

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



4 2025
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 4 (555) / 2025

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

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

Международный редакционный совет:

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

На обложке изображен *Аскар Алеевич Шейх-Али* (Шейхгали) (1885–1968), инженер, создатель первой в России пишущей машины для татарского письма на основе арабской графики.

Аскар Шейх-али родился в 1885 году в Санкт-Петербурге в дворянской семье генерал-майора Шихалиева Али Давлетовича, уроженца Дагестана. После окончания учебы в Петербургском университете и службы в армии Аскар Алеевич работал в Московском лесотехническом институте. К технике его тянуло с самого детства, образованные родители такому увлечению не препятствовали, хотя отец мечтал, чтобы Аскар стал военным.

Хорошее образование и вложенная родителями любовь к своей истории способствовали тому, что Аскар не забывал о корнях. Он знал татарский язык, умел писать и читать на нем, но зарабатывал все-таки техническими навыками. В Москве, кроме обслуживания лабораторного оборудования, он занимался ремонтом разной техники — от замков до пишущих машин. Идея создать устройство, которое позволяло бы печатать на татарском, очень увлекла механика.

Имя Аскара Шейх-Али, вероятно, так и осталось бы в архивах созданного им производства, если бы не бывший конструктор Казанского завода ЭВМ, директор Музея истории вычислительной техники Маргарита Бадрутдинова. Она случайно нашла среди прочих бумаг обанкротившегося предприятия папку с грифом «секретно». В папке хранилось несколько документов о бывшем дворянине, офицере царской армии Аскаре Шейх-Али, который изобрел пишущую машинку с арабским шрифтом.

В то время в мире не существовало печатных машин для арабской письменности, а в Советском Союзе их вообще не производили. Были только привозные «Ундервуд», «Ремингтон», «Континенталь» и «Мерседес». Придумать каретку с более чем сотней символов очень сложно, да и от ошибок в тексте это бы вряд ли спасло.

Аскар Шейх-Али разработал на базе привозных печатных машин кинематическую схему, которая заставляла каретку перемещаться на один, два, три или четыре интервала в зависимости от ширины буквы. И вместо десятков клавиш с разным написанием появилось лишь четыре дополнительные вроде сегодняшней shift: «начальная», «конечная», «серединная» и «отдельная». Использовать такую машину могли не только татары, но и марийцы, чуваша, мордвина и другие народы.

В 1924 году Аскар Шейх-Али получил патент на свое устройство, в Казани появилась мастерская «Татязмаш», для которой изобретатель приобрел станки и пригласил рабочих.

Из «Ундервудов» и «Мерседесов» создавались машины с арабским шрифтом. Спрос на них был и в республиках Союза, и в Китае, Иране, Ливане и Индии. Но в том же 1924 году правительство решило последовать примеру Турции и «настойчиво рекомендовало» всем национальным республикам ввести латинский шрифт вместо арабского. Аргументы были железными:

арабизация способствует консервации религиозных настроений и является реакционной помехой на пути к социализму.

Однако языковую реформу Шейх-Али не поддерживал, поскольку, как и многие представители интеллигенции, считал, что переход на латиницу оторвет народ от литературного наследия и потомки вряд ли смогут прочесть даже эпитафии на надгробных камнях предков. Интернационализация в этом может только навредить, особенно если отказ от арабизации будет полным.

В мае 1927 года 82 человека, среди которых были ученые, врачи, учителя, юристы, писатели, студенты и другие представители образованного класса, подписали письмо Сталину, в котором высказали свои опасения по поводу внедрения яналифа — нового тюркского алфавита. Аскар Шейх-Али подписался под 78-м номером.

Он продолжил работу над своим устройством и смог протолкнуть идею создания фабрики по изготовлению печатных машин «Яналиф» в СССР. В 1929 году сборка опытного образца первой машины была завершена, сейчас он хранится в Казанском Музее истории вычислительной техники. Вскоре изготовили еще несколько экземпляров, которые представили в Москве. Устройство было зарегистрировано в ноябре того же года как «первая в СССР пишущая машина, изготовленная целиком из советских материалов».

Через год мастерская «Татязмаш» была преобразована в фабрику пишущих машин имени Самед Ага Агамалы Оглы — руководителя Азербайджанской ССР, который особенно рьяно выступал за перевод тюркских языков на латиницу. С 1931 года на фабрике пишущие машины выпускались со шрифтами для 44 языков народов СССР, поставлялись в Турцию, Монголию, Китай и другие страны, а весной в кабинет Шейх-Али пришли люди из госбезопасности и арестовали изобретателя за ту самую подпись под «письмом 82-х». Обвинительное заключение ему не предъявили, но он был отправлен в лагеря на пять лет: сначала на строительство Байкало-Амурской магистрали, затем в Карелию.

