устройства автоматической кормушки будет обладать наибольшей практичностью использования.

Контроль остатка корма в бункерном контейнере кормушки может быть выполнен с использованием весов, представляющих собой комплексный электромеханический механизм. За счет отклонения составных частей модуля весов формируется разница электрических сигналов, регистрируемая модулем АЦП весов и передаваемая в цифровом виде в микроконтроллер. Предварительная настройка минимального регистрируемого веса может быть выполнена также с использованием мобильной связи (то есть, учет веса самого бункерного контейнера кормушки без корма). При достижении минимально возможного веса корма в контейнере (или предварительного веса для сохранения запаса корма как минимум на 3–4 часа) будет передано соответствующее сообщение хозяину питомца по мобильной связи и включится на некоторое время звуковая сигнализация (например, если хозяин в данный момент дома).

В качестве источника питающего напряжения используется внешний блок питания. Включение устройства производится путём подачи питающего напряжения при нажатии кнопки «питание» с фиксацией.

Таким образом, было предложено устройство автоматической кормушки для домашних животных, представленное соответствующей структурной схемой, отражающей основные структурные узлы.

Литература:

1. Кэмерон Н. Электронные проекты на основе EPS8266 и EPS32. Создание приложений и устройств с поддержкой Wi-Fi. — М.: изд. «ДМК Пресс», 2022. — 454 с.
2. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Беспроводные сети. 5-е изд. — М.: Техносфера, 2016. — 323 с: ил.

Исследование процесса низкотемпературной сепарации природного газа

Кладько Сергей Андреевич, студент магистратуры;
Василевская Светлана Петровна, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой
Оренбургский государственный университет

В статье проведено исследование низкотемпературного газосепаратора, дана оценка слабым сторонам существующей конструкции — повышенного уноса жидкости при глубоком отборе газа из пласта. Предложена модернизация существующего низкотемпературного газосепаратора за счет установки газораспределительного устройства. Газораспределительное устройство обеспечит равномерное распределение газожидкостного потока по сечению тарелки с батареей центробежных элементов ГПП 515, и, как следствие, повысит эффективность их работы и газосепаратора в целом.

Ключевые слова: газосепаратор, низкотемпературная сепарация, газораспределительное устройство.

Газосепаратор — это устройство, предназначенное для разделения газа и жидкости в потоке. Он используется в различных отраслях, таких как нефтегазовая промышленность, химическая промышленность и энергетика. Основная функция газосепаратора заключается в отделении газовой фазы от жидкой фазы, это необходимо для предотвращения проблем связанных с гидратообразованием при транспортировке газа потребителю.

Низкотемпературный газосепаратор является одним из самых эффективных газосепараторов. Обеспечивает наилучшее разделение газожидкостных смесей при небольших отклонениях значений давления и температуры. При более значительных отклонениях значений эффективность газосепаратора заметно снижается.

1. Анализ проблемы

С помощью Solid Works Flow Simulation была построена сборка существующего низкотемпературного газосепаратора, было смоделировано распределение плотности потока по сечению.

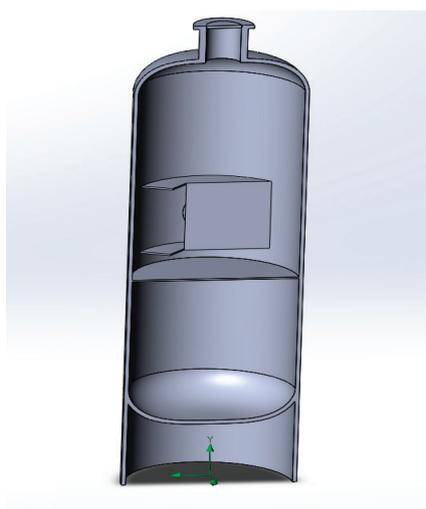


Рис. 1. Сборка НТС с отклоняющим устройством

Отклоняющее устройство обеспечивает первичную очистку газа от механических примесей и жидкости за счет закручивания потока и каплеуловителя.

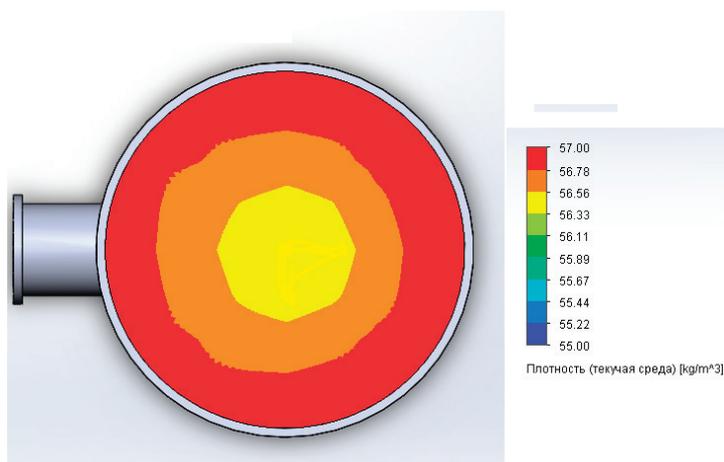


Рис. 2. Плотность потока в НТС с отклоняющим устройством

Моделирование в Solid Works Flow Simulation показало, что существующая конструкция имеет существенный недостаток — неравномерное распределение плотности потока по сечению газосепаратора.

Плотность потока у стенок сосуда выше, что ведет к избыточной загрузке центробежных элементов ГПР 515 находящихся у стенок сосуда и недостаточной загрузке центробежных элементов ГПР 515, находящихся ближе к центру сосуда.

Избыточная и недостаточная загрузка центробежных элементов ГПР 515 приводит к снижению эффективности их работы и низкотемпературного газосепаратора в целом.

2. Постановка задачи

Минусом конструкции существующего газосепаратора является неравномерное распределение плотности потока в пределах 56,3–57,0 кг/м³ по тарелке с батареей центробежных элементов ГПР 515. Это вызвано несовершенством конструкции существующего газораспределительного устройства.

Необходимо разработать газораспределительное устройство, которое обеспечит более равномерное распределение плотности потока в пределах 56,5–56,7 кг/м³ по тарелке с батареей центробежных элементов ГПР 515.

Описание конструкции газораспределительного устройства

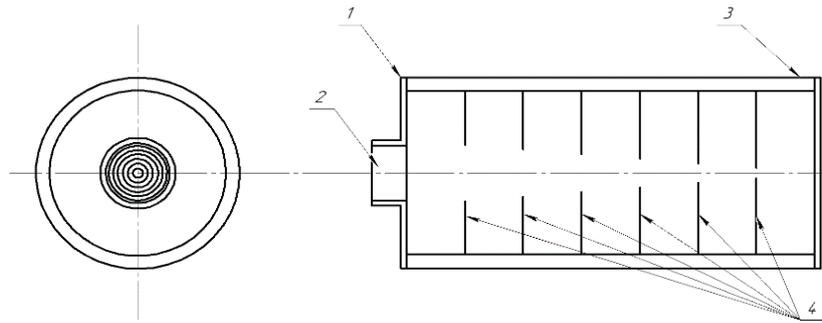


Рис. 3. Рассматриваемое газораспределительное устройство: 1 — корпус, 2 — входной патрубок, 3 — блоки, 4 — диски

Корпус 1 газораспределительного устройства представляет собой цилиндр, внутри которого располагаются диски 4, имеющие внутри вырез с диаметром, уменьшающимся от ввода газа. Снаружи на цилиндр смонтированы блоки 3.

Газожидкостная смесь, имеющая высокую скорость, подается через входной патрубок в газораспределительное устройство, где за счет дисков 4 распределяется равномерно по всему сечению. Затем поток движется в блоки 3, где происходит отклонение потока газа и его разделение на несколько отдельных потоков. Жидкость в газе под действием сил инерции осаждается, а затем стекает вниз.

3. Определение геометрии газораспределительного устройства

Исходя из геометрии низкотемпературного газосепаратора и заданных условий в Solid Works Flow Simulation была разработана предварительная конструкция газораспределительного устройства, обеспечивающая равномерное распределение потока газа по тарелке с центробежными элементами ГПР 515.

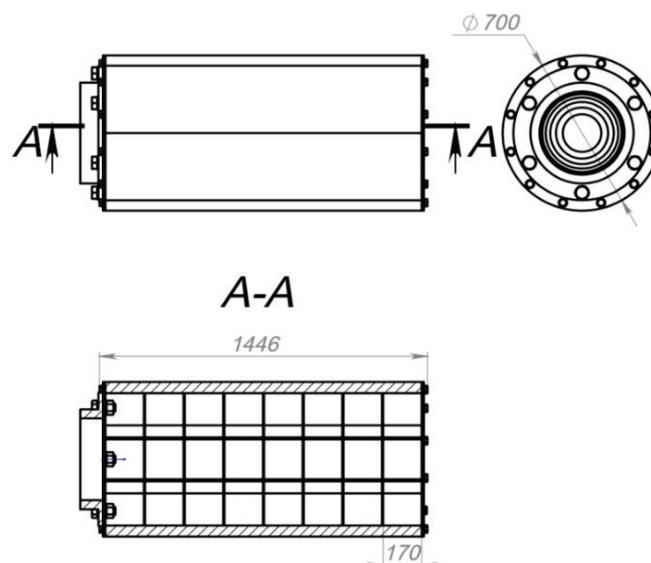


Рис. 4. Предварительная конструкция газораспределительного устройства

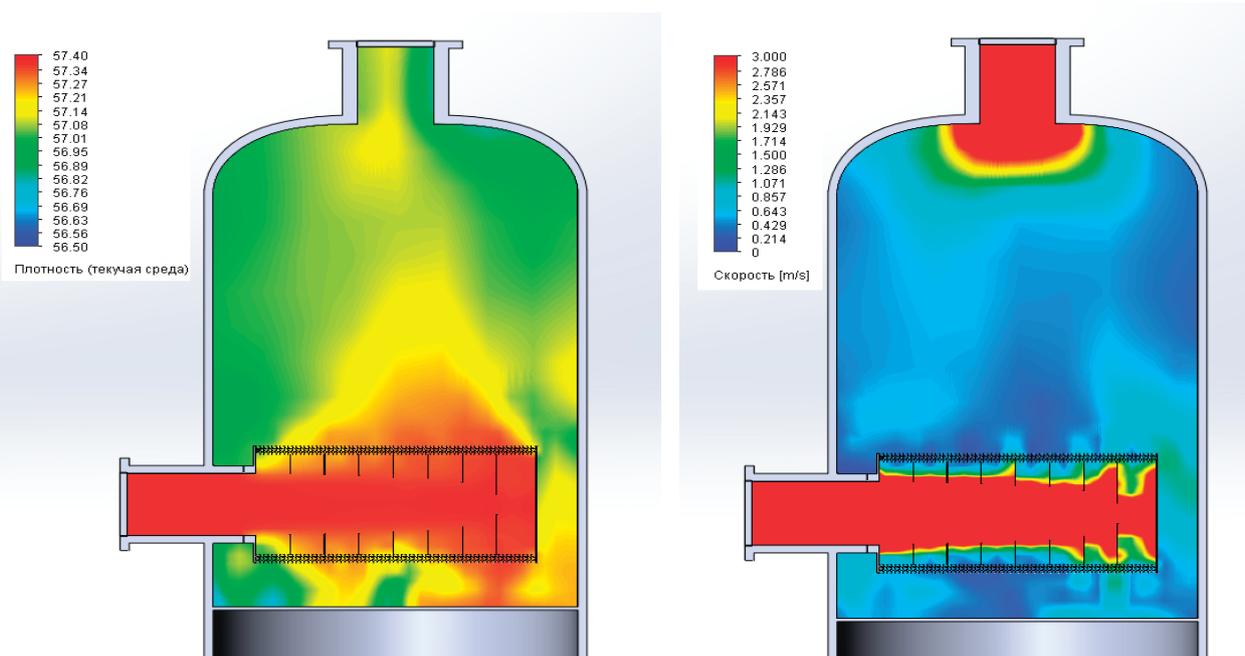


Рис. 5. Распределение плотности и скорости потока внутри сосуда

Анализ в Solid Works Flow Simulation показал, что разработанная конструкция газораспределительного устройства обеспечивает практически равномерное распределение плотности и скорости потока.

4. Анализ эффекта модернизации

Была построена сборка низкотемпературного газосепаратора с установленным внутри газораспределительным устройством.

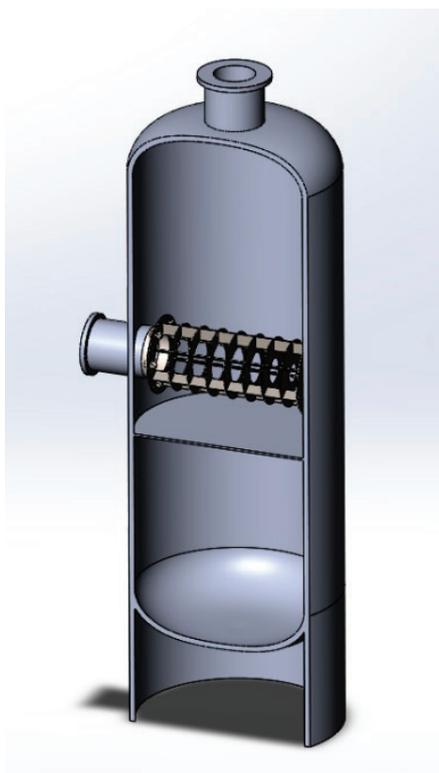


Рис. 6. Сборка НТС с газораспределительным устройством

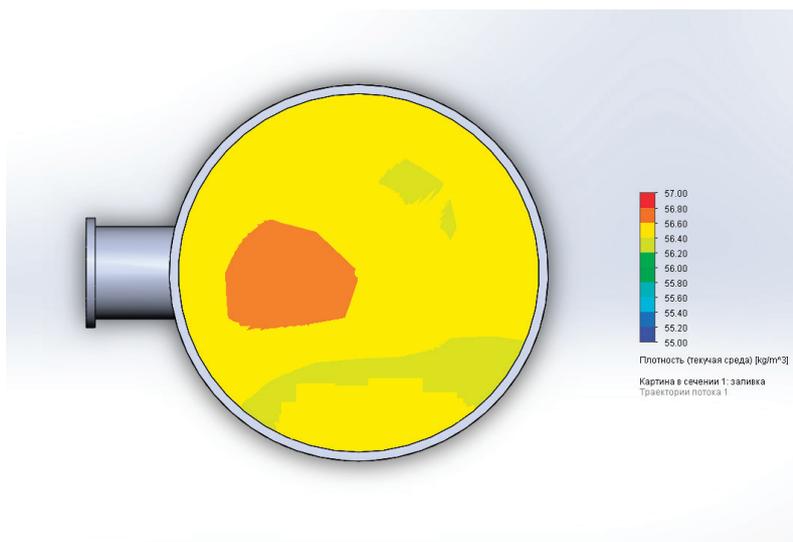


Рис. 7. Плотность потока в НТС с газораспределительным устройством.

Разработанное газораспределительное устройство позволяет добиться значений плотности потока в пределах 56,5–56,7 кг/м³, что позволяет равномерно загрузить центробежные элементы ГПР 515.

Выводы

В предлагаемой конструкции газораспределительного устройства такой минус конструкции существующего газосепаратора, как неравномерное распределение плотности потока в пределах 56,3–57,0 кг/м³ по тарелке с батареей центробежных элементов ГПР 515 был исправлен.

Было разработано газораспределительное устройство, которое обеспечивает более равномерное распределение плотности потока в пределах 56,5–56,7 кг/м³ по тарелке с батареей центробежных элементов ГПР 515.

Более равномерное распределение плотности потока обеспечит более равномерную загрузку центробежных элементов ГПР 515, что повысит эффективность их работы и низкотемпературного газосепаратора в целом.

Литература:

1. Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. ДМК Пресс. 2015. 562 с.
2. Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. BHV. 2012. 445 с.
3. SolidWorks Corporation. SolidWorks Flow Simulation 2009 Tutorial. 2009. 244 с.
4. Алямовский А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. ДМК Пресс. 2010. 466 с.
5. Патент RU2 277 959 C2.
6. Патент RU2 394 623 C1.

Анализ конструктивных решений днищевых обтекателей для повышения гидроакустических характеристик судов в условиях глубоководных районов Охотского моря и рекомендации по их оптимизации

Козленко Артём Павлович, студент;

Цзи Денис, студент

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского (г. Владивосток)

Статья посвящена анализу конструктивных решений днищевых обтекателей, используемых на морских судах, для повышения их гидроакустических характеристик в условиях глубоководных районов Охотского моря. Рассмотрены

основные типы обтекателей, их конструктивные особенности, материалы изготовления и влияние на такие параметры, как уровень шума, устойчивость акустических сигналов и взаимодействие с водной средой. Проведено исследование факторов, влияющих на эффективность работы гидроакустических систем в условиях высокой стратификации воды, низких температур и значительных гидростатических давлений. На основе проведенного анализа разработаны рекомендации по оптимизации конструкций обтекателей, включая использование каплевидных форм, композитных материалов и современных антифрикционных покрытий. Предложенные меры направлены на снижение шума, повышение точности передачи акустических сигналов и увеличение эксплуатационной надёжности обтекателей. Практическая значимость работы заключается в возможности адаптации предложенных решений для судов, выполняющих гидрографические исследования и навигационные задачи в условиях дальневосточного региона.

Ключевые слова: днищевые обтекатели, гидроакустические характеристики, судостроение, глубоководные районы, Охотское море, каплевидные обтекатели, композитные материалы, структурный шум, гидродинамическое сопротивление, оптимизация конструкций.

Analysis of structural solutions for hull fairings to enhance hydroacoustic performance of ships in the deep-water areas of the Sea of Okhotsk and recommendations for optimization

Kozlenko Artyom Pavlovich, student;
Zi Denis, student

Maritime State University named after Admiral GI Nevelskoy (Vladivostok)

The article focuses on analyzing the structural solutions of hull fairings used on marine vessels to improve their hydroacoustic performance in the deep-water areas of the Sea of Okhotsk. It examines the main types of fairings, their structural features, materials, and their impact on parameters such as noise levels, stability of acoustic signals, and interaction with the aquatic environment. The study investigates factors affecting the efficiency of hydroacoustic systems under conditions of high-water stratification, low temperatures, and significant hydrostatic pressures. Based on the analysis, recommendations are proposed for optimizing fairing designs, including the use of streamlined shapes, composite materials, and advanced anti-friction coatings. The suggested measures aim to reduce noise, enhance the accuracy of acoustic signal transmission, and improve the operational reliability of fairings. The practical significance of the work lies in the potential adaptation of the proposed solutions for vessels conducting hydrographic surveys and navigation tasks in the Far Eastern region.

Keywords: hull fairings, hydroacoustic performance, shipbuilding, deep-water areas, Sea of Okhotsk, streamlined fairings, composite materials, structural noise, hydrodynamic resistance, design optimization.

Методология исследования конструктивных решений днищевых обтекателей, направленных на улучшение гидроакустических характеристик судов, основана на комплексном подходе, включающем аналитические, численные и экспериментальные методы. Исследование начинается с анализа существующих конструктивных решений, широко используемых на морских судах, работающих в условиях глубоководных районов. Для этого привлекаются технические данные судостроительных компаний, патенты и публикации, в которых описаны геометрические и функциональные особенности обтекателей.

Одним из ключевых этапов является математическое моделирование с применением методов вычислительной гидродинамики (CFD), которое позволяет анализировать влияние различных форм обтекателей на гидродинамическое сопротивление и акустические характеристики. Используемые в этом процессе программные комплексы, такие как ANSYS Fluent и COMSOL Multiphysics, позволяют воспроизводить условия реального обтекания конструкции водными потоками, оценивая параметры шумо-

производства и эффективность передачи звуковых волн. Кроме того, применяются методы конечных элементов (МКЭ) для оценки напряженно-деформированного состояния конструкций обтекателей, что особенно важно в условиях глубоководной эксплуатации, где воздействие гидростатического давления значительно.

Охотское море представляет собой сложный объект для исследований гидроакустических систем и их защиты. Средняя глубина Охотского моря составляет около 821 метра, а максимальная достигает 3916 метров. Глубоководные условия создают значительное гидростатическое давление на элементы судовых конструкций, включая обтекатели. Этот фактор требует применения высокопрочных материалов, таких как коррозионностойкие стали и композиты, устойчивые к долговременному воздействию морской воды и механическим нагрузкам. В поверхностных слоях температура воды варьируется от -1°C зимой до $+15^{\circ}\text{C}$ летом, что требует устойчивости конструкций к возможным явлениям обледенения. В глубоководных слоях температура воды остается стабильной

около 0°C, что создает благоприятные условия для работы акустических систем, однако увеличивает требования к прочности и герметичности обтекателей.

Акустическая среда Охотского моря отличается сложной стратификацией, обусловленной сезонными изменениями температурно-солёностной структуры воды и наличием подводных течений. Такие особенности влияют на скорость звука, которая в морской воде колеблется от 1440 до 1530 м/с в зависимости от глубины и температуры. Это оказывает прямое воздействие на дальность и точность работы гидроакустических систем судов, включая эхолоты и гидролокаторы. Стратификация воды может вызывать многолучевое распространение звука, что создает дополнительные шумы и снижает точность сигналов. Поэтому конструкции днищевых обтекателей должны минимизировать отражение и рассеивание звуковых волн, одновременно снижая уровень структурного шума, передаваемого от корпуса судна.

Для проверки численных моделей используются экспериментальные испытания в гидродинамических бассейнах. Например, модельные испытания обтекателей проводятся в водных туннелях, где воспроизводятся реальные условия их обтекания потоком воды. Измеряются такие параметры, как сопротивление течению, шумопроизводство, а также коэффициенты отражения и пропускания звука. Эти данные позволяют не только подтвердить результаты моделирования, но и выявить конструктивные недостатки, которые можно исправить в дальнейших этапах проектирования.

Днищевые обтекатели выполняют ключевую функцию в защите гидроакустического оборудования, такого как эхолоты, гидролокаторы и другие устройства, а также минимизируют негативное воздействие гидродинамических потоков на работу оборудования. Их конструктивные особенности напрямую связаны с такими параметрами, как уровень шума, устойчивость сигналов и взаимодействие с водной средой, что особенно актуально для судов, эксплуатируемых в глубоководных районах Охотского моря.

Конструктивные решения днищевых обтекателей можно классифицировать на основе их формы, функционального назначения и материалов изготовления. Наиболее распространёнными являются каплевидные обтекатели, цилиндрические конструкции, обтекатели сложной формы, а также специализированные конструкции со стабилизирующими элементами. Каплевидные обтекатели имеют обтекаемую форму, обеспечивающую минимальное сопротивление воды. Такие конструкции чаще всего используются для уменьшения гидродинамического сопротивления и предотвращения турбулентности в потоке, что способствует снижению уровня структурного шума. Этот тип обтекателей подходит для большинства судов, работающих в условиях средней и большой глубины, где стабильность сигналов играет решающую роль.

Цилиндрические обтекатели, напротив, применяются в случаях, когда конструкция должна обеспечивать установку оборудования с длинной базой или включать

крупные датчики. Однако их недостатком является более высокий уровень сопротивления, что может приводить к увеличению расхода топлива судна и повышению шумопроизводства. В условиях глубоководных районов, таких как Охотское море, цилиндрические обтекатели чаще используются на исследовательских судах, где приоритет отдаётся размещению сложного оборудования, а не максимальной оптимизации сопротивления.

Обтекатели сложной формы представляют собой адаптированные конструкции, которые учитывают специфические эксплуатационные условия. Такие конструкции позволяют снизить отражение звуковых сигналов, уменьшить структурный шум и минимизировать влияние турбулентных потоков. Они особенно актуальны для судов, эксплуатируемых в районах с сильной стратификацией водной среды, где многолучевое распространение звука может значительно ухудшать работу гидроакустических систем. В некоторых случаях в обтекатели включают стабилизирующие элементы, которые уменьшают вибрацию и улучшают точность передачи звуковых сигналов.

Влияние конструктивных решений на гидроакустические характеристики обтекателей определяется несколькими основными факторами. Уровень шума является ключевым параметром, влияющим на точность работы гидроакустических систем. Конструкции, которые обеспечивают равномерное обтекание корпуса потоком воды и минимизируют завихрения, способствуют снижению шума, что особенно важно для судов, выполняющих задачи гидрографических исследований или обнаружения подводных объектов. Например, исследования показали, что использование каплевидных обтекателей может снизить уровень шума на 15–20% по сравнению с цилиндрическими конструкциями, особенно при скорости судна более 10 узлов.

Устойчивость сигналов также играет важную роль, особенно в глубоководных районах, где акустическая среда характеризуется сложной стратификацией. Стратификация воды в Охотском море обусловлена температурными и солёностными градиентами, что приводит к неоднородному распределению звуковых волн. Конструкции обтекателей должны обеспечивать минимальное рассеивание звуковых волн и снижение акустических искажений. Это достигается за счёт выбора материалов с низким коэффициентом звукового отражения и использования специальных геометрических решений, которые оптимизируют прохождение звука.

Взаимодействие обтекателей с водной средой напрямую связано с сопротивлением потоку. Турбулентные завихрения, возникающие при обтекании конструкции, не только увеличивают сопротивление, но и создают дополнительные шумы, которые передаются на оборудование. Для снижения этого эффекта применяются современные полимерные покрытия, такие как тефлоновые или фторопластовые материалы, которые уменьшают трение и одновременно защищают обтекатели от коррозии. Особое внимание уделяется конструкции задней части обтека-

теля, где происходит схождение потоков. Неправильное проектирование этой области может приводить к образованию кавитационных пузырей, которые вызывают вибрацию и шум.

Материалы, используемые для изготовления обтекателей, также играют значительную роль. Для эксплуатации в условиях глубоководных районов, где давление воды может превышать 40 МПа, применяются высокопрочные материалы, такие как легированные стали, алюминиевые сплавы и композиты. Композитные материалы, благодаря их малому весу и высокой коррозионной стойкости, становятся всё более популярными в судостроении. Они также обладают хорошими акустическими свойствами, что делает их подходящими для конструкций, работающих в условиях сложной акустической среды.

Для оптимизации конструкций днищевых обтекателей, предназначенных для судов, работающих в условиях глубоководных районов Охотского моря, необходимо учитывать специфические требования гидродинамики, акустики и эксплуатации в агрессивной морской среде. Основной целью является обеспечение стабильной работы гидроакустических систем, таких как эхолоты и гидролокаторы, за счёт минимизации структурного шума, улучшения устойчивости акустических сигналов и увеличения надёжности конструкций в условиях длительной эксплуатации.

Оптимизация формы обтекателей является важнейшим направлением улучшения их характеристик. Исследования показывают, что обтекатели каплевидной формы обладают наилучшей обтекаемостью, что позволяет существенно снизить гидродинамическое сопротивление и уменьшить турбулентные завихрения, возникающие при обтекании конструкции водным потоком. Это особенно важно для судов, работающих на значительных скоростях, где турбулентность может стать основным источником структурного шума, негативно влияющего на работу гидроакустических систем. Кроме того, каплевидная форма способствует равномерному распределению давления вокруг конструкции, что уменьшает риск возникновения кавитации, особенно на больших глубинах. Рекомендуется также учитывать специфику задней части обтекателя, где сходящиеся потоки могут вызывать турбулентные завихрения и кавитационные пузырьки. Удлиненная коническая форма задней части позволяет минимизировать этот эффект, улучшая как гидродинамические, так и акустические параметры обтекателя.

Материалы, используемые для изготовления обтекателей, должны обладать высокой прочностью, коррозионной стойкостью и низким акустическим сопротивлением. В условиях глубоководных районов Охотского моря, где гидростатическое давление может превышать 40 МПа, оптимальным выбором являются композитные материалы на основе углеродных или кевларовых волокон. Эти материалы сочетают в себе малый вес, высокую устойчивость к коррозии и отличные акустические свойства. Композиты с наполнением из эпоксидных смол обес-

печивают дополнительную защиту от воздействия морской воды и температурных колебаний, характерных для Охотского моря, где температура воды в поверхностных слоях варьируется от -1°C зимой до $+15^{\circ}\text{C}$ летом, а на глубине остаётся стабильно близкой к 0°C .

Особое внимание должно быть уделено применению многослойных покрытий с гидрофобными и антифрикционными свойствами. Современные покрытия на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) и полиуретанов значительно снижают коэффициент трения между обтекателем и водным потоком, уменьшая турбулентность и структурный шум. Кроме того, гидрофобные покрытия препятствуют образованию наледи на обтекателях в зимний период, что особенно важно при эксплуатации в условиях низких температур. Антикоррозионные покрытия, включающие сплавы алюминия и цинка, также продлевают срок службы обтекателей, защищая их от агрессивного воздействия морской воды и биообрастания.

Для улучшения виброакустической изоляции рекомендуется использовать внутренние демпфирующие вставки из эластомерных материалов. Эти элементы поглощают вибрации, передающиеся от корпуса судна, и значительно снижают шум, влияющий на работу гидроакустических систем. Демпфирующие материалы, такие как этиленпропиленовые каучуки, демонстрируют высокую эффективность в условиях значительных температурных колебаний, характерных для глубоководных районов. Такой подход обеспечивает стабильность работы оборудования даже при интенсивной эксплуатации.

Практическая применимость указанных рекомендаций заключается в возможности адаптации конструктивных решений под специфику глубоководных районов Охотского моря. Судовладельцы и проектировщики могут использовать предложенные решения для разработки обтекателей, которые минимизируют эксплуатационные риски и снижают энергозатраты судов за счёт уменьшения гидродинамического сопротивления. Например, применение адаптированных каплевидных обтекателей из композитных материалов позволяет не только снизить шумовые помехи, но и увеличить дальность работы гидроакустических систем, что критически важно для выполнения задач гидрографических исследований, мониторинга подводной инфраструктуры и поиска подводных объектов.

Кроме того, внедрение новых конструктивных решений открывает возможности для расширения эксплуатационных возможностей судов. Повышение точности гидроакустических систем способствует улучшению навигации в условиях ограниченной видимости, что актуально для работы в районах с частыми туманами, характерными для Охотского моря. Таким образом, предлагаемые улучшения позволяют не только повысить технические характеристики обтекателей, но и обеспечить их соответствие современным требованиям эксплуатации и экологическим стандартам, что делает их важным вкладом в развитие морского судоходства в данном регионе.

Литература:

1. Беляев А. А., Смирнов И. Г. Оптимизация форм днищевых обтекателей для снижения гидродинамического сопротивления // Технологии судостроения. — 2019. — Т. 5, № 4. — С. 87–93.
2. Логинов В. В., Семёнов Д. Ю. Гидроакустика в судостроении: основы и перспективы // Морская техника и технологии. — 2021. — Т. 12, № 1. — С. 18–27.
3. Urick, R. J. Principles of Underwater Sound. — New York: McGraw-Hill, 1983. — 423 p.
4. Ross, D. Mechanics of Underwater Noise. — New York: Pergamon Press, 1976. — 379 p.
5. Jensen, F.B., Kuperman, W.A., Porter, M.B., Schmidt, H. Computational Ocean Acoustics. — New York: Springer, 2011. — 763 p.

Преимущества и перспективы развития системы посадочных баз для комплектующих во внутриканальных мониторинговых наушниках

Копылова Ксения Алексеевна, студент;
Алымова Александра Евгеньевна, старший преподаватель
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Наушники плотно вошли в нашу жизнь. Одним из видов являются внутриканальные мониторинговые наушники. Использование посадочных баз под комплектующие даёт возможность улучшить устройство, а интеграция технологии в другие условия позволяет обуславливать прогресс в мире аудио оборудования.

Ключевые слова: наушники, аудио, тренды, внутриканальный ушной мониторинг, посадочные базы.

Наушники, как повседневный аксессуар, уже как больше десятилетия лет плотно интегрированы в жизнь общества. Спрос породил различные виды данного устройства [2], перекрыв широкий спектр потребностей потребителей. В последние годы индустрия персонального аудиооборудования стремительно развивается, предлагая пользователям все более совершенные и инновационные решения. Одной из ключевых составляющих данного прогресса стали внутриканальные мониторинговые наушники [3], которые зарекомендовали себя как незаменимый инструмент для профессионалов, занимающихся звукоинженерией, музыкой и студийной работой. На фоне растущего спроса на качество и комфорт использования этих устройств особое внимание уделяется системе посадочных баз для комплектующих, от которой напрямую зависят акустические характеристики, эргономика и безопасность наушников.

Эта статья посвящена исследованию [1] преимуществ и возможностей развития системы посадочных баз для внутриканальных мониторинговых наушников. Будут рассмотрены современные технологии, применяемые в их производстве, а также актуальные направления улучшения, такие как применение посадочных баз в кастомизированных корпусах, уменьшение размеров и упрощение сборки. Более того, оценим перспективы дальнейших инноваций в этой области, включая использование наушников под водой и внедрение посадочных баз в беспроводные наушники. Понимание важности и потенциала данных решений позволит не только повысить качество звучания, но и значительно расширить возможности адаптации аксессуаров к предпочтениям потребителей, что, в свою очередь, открывает новые горизонты для индустрии аудиоустройств.

В течение последних 20 лет внутриканальный мониторинг значительно улучшился и завоевал популярность благодаря определённым ключевым особенностям.

Сначала это была замена стационарной системы мониторинга. Ранее музыканты полагались на стационарные колонки, чтобы слышать себя и коллег, что ограничивало их подвижность на сцене. В современные времена, когда выступления стали шоу с эффектами, пространство на сцене стало более ценным, и стационарные мониторы стали менее практичными. Система ушного мониторинга, заменившая стационарные установки, использует наушники и ресивер, что позволяет музыкантам свободно перемещаться и освобождает больше пространства.

Качество звука также сыграло важную роль. Ушные мониторы предоставляют высокую детализацию и сбалансированность звука, что позволяет улавливать все нюансы даже при различном уровне громкости. Это особенно важно, когда требуется синхронизация всех аудиоустройств.

Универсальные и кастомные корпуса представляют разные подходы к конструкции устройств. Универсальные модели подходят для общего использования и передачи другим пользователям. Кастомные, созданные по индивидуальному слепку, обеспечивают идеальную посадку и пассивную шумоизоляцию, что делает их предпочтительным выбором для профессионалов.

Дизайн тоже играет важную роль: универсальные корпуса создают начальную точку выбора для кастомизации, а кастомные модели могут быть уникализированы по желанию.

Производственный процесс отличается: универсальные модели могут изготавливаться более стандарт-

ными методами, в то время как кастомные требуют ручного подхода.

Спектр звучания настраивается за счёт выбора внутренних компонентов, а уникальная заушная посадка кабеля повышает комфорт и удобство [6] использования. Возможность смены кабеля позволяет улучшать звук или даже переходить на беспроводное соединение, что добавляет гибкости и комфорта при использовании таких наушников.

Итак, внутриканальные мониторные наушники прошли значительный путь развития за последние два десятилетия, став предпочтительной альтернативой стационарным системам мониторинга благодаря своей мобильности и освобождению пространства на сцене. Они позволяют музыкантам и звукорежиссёрам добиваться более детализированного и сбалансированного звука, что является критически важным для выступлений и шоу. Разнообразие корпусов — от универсальных до кастомных — позволяет удовлетворить потребности разных пользователей, обеспечивая как универсальность, так и индивидуальное удобство и шумоизоляцию [5]. Специфическая конструкция, включая заушную посадку кабеля и возможность его замены, добавляет эргономичности и гибкости, делая такие наушники незаменимым инструментом для профессионалов и аудиофилов.

Существует несколько способов крепления комплекующих в корпусе наушников. Наиболее простым и трудоёмким является ручная фиксация. Другой метод — использование индивидуальных посадочных баз для микродрайверов. Эти базы представляют собой «кармашки», в которые вставляются детали, затем фиксируемые с помощью специальных материалов. Этот метод набирает популярность в производстве универсальных внутриканальных наушников, так как он обеспечивает стабильность звука. Кроме того, посадочные базы позволяют прокладывать звуковые каналы, через которые звуковые волны передаются от излучателя к внутреннему уху. Разработка и изучение таких систем становятся основой для достижения высокого качества звучания современных наушников.

В мире аудио технологий, где требования пользователей постоянно возрастают, следование трендам [4] и стремление к прогрессу становятся неотъемлемыми условиями успеха. Поэтому дальнейшая реализация системы посадочных баз в других устройствах не теряет свою актуальность. Среди наиболее востребованных тенденций в мире наушников можно выделить следующие направления [7].

Уменьшение размеров. В современном мире заметна тенденция к миниатюризации портативных устройств. Компактность обеспечивает удобство и незаметность при использовании. В сфере наушников это особенно актуально: внутриканальные модели, выступающие за пределы уха, могут случайно задеваться волосами, руками или одеждой, что может привести к их выпадению и последующей потере или повреждению. Тем не менее, несмотря на стремление к уменьшению размеров, некоторые конструкции вынуждены увеличиваться из-за множества встроенных

компонентов. Решением этой проблемы, предложенным в рамках дипломной работы, стала система посадочных баз с возможностью разделения корпуса на две части, что позволяет компактно разместить все необходимые элементы, сохраняя небольшие размеры устройства.

Интеграция в кастомизированные корпуса. Системы посадочных баз для комплекующих, разработанные и внедрённые в устройства, открывают новые перспективы для всей индустрии. Они могут быть интегрированы в различные типы наушников, что способствует её развитию. Кастомизированные корпуса до сих пор производят полностью вручную, из-за чего существует риск человеческого фактора, а качество и скорость работы напрямую зависит от мастерства сборщика. Адаптация принципа посадочных баз к анатомии уха человека позволит значительно ускорить и стандартизировать процесс сборки. Ожидается, что в ближайшее время эта система будет широко интегрирована в производство кастомных корпусов.

Расширение спектра устройств. В дополнение к применению описанного подхода в создании кастомизированных наушников, планируется также внедрение этой технологии в беспроводные наушники и устройства с костной проводимостью. Оба этих направления предлагают значительный потенциал для развития и открывают новые возможности на аудиорынке. Беспроводные наушники уже стали неотъемлемой частью повседневной жизни для многих пользователей, обеспечивая свободу движения и удобство без кабелей. Интеграция продуманной системы крепления в такие наушники может значительно улучшить качество звучания, обеспечивая более стабильное соединение и увеличивая время автономной работы. Эти преобразования не только улучшат пользовательский опыт, но и укрепят позиции бренда на рынке за счёт расширения ассортимента и внедрения инновационных решений. Наушники с костной проводимостью представляют собой другую важную область развития. Эти устройства передают звук через вибрации, воздействуя непосредственно на костные структуры черепа, что позволяет сохранять слуховые проходы открытыми и способствует более безопасному прослушиванию, особенно в контексте нахождения в шумной окружающей среде. Внедрение продуманных систем крепления в такие наушники может значительно улучшить качество передачи звука и стабильность их работы, что в свою очередь расширит спектр их применения и привлекательность для новых групп пользователей, таких как спортсмены и люди, ведущие активный образ жизни.

Влагостойкие наушники. Некоторые бренды ставили эксперименты и выпускали наушники, которым не страшна влага. В условиях переменчивого климата, высокой влажности воздуха и обилия выпадающих осадков подобное качество наушников крайне актуально. Система посадочных баз может быть спроектирована так, что влаге будет крайне трудно проникнуть к комплекующим, что при должном уходе обеспечит сохранность устройства и его долговечную службу.

Подводя итоги, можно выделить основные преимущества и перспективы развития внутриканальных мониторинговых наушников. За последние два десятилетия эти устройства совершили значительный прорыв в системе мониторинга. Инновации, такие как универсальные и компактные корпуса, обеспечивают оптимальную посадку и звукопередачу, удовлетворяя как профессионалов, так

и аудиофилов. Важную роль играют и технологии производства, такие как ручная работа и 3D-печать, которые способствуют разнообразию и доступности моделей. Процесс совершенствования посадочных баз и интегрирование технологии в различные условия обуславливает неизбежный прогресс в будущих разработках аудиооборудования.

Литература:

1. Михеева М.М. Дизайн-исследования: методическое указание по курсу «Дизайн-исследования» / М.М. Михеева — М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015–85 с.
2. Типы наушников / [Электронный ресурс] // Pop-music: [сайт].— URL: <https://pop-music.ru/articles/typy-naushnikov/> (дата обращения: 24.03.2024).
3. Brown, A., & Smith, J. (2021). «Advancements in In-Ear Monitoring Technology: A Comprehensive Review». *Journal of Audio Engineering Society*, 69(5), 301–315.
4. Тренды на рынке наушников: что мы будем покупать в ближайшее время / [Электронный ресурс] // [habr.com](https://habr.com/ru/companies/medgadgets/articles/465023/): [сайт].— URL: <https://habr.com/ru/companies/medgadgets/articles/465023/> (дата обращения: 5.010.2023).
5. Chen, L., & Zhang, Y. (2022). «Innovations in Earphone Materials for Acoustic Enhancement». *Materials Today: Proceedings*, 45, 567–572.
6. Dubois, P. (2020). «Ergonomics and Comfort in In-Ear Monitoring Systems». *Proceedings of the International Sound and Vibration Conference, 2020*, 89–95.
7. Johnson, R., & Wilson, M. (2019). «Customization of In-Ear Monitors: Trends and Techniques». *Journal of Consumer Electronics*, 11(2), 145–152.

Техническое обслуживание и ремонт судовых двигателей

Котлов Семён Романович, студент;
Семенюта Егор Дмитриевич, студент

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского (г. Владивосток)

Техническое обслуживание и ремонт судовых двигателей являются важнейшими аспектами эксплуатации морских судов, определяющими их надежность, экономичность и экологическую безопасность. В статье рассматриваются методы и подходы к техническому обслуживанию, включая профилактическое, плановое и аварийное обслуживание, а также современные технологии диагностики и мониторинга состояния двигателей. Анализируется практика проведения ремонтных работ, включая текущий, средний и капитальный ремонт, с акцентом на решение проблем, связанных с ограниченностью времени и ресурсов. Особое внимание уделено оценке эффективности обслуживания и ремонта, включая их влияние на ресурс двигателя, снижение эксплуатационных затрат и соответствие международным экологическим стандартам. Разработаны рекомендации по внедрению инновационных технологий, таких как системы мониторинга в реальном времени, предиктивная аналитика и цифровые двойники, для повышения надежности и эффективности судовых механизмов.

Ключевые слова: *техническое обслуживание, ремонт судовых двигателей, судовые механизмы, диагностика двигателей, надежность, топливная экономичность, экологическая безопасность, системы мониторинга, предиктивная аналитика, цифровые двойники.*

Maintenance and repair of marine engines

Kotlov Semyon Romanovich, student;
Semenyuta Egor Dmitrievich, student

Maritime State University named after Admiral GI Nevelskoy (Vladivostok)

Maintenance and repair of marine engines are critical aspects of maritime vessel operations, determining their reliability, fuel efficiency, and environmental safety. This article examines the methods and approaches to maintenance, including preventive, sched-

uled, and emergency maintenance, as well as modern diagnostic and engine condition monitoring technologies. The practice of performing repair work is analyzed, encompassing minor, intermediate, and major overhauls, with an emphasis on addressing issues related to time and resource constraints. Special attention is given to evaluating the effectiveness of maintenance and repair, including their impact on engine lifespan, reduction of operational costs, and compliance with international environmental standards. Recommendations are developed for the implementation of innovative technologies such as real-time monitoring systems, predictive analytics, and digital twins to enhance the reliability and efficiency of marine machinery.