Весь срок изобретателю отбывать не пришлось. Его освободили из лагеря на полтора года раньше. Но так как возвращаться в Казань бывшему заключенному было запрещено, он переехал в Волжск Марийской АССР, устроился инженером-конструктором на одно из деревообрабатывающих предприятий, где его неоднократно поощряли за хорошую работу.

Несколько раз Аскар Алиевич писал прошения о реабилитации. Он боялся за судьбу своих дочерей и внуков, на которых падала тень изменника Родины. Только в 1959 году дело Шейх-Али было пересмотрено в Верховном суде Татарской Республики. Приговор был отменен за отсутствием состава преступления. Изобретателю на тот момент было 74 года. А в 75 лет он смог вернуться в Казань, где прожил еще девять лет до самой смерти.

*Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина*

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Огай Е. В., Хвиюзов Р. Е.

Теоретическое исследование зависимости радиуса массивного гравитационного тела от времени при падении на него однородного потока частиц 1

Чекушев К. А.

Лабораторное исследование динамики тонких перегретых слоев воды 3

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Безкоровайная Т. Н., Жакулина А. А.

Применение гидроизоляционных добавок для защиты железобетонных фундаментов от агрессивного воздействия засоленных грунтов 8

Безотечество В. А.

Перспективы развития автомобилей с двигателями внутреннего сгорания12

Гаас Д. А.

Автоматизация системы вентиляции для обеспечения нормируемых параметров воздушной среды14

Гелашвили А. А.

Получение импульсного отклика помещения ...18

Григорьев П. М., Шайда И. Ю.,

Малиновская А. В.

Акустические испытания в ракетно-космической технике: методы, результаты и перспективы22

Григорьев П. М., Шайда И. Ю.

Средства индивидуальной противоосколочной защиты: классификация, материалы и особенности24

Григорьев П. М., Шайда И. Ю.

Защита от статического электричества в ракетно-космической технике26

Заря А. С.

Цепи питания материнской платы, или Что такое зона VRM.....28

Иванова З. Ж.

Проблема утилизации отделяемых в полете и падающих обратно на Землю ступеней ракет-носителей30

Игнатова А. С.

Анализ экономической целесообразности применения аддитивных технологий (3D-печати) в механическом машиностроении.....32

Насретдинов Р. Ф., Василевская С. П.

Особенности технологии очистки гелия с использованием катализаторов: современные подходы и перспективы35

Осауленко Л. К., Балакин М. А.

Применение аппаратуры спутниковой навигации в ракетно-космической технике.....38

Пфенинг В. Г., Рахимова Ж. Б.

Влияние поливинилацетатной дисперсии на свойства арболита41

Сафиуллин А. Ш., Василевская С. П.

Исследование режимов работы печи Клауса установки получения серы44

Силкин Р. В.

Адсорбция твердыми адсорбентами при низких температурах46

Смуляров Д. С.

Способы утилизации попутного нефтяного газа на месторождениях, их достоинства и недостатки48

Федоров К. А., Василевская С. П.

Исследование гидродинамики насадочных контактных устройств колонных аппаратов.....50

Шалаби А. А. Е.

Мероприятия по повышению эффективности бурения горизонтальных скважин52

Шульга Е. А., Василевская С. П.

Регенерация отработанных смазочных масел...54

Эльхаммари Х. Х. А. А.

Критерии подбора скважин
для зарезки боковых стволов на нефтяных
месторождениях56

Эмих В. И.

Влияние геометрии трубопроводов
на гидравлические потери в системах
водоснабжения.....59

**АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН
И СТРОИТЕЛЬСТВО****Горяинова О. Э.**

Автоматические станции замены
аккумуляторов в инфраструктуре
современных городов.....62

ФИЗИКА

Теоретическое исследование зависимости радиуса массивного гравитационного тела от времени при падении на него однородного потока частиц

Огай Евгений Валерьевич, студент;
Хвиюзов Руслан Евгеньевич, студент
Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)

Ключевые слова: массивное тело, гравитационное взаимодействие, поток частиц, траектория, космическая пыль.

В современной литературе по физике была решена задача о падении однородного потока частиц на массивное гравитационное тело, в рамках которой можно определить увеличение массы тела, но только для потока определенной длины за достаточно небольшое время [5]. Данная задача встречается при попытках описать рост массы различных планет при падении на них космической пыли.

В рамках данной научной работы рассматривается данная задача с более полными условиями, при решении которой будет продемонстрирован вывод аналитической зависимости радиуса гравитационного тела от времени при падении на него непрерывного потока частиц, который может длиться сколь угодно долго.