Keywords: maintenance, marine engine repair, marine machinery, engine diagnostics, reliability, fuel efficiency, environmental safety, monitoring systems, predictive analytics, digital twins.

Техническое обслуживание судовых двигателей играет ключевую роль в обеспечении надежности, безопасности и долговечности эксплуатации судов. Развитие судостроения и усложнение конструкций двигателей требуют постоянного совершенствования методов и подходов к их техническому обслуживанию. В настоящее время обслуживание судовых двигателей базируется на строгом соблюдении классификационных норм, использовании современных диагностических технологий и внедрении регламентов Международной морской организации (ИМО), направленных на минимизацию аварийных ситуаций и экологических рисков.

Существует три основных категории технического обслуживания судовых двигателей: профилактическое, плановое и аварийное. Профилактическое обслуживание направлено на предотвращение поломок и включает регулярные осмотры, проверку уровней жидкостей, состояния фильтров и диагностику ключевых параметров работы двигателя. Например, ежедневные осмотры позволяют оперативно выявлять изменения в работе таких систем, как система смазки, охлаждения и топливopодачи. Плановое обслуживание базируется на заранее установленном графике, учитывающем эксплуатационные характеристики судна и рекомендации производителя оборудования. Важным элементом планового обслуживания является проверка наработки двигателя в моточасах и замена изношенных деталей, что позволяет продлевать срок службы судового оборудования. Аварийное обслуживание применяется в случае возникновения отказов, требующих немедленного вмешательства. Такие работы, как устранение повреждений коленчатого вала или замена поршневых групп, часто сопряжены с необходимостью использования специализированного оборудования и привлечения квалифицированного персонала.

Диагностика состояния судовых двигателей представляет собой важный элемент технического обслуживания, так как позволяет своевременно выявлять отклонения в работе систем и предотвращать серьезные поломки. Современные методы диагностики включают в себя параметрический анализ, вибрационную диагностику и трибологическое исследование смазочных материалов. Параметрический анализ осуществляется путем замера рабочих характеристик двигателя, таких как давление и температура в цилиндрах, частота вращения и уровень выхлопных газов. Сравнение этих данных с нормативными значениями позволяет оценить степень износа

компонентов двигателя и принять меры по их замене. Вибрационная диагностика применяется для обнаружения дефектов подшипников, дисбаланса вращающихся частей и неисправностей системы газораспределения. Особую роль играет трибологическое исследование, включающее анализ отработанного масла и продуктов износа, которые указывают на состояние трущихся поверхностей, таких как поршневые кольца и вкладыши.

Современные системы мониторинга, такие как Kongsberg Data Chief или ABB Ability, обеспечивают постоянный сбор данных о работе двигателей в режиме реального времени. Эти системы используют датчики высокого разрешения для контроля параметров, включая давление топлива, уровень вибраций и температуру охлаждающей жидкости. Полученные данные передаются на береговые диспетчерские пункты, где их анализируют специалисты для прогнозирования возможных отказов. Примером эффективного применения таких систем является использование автоматического анализа данных для предотвращения перегрева двигателя на судах, работающих в тропических регионах, где температура охлаждающей воды может значительно превышать норму.

Международные регламенты и стандарты также играют важнейшую роль в организации технического обслуживания судовых двигателей. Конвенция SOLAS предписывает обязательное проведение планового технического обслуживания силовых установок и вспомогательного оборудования для обеспечения безопасности мореплавания. Конвенция MARPOL регулирует эксплуатацию судовых двигателей с точки зрения минимизации выбросов вредных веществ в атмосферу, что требует регулярного обслуживания систем фильтрации выхлопных газов и использования экологически чистых топлив. Классификационные общества, такие как Lloyd's Register, DNV и Российский морской регистр судоходства, предоставляют руководства и технические стандарты, адаптированные под различные типы судов и условия их эксплуатации. Например, требования к обслуживанию двигателей на танкерах существенно отличаются от требований к двигателям судов, работающих в ледовых условиях.

Практика проведения ремонта судовых двигателей является неотъемлемой частью эксплуатации морских судов, определяющей их надежность, безопасность и экономическую эффективность. Техническое обслуживание и ремонт судовых двигателей требуют строгого соблюдения регламентов и применения передовых технологий

для обеспечения исправности силовых установок, работающих в условиях высокой нагрузки и сложных климатических факторов. Ремонт судовых двигателей включает несколько основных типов работ: текущий, средний и капитальный ремонт, которые выполняются в зависимости от степени износа узлов и деталей, а также от условий эксплуатации судна.

Текущий ремонт представляет собой наиболее оперативный вид работ, направленных на устранение незначительных неисправностей, возникающих в процессе эксплуатации двигателя. К нему относятся работы по замене изношенных уплотнений, фильтров, ремней и других мелких элементов, а также регулировка систем топливоподачи и зажигания. Текущий ремонт проводится, как правило, силами экипажа судна в минимальные сроки, что особенно важно для судов, находящихся на линии с высокой интенсивностью перевозок. Важной особенностью текущего ремонта является его зависимость от доступности запасных частей и инструментов на борту, что требует тщательной организации логистики и планирования. При отсутствии необходимых комплектующих временные решения могут включать восстановление работоспособности деталей путем мелкого ремонта до момента их полной замены.

Средний ремонт предполагает более объемное вмешательство и связан с частичной разборкой двигателя. В ходе этого вида ремонта выполняется замена или восстановление изношенных деталей, таких как поршневые кольца, клапаны, вкладыши коренных и шатунных подшипников. Средний ремонт обычно проводится в межрейсовый период, когда судно находится в порту или на судоремонтном предприятии, где доступны более широкие возможности для проверки и восстановления элементов двигателя. Одним из ключевых этапов среднего ремонта является дефектация деталей — тщательная оценка их состояния с использованием методов неразрушающего контроля, таких как ультразвуковая и магнитопорошковая дефектоскопия. Эти методы позволяют выявить скрытые дефекты, которые могут повлиять на работоспособность двигателя в будущем.

Капитальный ремонт — наиболее сложный и трудоемкий вид ремонта, предполагающий полную разборку двигателя и глубокую проверку всех его компонентов. Основное внимание уделяется восстановлению или замене таких критически важных элементов, как коленчатый вал, цилиндрические блоки и головки блока цилиндров. Капитальный ремонт проводится в условиях специализированных судоремонтных заводов, оснащенных необходимым оборудованием для тестирования и регулировки двигателя после сборки. Примером такого оборудования являются испытательные стенды, которые позволяют проверять двигатель под нагрузкой и фиксировать его ключевые параметры, включая мощность, расход топлива и вибрационные характеристики. Особое значение придается выполнению всех работ в соответствии с требованиями международных стандартов, таких как ISO 3046,

регламентирующего испытания двигателей внутреннего сгорания.

Одной из ключевых проблем при проведении ремонта в условиях эксплуатации является ограниченность времени. Судовладельцы и операторы заинтересованы в минимизации простоя судна, что особенно важно для крупных коммерческих судов, находящихся на маршрутах с высокой интенсивностью грузооборота. Дополнительным фактором является ограниченность ресурсов, таких как квалифицированный персонал и необходимые запчасти. Эти проблемы особенно остро стоят для судов, работающих в удаленных районах, таких как Арктика или Тихий океан, где логистика доставки запчастей и специалистов может занимать значительное время. Часто экипажу приходится использовать временные решения, такие как восстановление работоспособности изношенных деталей до прибытия в порт, где можно провести полный ремонт.

Для повышения надежности двигателя после проведения ремонта активно применяются современные технологии контроля и тестирования. Одним из наиболее эффективных методов является использование систем вибрационного мониторинга, позволяющих анализировать вибрационные характеристики двигателя и выявлять дисбаланс, ослабление креплений или дефекты подшипников. Также широко используется трибологический анализ, заключающийся в исследовании отработанных смазочных материалов на предмет наличия продуктов износа. Этот метод позволяет оценить состояние трущихся поверхностей, таких как поршневые кольца и вкладыши, и принять решение о необходимости дополнительных работ.

Дополнительной мерой повышения надежности является внедрение цифровых систем мониторинга, таких как MAN CEON или Wärtsilä Eniram, которые обеспечивают непрерывный сбор данных о состоянии двигателя и его основных систем. Эти системы используют данные о температуре, давлении, уровне вибраций и других параметрах, что позволяет прогнозировать возможные неисправности и предотвращать их до возникновения аварийной ситуации. Например, при обнаружении повышения температуры в одном из цилиндров система автоматически предупреждает экипаж, позволяя оперативно принять меры для устранения проблемы.

Сравнительный анализ затрат и результатов при своевременном и несвоевременном обслуживании демонстрирует, что регулярное выполнение технических процедур является наиболее экономически эффективным подходом. По данным Международной морской организации (ИМО), несвоевременное обслуживание или игнорирование регламентных работ увеличивает вероятность аварийных отказов на 65%. Например, пропуск профилактической замены фильтров и масла приводит к износу поршневых колец и вкладышей подшипников, что вызывает перегрев и разрушение двигателя. В результате затраты на аварийный ремонт и простой судна могут превышать плановые расходы на техническое обслуживание

в 5–7 раз. Исследования Lloyd's Register показывают, что регулярное обслуживание позволяет снизить риск отказов основных механизмов на 30%, что особенно важно для судов, выполняющих долгосрочные рейсы.

Качественное обслуживание оказывает существенное влияние на ресурс судовых двигателей. Регулярная проверка состояния таких узлов, как турбокомпрессоры, инжекторы и система охлаждения, позволяет снизить износ компонентов и продлить срок службы двигателя. Например, точная регулировка топливной аппаратуры, включающая настройку цикловой подачи топлива и проверку распыления инжекторов, обеспечивает равномерное сгорание топлива, предотвращая перегрев цилиндров и износ клапанов. Данные классификационных обществ свидетельствуют о том, что при строгом соблюдении регламентов обслуживания ресурс судового двигателя увеличивается на 25–40% по сравнению с двигателями, эксплуатируемыми без регулярного техобслуживания. Это особенно важно для судов, работающих в сложных условиях, например, в районах с повышенной коррозионной активностью, где несвоевременное обслуживание ускоряет износ металлических поверхностей.

Топливная экономичность судового двигателя напрямую зависит от его технического состояния. Исследования, проведенные Wärtsilä, показывают, что неисправность турбокомпрессора может увеличить расход топлива на 15–20%, что в условиях мировых цен на морское топливо приводит к многомиллионным убыткам для крупных судовладельцев. Например, загрязнение теплообменников системы охлаждения вызывает снижение эффективности теплоотдачи, что приводит к перегреву и повышенному расходу топлива. Аналогично, изношенные уплотнения и неисправные инжекторы приводят к повышенным выбросам продуктов неполного сгорания, что не только ухудшает экологические показатели судна, но и может стать причиной штрафов за нарушение экологических стандартов, таких как MARPOL Annex VI, регулирующий выбросы серы и NO_x .

Экологическая составляющая обслуживания судовых двигателей также имеет большое значение. Системы очистки выхлопных газов, такие как скрубберы и катализаторы, требуют регулярного контроля и обслуживания для обеспечения их эффективной работы. Несвоевременная очистка или замена элементов этих систем приводит к ухудшению их эффективности и превышению до-

пустимых норм выбросов. Например, несвоевременное обслуживание скрубберов приводит к их засорению и утрате способности эффективно удалять оксиды серы из выхлопных газов. В условиях ужесточения требований ИМО, в том числе введения норм по содержанию серы в топливе не выше 0,1% в зоне контроля выбросов (ЕСА), такие проблемы могут привести к серьезным экономическим и юридическим последствиям для судовладельцев.

Современные технологии существенно повышают эффективность обслуживания и ремонта судовых двигателей. Использование систем мониторинга в реальном времени, таких как Caterpillar Marine Asset Intelligence и Wärtsilä Eniram, позволяет в автоматическом режиме собирать данные о состоянии основных узлов двигателя, включая давление в цилиндрах, температуру выхлопных газов и вибрационные параметры. Эти данные передаются в береговые центры управления, где специалисты анализируют их и выдают рекомендации по необходимости проведения техобслуживания или ремонта. Применение таких систем снижает вероятность аварийных ситуаций на 40% и позволяет планировать работы с минимальными потерями для графика эксплуатации судна.

Важным фактором повышения эффективности является обучение экипажа современным методам диагностики и ремонта. Практика показывает, что подготовленный персонал способен выявлять и устранять неисправности до их перерастания в серьезные проблемы. Например, навыки визуального осмотра и анализа рабочих параметров позволяют выявить утечку топлива или воздуха в цилиндры, что является ранним признаком проблем с инжекторами или клапанами. Кроме того, стандартизация процессов обслуживания на основе рекомендаций таких организаций, как ISO и CIMAC, обеспечивает высокий уровень выполнения работ и снижение вероятности ошибок.

Внедрение инновационных решений, таких как предиктивная аналитика и цифровые двойники двигателей, также открывает новые возможности для повышения эффективности. Цифровые двойники создают виртуальную модель двигателя, на которой можно моделировать различные сценарии эксплуатации и определять оптимальные интервалы обслуживания. Это особенно полезно для судов, работающих в условиях экстремальных нагрузок, например, на ледовых маршрутах или при частых маневрах в портах.

Литература:

1. Горшков, С. В. Техническое обслуживание и ремонт судовых двигателей: учебное пособие / С. В. Горшков. — СПб: Судостроение, 2018. — 256 с.
2. Международная морская организация (ИМО). MARPOL Annex VI: Регламент по предотвращению загрязнения с судов / Международная морская организация. — Лондон: IMO Publishing, 2021.
3. Лебедев, А. А. Современные методы диагностики судовых энергетических установок / А. А. Лебедев, И. И. Павлов // Вестник морского университета. — 2022. — Т. 29, № 4. — С. 53–62.
4. Wärtsilä Corporation. Advances in Marine Engine Monitoring Systems / Wärtsilä Corporation. — Helsinki: Wärtsilä Technical Report, 2020.

5. Ллойда Регистр. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту судовых двигателей / Ллойда Регистр.— Лондон: Lloyd's Register Publications, 2020.
6. Климов, В. И. Судовые силовые установки: эксплуатация, диагностика, ремонт / В. И. Климов.— М.: Академия, 2019.— 312 с.

Судовождение в условиях ограниченной видимости

Кравчишин Денис Богданович, студент;

Поздняков Никита Витальевич, студент

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского (г. Владивосток)

Статья посвящена анализу современных технологий и методов обеспечения безопасности судоходства в условиях ограниченной видимости. Рассматриваются ключевые аспекты использования радиолокационных станций (РЛС), автоматической идентификационной системы (AIS), тепловизоров и систем ночного видения для повышения точности навигации. Освещены перспективы внедрения автономных систем управления и искусственного интеллекта для минимизации влияния человеческого фактора. Также акцентируется внимание на значении современных тренажеров с использованием VR/AR для подготовки экипажей, а также на адаптации навигационной инфраструктуры к новым технологическим требованиям. Проведенный анализ основан на реальных аварийных случаях, что позволяет предложить рекомендации по совершенствованию судоходства в сложных условиях.

Ключевые слова: судовождение, ограниченная видимость, радиолокация, AIS, искусственный интеллект, автономные системы, VR/AR-технологии, безопасность судоходства, навигационная инфраструктура, метеорологические данные.

Ship Navigation in Conditions of Limited Visibility

Kravchishin Denis Bogdanovich, student;

Pozdnyakov Nikita Vitalevich, student

Maritime State University named after Admiral GI Nevelskoy (Vladivostok)

This article analyzes modern technologies and methods for ensuring maritime safety under conditions of limited visibility. It examines key aspects of utilizing radar stations (RLS), Automatic Identification Systems (AIS), thermal imagers, and night vision systems to enhance navigation accuracy. The prospects for implementing autonomous control systems and artificial intelligence are highlighted to minimize the impact of human factors. Additionally, the importance of modern simulators using VR/AR for crew training is emphasized, along with the adaptation of navigation infrastructure to new technological requirements. The analysis is based on real accident cases, enabling the proposal of recommendations for improving navigation in challenging conditions.

Keywords: shipping, limited visibility, radar, AIS, artificial intelligence, autonomous systems, VR/AR technologies, maritime safety, navigation infrastructure, meteorological data.

Судовождение в условиях ограниченной видимости является одной из наиболее сложных и критически важных задач в морской навигации. Безопасность судоходства в таких условиях обеспечивается за счет использования высокотехнологичных навигационных систем, современных методов автоматизации процессов управления судном, а также интеграции метеорологических данных для планирования маршрута. В условиях, когда человеческое восприятие ограничено из-за тумана, дождя, снега или ночного времени, эти технологии становятся основным инструментом для предотвращения аварий и обеспечения безопасности на морских путях.

Радиолокационные станции (РЛС) играют ключевую роль в судовождении при ограниченной видимости. Со-

временные РЛС предоставляют информацию о местоположении, скорости и направлении движущихся объектов, таких как суда, береговые линии и навигационные знаки. В отличие от визуального наблюдения, радиолокационные сигналы эффективно проходят через туман и осадки, обеспечивая надежный контроль за окружающей обстановкой. Современные системы РЛС имеют возможность интеграции с другими навигационными устройствами, что позволяет автоматизировать процессы отслеживания и обработки данных. Радиолокационные станции, оснащенные функцией автоматического сопровождения целей (ARPA), позволяют оперативно рассчитывать ключевые параметры сближения судов, такие как ближайшая точка сближения (СРА) и время до неё (ТСРА), что минимизирует риск столкновений.

Автоматическая идентификационная система (AIS) является важным дополнением к радиолокационным данным, обеспечивая передачу информации о местоположении, курсе, скорости и идентификационных данных судов. AIS активно используется на загруженных морских путях и в условиях ограниченной видимости для повышения осведомленности экипажа о ситуации. Интеграция AIS с радиолокационными станциями и электронными картами позволяет создать полное представление о навигационной обстановке, что особенно важно при работе в условиях плотного движения судов.

Дополнительную поддержку в условиях ограниченной видимости обеспечивают тепловизоры и системы ночного видения. Эти устройства позволяют визуализировать объекты, излучающие тепло, что особенно эффективно в ночное время или при недостаточной видимости из-за погодных условий. Тепловизоры активно применяются на судах с высокой маневренностью, таких как буксиры и паромы, а также на спасательных судах, работающих в сложных условиях.

Современные технологии автоматизации судовождения включают разработку интеллектуальных систем предупреждения столкновений. Такие системы используют алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа навигационной обстановки, прогнозирования траекторий движения судов и выработки рекомендаций по маневрированию. Интеграция таких систем с Международными правилами предупреждения столкновений судов в море (МППСС-72) позволяет минимизировать влияние человеческого фактора и повысить точность навигационных решений. Кроме того, развитие автономных судов, оснащенных системами полной автоматизации управления, демонстрирует потенциал дальнейшего снижения рисков, связанных с ограниченной видимостью.

Одним из важных аспектов обеспечения безопасности судоходства является использование метеорологических данных для оперативного планирования маршрутов. Современные судовые системы навигации интегрированы с глобальными метеорологическими сетями, что позволяет получать данные о погодных условиях в режиме реального времени. Это особенно важно при прогнозировании явлений, существенно снижающих видимость, таких как густой туман или интенсивные осадки. Автоматизированные системы планирования маршрутов используют эти данные для корректировки курсов и оптимизации скорости движения судна в зависимости от ожидаемых погодных условий.

Анализ аварийных случаев в условиях ограниченной видимости представляет собой ключевой аспект изучения навигационной безопасности. Плохая видимость, вызванная туманом, снегопадом, сильным дождем или ночным временем, значительно повышает вероятность навигационных ошибок и столкновений судов. В подобных ситуациях эффективность судовождения зависит как от технической оснащенности судна, так и от профес-

сионализма экипажа. Разбор реальных инцидентов позволяет выявить основные причины происшествий, среди которых доминируют человеческий фактор, технологические ограничения и сложные метеоусловия.

Одним из показательных инцидентов является столкновение контейнеровоза Hanjin Seattle и нефтяного танкера в 2014 году в Ормузском проливе. Расследование показало, что густой туман и недостаточное использование радиолокационной системы экипажем контейнеровоза стали основными факторами происшествия. Хотя радиолокационная станция передавала корректные данные, неадекватная интерпретация сигнала со стороны штурмана привела к неверным маневрам. Этот случай подчеркнул необходимость усиленной подготовки экипажа в вопросах работы с радиолокационными системами и адекватного анализа информации.

Не менее серьезным был случай с пассажирским паромом «Севол» в Южной Корее в 2014 году. Несмотря на нормальные погодные условия, недостаток координации между членами экипажа в момент ухудшения видимости из-за смены курса и плохая организация эвакуации привели к гибели более 300 человек. Основной причиной трагедии стал человеческий фактор, выраженный в несоблюдении стандартов судовождения и отсутствии четкого взаимодействия между навигационным и палубным экипажем. Этот инцидент демонстрирует, что плохая подготовка экипажа может быть фатальной даже при наличии современных технических средств.