Учтем дополнительно как упрощающий фактор условие отсутствия взаимодействия частиц друг с другом при их движении.

И последнее, что необходимо учесть — это симметричный рост гравитационного тела во всех направлениях. Это условие, как предполагается, является достаточно грубым, но в тоже самое время может быть реализуемым при вращении тела с определенной круговой частотой.

Поток частиц изображенный на рис. 1, по условию нашей задачи, движется с определенной скоростью v_0 в направлении к телу. Масса отдельной частицы m , масса планеты M . Рассмотрим частицу, находящуюся на максимальном отдалении от оси потока, направленного к центру параллельно к направлению движения, при котором бы она могла в теории попасть на планету, касаясь её на расстоянии, равном радиусу тела. Если бы гравитационное взаимодействие отсутствовало, то частица бы не попала на тело, и не участвовала бы в росте массы тела. Все остальные частицы, выходящие из указанного в начале расстояния до оси, исказили бы свою траекторию, но не смогли бы никак соприкоснуться с телом и соответственно участвовать в росте массы. Поэтому мы их не учитываем.

Запишем закон сохранения энергии для частиц, находящихся на максимальном расстоянии от оси, при котором они еще могут коснуться тела:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} - G \frac{Mm}{R} \quad (1)$$

Где m — масса частиц, M — масса планеты, G — универсальная гравитационная постоянная, R — радиус массивного тела, r — радиус цилиндра, v — скорость частиц в момент касания тела.

Мы учитываем в данной записи закона сохранения энергии очень малую гравитационную энергию в момент начала искривления траектории, что позволяет её пренебречь.

Также, учитывая тот факт, что силы гравитационного взаимодействия являются центральными, запишем закон сохранения импульса для частиц относительно оси, проходящей через центр тела:

$$mv_0 r = mRv \quad (2)$$

Выразим скорость частицы в момент касания тела:

$$v = \left(\frac{rv_0}{R} \right) \quad (3)$$

Масса планеты через её радиус выражается следующим образом

$$M = \frac{4}{3} \rho \pi R^3 \quad (4)$$

Где ρ — плотность тела

Упростим закон сохранения энергии и подставим массу тела:

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{\left(\frac{rv_0}{R} \right)^2}{2} - \frac{4}{3} G \rho \pi R^2 \quad (5)$$

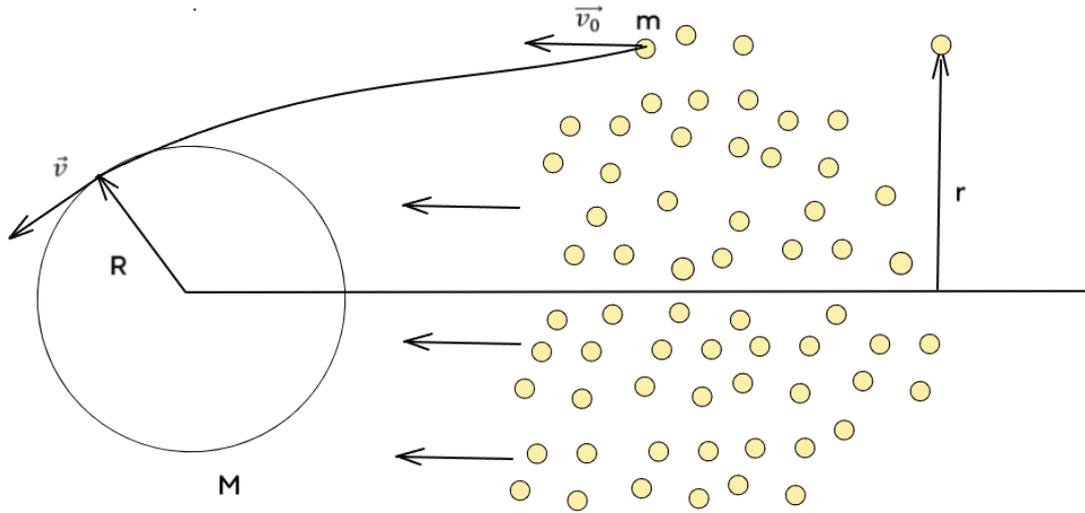


Рис. 1

Прирост массы массивного тела за бесконечно малое время можно определить, как массу цилиндра радиуса r , который соответственно коснется или прямо упадет на тела за данное время. Её мы выразим через плотность потока:

$$dM = \rho_n \pi r^2 v dt \tag{6}$$

Где ρ_n — плотность потока

Проинтегрировав данное выражение, получим следующую формулу:

$$M = M_0 + \rho_n \pi v \int_0^t r^2 dt \tag{7}$$

Выразив квадрат радиуса r из закона сохранения энергии, получим:

$$r^2 = \frac{R^2}{v_0^2} \left(\frac{8}{3} \rho_n \pi R^2 + \frac{v_0^2}{2} \right) \tag{8}$$