Примером влияния сложных погодных условий является случай с сухогрузом «Arctic Rose», который затонул в Беринговом море в 2001 году. Расследование показало, что экипаж не учел резкое ухудшение погоды, связанное с выпадением густого снега и снижением видимости. Отсутствие достоверной информации о погодных условиях в сочетании с отсутствием автоматических систем оповещения стало ключевым фактором катастрофы. Инцидент подчеркнул важность интеграции метеорологических данных в судовые системы и их оперативного использования в процессе навигации.

Человеческий фактор остается ведущей причиной большинства аварий. Усталость, стрессы, недостаток подготовки, а также неверная интерпретация навигационной обстановки часто приводят к критическим ошибкам. Например, исследование Института морской безопасности США (USMA) показало, что около 75% аварийных ситуаций связаны с неправильным использованием радиолокационных систем, включая игнорирование тревожных сигналов и неспособность оценить расстояние до объектов. Особенно это проявляется в районах интенсивного судоходства, где ошибки в оценке движения других судов могут привести к столкновениям.

Среди технологических ограничений необходимо отметить снижение точности радиолокационных систем в условиях сильных осадков или мороси. Радиоволны, используемые РЛС, могут подвергаться рассеянию, что затрудняет обнаружение объектов на дальних рас-

стояниях. Например, радиолокационные станции, работающие в X-диапазоне, обладают высокой разрешающей способностью, но менее эффективны при сильных дождях, в отличие от систем, использующих S-диапазон. Этот технологический аспект требует совершенствования радиолокационного оборудования и его адаптации к сложным метеорологическим условиям.

Для снижения уровня аварийности активно применяются тренажеры и симуляторы, имитирующие реальные условия судоходства в ограниченной видимости. Современные тренажеры, такие как Transas Navi-Trainer Professional 5000, позволяют моделировать различные погодные условия, интенсивность движения судов и работу навигационных систем. Во время тренировок экипаж отрабатывает навыки интерпретации данных радиолокации, прогнозирования траекторий движения других судов, а также экстренные маневры для предотвращения столкновений. Эти системы включают данные AIS и погодных прогнозов, что делает тренировки максимально приближенными к реальной навигационной обстановке.

Кроме того, симуляторы позволяют моделировать последствия неправильных действий экипажа, что способствует выработке устойчивых навыков поведения в стрессовых ситуациях. Это особенно важно для районов с высокой интенсивностью судоходства, таких как проливы или узкие каналы, где ограниченная видимость увеличивает вероятность критических ошибок.

Важным элементом повышения безопасности является использование современных метеорологических систем. Интеграция данных из спутниковых и береговых метеостанций в судовые навигационные комплексы позволяет экипажу своевременно реагировать на изменения погодных условий. Например, использование прогнозных моделей, таких как GFS (Global Forecast System), позволяет предсказать ухудшение видимости за несколько часов до его наступления, что дает возможность корректировать маршрут судна и снижать риски.

Внедрение искусственного интеллекта и автономных систем управления представляет собой одно из наиболее перспективных направлений развития судоходства в условиях ограниченной видимости. Технологии, основанные на искусственном интеллекте, способны кардинально изменить подход к обеспечению безопасности мореплавания, минимизируя риски, связанные с человеческим фактором. Современные системы ИИ используют алгоритмы глубокого обучения для анализа данных с радиолокационных станций, автоматической идентификационной системы (AIS), гидрометеорологических датчиков и камер наблюдения. Такие системы обеспечивают непрерывный мониторинг навигационной обстановки, прогнозирование траекторий движения судов и принятие решений, соответствующих требованиям Международных правил предупреждения столкновений судов в море (МППСС-72).

Одним из примеров успешного применения технологий искусственного интеллекта является проект автономного судна *Yara Birkeland*. Этот контейнеровоз, не тре-

бующий экипажа на борту, оснащен системами, которые анализируют данные о навигационной обстановке в режиме реального времени, адаптируют маршрут и управляют судном в сложных условиях, включая густой туман и ограниченную видимость. Испытания *Yara Birkeland* продемонстрировали, что автономное судовождение позволяет значительно снизить вероятность аварий, связанных с человеческими ошибками, а также повысить топливную эффективность за счет более точного планирования маршрутов.

Автономные системы управления судном уже активно тестируются в рамках программ ИМО по цифровизации морской индустрии. Эти системы интегрируют данные с бортовых и береговых навигационных средств, что позволяет создавать более точную картину навигационной обстановки. Важным направлением исследований является разработка алгоритмов взаимодействия автономных и традиционных судов, особенно в условиях интенсивного движения, таких как узкие проливы или порты. Для обеспечения безопасности таких операций необходимо учитывать ограничения современных технологий, например задержки в обработке данных или снижение точности датчиков в сложных метеорологических условиях.

Тренировка экипажей с использованием технологий виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) является ещё одним важным инструментом повышения безопасности. Современные VR/AR-тренажеры позволяют моделировать сложные навигационные сценарии, включая ухудшение видимости, взаимодействие с другими судами и экстренные ситуации. Например, симуляторы Transas Navi-Trainer, широко используемые в морских академиях, создают виртуальную обстановку, максимально приближенную к реальным условиям. Экипаж может работать с виртуальными инструментами управления, такими как радиолокационные станции и системы ECDIS, интегрированные с VR-оболочкой. Дополненная реальность, в свою очередь, позволяет выводить на экран визуальной реальности данные с бортовых систем, включая радиолокацию, AIS и прогнозы погоды, что улучшает осведомленность судоводителя о ситуации.

Исследования показывают, что использование VR/AR-тренажеров позволяет сократить время реакции экипажа на опасные ситуации на 40%, а также улучшить взаимодействие между членами команды. Кроме того, такие системы помогают снизить уровень стресса у экипажа, обеспечивая возможность практиковать сложные сценарии в безопасной обстановке. Эти технологии также имеют большое значение для подготовки судоводителей к работе в условиях ограниченной видимости, когда требуются мгновенные и точные действия.

Для успешного внедрения новых технологий необходимо адаптировать существующую навигационную инфраструктуру. Одной из важных задач является обеспечение совместимости современных автономных систем с традиционными средствами управления. Гибридные навигационные системы, которые позволяют переключаться

между ручным и автоматическим режимами управления, становятся стандартом на многих судах. Такие системы обеспечивают баланс между автоматизацией и контролем со стороны экипажа, что особенно важно при работе в смешанных зонах судоходства, где взаимодействуют автономные и управляемые суда.

Кроме того, значительное внимание уделяется развитию береговой инфраструктуры для поддержки автономного судоходства. Современные центры управления движением судов (VTS) интегрируются с облачными платформами, которые обрабатывают данные от множества судов в режиме реального времени. Такие платформы, как Maritime Connectivity Platform (MCP), обеспечивают обмен информацией между судами и береговыми службами, включая данные о погодных условиях, навига-

ционных рисках и маршрутах. Это позволяет минимизировать задержки в принятии решений и улучшить координацию действий в сложных ситуациях.

Важным аспектом остается интеграция метеорологических данных в навигационные системы. Прогностические модели, такие как GFS (Global Forecast System), предоставляют точную информацию о погодных условиях, включая распределение тумана, ветровые течения и осадки. Эти данные используются для адаптации маршрутов в реальном времени, что позволяет избегать зон с ограниченной видимостью и снижать риски аварий. Современные системы, такие как NAVTOR Weather, интегрируют погодные прогнозы в электронные навигационные карты, предоставляя экипажу актуальные данные в удобной форме.

Литература:

1. Артемьев, А.В., и Литвинов, А.А. «Современные технологии судоходства в условиях ограниченной видимости». — М.: Транспорт, 2018. — 256 с.
2. Дмитриев, С.В., и Кузнецов, И.Н. «Радиолокация на морских судах: основы и практическое применение». — СПб: Судостроение, 2017. — 198 с.
3. IMO. «Guidelines for the Use of AIS in Navigation». International Maritime Organization, Resolution A.917(22), London, 2002.
4. Sørensen, E. «Autonomous Shipping and Artificial Intelligence in Maritime Navigation». *Maritime Technology and Research Journal*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. 115–132.
5. Andersson, B. «Weather and Navigation Systems Integration: Ensuring Safety in Limited Visibility Conditions». *Ocean Engineering*, 2020, vol. 220, Article ID: 107715.

Общие сведения о компьютерном моделировании телевизионных приборов ночного видения

Кученкин Илья Леонидович, студент

Научный руководитель: Астахов Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент
Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске

Приборы ночного видения (ПНВ) выполняют широкий круг задач и делятся на несколько видов [1]:

— пассивные приборы ночного видения, действие которых основывается на обработке отраженного или собственного сигнала на фоне местности при низкой ночной освещенности,

— активно-непрерывные приборы ночного видения, их действие основывается на постоянной подсветке наблюдаемого объекта специальным источником излучения. Полупроводниковые элементы излучателей, которые используются в источниках подсветки приборов ночного видения сильно улучшают качество наблюдения при плохой освещенности наблюдаемого объекта,

— активно-импульсные приборы ночного видения, действие таких приборов основывается на освещении объекта короткими световыми импульсами (обычно лазерным осветителем), синхронно с которыми управляется

затвор импульсного электронно-оптического преобразователя (ЭОП), который установлен в приемной части прибора.

Функциональная схема ПНВ показана на рисунке 1.

На приведенной схеме работы ПНВ отображены следующие важные элементы: внешние условия, входной объектив, ЭОП, ТВ-тракт (телевизионный тракт) и излучатель. Способы измерения параметров указаны в ГОСТ [2].

Все вычисления значения дальности распознавания объекта наблюдения в пассивном режиме работы прибора выполняются с помощью итеративного метода вычислений. На каждом k -м шаге используется значение дальности и значения промежуточных вычислений, рассчитанные на первом шаге.

Итерации производятся столько раз, пока не будет достигнуто значение допустимой погрешности Δ_1 . Если данное условие не выполняется, необходимо пересчиты-

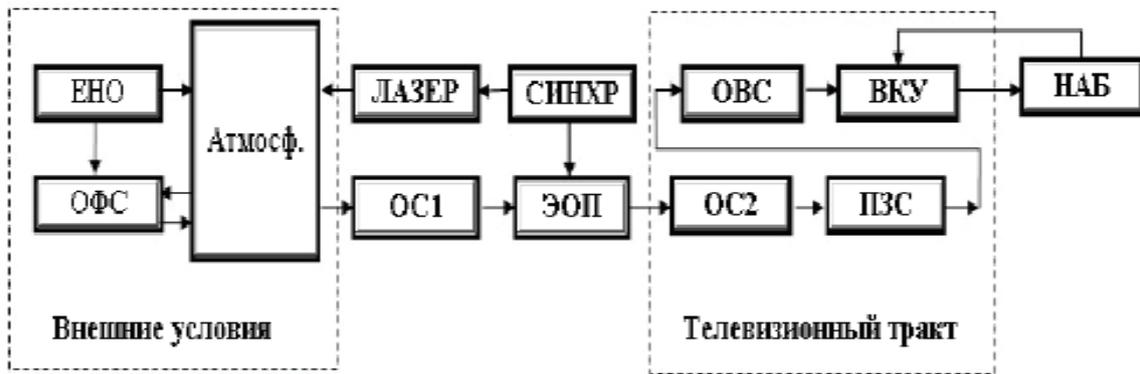


Рис. 1. Функциональная схема работы ПНВ

вать следующие коэффициенты: прозрачность атмосферы τ_a , яркости дымки k_d , яркости атмосферы k_a , потери контраста в системе k_n . На нулевой итерации принимается, что $\tau_a, k_d, k_a = 1$.

В активном импульсном режиме, с заданным шагом, сперва вводятся значения необходимой дальности распознавания. Итеративные вычисления выполняются до достижения заданного значения допустимой погрешности Δ_L , которая равна относительной разности значений расчетной и требуемой дальности распознавания наблюдаемого объекта.

Метод расчета дальности распознавания наблюдаемого объекта основан на нахождении разрешающей

способности исследуемого прибора ночного видения, включающий канал обработки информации по воспринимаемому уровню отношения сигнал/шум, схема алгоритма вычисления дальности распознавания ПНВ отображена на рисунке 2.

Описанный алгоритм реализован среде систем управления базами данных «Clipper», а в дальнейшем развитие этой модели было осуществлено в среде MATLAB, при вычислении дальности распознавания ночного телевизионного канала из состава многоканальной системы непрерывного наблюдения за неземными объектами [3]. Схема ночного телевизионного канала изображена на рисунке 3.

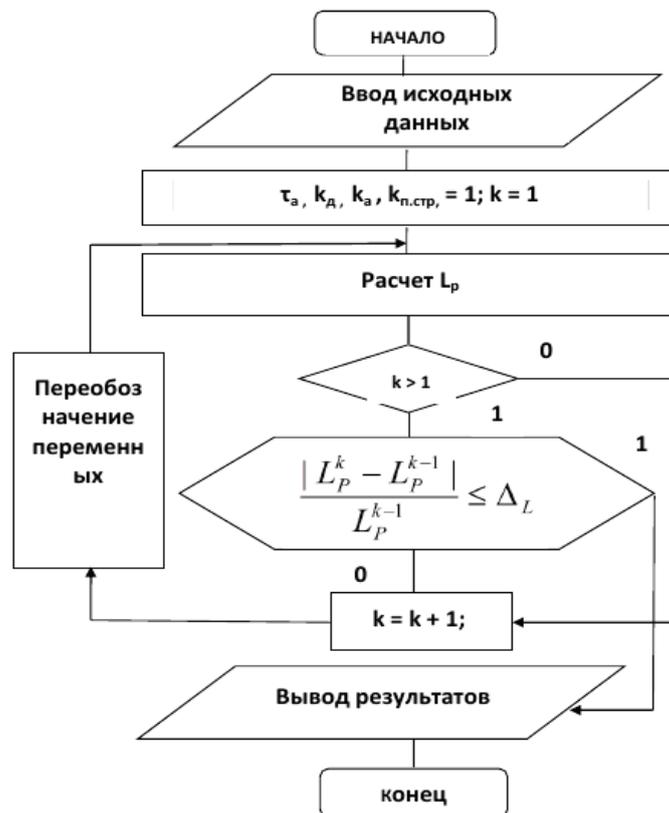


Рис. 2. Схема алгоритма вычисления дальности распознавания ПНВ

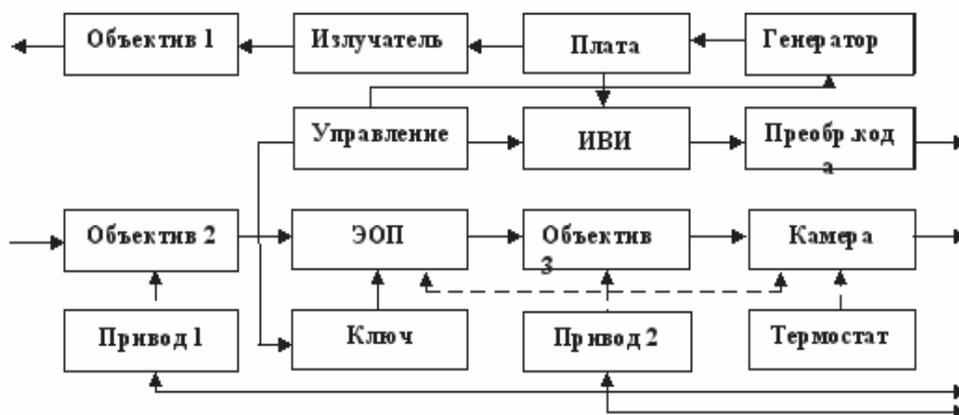


Рис. 3. Функциональная схема ночного телевизионного канала

- Элементы, представленные на рисунке 3:
- объектив 1 — объектив осветителя,
 - объектив 2 — приемный объектив,
 - привод 1 — привод диафрагмы приемного объектива,
 - излучатель — излучатель осветителя,
 - управление — блок управления,
 - ключ — ключевой блок,
 - плата — плата формирования импульсов тока накачки излучателя,
 - ИВИ — измеритель временных интервалов,
 - объектив 3 — проекционный объектив,
 - привод 2 — привод фокусировки ночного канала,
 - генератор — задающий генератор синхроимпульсов.

Литература:

1. Изнар, А. Н. Электронно-оптические приборы / А. Н. Изнар.— Москва: Машиностроение, 2000.— 264 с.
2. ГОСТ 21815.19–90. Преобразователи электронно-оптические. Методы измерения отношения сигнал-шум официальное издание.— М.: Издательство стандартов, 1991.— с.
3. Малинин, В. В. Моделирование и оптимизация оптико-электронных приборов с фотоприемными матрицами / В. В. Малинин.— Новосибирск: Наука, 2005.— 480 с.

Выгрузка на необорудованный берег

Лукьянов Глеб Евгеньевич, студент;

Максимов Андрей Алексеевич, студент

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского (г. Владивосток)

В статье рассматриваются технические и организационные аспекты выгрузки грузов на необорудованный берег, включая анализ условий и выбор технологий. Особое внимание уделено использованию самоходных барж, плавучих кранов, десантных катеров, а также мобильных платформ и понтонов для создания временной инфраструктуры. Описаны географические и гидрографические факторы, влияющие на проведение операций, такие как рельеф берега, приливо-отливные колебания и волновое волнение. Рассмотрены основные проблемы безопасности и технические решения, направленные на их минимизацию, включая системы стабилизации судов, динамического позиционирования и аварийного реагирования. Подчеркивается важность соблюдения международных стандартов и внедрения современных технологий для обеспечения устойчивости операций и защиты окружающей среды. Представлены практические рекомендации по оптимизации процессов выгрузки в сложных природных условиях.

Ключевые слова: выгрузка на необорудованный берег, самоходные баржи, плавучие краны, десантные катера, мобильные платформы, понтоны, рельеф берега, приливо-отливные колебания, системы стабилизации, аварийное реагирование.

Unloading onto unprepared shores

Lukyanov Gleb Evgenievich, student;
Maksimov Andrey Alekseevich, student
Maritime State University named after Admiral GI Nevelskoy (Vladivostok)

This article examines the technical and organizational aspects of cargo unloading onto unprepared shores, including the analysis of conditions and the selection of appropriate technologies. Special attention is given to the use of self-propelled barges, floating cranes, landing craft, as well as mobile platforms and pontoons for the creation of temporary infrastructure. Geographical and hydrographic factors influencing the operations are described, such as shore topography, tidal fluctuations, and wave activity. The primary safety challenges and technical solutions aimed at minimizing them are discussed, including vessel stabilization systems, dynamic positioning, and emergency response measures. Emphasis is placed on the importance of adhering to international standards and implementing modern technologies to ensure the sustainability of operations and environmental protection. Practical recommendations are provided for optimizing unloading processes in complex natural conditions.

Keywords: unloading onto unprepared shores, self-propelled barges, floating cranes, landing craft, mobile platforms, pontoons, shore topography, tidal fluctuations, stabilization systems, emergency response.

Выгрузка на необорудованный берег представляет собой сложный комплекс операций, требующих учета множества географических, гидрографических и климатических факторов, а также применения специализированного оборудования. Отсутствие стационарной инфраструктуры значительно усложняет процессы выгрузки, что накладывает ограничения на выбор судов, типов грузов и используемых технологий.

Географические условия играют ключевую роль в планировании выгрузочных операций. Тип рельефа берега является одним из основных факторов, определяющих возможность проведения выгрузки. Песчаные и илистые берега обладают низкой несущей способностью, что затрудняет использование колесной техники для транспортировки грузов. В таких условиях часто применяются понтонные платформы или временные плавучие конструкции, позволяющие минимизировать контакт с нестабильным грунтом. Каменистые и скалистые берега, напротив, требуют высокой точности маневрирования судов, поскольку любая ошибка может привести к повреждению корпуса. Например, при выгрузке на такие берега активно используются десантные катера с усиленным днищем и малой осадкой, способные подходить к берегу вплотную.

Гидрографические условия, в частности, приливно-отливные колебания уровня воды, также оказывают существенное влияние на проведение операций. В зонах с высокой амплитудой приливов, таких как Ла-Манш (до 6 метров) или Охотское море (до 13 метров), требуется точное определение времени начала выгрузки. Приливная волна обеспечивает дополнительную глубину, позволяя судам подходить ближе к берегу. Однако в условиях сильного отлива суда могут оказаться на мели, что неизбежно приводит к срыву операций и возможным повреждениям корпуса. Для минимизации подобных рисков применяются суда с возможностью временного «осушения», например, самоходные баржи с плоским днищем, которые могут выдерживать нагрузку на суше.

Климатические условия, включая силу и направление ветра, высоту волн и наличие течений, непосредственно влияют на стабильность судов во время выгрузки. Волновое волнение высотой более 1,5 метров, наблюдаемое в большинстве прибрежных зон мирового океана, создает значительные колебания судна, что усложняет выгрузку грузов, особенно крупногабаритных. Для обеспечения устойчивости судов используются системы якорной фиксации и стабилизаторы качки. Например, суда, оснащенные динамическими позиционными системами (DPS), могут удерживать заданное положение без использования якорей, что крайне важно в условиях сильных течений. В случае отсутствия DPS применяется использование нескольких якорей в комбинации с тросами для фиксации положения судна.

Отсутствие береговой инфраструктуры ограничивает возможности проведения выгрузочных операций, особенно для крупногабаритных грузов. В таких случаях используются плавучие краны, способные разгружать суда на баржи или непосредственно на берег. Например, плавучий кран Liebherr TCC78000 с грузоподъемностью до 1600 тонн активно используется для выгрузки тяжелых конструкций и оборудования в удаленных районах. Для более мелких грузов применяются системы шлюзования на судах, позволяющие транспортировать грузы через специальные десантные аппарели.

Отдельным техническим решением является использование надувных модульных платформ, таких как системы FlexiFloat, которые могут быть быстро собраны на месте выгрузки. Эти платформы обладают высокой грузоподъемностью и устойчивостью, что делает их универсальным решением для временного складирования грузов на берегу. В дополнение к этому надувные баржи позволяют эффективно решать задачи выгрузки в условиях мелководья, где традиционные суда не могут подходить достаточно близко к берегу.

Технологии и оборудование для выгрузки на необорудованный берег представляют собой совокупность ре-

шений, обеспечивающих выполнение сложных логистических задач в условиях отсутствия стационарной портовой инфраструктуры. Эти задачи требуют высокой точности, надежности и адаптивности оборудования для работы в разнообразных природных условиях, включая мелководье, нестабильный береговой рельеф и значительное волновое волнение. Современные подходы включают использование самоходных барж, плавучих кранов, десантных катеров, а также мобильных платформ и понтонов. Технические аспекты каждого из этих решений обуславливают их применимость в конкретных условиях эксплуатации.

Самоходные баржи играют ключевую роль в операциях на необорудованных берегах. Они представляют собой суда с усиленной конструкцией корпуса и малой осадкой, что позволяет им эффективно работать на мелководье и в зонах с нестабильным грунтом. Типичным примером является использование барж класса Flat Top Barge, которые способны выдерживать значительные нагрузки и часто оборудуются аппаратами для выгрузки техники и материалов. Такие баржи используются в логистике строительства гидротехнических сооружений, а также для доставки строительных материалов и крупногабаритного оборудования. Современные модели барж могут быть оснащены автоматизированными системами стабилизации, такими как встроенные балластные системы, которые обеспечивают устойчивость при выгрузке в условиях волнения. Дополнительным преимуществом является их экономическая эффективность: благодаря автономности самоходных барж исключается необходимость привлечения буксиров, что снижает затраты на логистику.

Плавучие краны представляют собой важный элемент выгрузки крупногабаритных и тяжеловесных грузов, таких как элементы энергетического оборудования, строительные модули или контейнеры. Одной из наиболее востребованных моделей является Liebherr CBG 350, который обладает грузоподъемностью до 125 тонн и предназначен для работы в условиях открытого моря. Плавучие краны обеспечивают высокую точность манипуляций с грузами за счет современных систем стабилизации и гидравлического управления. Использование таких кранов особенно актуально при выгрузке в сложных климатических условиях, например, в Арктическом регионе, где стабильность платформы имеет первостепенное значение. Однако основным ограничением является необходимость дополнительной буксировки и специализированного персонала для эксплуатации, что увеличивает общую стоимость операций.

Десантные катера обеспечивают быструю и эффективную доставку грузов с судна на берег в условиях отсутствия причалов. Их ключевым преимуществом является наличие аппарелей, которые позволяют выгружать грузы непосредственно на грунт. Например, катера типа Landing Craft Utility (LCU) используются для перевозки контейнеров, автомобилей и строительной техники. Они

оснащены усиленными днищами, что делает их идеальными для работы на песчаных и илистых берегах. Кроме того, современные десантные катера оборудуются навигационными системами GPS и автопилотами, что позволяет точно координировать их действия даже в условиях ограниченной видимости. Основным ограничением их применения является относительно малая грузоподъемность (обычно до 200 тонн), что делает их менее подходящими для операций с крупными грузами.

Мобильные платформы и понтоны являются универсальными решениями для создания временной инфраструктуры в условиях необорудованных берегов. Например, модульные платформы FlexiFloat состоят из блоков, которые могут быть быстро собраны в плавучие мосты, причалы или временные площадки для складирования грузов. Эти системы активно применяются в районах с нестабильным рельефом берега или в условиях значительного приливно-отливного колебания уровня воды. Техническим преимуществом понтонов является их высокая грузоподъемность, достигающая 1000 тонн, и возможность настройки конфигурации под конкретные задачи. Для их установки требуется детальное гидрографическое исследование дна, чтобы минимизировать риск дестабилизации конструкции во время работы. Такие платформы используются для операций по доставке грузов на удаленные строительные площадки, например, в прибрежных районах Северного Ледовитого океана.

Сравнительный анализ показывает, что выбор оборудования и технологий выгрузки зависит от множества факторов, включая тип груза, природные условия и бюджет операции. Самоходные баржи и десантные катера отличаются высокой мобильностью и экономической эффективностью, что делает их идеальными для небольших и среднегогабаритных грузов. Плавучие краны демонстрируют исключительную производительность при работе с тяжеловесными грузами, однако их применение оправдано только для крупных проектов. Мобильные платформы и понтоны обеспечивают универсальность и адаптивность, но требуют значительных подготовительных работ и вложений в их развертывание. В сочетании с современными системами управления и мониторинга эти технологии позволяют выполнять сложные выгрузочные операции с минимальными задержками и высокими стандартами безопасности.

Выгрузка грузов, таких как контейнеры, строительные материалы, топливо или техническое оборудование, сопряжена с рядом рисков, которые обусловлены спецификой береговой линии, гидрографическими условиями и характеристиками самого груза. Для минимизации этих рисков и обеспечения стабильности операций необходимо применение специализированного оборудования, внедрение инженерных решений и строгое соблюдение международных стандартов, таких как SOLAS и MARPOL.

Минимизация экологического воздействия является первостепенной задачей при выполнении операций вблизи береговой линии. Береговые зоны, особенно в рай-

онах с высокой биологической активностью, таких как арктические экосистемы или коралловые рифы, чувствительны к любому внешнему воздействию. Использование тяжёлой техники, маневрирование судов на мелководье и потенциальное размывание берегового грунта создают угрозу для окружающей среды. Одним из эффективных методов минимизации воздействия является использование модульных понтонов и временных платформ, таких как конструкции FlexiFloat. Эти платформы обеспечивают распределение нагрузки на берег, предотвращая повреждение рельефа, и служат временной инфраструктурой для складирования грузов. Техническое оснащение судов также играет ключевую роль в снижении экологического воздействия. Например, применение барж с электрическими или гибридными двигателями позволяет сократить выбросы парниковых газов и избежать загрязнения акватории продуктами горения топлива. Такие технологии уже активно применяются в судах, используемых в северных морях, где строгие экологические требования ограничивают использование традиционных судовых установок.

Обеспечение безопасности экипажа и грузов требует использования современного оборудования и внедрения технологий мониторинга, которые позволяют минимизировать риск повреждений и травматизма. В условиях нестабильного берега, сильного волнения или резких приливно-отливных изменений важным аспектом является стабилизация судна во время выгрузки. Современные суда, такие как самоходные баржи или плавучие краны, оборудованы системами динамического позиционирования (Dynamic Positioning System, DPS), которые удерживают судно в заданной точке без необходимости использования якорей. Это особенно актуально в районах с каменистым дном, где постановка на якорь невозможна или опасна. Кроме того, для манипуляций с тяжёлыми грузами используются краны с системой компенсации качки, которые обеспечивают стабильность груза даже при волновом воздействии. Например, краны Liebherr или Konecranes с гидравлической системой стабилизации позволяют работать при волнении до 2–3 баллов, что значительно расширяет временные рамки проведения операций.

Особую роль играет подготовка экипажа и наличие специализированных средств индивидуальной защиты. При работе на необорудованном берегу часто требуется ручное вмешательство, например, для установки временных креплений или координации выгрузки в сложных условиях. Международная морская организация (ИМО)

устанавливает строгие требования к подготовке персонала, включая обязательное обучение работе с аварийным оборудованием и проведение регулярных тренировок по эвакуации. Использование современной экипировки, такой как костюмы с высокой степенью защиты от влаги, ударопрочные каски и страховочные системы, снижает риск травм при работе на открытых палубах или временных конструкциях.

Управление аварийными ситуациями требует детального планирования и оснащения судов средствами быстрого реагирования. Одной из наиболее частых аварийных ситуаций является разлив топлива или утечка опасных грузов, таких как химикаты. Современные суда оборудуются системами контроля утечек, которые включают в себя датчики давления и потока в трубопроводах. В случае обнаружения разрыва или разгерметизации системы подачи топлива автоматически блокируются, предотвращая утечку. Дополнительно на судах устанавливаются аварийные насосы и сорбирующие материалы, которые позволяют быстро локализовать разлив. На практике такие технологии применяются на танкерах и баржах, используемых в арктических условиях, где утечка топлива может привести к серьёзным экологическим последствиям.

Для предотвращения загрязнения акватории также применяются боновые заграждения, которые разворачиваются вокруг судна перед началом выгрузочных операций. Эти барьеры изолируют судно от открытой воды и предотвращают распространение возможных загрязнений. Современные боновые системы, такие как Oil Fence Pro, изготавливаются из материалов с повышенной устойчивостью к агрессивным средам и способны выдерживать сильное течение. В сочетании с насосами и системами фильтрации они позволяют оперативно ликвидировать загрязнение и снизить ущерб для окружающей среды.

Дополнительным элементом аварийного управления является создание схем эвакуации и резервных маршрутов для вывоза груза в случае неблагоприятных погодных условий. В условиях ухудшения гидрометеорологической обстановки, таких как усиление ветра или значительное повышение волновой активности, операции выгрузки могут быть временно прекращены, и суда выводятся на безопасное расстояние от берега. При этом груз, находящийся на баржах или понтонах, должен быть надёжно закреплён с использованием современных крепёжных систем, таких как автоматические стяжные ремни с системой контроля натяжения.

Литература:

1. Бурков, А. В. Технологии разгрузки на необорудованный берег: перспективы и ограничения // Морской транспорт. — 2021. — № 3. — С. 45–51.
2. Климов, И. Н. Безопасность морских операций при выгрузке грузов: стандарты и технологии // Транспорт Российской Федерации. — 2020. — № 2 (83). — С. 34–41.
3. Международная морская организация (ИМО). International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS). — Лондон: ИМО, 2022. — 112 с.

4. Hsuan, H., Tam, K. Oil Spill Prevention and Response: Applications in Arctic Shipping // Marine Pollution Bulletin.— 2021.— Vol. 170.— Article 112642.
5. Jensen, K. Dynamic Positioning Systems in Offshore Operations: Challenges and Solutions // Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering.— 2020.— Vol. 142, Issue 6.— P. 063002.
6. Тетерин, М. С., Зуев, В. А. Современные подходы к минимизации экологического воздействия при судоходстве // Экология и промышленность России.— 2021.— № 9.— С. 19–25.

Влияние конструкции гребного винта на экономичность и маневренность судов в районах с высокими приливными течениями Амурского залива

Магдалин Владислав Александрович, студент;

Абрамов Владислав Алексеевич, студент

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского (г. Владивосток)

В статье рассмотрено влияние конструктивных особенностей гребных винтов на экономичность и маневренность судов, эксплуатируемых в условиях высоких приливных течений Амурского залива. Проведен анализ эффективности различных типов гребных винтов, включая винты фиксированного шага, регулируемого шага и противовращающиеся винты. Используются методы численного моделирования и экспериментальные исследования для оценки коэффициента полезного действия, расхода топлива и маневренных характеристик, таких как радиус циркуляции и время разворота. Выявлено, что винты регулируемого шага и противовращающиеся винты обеспечивают наибольшую экономичность и маневренность в изменяющихся гидродинамических условиях. Разработаны рекомендации по выбору оптимальных параметров гребных винтов, направленные на снижение кавитационных эффектов и повышение эффективности работы движительных систем. Результаты исследования имеют практическое значение для судостроительных предприятий и судоходных компаний, эксплуатирующих суда в сложных гидродинамических условиях Дальнего Востока.

Ключевые слова: гребной винт, экономичность, маневренность, Амурский залив, приливные течения, винты фиксированного шага, винты регулируемого шага, противовращающиеся винты, кавитация, численное моделирование, судоходство, движительные системы.

The influence of propeller design on the efficiency and maneuverability of ships in areas with strong tidal currents in the Amur bay

Magdalin Vladislav Alexandrovich, student;

Abramov Vladislav Alekseevich, student

Maritime State University named after Admiral GI Nevelskoy (Vladivostok)

This article examines the impact of propeller design features on the efficiency and maneuverability of ships operating under the conditions of strong tidal currents in the Amur Bay. An analysis of the performance of various types of propellers, including fixed-pitch propellers (FPP), controllable-pitch propellers (CPP), and contra-rotating propellers (CRP), was conducted. Numerical modeling methods and experimental studies were used to evaluate parameters such as propulsive efficiency, fuel consumption, and maneuvering characteristics, including turning radius and turning time. The study revealed that CPP and CRP provide superior efficiency and maneuverability in varying hydrodynamic conditions. Recommendations were developed for selecting optimal propeller parameters to mitigate cavitation effects and enhance the performance of propulsion systems. The findings are of practical significance for shipbuilding enterprises and shipping companies operating in the challenging hydrodynamic conditions of the Russian Far East.

Keywords: propeller, efficiency, maneuverability, Amur Bay, tidal currents, fixed-pitch propellers, controllable-pitch propellers, contra-rotating propellers, cavitation, numerical modeling, ship navigation, propulsion systems.

Амурский залив, являясь частью акватории Японского моря, характеризуется интенсивными приливными течениями, что оказывает значительное влияние на судоходство и эксплуатационные параметры движи-

тельных систем. Гребной винт, как основной элемент судовой движительной установки, подвергается постоянному воздействию гидродинамических факторов, среди которых ключевыми являются скорость и направление

приливного течения, глубина акватории, а также турбулентные потоки, возникающие при взаимодействии течения с грунтом и корпусом судна.

Гребные винты различных конструкций проявляют разную эффективность в условиях интенсивных течений. Винты фиксированного шага (ВФШ), благодаря своей простой конструкции и высокой надежности, широко применяются на судах с постоянным профилем эксплуатации. Однако их главной особенностью является фиксированный угол атаки лопастей, что ограничивает возможность адаптации к изменяющимся условиям течения. В результате при работе в условиях Амурского залива, где приливные течения могут достигать скорости 2 м/с, эффективность ВФШ снижается, что приводит к увеличению расхода топлива и снижению маневренных характеристик судна.

Винты регулируемого шага (ВРШ), напротив, обеспечивают возможность изменения угла атаки лопастей, что позволяет поддерживать оптимальный коэффициент полезного действия (КПД) даже при переменных условиях эксплуатации. Это особенно важно для судов, работающих в районах с интенсивным судоходством, где частая смена режима движения требует высокой маневренности. Практика применения ВРШ в акваториях с сильными течениями показывает, что использование данной конструкции может снизить расход топлива на 10–15% за счет повышения эффективности преобразования мощности двигателя в тягу.

Противовращающиеся винты (СРП) представляют собой еще одно решение, позволяющее повысить КПД за счет устранения потерь энергии на закручивание потока за винтом. Такие винты, состоящие из двух расположенных друг за другом винтов, вращающихся в противоположные стороны, активно применяются на судах, где требуется высокая маневренность и экономичность. В условиях Амурского залива, где направления течений часто изменяются, противовращающиеся винты обеспечивают более равномерное распределение тяги и улучшение курсовой устойчивости.

Особенности гидродинамической среды Амурского залива оказывают значительное влияние на эксплуатационные характеристики гребных винтов. В условиях встречных течений возрастает нагрузка на двигатель и винт, что может привести к кавитации — образованию паровых полостей на поверхности лопастей. Кавитация не только снижает КПД винта, но и ускоряет износ материала лопастей. При попутных течениях, напротив, эффективность винта может возрастать за счет увеличения относительной скорости обтекания, но при этом ухудшается управляемость судна. В таких условиях винты регулируемого шага обеспечивают более стабильные эксплуатационные характеристики за счет возможности оперативного изменения угла атаки.

Маневренные характеристики судов в Амурском заливе, помимо гидродинамических условий, определяются конструктивными особенностями винтов. Эксперимен-

тальные исследования показывают, что суда, оборудованные ВРШ, имеют меньший радиус циркуляции и сокращенное время разворота, что особенно важно при маневрировании в узкостях или при швартовке. Противовращающиеся винты, благодаря более равномерному потоку за движителем, обеспечивают лучшую курсовую устойчивость, что снижает затраты энергии на корректировку курса при сильных боковых течениях.

Результаты численного моделирования и экспериментальных исследований демонстрируют существенные различия в эффективности различных конструкций гребных винтов при эксплуатации судов в условиях приливных течений Амурского залива. Данная акватория характеризуется высокой интенсивностью течений, скорость которых достигает 2 м/с, и переменным направлением потоков, что создает дополнительные гидродинамические нагрузки на движительные установки. Исследования проводились с целью анализа влияния конструктивных особенностей гребных винтов на их экономичность и маневренные характеристики.

Численное моделирование осуществлялось с использованием программного обеспечения, основанного на методах вычислительной гидродинамики (CFD). В расчетах учитывались такие параметры, как направление и скорость течения, турбулентность в потоке, взаимодействие обтекания с корпусом судна и кавитационные эффекты, возникающие на лопастях винта. Были проанализированы три типа гребных винтов: фиксированного шага (ВФШ), регулируемого шага (ВРШ) и противовращающиеся винты (СРП). Особое внимание уделялось параметрам коэффициента полезного действия (КПД), расходу топлива и маневренным характеристикам, таким как радиус циркуляции и время разворота.

Результаты моделирования показали, что эффективность винтов фиксированного шага значительно снижается при изменении условий течения. При встречных течениях, когда относительная скорость воды возрастает, КПД ВФШ падал до 45–50%. Это связано с тем, что фиксированный угол атаки лопастей не позволяет оптимизировать работу винта при изменении гидродинамической нагрузки. В то же время винты регулируемого шага демонстрировали устойчивый КПД в диапазоне 65–70%, что объясняется возможностью изменения угла атаки в зависимости от текущих условий эксплуатации. Противовращающиеся винты обеспечили наибольший КПД, достигая 75%, за счет устранения потерь на закручивание потока за винтом, что делает их наиболее эффективными для судов, работающих на маршрутах с продолжительным действием встречных течений.

Экспериментальные исследования подтвердили результаты численного моделирования. Тесты проводились на моделях судов, оснащенных различными типами винтов, в натурных условиях Амурского залива. Испытания включали замеры расхода топлива при различных скоростях хода, анализ кавитационных эффектов и оценку маневренных характеристик. Данные показали, что использование ВРШ

позволило снизить расход топлива на 12% по сравнению с ВФШ при аналогичных условиях эксплуатации. Это связано с возможностью оптимизации угла атаки лопастей, что уменьшает гидродинамическое сопротивление. Противовращающиеся винты показали еще более высокую топливную экономичность: снижение расхода составило до 17% за счет более равномерного распределения тяги и улучшенной энергетической эффективности.

Маневренные испытания выявили значительное преимущество ВРШ и CRP по сравнению с винтами фиксированного шага. Радиус циркуляции судна, оснащенного ВФШ, составил в среднем 1,2 длины корпуса, тогда как у судов с ВРШ этот показатель снизился до 0,9 длины корпуса. Время разворота судна с ВРШ было на 20% меньше, что делает такие винты предпочтительными для маневрирования в условиях ограниченного пространства, характерного для портов и узкостей Амурского залива. Противовращающиеся винты продемонстрировали лучшую курсовую устойчивость, позволяя судну сохранять заданное направление при действии боковых течений без необходимости частых корректировок руля.

Дополнительно были проведены натурные испытания по оценке кавитационной эрозии, которая является значимой проблемой в условиях сильных течений. Лопастей винтов фиксированного шага показали наибольшую склонность к кавитационным повреждениям, что связано с невозможностью изменения угла атаки для снижения кавитационных нагрузок. ВРШ и CRP проявили значительно меньшую степень износа, что подтверждает их пригодность для эксплуатации в условиях Амурского залива. Результаты исследований указывают на необходимость использования винтов регулируемого шага или противовращающихся винтов для судов, эксплуатируемых в условиях высоких приливных течений. Эти конструкции обеспечивают более высокий КПД, значительное снижение расхода топлива и улучшенные маневренные характеристики. Однако следует учитывать, что данные типы винтов требуют более сложного технического обслуживания и высокой квалификации экипажа для их эксплуатации. Тем не менее, с учетом специфики гидродинамической среды Амурского залива, преимущества данных конструкций значительно перевешивают потенциальные сложности их применения.

Оптимизация конструкций гребных винтов для судов, эксплуатируемых в условиях приливных акваторий, таких как Амурский залив, требует учета как специфики гидродинамической среды, так и особенностей эксплуатации судов в данном регионе. Амурский залив характеризуется высокой интенсивностью приливных течений, скорость которых может достигать 2 м/с, а также переменными направлениями потоков, что оказывает значительное влияние на работу движительных систем. В этих условиях ключевыми критериями выбора и проектирования гребных винтов являются обеспечение высокой топливной экономичности, маневренности и устойчивости к кавитационным повреждениям.

Для судов, работающих в условиях интенсивных течений, оптимальным решением является использование винтов регулируемого шага (ВРШ) или противовращающихся винтов (CRP). Эти типы конструкций обеспечивают возможность адаптации параметров работы движителя к изменяющимся условиям окружающей среды. Основным параметром, определяющим эффективность винта, является угол атаки лопастей. Для ВРШ диапазон изменения угла атаки от 20° до 40° позволяет поддерживать высокий коэффициент полезного действия (КПД) при различных режимах эксплуатации. В условиях встречных течений это приводит к уменьшению гидродинамического сопротивления и снижению расхода топлива. Противовращающиеся винты, в свою очередь, устраняют потери энергии на закручивание потока за движителем, что повышает КПД до 75%, что особенно эффективно для судов, работающих на длинных маршрутах с сильными течениями.

Конструктивные изменения, направленные на повышение эффективности гребных винтов, включают использование лопастей с усовершенствованным профилем, минимизирующим кавитационные эффекты. В условиях сильных течений кавитация является одной из основных причин износа лопастей, что приводит к снижению их эксплуатационного ресурса. Применение покрытий с высокой устойчивостью к кавитационной эрозии, таких как многослойные композитные материалы, обеспечивает значительное увеличение срока службы винтов. Кроме того, использование нержавеющей стали с повышенной прочностью и коррозионной стойкостью снижает износ, вызванный воздействием абразивных частиц, часто присутствующих в водах Амурского залива.

Для улучшения маневренности судов в условиях интенсивных течений рекомендуется увеличение числа лопастей гребного винта до пяти или шести, что позволяет более равномерно распределить тягу и уменьшить вибрации, возникающие при взаимодействии с турбулентными потоками. Также рекомендуется увеличение площади ометаемого диска на 10–15% по сравнению с традиционными конструкциями, что улучшает характеристики винта при низких скоростях хода и во время маневров в ограниченном пространстве. Эти изменения особенно актуальны для крупнотоннажных судов, таких как танкеры и траулеры, которые часто работают в условиях мелководья и узких проходов.

Практическое применение указанных рекомендаций включает пересмотр стандартов проектирования гребных винтов для судостроительных предприятий. Интеграция современных методов контроля качества, таких как лазерное сканирование профиля лопастей и динамическое тестирование на кавитацию, позволит повысить точность изготовления и долговечность изделий. Судходные компании, в свою очередь, могут использовать результаты исследований для модернизации существующего флота. Замена винтов фиксированного шага на ВРШ или CRP в условиях Амурского залива обеспечит снижение расхода топлива на 15–20%, улучшение маневренных харак-

теристик и повышение устойчивости судна к внешним гидродинамическим воздействиям.

Для эффективной эксплуатации судов с оптимизированными гребными винтами необходимо внедрение автоматизированных систем управления движительными установками. Такие системы должны обеспечивать регулирование угла атаки лопастей ВРШ или синхронизацию

работы переднего и заднего винтов в CRP в режиме реального времени, что позволит судну оперативно адаптироваться к изменяющимся условиям течений. Это требует дополнительного обучения экипажей для работы с современными движительными системами и проведения регулярных технических осмотров для поддержания высокой производительности винтов.

Литература:

1. Алексеев, В.А. Исследование кавитационных характеристик гребных винтов для судов ледового класса / В.А. Алексеев, П.Н. Бондаренко // Судостроение. — 2019. — Т. 8. — С. 42–47.
2. Морозов, Ю.М. Гидродинамика судовых движительных установок / Ю.М. Морозов, А.Н. Васильев. — М.: Машиностроение, 2017. — 360 с.
3. Никитин, А.Г. Теоретические основы проектирования гребных винтов для судов различных типов / А.Г. Никитин. — СПб.: Судостроение, 2020. — 280 с.
4. Carlton, J. Marine Propellers and Propulsion / J. Carlton. — 3rd ed. — Butterworth-Heinemann, 2018. — 540 p.
5. Breslin, J. P., Anderson, P.E. Hydrodynamics of Ship Propellers / J.P. Breslin, P.E. Anderson. — Cambridge University Press, 2019. — 528 p.
6. Gustafsson, K. Performance and Design Optimization of Controllable Pitch Propellers / K. Gustafsson, L. Söderberg // Journal of Marine Science and Engineering. — 2021. — Vol. 9, Issue 2. — P. 45–56.

Исследование влияния конструкции антенн УКВ-радиосвязи на качество передачи сигналов в условиях гористой местности и мелководья Амурского залива

Манатов Егор Сергеевич, студент;

Бухаров Данил Георгиевич, студент

Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского (г. Владивосток)

В статье рассматриваются конструктивные особенности антенн УКВ-радиосвязи и их влияние на качество передачи сигналов в условиях гористой местности и мелководных участков Амурского залива. Основное внимание уделено анализу работы штыревых антенн и антенн с запирающим стаканом. Представлены результаты экспериментальных исследований, проведенных в стационарных и мобильных условиях с использованием профессионального радиооборудования. Выявлено, что высота установки антенны, материал конструкции и тип диаграммы направленности оказывают критическое влияние на уровень сигнала. Установлено, что для сложного рельефа предпочтительны антенны с узкой диаграммой направленности, а для мелководья эффективны штыревые антенны. Предложены практические рекомендации по выбору и установке антенн для повышения надежности связи и навигационной безопасности в сложных географических условиях.

Ключевые слова: УКВ-радиосвязь, антенны, Амурский залив, штыревые антенны, антенны с запирающим стаканом, качество сигнала, гористая местность, мелководье, судоходство, навигационная безопасность.

Study of the impact of uhf radio communication antenna designs on signal transmission quality in the hilly terrain and shallow waters of Amur bay

Manatov Egor Sergeevich, student;

Bukharov Danil Georgievich, student

Maritime State University named after Admiral GI Nevelskoy (Vladivostok)

This article examines the structural features of UHF radio communication antennas and their influence on signal transmission quality in the hilly terrain and shallow areas of Amur Bay. The primary focus is on analyzing the performance of whip antennas and antennas with locking cups. Results from experimental studies conducted under both stationary and mobile conditions using profes-

sional radio equipment are presented. It was found that antenna installation height, construction material, and radiation pattern type critically affect signal strength. It was determined that antennas with narrow radiation patterns are preferable for complex terrain, while whip antennas are effective in shallow waters. Practical recommendations for selecting and installing antennas are proposed to enhance communication reliability and navigation safety in challenging geographical conditions.

Keywords: UHF radio communication, antennas, Amur Bay, whip antennas, antennas with locking cups, signal quality, hilly terrain, shallow waters, shipping, navigation safety.

Для исследования влияния конструкций антенн УКВ-радиосвязи на качество передачи сигналов в условиях гористой местности и мелководья Амурского залива были выбраны типовые конструкции судовых антенн, широко применяемых в морском судоходстве. В первую очередь рассматривались штыревые антенны и антенны с запирающим стаканом, так как они обладают различной диаграммой направленности и эксплуатационными характеристиками, что позволяет объективно оценить влияние конструктивных особенностей на распространение радиоволн.

Штыревые антенны являются стандартным решением для судов, обеспечивая всенаправленное излучение и прием сигналов. Их конструкция представляет собой вертикальный излучатель длиной от 1 до 2 метров, изготовленный из антикоррозийных материалов, таких как алюминиевые или стеклопластиковые трубы с проводящим сердечником. Это делает их устойчивыми к воздействию морской среды, включая соленую воду и высокую влажность. Антенны с запирающим стаканом, в свою очередь, обеспечивают более эффективное согласование с фидером и снижают отражения сигнала, что особенно важно в условиях сложного рельефа. Длина таких антенн, как правило, составляет около 1,5–2,5 метров, что позволяет установить их на мостике судна для достижения максимальной дальности связи.

Экспериментальные исследования проводились в акватории Амурского залива, который характеризуется уникальными гидрологическими и географическими условиями. Северо-западная часть залива представлена гористым побережьем с множеством возвышенностей, скалистыми утесами и речными долинами. Эти природные препятствия создают сложные условия для распространения радиоволн, вызывая их многократное отражение, дифракцию и поглощение. В то же время мелководные участки, преобладающие в северной части залива, с глубинами порядка 10–15 метров, влияют на распределение электромагнитных волн из-за высокой проводимости морской воды, что также способствует увеличению потерь сигнала. Отдельное внимание уделялось влиянию приливных течений и ветровых нагрузок, которые способны вызывать колебания мачт, изменяя угол излучения антенн.

Для проведения исследований использовались высокоточные средства измерения, включая морские УКВ-радиостанции с регулируемой мощностью передачи до 25 Вт и чувствительными приемниками, работающими в диапазоне частот 156–162 МГц. Для точного анализа характе-

ристик сигнала применялись спектроанализаторы, обеспечивающие измерение амплитудно-частотного спектра принимаемых и передаваемых сигналов. Дополнительно использовались GPS-приемники для точного определения координат точек измерений, что позволяло учесть влияние рельефа и удаленности от берега на уровень сигнала.

Методика эксперимента включала два основных этапа. На первом этапе антенны устанавливались в стационарных точках на побережье и на борту судна с измерением уровня сигнала на разных расстояниях и в различных направлениях. Для оценки влияния рельефа применялись модели сигналов, отраженные от горных склонов и возвышенностей, что позволило выявить зоны «радиотени» и области с минимальными потерями. На втором этапе проводились мобильные измерения, при которых судно с установленной антенной перемещалось по заранее заданным маршрутам в условиях переменной глубины и ветрового волнения. Это позволило оценить влияние динамических факторов, таких как качка судна и изменение уровня моря, на качество радиосвязи.

Результаты измерений показали, что штыревые антенны демонстрируют стабильное качество связи на открытой воде, однако подвержены значительным потерям сигнала в гористых зонах из-за ограниченной способности к компенсации отраженных волн. Антенны с запирающим стаканом показали лучшую устойчивость к влиянию препятствий благодаря более направленной диаграмме излучения, что особенно важно для использования в сложных условиях рельефа. Кроме того, высота установки антенны оказалась критически важным фактором: при увеличении высоты мачты на каждые 2 метра радиус эффективной связи возрастал в среднем на 10–12%, что соответствует теоретическим расчетам для УКВ-диапазона.

Амурский залив, расположенный на северо-западе залива Петра Великого, представляет собой уникальный морской регион с разнообразным рельефом побережья, включающим гористые участки, возвышенности и сложные мелководные зоны, что создает дополнительные сложности для работы УКВ-радиосвязи. Основной целью исследования было оценить влияние конструктивных параметров антенн и условий эксплуатации на стабильность и дальность передачи сигналов в этих условиях.

Для проведения экспериментов использовались два основных типа антенн: штыревые антенны и антенны с запирающим стаканом. Штыревые антенны, представляющие собой вертикальные излучатели длиной от 1 до 2,5

метров, выполнены из материалов, устойчивых к коррозионному воздействию морской среды, таких как анодированный алюминий и стеклопластик. Этот тип антенн обеспечивает равномерную всенаправленную диаграмму излучения, что делает их особенно эффективными для судов, находящихся на открытых акваториях. Антенны с запирающим стаканом имеют более сложную конструкцию, включающую полуволновый вибратор и согласующий элемент, что позволяет уменьшить коэффициент стоячей волны и повысить эффективность передачи сигнала, особенно в условиях, где наблюдаются значительные отражения от окружающих объектов.

Горный рельеф северо-западного побережья Амурского залива характеризуется значительными высотными перепадами и плотным растительным покровом. Эти факторы создают препятствия для прямой линии распространения УКВ-сигналов, что приводит к многократным отражениям, дифракции и затуханию радиоволн. Для исследования влияния этих факторов антенны размещались на высотах от 5 до 15 метров над уровнем воды. Результаты показали, что увеличение высоты установки антенны на каждые 5 метров повышало уровень принимаемого сигнала на 15–20%, что соответствует расчетным данным для диапазона частот 156–162 МГц. Однако при высоте ниже 5 метров сигнал значительно ослабевал из-за экранирующего эффекта горных образований.

Мелководные зоны, которые преобладают в северной части залива, также влияют на качество радиосвязи. Эти участки с глубинами от 10 до 15 метров обладают высокой электропроводностью из-за соленой воды, что приводит к изменению угла наклона и поляризации радиоволн. Эксперименты показали, что потери сигнала на мелководье возрастали на 12–15% по сравнению с глубоководными участками. Этот эффект был наиболее выражен в зонах с активными приливными течениями, где уровень воды и электромагнитные характеристики среды значительно варьировались.

Для измерения параметров сигнала использовались профессиональные УКВ-радиостанции с регулируемой мощностью передачи до 25 Вт и спектроанализаторы для точной оценки частотно-амплитудных характеристик принимаемых сигналов. Измерения проводились как в стационарных точках, так и в движении. В стационарных условиях анализировалось качество сигнала на разных расстояниях и в различных направлениях относительно источника. При движении судна оценивались динамические изменения качества связи, связанные с качкой, ветровым волнением и изменениями глубины. Результаты мобильных измерений показали, что при скорости судна до 10 узлов потери сигнала оставались минимальными, тогда как при скорости выше 15 узлов наблюдались значительные отклонения от оптимальных характеристик, обусловленные вибрацией мачты и отклонением антенны от вертикальной оси.

Особое внимание уделялось взаимодействию сигналов с окружающей средой. В условиях гористого побе-

режья было выявлено, что наибольшие помехи создаются при отражении радиоволн от вертикальных скалистых поверхностей. Антенны с запирающим стаканом, благодаря узкой направленности диаграммы излучения, показали лучшие результаты в таких условиях, обеспечивая на 10–15% более стабильный сигнал по сравнению с штыревыми антеннами. В открытых акваториях эти различия сглаживались, и оба типа антенн демонстрировали сопоставимые характеристики.

Влияние погодных условий, включая сильные ветры и осадки, также изучалось в ходе экспериментов. Ветры, превышающие 15 м/с, вызывали отклонение мачт с установленными антеннами, что приводило к временному снижению уровня сигнала до 10%. Антенны, установленные на гибких мачтах, демонстрировали меньшую устойчивость к этим факторам, что указывает на необходимость жесткого крепления антенн в условиях шторма. В то же время осадки в виде дождя и снега значительно не влияли на характеристики сигнала, поскольку УКВ-диапазон обладает высокой устойчивостью к таким помехам.

Исследование влияния конструкции антенн УКВ-радиосвязи на качество передачи сигналов в условиях гористой местности и мелководья Амурского залива представляет собой актуальную задачу в области обеспечения безопасности судоходства и навигации. Амурский залив, расположенный в северной части залива Петра Великого, характеризуется сложным рельефом побережья, разнообразием гидрологических условий и наличием горных массивов, которые существенно влияют на распространение радиоволн. Основной целью исследования стало выявление зависимости между конструктивными параметрами антенн, их расположением на судне и качеством передачи сигнала в условиях, типичных для данного региона.

Для проведения исследования были выбраны штыревые антенны и антенны с запирающим стаканом. Штыревые антенны представляют собой вертикальные излучатели длиной от 1 до 2,5 метров, выполненные из стеклопластика с медным сердечником или алюминия. Они обеспечивают равномерное всенаправленное излучение, что делает их стандартным выбором для большинства судов. Однако в условиях гористой местности и мелководья штыревые антенны подвержены значительным потерям сигнала из-за многократных отражений радиоволн от поверхности воды, скал и растительности. Антенны с запирающим стаканом, включающие в свою конструкцию полуволновый вибратор и согласующий элемент, обеспечивают узкую направленную диаграмму излучения. Это позволяет уменьшить коэффициент стоячей волны, снизить потери сигнала и повысить его стабильность в сложных рельефных условиях.

Географические особенности исследуемого региона включают гористое побережье с крутыми утесами и возвышенностями, что создаёт зоны «радиотени», в которых сигнал ослабляется или полностью пропадает. В северной части залива преобладают мелководные участки с глу-

бинами от 10 до 15 метров, где высокопроводящая морская вода и изменяющийся рельеф дна оказывают существенное влияние на характеристики радиоволн. Дополнительными факторами являются приливно-отливные явления, которые изменяют уровень воды и параметры отражения радиоволн, а также сильные ветры и волны, вызывающие колебания судов и отклонение антенн от вертикали.

Методика исследования включала установку антенн на различных высотах — от 5 до 15 метров над уровнем воды, что позволило оценить влияние высоты размещения на качество связи. Увеличение высоты антенны на каждые 5 метров обеспечивало рост дальности связи на 10–15%, что связано с уменьшением влияния рельефа и расширением зоны прямой видимости. Эксперименты проводились в стационарных и мобильных условиях. В стационарных измерениях фиксировались параметры сигнала в заранее определённых точках, расположенных на побережье и в акватории, для оценки уровня затухания и отражений. В мобильных измерениях судно перемещалось по заданным маршрутам с использованием GPS-навигации для точной фиксации координат. Это позволило изучить изменения уровня сигнала в зависимости от глубины, скорости движения судна и изменяющихся гидрологических условий.

Для измерений использовались УКВ-радиостанции с мощностью передачи до 25 Вт, спектроанализаторы для оценки частотно-амплитудных характеристик сигнала и геодезическое оборудование для картографирования зон связи. Анализ данных показал, что штыревые антенны обеспечивают высокий уровень сигнала на открытой воде, но в условиях гористого рельефа уровень потерь увеличивался на 20–30%. Антенны с запирающим стаканом, благодаря своей направленной диаграмме излучения, продемонстрировали меньшую подверженность

влиянию отражённых волн, что позволило уменьшить потери на 15–20% по сравнению с штыревыми антеннами.

Влияние материала конструкции антенны также оказалось существенным. Антенны из стеклопластика с медным сердечником обеспечивали более стабильный сигнал в условиях высокой влажности и обледенения, что характерно для дальневосточных акваторий в зимний период. Алюминиевые антенны, несмотря на их высокую механическую прочность, продемонстрировали снижение коэффициента усиления сигнала на 5–7% из-за меньшей проводимости материала. Кроме того, в условиях мелководья и сильного ветрового волнения наблюдалось отклонение антенн от вертикали, что вызывало временные потери связи. Использование амортизирующих креплений и стабилизаторов частично компенсировало этот эффект, снижая амплитуду колебаний антенн.

Дополнительно были исследованы взаимные помехи между навигационным и связным оборудованием на судне. Установлено, что минимальное расстояние между антеннами УКВ-радиосвязи и радиолокационными станциями должно составлять не менее 3 метров для предотвращения электромагнитных наводок. В условиях сложного рельефа и интенсивного движения судов такие помехи могут вызывать временные перебои в связи, что требует тщательной оптимизации расположения оборудования на судне.

Для гористых районов рекомендуется использование антенн с узкой диаграммой направленности, размещённых на высоте не менее 10 метров. На мелководье предпочтительно применение штыревых антенн с антикоррозийным покрытием, обеспечивающих стабильную связь на ближних дистанциях. Совокупность этих факторов позволяет значительно повысить качество радиосвязи и обеспечить безопасность судоходства в сложных условиях Амурского залива.

Литература:

1. Алиев Р. Т., Гордеев С. А. Современные методы повышения эффективности УКВ-радиосвязи на морских судах. — М.: Морская техника, 2021. — 212 с.
2. Захаров В. А. Антенны морских судов: особенности конструкции и эксплуатации. — СПб: Судостроение, 2020. — 184 с.
3. Бекетов И. В., Коломиец А. Н. УКВ-связь в условиях сложного рельефа: проблемы и пути решения // Радиосвязь и навигация. — 2021. — Т. 12, № 2. — С. 85–97.
4. ITU Radiocommunication Sector. Handbook on Maritime Mobile and Radiodetermination Services. — Geneva: ITU, 2019. — 298 p.
5. Johnson R. C., Jasik H. Antenna Engineering Handbook. — 4th ed. — New York: McGraw-Hill, 2017. — 1234 p.
6. Богомолов В. И., Соколова Т. А. Радиосвязь на морских судах: справочник. — Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2018. — 256 с.
7. Skolnik M. I. Radar Handbook. — 3rd ed. — New York: McGraw-Hill, 2008. — 1350 p.

Управление экипажем и командование на морских судах

Пахомкин Трофим Олегович, студент;

Сучков Кирилл Александрович, студент

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского (г. Владивосток)

В статье рассматриваются современные подходы к управлению экипажем и командованию на морских судах, обусловленные развитием автоматизации и цифровизации судоходства. Особое внимание уделено вопросам влияния человеческого фактора на безопасность судоходства, методам поддержания дисциплины и взаимодействия в международных экипажах, а также использованию инновационных технологий для оптимизации управления. Описаны тенденции внедрения автономных систем судоходства и их воздействие на процессы командования. Также обсуждаются перспективы развития образовательных программ для капитанов и командного состава с учетом новых требований к квалификации. Статья акцентирует внимание на интеграции цифровых платформ и интеллектуальных систем, которые трансформируют управление экипажем и взаимодействие с береговыми службами. Сделаны выводы о необходимости комплексного подхода к управлению, учитывающего технологические, психологические и культурные аспекты работы экипажа.

Ключевые слова: управление экипажем, командование, морские суда, человеческий фактор, автоматизация, цифровизация, дисциплина, международные экипажи, автономные системы, капитаны, образовательные программы, инновационные технологии.

Crew management and command on maritime vessels

Pakhomkin Trofim Olegovich, student;

Suchkov Kirill Alexandrovich, student

Maritime State University named after Admiral GI Nevelskoy (Vladivostok)

This article examines contemporary approaches to crew management and command on maritime vessels, driven by the advancement of automation and digitization in shipping. Special attention is given to the impact of the human factor on navigational safety, methods for maintaining discipline and interaction within international crews, as well as the use of innovative technologies for optimizing management. The trends in the implementation of autonomous navigation systems and their effects on command processes are described. Additionally, the prospects for developing educational programs for captains and crew members are discussed, considering the new qualification requirements. The article emphasizes the integration of digital platforms and intelligent systems that transform crew management and interactions with shore-based services. Conclusions highlight the necessity of a comprehensive management approach that accounts for the technological, psychological, and cultural aspects of crew operations.

Keywords: crew management, command, maritime vessels, human factor, automation, digitization, discipline, international crews, autonomous systems, captains, educational programs, innovative technologies.

Управление экипажем на морских судах представляет собой один из ключевых факторов обеспечения безопасности судоходства и эффективности выполнения судовых операций. Современные морские перевозки сталкиваются с целым рядом вызовов, включая усложнение навигационных условий, увеличение объема морского трафика и высокую степень автоматизации судов. В таких условиях принципы управления экипажем, роль человеческого фактора и требования к капитану и командному составу становятся центральными аспектами эффективного функционирования судов.

Одним из фундаментальных принципов управления экипажем является четкая иерархия и строгое распределение обязанностей, основанное на единоначалии. Капитан как главнокомандующий судном несет полную ответственность за его эксплуатацию, безопасность, жизнь экипажа и пассажиров. Организация работы экипажа строится на понятных и строго регламентированных

процедурах, отраженных в Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (STCW). Эта конвенция, пересмотренная в Маниле в 2010 году, устанавливает базовые стандарты подготовки и квалификации моряков, включая требования к навыкам управления и взаимодействия в условиях судоходства.

В условиях глобализации морской отрасли управление многонациональными экипажами стало стандартной практикой. Согласно данным Международной морской организации (ИМО), более 75% экипажей составляют представители различных стран, что требует учета культурных и языковых различий. Эффективное общение и взаимодействие между членами экипажа становятся критически важными для предотвращения конфликтов и недоразумений, способных привести к аварийным ситуациям. Использование английского языка как рабочего стандарта на борту является обязательным, однако капитаны должны проявлять гибкость и учитывать куль-

турные особенности, влияющие на восприятие и выполнение задач.

Влияние человеческого фактора на безопасность мореплавания остается одной из наиболее обсуждаемых тем в профессиональном сообществе. По данным исследований Международного совета по морским авариям, до 80% инцидентов на море вызваны ошибками экипажа. Основными причинами таких ошибок являются усталость, стресс, недостаток профессиональной подготовки и межличностные конфликты. Например, усталость, вызванная длительными рабочими сменами и недостатком сна, снижает когнитивные способности моряков, что, в свою очередь, увеличивает вероятность неправильных действий. Для решения этой проблемы в рамках STCW установлены минимальные требования к продолжительности отдыха моряков, что является обязательным для соблюдения судходными компаниями.

Современные подходы к снижению влияния человеческого фактора включают внедрение симуляционных тренингов и регулярную переподготовку экипажей. Симуляционные центры, оснащенные современными навигационными и инженерными тренажерами, позволяют моделировать аварийные ситуации и вырабатывать у моряков навыки быстрого и правильного реагирования. Например, в таких центрах проводятся тренировки по управлению судном в условиях густого морского трафика, плохой видимости или технических отказов систем. Это позволяет экипажам действовать слаженно и минимизировать риски.

Требования к капитанам и старшему командному составу, в свою очередь, существенно возросли в последние десятилетия. От капитана требуется не только глубокое знание навигационных систем, включая электронные карты (ECDIS), радары и автоматические идентификационные системы (AIS), но и высокая степень компетентности в управлении человеческими ресурсами. Лидерские качества, способность принимать решения в стрессовых ситуациях и навыки мотивации экипажа становятся неотъемлемой частью профессионального профиля капитана. Капитан должен уметь эффективно распределять задачи, поддерживать моральный дух экипажа и предотвращать конфликты.

Технический прогресс также меняет роль капитана и команды в управлении судном. Внедрение систем автономного судходства, таких как MASS (Maritime Autonomous Surface Ships), требует от моряков адаптации к новым технологиям. Хотя полностью автономные суда пока остаются в стадии тестирования, элементы автоматизации, включая системы дистанционного управления судном, уже активно используются. Это требует от капитанов новых навыков в области управления системами связи, кибербезопасности и анализа данных.

Эффективное управление экипажем также невозможно без учета современных норм в области психологической устойчивости. Моряки сталкиваются с длительными периодами изоляции, разлукой с семьей и физическим на-

пряжением, что может приводить к депрессии и синдрому выгорания. Психологическая подготовка, регулярное консультирование и программы релаксации на борту становятся частью стратегии морских компаний по поддержанию здоровья экипажа. Международная федерация транспортных рабочих (ITF) подчеркивает важность регулярного проведения тренингов, направленных на укрепление психоэмоционального состояния моряков.

Практика командования на морских судах сталкивается с рядом сложных вызовов, требующих высокого профессионализма капитанов и командного состава. Одной из центральных задач является эффективное управление международными экипажами, где культурные, языковые и профессиональные различия могут затруднять взаимодействие. Согласно данным Международной морской организации (ИМО), более 80% современных коммерческих судов управляются смешанными экипажами. Основной язык общения на судах — английский, регламентированный Конвенцией STCW, однако уровень владения языком среди членов экипажа может существенно различаться. Это часто приводит к ошибкам в передаче информации, что, в свою очередь, становится причиной аварийных ситуаций. Для минимизации подобных рисков судходные компании активно внедряют программы обучения и сертификации, такие как Marlins и CES6.0, которые позволяют оценивать и повышать уровень языковой компетенции моряков.

Соблюдение дисциплины в условиях ограниченного пространства судна требует особых подходов к управлению. На борту судна основой работы экипажа является строгое следование установленным инструкциям, подчинение командованию и оперативное выполнение поставленных задач. Одновременно с этим в международных экипажах нередко возникают конфликты, связанные с различиями в культурных нормах. Например, исследование, проведенное Lloyd's Register Foundation, показало, что члены экипажа из азиатских стран склонны к непрямой коммуникации, что может восприниматься как недостаток инициативы у представителей европейских экипажей. Для решения таких конфликтов капитан обязан использовать методы командного взаимодействия, которые основаны на поощрении доверия, взаимоуважения и соблюдении норм профессионального этикета. Компании, такие как Maersk и Shell Shipping, внедряют регулярные тренинги для капитанов, направленные на развитие лидерских качеств и навыков разрешения конфликтов.

Важным аспектом практики командования стало использование цифровых технологий для оптимизации управления и контроля задач. Современные судовые системы, такие как Fleet Management Software, позволяют капитану и старшему офицеру отслеживать выполнение задач экипажа в режиме реального времени, минимизируя вероятность ошибок. Например, системы планирования технического обслуживания, включая AMOS и ShipManager, обеспечивают своевременное проведение инспекций

и ремонта оборудования, что особенно важно для предотвращения аварий. В то же время технологии искусственного интеллекта, интегрированные в автоматизированные системы судовождения, позволяют снизить нагрузку на экипаж, выполняя рутинные задачи, такие как управление движением судна и мониторинг состояния систем. Это высвобождает ресурсы команды для выполнения более сложных и стратегически важных задач.

Цифровизация также способствует улучшению связи между экипажем и береговыми службами. Использование спутниковых систем связи, таких как Inmarsat и Starlink, позволяет поддерживать стабильное интернет-соединение даже в удаленных районах мирового океана. Это особенно важно для взаимодействия с диспетчерскими центрами, организации логистических операций и оперативного получения инструкций. Современные платформы связи также позволяют экипажу участвовать в онлайн-обучении, что способствует повышению их квалификации без отрыва от выполнения служебных обязанностей. Например, такие компании, как MOL и NYK Line, внедряют платформы дистанционного обучения, позволяя членам экипажа проходить курсы по управлению судами и современным технологиям.

Управление стрессом и психологической устойчивостью экипажа остается одним из наиболее актуальных вопросов в практике командования. моряки регулярно сталкиваются с длительными периодами изоляции, физическим и эмоциональным напряжением, что может приводить к снижению работоспособности и даже к серьезным психологическим расстройствам. По данным исследования Международной федерации транспортных рабочих (ITF), около 25% моряков испытывают признаки депрессии во время длительных рейсов. В связи с этим судоходные компании внедряют программы психологической поддержки, такие как регулярные консультации с психологами, организация досуга и спортивных мероприятий на борту. Многие суда оснащены тренажерными залами, мультимедийными библиотеками и зонами отдыха, что позволяет снизить уровень стресса у экипажа.

Для капитанов разработаны специальные программы обучения, направленные на развитие навыков раннего выявления признаков эмоционального выгорания у членов команды. Это включает использование методик поведенческого анализа, проведение регулярных собраний экипажа и создание атмосферы доверия, где каждый моряк может открыто говорить о своих проблемах. Кроме того, современные цифровые решения, такие как SeafarerHelp, предоставляют круглосуточный доступ к консультациям профессиональных психологов через онлайн-платформы, что позволяет решать кризисные ситуации в кратчайшие сроки.

Автоматизация и цифровизация морских судов в последние десятилетия кардинально изменили процессы управления экипажем, поставив перед капитанами и командным составом новые задачи. Основной целью внедрения этих технологий стало повышение безопасности судоходства, снижение человеческого фактора в ава-

рийных ситуациях и оптимизация эксплуатационных процессов. Влияние автоматизации на процесс командования судном проявляется в переходе от традиционных методов управления к более структурированным, основанным на использовании интеллектуальных систем. Разработка автономных надводных судов, известная как Maritime Autonomous Surface Ships (MASS), стала одним из ключевых направлений современной морской индустрии. Хотя полностью автономные суда еще не достигли стадии коммерческой эксплуатации, отдельные элементы автоматизации, такие как системы динамического позиционирования, автоматизированные навигационные системы и дистанционное управление, уже активно используются на судах.

Капитаны сталкиваются с необходимостью адаптации к этим изменениям, что требует от них глубокого понимания работы с новыми технологиями. Интеграция систем, таких как ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), AIS (Automatic Identification System) и систем прогнозирования маршрута на основе больших данных, позволяет более точно планировать навигацию, учитывать погодные условия и избегать зон с высоким уровнем риска. Однако это создает и новые вызовы. Исследования, проведенные Международной морской организацией (ИМО), показывают, что хотя автоматизация снижает когнитивную нагрузку на членов экипажа, она также может привести к «утрате навыков» из-за слишком сильного упора на технологии. Это особенно критично в ситуациях, требующих быстрого принятия решений при отказе автоматизированных систем.

Современные программы обучения капитанов и командного состава ориентированы на интеграцию традиционных морских навыков с подготовкой к работе с цифровыми технологиями. Симуляционные тренажеры, используемые в ведущих морских академиях, таких как Академия ВМФ в Норвегии и Международный морской институт в Мальте, позволяют моделировать сложные навигационные ситуации с учетом работы автоматизированных систем. Это включает тренировки по управлению судном в условиях ограниченной видимости, маневрированию в узких проходах и предотвращению столкновений. Кроме того, важное внимание уделяется обучению основам кибербезопасности. Учитывая рост числа кибератак на морские системы, что подтверждают отчеты Allianz Global Corporate & Specialty, капитаны должны быть готовы к предотвращению возможных угроз, таких как несанкционированный доступ к системам управления судном.

Одним из перспективных направлений в подготовке капитанов является использование виртуальной и дополненной реальности (VR и AR). Эти технологии дают возможность проводить тренировки в условиях, максимально приближенных к реальным, моделируя не только аварийные ситуации, но и повседневные задачи управления экипажем. Например, компании, такие как Kongsberg и Wärtsilä, уже предлагают решения на основе VR, которые позволяют капитанам отрабатывать сложные маневры в виртуальной среде без риска для реального судна.

Инновации в управлении экипажем также связаны с использованием цифровых платформ для координации работы и улучшения взаимодействия на борту. Современные системы управления, такие как ShipManager и Crew Manager, интегрируют данные о задачах, графиках смен, техническом состоянии судна и даже состоянии здоровья экипажа. Такие системы позволяют капитану и старшему офицерскому составу оперативно управлять процессами на борту, минимизируя вероятность человеческих ошибок. Например, биометрические датчики, установленные на некоторых судах, позволяют отслеживать уровень усталости членов экипажа и корректировать графики работы и отдыха для предотвращения ошибок, связанных с переутомлением. Судоходные компании, такие как MOL и NYK Line, активно тестируют такие технологии, чтобы повысить безопасность рейсов и снизить риски.

Цифровизация также оказывает влияние на взаимодействие экипажа с береговыми службами. Использование спутниковых систем связи, таких как Inmarsat и Starlink, обеспечивает надежную связь даже в удаленных районах мирового океана. Это особенно важно для пере-

дачи данных о состоянии судна, взаимодействия с диспетчерскими центрами и проведения дистанционных собраний. Внедрение высокоскоростного интернета на судах позволило сократить разрыв между экипажем и береговыми службами, делая взаимодействие более оперативным и эффективным. Более того, такие системы обеспечивают доступ к образовательным платформам, что позволяет морякам проходить курсы повышения квалификации прямо на борту.

Перспективы развития управления экипажем тесно связаны с внедрением концепции «цифровых двойников» (Digital Twin). Эта технология, активно развиваемая в Европе, позволяет создавать виртуальную модель судна, отражающую все аспекты его работы — от технического состояния систем до планирования операций. «Цифровой двойник» может использоваться капитанами для прогнозирования возможных проблем, тестирования сценариев аварийных ситуаций и оптимизации маршрутов. Например, внедрение такой технологии позволяет заранее выявлять потенциальные неисправности оборудования, что минимизирует риск вынужденных простоев и аварийных ситуаций.

Литература:

1. Валов, В. В., Мельников, А. А. «Человеческий фактор в морском судоходстве: вызовы и решения». — Санкт-Петербург: Судостроение, 2020. — 304 с.
2. Иванов, С. А., Петров, Н. И. «Управление судовым экипажем: основы психологии и технологии управления». — М.: Транспорт, 2018. — 224 с.
3. International Maritime Organization. STCW: International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978, as amended in Manila, 2010. — London: IMO Publishing, 2011. — 514 p.
4. Allianz Global Corporate & Specialty. «Safety and Shipping Review 2023». — Allianz SE, 2023. — 98 p. — [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agcs.allianz.com>
5. Lloyd's Register Foundation. «Human Element and Safety in Maritime Industry». — London: Lloyd's Register, 2019. — 145 p.

Система освещения моста

Юркин Никита Алексеевич, учащийся 10-го класса
Научный руководитель: Шибeko Роман Владимирович, учитель физики
МОУ СОШ № 19 г. Комсомольска-на-Амуре

В статье рассмотрена система освещения моста, приведена функциональная схема блока управления линией осветительных приборов.

Ключевые слова: освещение, датчик, осветительная линия, микроконтроллер, интерфейс.

Проблема повышения эффективности энергопотребления в XX веке не стояла в числе первоочередных, особенно в Советском Союзе. Энергоресурсы были дешевые, и казалось, что запасы их бесконечны. Конечно, предпринимались попытки в данной области, но они касались в основном промышленного производства. Бытовое и коммунальное энергопотребление было невелико, и вся экономия энергии ограничивалась призывами со стороны властей выключать лампочки, горящие без надобности.

В XXI веке ситуация со стоимостью энергоресурсов изменилась, и проблема повышения эффективности энергопотребления вышла на важное место среди технических проблем. К тому же улучшение ситуации в данном вопросе может дать существенный вклад в решение других проблем, стоящих перед человечеством, например, экологических. Разумеется, решение такой глобальной задачи предполагает усилия во всех сферах технической деятельности человека.

На первый взгляд освещение (как уличное, так и в помещениях) не является таким уж энергоёмким. Однако по статистическим данным на освещение тратится более 10% от всей вырабатываемой в нашей стране энергии. Таким образом, повышение энергоэффективности систем освещения является актуальной задачей [1].

Естественно, что первым шагом для увеличения энергоэффективности является замена морально устаревших источников света (лампы накаливания) на более экономичные (светодиодные излучатели). Далее следует усовершенствование управления светильниками [2,3].

Чаще всего осветительные линии или отдельные светильники оснащают фотодатчиками, однако присутствуют линии, работающие по таймеру.

Использование фотодатчика имеет свои недостатки:

- фотодатчик надо выносить на улицу;
- фотодатчик требует обслуживания. В зимнее время фотодатчик будет обмерзать и забиваться снегом, а в летнее время источником загрязнения служит пыль. В этих случаях свет будет даже днем;
- при паразитной засветке датчика светильник не будет правильно отслеживать естественную освещённость;
- отсутствие возможности настройки автоматического выключения, когда свет не нужен;
- отсутствие возможности включения света с опережением/запаздыванием относительно уровня освещения.

Светильник (линия) с таймером (часами реального времени) данными недостатками не обладает. Однако очень часто уличное размещение светильника с обычным таймером не учитывает изменение времени восхода и захода солнца на широте использования светильника. Исходя из этого, применение астротаймера более целесообразно. В основу работы этих устройств положен математический расчет астрономических явлений, таких как восход и заход солнца.

При использовании длинных линий освещения для определения конкретного неисправного светильника целесообразно датчик тока объединить с осветительным элементом в осветительный прибор.

Ниже представлена система освещения моста длиной от 1500 до 2000 метров. Система позволяет управлять осветительными приборами в пяти градациях яркости от

состояния «выключено» до состояния «максимальная яркость». Мост представляет собой дорогу с двухсторонним движением в два ряда с каждой стороны. Каждая сторона движения разделена на четыре участка. В начале каждого участка присутствуют датчики наличия автомобиля в ряду индукционного типа, например, КМП-2.

С начала захода солнца и до его окончания система постепенно (пошагово) увеличивает яркость светильников на каждой стороне от нулевого значения до третьей градации. При срабатывании датчика присутствия автомобиля яркость на данном участке повышается до максимальной и таким образом формируется «световая волна» перед движущимся автомобилем. С захода солнца и до часу ночи при отсутствии автомобилей мост освещается третьей градацией яркости и только при наличии движущегося автомобиля в «световой волне» формируется максимальная яркость. С часу ночи и до начала рассвета мост без автомобилей освещен первой (минимальной) яркостью. «Световая волна» также максимальна по яркости. После рассвета все светильники выключаются.

В статье [4] показаны структуры осветительных линий. Возьмем за основу структуру показанную на рис. 1.

Состав структуры: блок управления линией осветительных приборов (БУЛОП), является центральным звеном управления; фотодатчик (ФД), преобразует освещённость в месте установки в сигнал для БУЛОП; таймер (Т) (часы реального времени), подсчитывает реальное время; датчик присутствия (ДП), фиксирует наличие движения вместе установки; блок передатчика (БПр), сообщает необходимую информацию в центр управления энергосистемой; датчик напряжения (ДН), позволяет измерять действующее значение сетевого напряжения и/или фиксировать переход кривой сетевого напряжения через нуль; датчик тока (ДТ), позволяет диагностировать состояние осветительных элементов в линии и/или вносить коррективы в управление линией; центр управления энергосистемой (ЦУ); блок управления регулятором мощности (БУРМ); осветительный прибор (ОП), объединение осветительного элемента и других устройств; линия связи (ЛС), информационно соединяет БУЛОП и ОП, линии связи могут быть проводные или беспроводные; устройство сопряжения (УС), формирует сигналы для передачи по линии связи; осветительный элемент (ОЭ), является

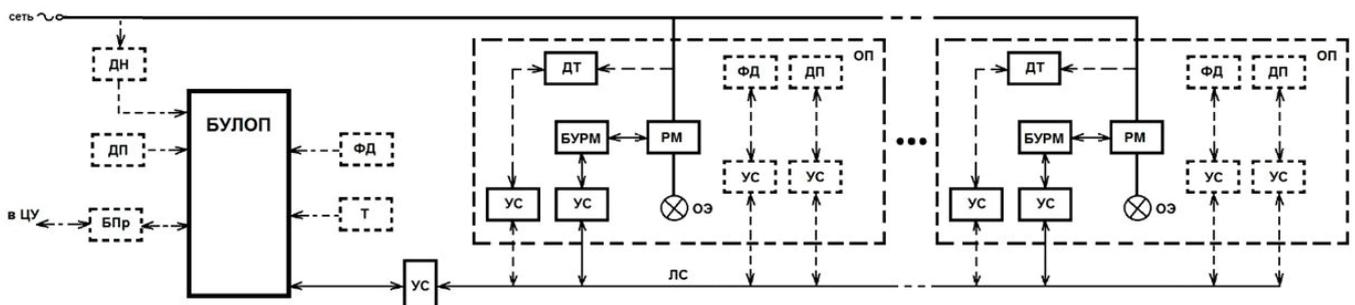


Рис. 1. Структура осветительной линии

источником света; регулятор мощности (PM), позволяет управлять мощностью подводимую к светильникам.

Элементы структуры, обозначенные сплошной линией, являются обязательными. Элементы, обозначенные штриховой линией, используются при необходимости.

На основании рис. 1 произведен синтез функциональной схемы центрального блока (блок управления линией осветительных приборов, датчики, таймер, устройство сопряжения), которая представлена на рис. 2.

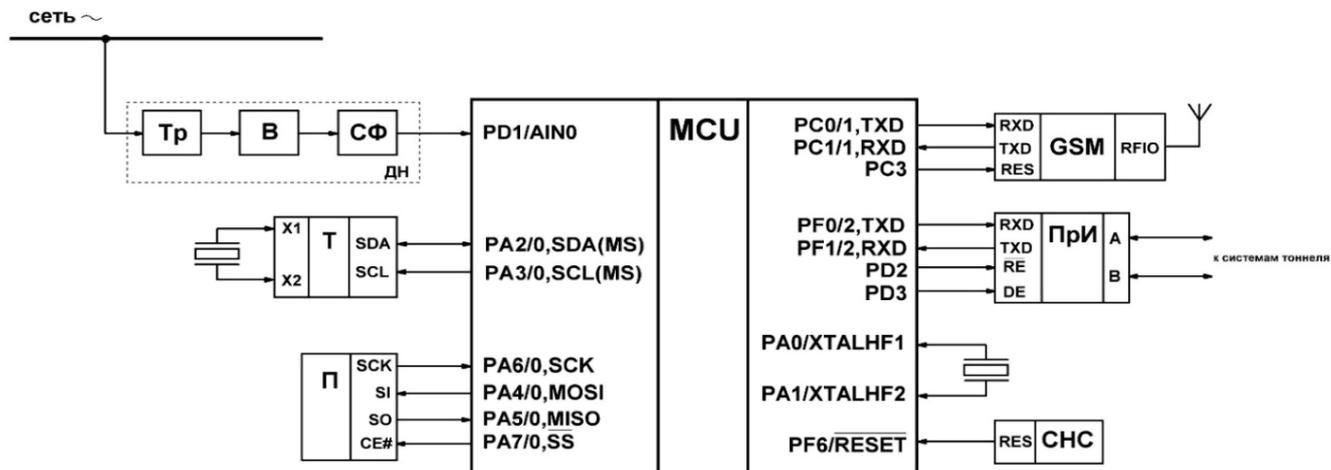


Рис. 2. Функциональная схема блока управления линией осветительных приборов

На рис. 2 обозначено:

- ДН — датчик напряжения сети;
- Tr — трансформатор (может использоваться ZMPT101B);
- B — выпрямитель;
- CF — сглаживающий фильтр;
- T — таймер реального времени (может использоваться DS1307);
- П — память системы (может использоваться SST26VF064B);
- MCU — микроконтроллер (схема ориентирована на использование AVR128DB28);
- GSM — модуль GSM (может использоваться Simcom SIM800L);
- При — преобразователь интерфейсов (может использоваться MAX13442E);
- CHC — схема начального сброса (может использоваться супервизор питания BD4856).

Система построена по радиальному принципу, но подключение устройств интерфейсу RS-485 происходит по магистральному принципу.

Датчик напряжения сети формирует эквивалентное постоянное напряжение, которое поступает на вход на внутреннего аналого-цифрового преобразователя. Таким образом микроконтроллер получает информацию о значении действующего напряжения сети. Если это значение меняется в пределах $\pm 10\%$, то светильники настраиваются

так чтобы их яркость не изменилась. При больших отклонениях напряжения полностью скомпенсировать изменение яркости светильников не удается. Отклонение действующего напряжение больше $\pm 20\%$ считается аварийной ситуацией и светильники отключаются.

Таймер реального времени (астротаймер) обслуживается по интерфейсу I²C. Память системы, которая предназначена для запоминания промежуточных данных, а также информации о географических координатах моста, загружаемые в нее перед монтажом, обслуживается по интерфейсу SPI.

Модуль GSM служит для посылки sms-сообщений пользователю о текущей ситуации (при запросе) и при нестандартных ситуациях (по факту). Посредством преобразователя интерфейсов из UART формируется RS-485 по которому опрашиваются датчики наличия машин.

Схема начального сброса формирует сигнал сброса для микроконтроллера в начале работы системы. В качестве данной схемы может использоваться супервизор питания.

При работе только от реального времени суток и при дополнении системы устройствами мониторинга с выходным интерфейсом RS-485 (газоанализаторы, например, сигнализаторы загазованности СЗЦ-3, датчики вибрации и сейсмических колебаний, например, УСМ-АСН, другие устройства) систему можно применять в тоннелях. При длине объекта больше 1000 метров применяются усилители сигнала интерфейса RS-485, например, АС5.

Литература:

1. Тетри, Э. Л. Экономия электроэнергии благодаря энергосберегающему освещению / Э Тетри, Л. Халонен // Светотехника. — 2009. — № 5. — С. 59–64.

2. Никуличев, А.Ю., Сапронов А. А. Принцип построения эффективных систем управления уличным освещением // Изв. ВУЗов. Электромеханика (спец. выпуск).— 2008.— С. 135–137.
3. Бонати, А. Энергосбережение посредством интеллектуальных систем светорегулирования / А. Бонати // Светотехника.— 2009.— № 4.— С. 41–44.
4. Ульянов, А. В. Разработка энергоэффективных систем освещения / А. В. Ульянов, Р. В. Шибeko, С. М. Копытов // Современные наукоемкие технологии.— 2019.— № 3 (часть 2) — С. 199–206.

Тактики и средства определения массового расхода скважинного флюида

Якшибаев Зариф Рифович, студент магистратуры

Научный руководитель: Федоров Сергей Николаевич, старший преподаватель

Уфимский государственный нефтяной технический университет

В данной статье рассматриваются современные методы и средства определения массового расхода скважинного флюида, которые имеют первостепенное значение для эффективности добычи и переработки углеводородов в нефтегазовой отрасли. Обсуждаются исторические механические методы, такие как турбинные и диафрагменные расходомеры, их преимущества и ограничения. Подробно анализируются ультразвуковые, кориолисовы и тепловые расходомеры, их технические характеристики, области применения и точность измерений. Освещены компьютерные технологии, которые позволяют не только измерять расход, но и проводить анализ на вязкость и примеси в флюиде. Обсуждаются гравиметрические методы для лабораторных исследований.

Ключевые слова: массовый расход, скважинный флюид, нефтегазовая отрасль, расходомеры, ультразвуковые методы, кориолисовы методы, тепловые расходомеры, механические измерения, вычислительные системы, гравиметрический метод.

Массовый расход (Q) — это важнейший параметр, определяющий количество вещества, которое проходит через трубопровод или отверстие, за единицу времени. Этот показатель служит основой для оценки эффективности добычи и транспортировки флюидов в нефтегазовой отрасли. Точное измерение массового расхода имеет критическое значение, поскольку оно не только влияет на производительность скважин, но и служит ключевым фактором в обеспечении безопасности эксплуатации оборудования. В условиях растущих требований к экологии и экономике, определение массового расхода становится необходимым для контроля за уровнем выбросов и предотвращения утечек.

Массовый расход позволяет специалистам проводить анализ работы скважин и оптимизировать режимы их эксплуатации, что, в свою очередь, помогает снизить затраты и повысить стабильность процессов извлечения ресурсов. Методы измерения массового расхода варьируются по своей природе и сложности, начиная от простых механических расходомеров и заканчивая высокотехнологичными приборами, такими как кориолисовые и ультразвуковые расходомеры. Выбор подходящего метода во многом зависит от характеристик флюидов, условий эксплуатации и необходимых показателей точности [1, с. 222].

На сегодняшний день определение массового расхода скважинного флюида является одной из важных задач в нефтегазовой отрасли. Точность измерений напрямую влияет на эффективность добычи и переработки углеводородов, что, в свою очередь, определяет экономическую

целесообразность проектов. В настоящее время существует большое количество различных методов и средств, направленных на получение данной информации, начиная от прямых механических измерений и заканчивая высокоточными электронными и вычислительными системами.

Скважинный флюид представляет собой сложную смесь различных веществ, извлекаемых из недр земли в процессе добычи нефти или газа. Это многокомпонентная система, состоящая из воды, углеводородов, растворённых газов, солей и, возможно, твёрдых частиц. Всё зависит от конкретного месторождения и его геологических особенностей [2].

Исторически первые методы определения массового расхода базировались на традиционных механических приборах. Среди них популярны турбинные расходомеры и диафрагменные устройства. Эти методы характеризуются простотой в эксплуатации, однако имеют ряд ограничений, связанные с износом механических деталей и необходимостью их регулярной калибровки [9].

С развитием технологии на смену механическим методам пришли более сложные и точные электронные устройства. Существуют несколько категорий современных методов:

1. Ультразвуковые расходомеры: они работают на основе измерения времени прохождения ультразвукового сигнала через флюид. Измерения проводятся без контакта с флюидом, что снижает риск загрязнения и износа оборудования.

2. Кориолисовые расходомеры: используют принцип кориолисовой силы для определения массы флюида. Эти устройства особенно точны и способны измерять как массовый, так и объемный расход различных сред, включая многокомпонентные смеси. (Рисунок 1)

3. Тепловые расходомеры: определяют расход по изменению теплового потока, передаваемого флюиду. Подходят для точного измерения массового расхода газов и жидкостей с постоянной плотностью [11, 13].

При выборе метода и средства измерения необходимо учитывать множество факторов, таких как тип флюида, его физико-химические свойства, условия эксплуатации и точность, требуемая для конкретного применения.

Например, в скважинах с высоковязкими жидкостями могут быть предпочтительны ультразвуковые методы из-за неинвазивного характера измерений. В многоком-

понентных системах или в условиях высокого давления кориолисовы методы показывают лучшие результаты [7].

Прямой механический метод измерения массового расхода скважинного флюида включает использование расходомеров поплавкового или турбинного типа, которые применяются в условиях, когда прямое измерение возможно. Несмотря на относительную простоту конструкции, данные приборы требуют регулярного обслуживания и квалифицированного персонала для интерпретации данных, поскольку их точность может варьироваться в зависимости от условий эксплуатации [4] (Рисунок 2).

Электронные методы базируются на использовании ультразвуковых, электромагнитных или вихревых расходомеров. Эти приборы характеризуются высокой точностью и возможностью автоматизированной обработки

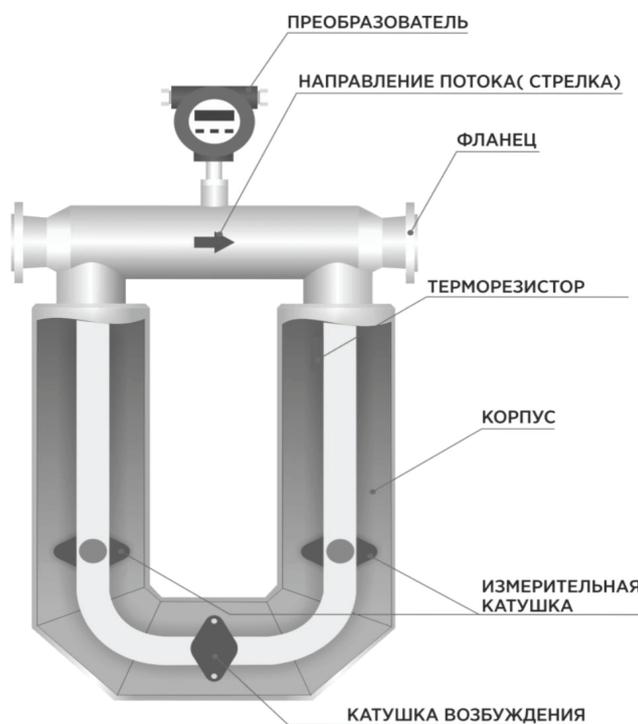


Рис. 1. Кориолисовые расходомеры



Рис. 2. Поплавковые расходомеры

данных, что обеспечивает большую рентабельность и надежность в долгосрочной перспективе. Ультразвуковые расходомеры, например, применяют принцип доплеровского сдвига для определения скорости потока и объема прошедшей среды [5].

Методы с использованием вычислительных систем. В последние десятилетия наблюдается бурное развитие методов, использующих вычислительные системы и программное обеспечение для обработки инженерных данных, полученных с различных датчиков. Эти системы позволяют не только определять массовый расход, но и анализировать качества флюида, его вязкость и наличие примесей [8]. Современные программы способны модели-

ровать поведение флюида в реальном времени, что дает возможность оперативного принятия решений для корректировки разработки месторождений.

Гравиметрический метод, основанный на измерении массы флюида, также остается актуальным в некоторых ситуациях. Однако его применение ограничивается лабораторными условиями или специальными испытаниями, так как он требует временного прерывания потока для отбора проб и их дальнейшего анализа [12] (Таблица 1).

Таблица 1 обобщает информацию о разнообразных методах, используемых в настоящее время для определения массового расхода скважинного флюида, демонстрируя широкий выбор технологий от традиционных до ультра-

Таблица 1. Методы и средства определения массового расхода скважинного флюида

Метод/Категория	Описание	Преимущества	Недостатки	Применение
Механические методы	Используют традиционные механические приборы, такие как турбинные и диафрагменные расходомеры.	Просты в эксплуатации.	Износ деталей и необходимость регулярной калибровки.	Применяются, когда возможно прямое механическое измерение.
Ультразвуковые расходомеры	Работают на основе измерения времени прохождения ультразвукового сигнала через флюид без контакта с ним.	Неинвазивность, снижен риск загрязнения и износа.	Могут быть ограничены в условиях турбулентного потока или высокой вязкости.	Идеальны для высоковязких жидкостей.
Кориолисовые расходомеры	Используют принцип кориолисовой силы для подсчета массы и объема флюида.	Высокая точность, возможность измерения многокомпонентных смесей.	Стоимость выше по сравнению с механическими методами.	Подходят для условий высокого давления и многокомпонентных систем.
Тепловые расходомеры	Определяют расход по изменению теплового потока, передаваемого флюиду.	Точны для газов и жидкостей с постоянной плотностью.	Зависимость от постоянства плотности флюида.	Используются в условиях стабильной плотности флюида.
Электромагнитные расходомеры	Используют электромагнитные поля для измерения потока, без механических частей.	Высокая точность, отсутствие изнашиваемых деталей.	Требуют электропроводных жидкостей для корректной работы.	Эффективны в автоматизированных системах с электропроводными жидкостями.
Вихревые расходомеры	Основаны на принципе возникновения вихрей за объектом при течении флюида.	Возможность работы в широком диапазоне температур и давлений.	Зависимость точности от стабильности потока.	Широко используются для газов и паров.
Вычислительные системы	Современные методы, использующие ПО для расширенного анализа данных, моделирования поведения флюидов в реальном времени.	Возможность быстрого анализа качества флюида, адаптация к изменениям условий.	Зависимость от качества и точности входных данных и установленного оборудования.	Разработка месторождений, системный анализ процессов.
Гравиметрический метод	Измерение массы флюида путем отбора проб и анализа.	Высокая точность в лабораторных условиях.	Прерывание потока при взятии проб, ограничено лабораторными условиями или специальными испытаниями.	Используется для лабораторного анализа и испытаний флюида.

современных, приспособленных к специфическим условиям применения и характеристикам флюида.

Важно отметить тот факт, что современные методы определения массового расхода скважинного флюида имеют ряд преимуществ, таких как высокая точность, возможность автоматизированного сбора и обработки данных, а также интеграция с центральными системами управления производственными процессами. Использование передовых технологий позволяет значительно повысить эффективность добычи ресурсов и снизить конструктивные и эксплуатационные издержки.

Технологическое развитие привело к созданию новаторских ультразвуковых расходомеров, которые используют свойства звуковых волн для измерения скорости многофазного потока. Эти устройства обладают рядом преимуществ, включая непрерывное измерение, отсутствие движущихся частей и минимальное вмешательство в процесс потока [16].

Вода, содержащаяся в скважинном флюиде, часто богата растворёнными минеральными солями, что требует специфической обработки для предотвращения коррозии оборудования и загрязнения окружающей среды. Методы очистки и разделения воды и нефти совершенствуются с каждым годом, продвигаясь в сторону более экологически чистых и эффективных технологий.

Скважинный флюид является не только источником энергии, но и объектом строгого технологического и экологического контроля, поскольку его добыча и использование должны соответствовать мировым стандартам и учитывать потенциальные последствия для окружающей среды. Современные технологии и исследования направлены на оптимизацию его использования, снижение влияния на природу и улучшение экономической эффективности [15].

Современные средства измерения массового расхода можно классифицировать по нескольким критериям: применяемые физические принципы, диапазон измерений, условия эксплуатации и уровень автоматизации. Наибольшей популярностью пользуются следующие методы: дифференциальный метод давления, ультразвуковые и электромагнитные расходомеры, а также методы индукционного измерения. Каждый из них имеет свои преимущества и ограничения, которые диктуются специфическими условиями работы скважин и составом флюида [13].

Дифференциальный метод давления основывается на зависимости между потоком жидкости и перепадом давления в трубопроводе. Это один из наиболее распространённых способов благодаря относительной простоте конструкции и высокой надёжности. Однако точность данного метода может снижаться при неправильной калибровке или наличии загрязнений в трубах.

Ультразвуковые расходомеры используют свойства звуковых волн для определения скорости и объёма потока. Основными преимуществами является возможность бесконтактного измерения флюида и высокая точность даже при изменении состава и давления среды. Они

имеют способность самостоятельно адаптироваться к изменениям флюида, обеспечивая высокую точность результатов при минимальной потребности в техническом обслуживании. Ультразвуковые технологии позволяют проводить измерения без внедрения в трубу, что исключает возможность нарушения потока или создания дополнительных мест утечки. Тем не менее, такие устройства требуют сложного программного обеспечения и регулярного технического обслуживания.

Средства определения массового расхода скважинного флюида зависят от множества факторов, включая требования эксплуатации, экономические аспекты и технические условия добычи. Постоянное развитие технологий в этой области позволяет совершенствовать методы измерения, обеспечивая более надёжную и эффективную работу нефтедобывающих компаний [3].

Традиционные методы измерения массового расхода скважинного флюида включают использование диафрагм, монотрометров и вихревых счётчиков. Эти средства, хотя и проверены временем, имеют ряд недостатков. Применение таких методов требует постоянного калибрования и адаптации под специфические условия использования. Кроме того, они зачастую не обеспечивают необходимой точности измерений при изменении состава и режима потока флюида.

Корреляционные методы основаны на анализе статистических данных и использовании сложных математических моделей для определения расхода. Эти методы особенно эффективны при работе с многофазными потоками, где необходимо учитывать динамические изменения в составе флюида. Благодаря использованию алгоритмов машинного обучения, корреляционные методы обеспечивают высокую точность и адаптивность систем [5].

Таким образом, на сегодняшний день, в связи с развитием инновационных средств определения массового расхода скважинного флюида, нефтегазовая отрасль получает возможности для достижения новых уровней эффективности и безопасности. Выбор подходящего метода измерения зависит от конкретных условий эксплуатации и требований к точности данных. Продолжающиеся исследования и разработки в этой области обещают интегрировать самые усовершенствованные технологические решения в ежедневную практику, обеспечивая устойчивое развитие энергетического сектора.

Выбор методов и средств для измерения массового расхода скважинного флюида имеет ключевое значение для эффективности добычи и переработки углеводородов. Разнообразие существующих технологий позволяет адаптировать подходы к сложным условиям эксплуатации и вариативности состава флюидов. Механические методы, хоть и просты в эксплуатации, имеют свои ограничения в плане износа и необходимости регулярной калибровки. Электронные методы, такие как ультразвуковые, кориолисовые и тепловые расходомеры, обеспечивают высокую точность и долговечность при минимальных вмешательствах в работу оборудования. Современные

вычислительные системы расширяют возможности анализа флюида, позволяя в реальном времени оценивать его параметры и корректировать процессы добычи.

Каждому методу свойственны свои преимущества и недостатки, что требует внимательного анализа условий применения, физических и химических свойств флюида, а также оперативных задач. Важно также учитывать экономическую целесообразность применения той или иной

технологии, поскольку выбранное решение может существенно повлиять на общую рентабельность проекта. Таким образом, интеграция многомерных подходов и современных технологий способна значительно повысить точность измерений и эффективность эксплуатации месторождений, что в конечном итоге способствует развитию нефтегазовой отрасли и повышению экономической устойчивости компаний.

Литература:

1. Заночуев С. А., Громова Е. А. Детальное исследование фазового поведения газоконденсатных систем Ачимовского пласта Уренгойского месторождения // *Фундаментальные основы инновационных технологий нефтегазовой промышленности: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 35-летию ОГРИ РАН*. Москва: научно-исследовательский институт нефти и газа РАН, 2022. С. 253–255.
2. Ющенко Т. С., Брусиловский А. И. Пошаговый подход к созданию и настройке PVT-моделей коллекторных углеводородных систем на основе уравнения состояния // *Георесурсы*. 2022, Том 24, № 3, С. 164–181.
3. Астанина А. А., Индрупский И. М. Исследование применения модели SLD для расчета фазового поведения газоконденсатной жидкости, близкой к критической, в герметичном коллекторе с адсорбцией // *Материалы конференции АИР*. 2023. Том 2872. С. 120.
4. Бойко, В. С. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений / В. С. Бойко. — М., Недра, 1990. — 456 с.
5. Василевский, В. Н. Исследование нефтяных пластов и скважин / В. Н. Василевский. — М.: Недра, 1973. — 547 с.
6. Гуревич, Г. Р. Справочное пособие по расчету фазовых состояний и свойств газоконденсатных смесей / Г. Р. Гуревич. — М.: Недра, 2002. — 264 с.
7. Желтов, Ю. П. Разработка нефтяных и газовых месторождений / Ю. П. Желтов. — М.: Недра, 1986. — 358 с.
8. Жиленко Н. П., Краснощек А. А., Справочник по реактивно-турбинному бурению. — М., Недра, 2015. — 309 с.
9. Пилатовский В. П. К вопросу о разработке овальных нефтяных месторождений. Определение дебитов и забойных давлений эллиптических батарей. — М.: Гостоптехиздат, 2021. — Вып. 8. — С. 114–141.
10. Пилипец В. И., Насосы для подъема жидкости: Учебное пособие. — Донецк, 2000. — 244 с.
11. Соколов Е. Я., Зингер Н. М., Струйные аппараты, — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 352 с.
12. Сучков, Б. М. Интенсификация работы / Б. М. Сучков. — М.: Институт компьютерных исследований, 2007. — 611 с.
13. Кусочкова Е. В., Индрупский И. М., Куряков В. Н. Распределение исходного состава флюида в нефтегазоконденсатном коллекторе с неполной гравитационной сегрегацией // *Серия конференций ИОР: Наука о Земле и окружающей среде*. 2021. Том. 931. С. 103
14. Ходжаев, А. Р. Нефть и газ в недрах земли / А. Р. Ходжаев, А. Р. Бабаев. — М.: Знание — 1981. — 354 с.
15. Ибрагимов А., Закиров Е., Индрупский И., Аникеев Д. Основы модели Peaceman well-block radius для нелинейных течений вблизи скважины.
16. Аникеев Д. П., Ибрагимов А. И., Индрупский И. М., Закиров Е. С. Моделирование нелинейного течения с использованием скорректированной формулы Миротворца для расчета давления в скважине // *Материалы конференции АИР*. 2023

Молодой ученый

Международный научный журнал
№ 52 (551) / 2024

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 08.01.2025. Дата выхода в свет: 15.01.2025.

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.