Подставив его в формулу для массы тела, имеем следующее выражение:

$$\frac{4}{3} \rho_n \pi R^3 = M_0 + \rho_n \pi v \int_0^t \frac{R^2}{v_0^2} \left(\frac{8}{3} \rho_n \pi R^2 + v_0^2 \right) dt \tag{9}$$

Продифференцировав данное выражение по времени, получим:

$$4 \rho_n \pi R^2 \frac{dR}{dt} = \rho_n \pi v \frac{R^2}{v_0^2} \left(\frac{8}{3} \rho_n \pi R^2 + v_0^2 \right) \tag{10}$$

После перестановки членов, получим:

$$\frac{4 \rho_n R^2 dR}{\frac{R^2}{v_0^2} \left(\frac{8}{3} \rho_n \pi R^2 + v_0^2 \right)} = \rho_n v dt \tag{11}$$

Взяв интегралы от обеих частей данного выражения по соответствующим переменным, имеем данное выражение:

$$\int_{R_0}^R \frac{4 \rho_n R^2 dR}{\frac{R^2}{v_0^2} \left(\frac{8}{3} \rho_n \pi R^2 + v_0^2 \right)} = \int_0^t \rho_n v dt \tag{12}$$

После простого интегрирования с помощью табличных интегралов, получим:

$$4 \rho_n \operatorname{arctg} \left(\frac{8 \rho_n \pi R}{3 v_0^2} \right) = \rho_n v t + 4 \operatorname{arctg} \left(\frac{8 \rho_n \pi R_0}{3 v_0^2} \right) \tag{13}$$

После нескольких простых действий и взятия тангенса от обеих сторон выражения, имеем в итоговой форме:

$$R = \frac{3 v_0^2}{8 \rho_n \pi} \operatorname{tg} \left(\frac{\rho_n v t + 4 \operatorname{arctg} \left(\frac{8 \rho_n \pi R_0}{3 v_0^2} \right)}{4 \rho_n} \right) \tag{14}$$

Данная формула представляет из себя теоретическую зависимость радиуса массивного гравитационного тела от времени.

Данная формула соответствует интуитивным представлениям о том, каким именно образом должен изменяться радиус тела со временем. В начале рост массы и соответственно радиуса массивного тела будет очень медленным достаточно долгое время за счет сильного различия в плотностях потока частиц и самого тела. Но в дальнейшем с постепенным набором массы и увеличением радиуса тело будет поглощать всё больше и больше частиц за одно и то же время, так как увеличивается сам радиус воображаемого цилиндра, в котором находятся частицы, способные попасть на планету. Соответственно сам радиус тела будет расти всё быстрее и быстрее.

Стоит уточнить, что данная формула имеет определенную неточность для больших времен, так как со временем частицы начнут взаимодействовать друг с другом, сбивая друг друга с траектории, тем самым изменяя темп роста массы тела. Во-вторых, не учитывался факт возможного изменения скорости частиц при касании планеты, который тоже должен иметь место со временем.

Интересно, указать, что из полученной формулы следует, что в случае непрерывного бесконечного потока масса гравитационного тела будет асимптотически стремиться к бесконечности, причем значение времени для такого случая определяется из равенства тангенса $\frac{\pi}{2}$.

Теоретически оценённое значение для некоторых планет в случае попадания на них подобным образом

космической пыли дает значение для времени около: $t = 10^{20}$ с, что намного превышает возраст жизни вселенной.

Заключение

В рамках данной работы был исследован процесс нарастания массы гравитационного тела при падении на него потока однородных частиц. Была получена в аналитической форме формула зависимости радиуса планеты от времени. Полученный результат может в дальнейшем применяться для решения более сложных и полных моделей с учетом дополнительных факторов, или использоваться в эвристических целях при обучении студентов в высших учебных заведениях.

Литература:

1. Курс общей физики. Т. 1. Механика, колебания и волны, молекулярная физика. Савельев И. В.
2. Курс теоретической физики. Т. 1. Теория электромагнитного поля. Теория относительности. Статистическая физика. Электромагнитные процессы в веществе. Левич В. Г.
3. Курс теоретической физики. Т. 2. Квантовая механика. Квантовая статистика и физическая кинетика. Левич В. Г.
4. Методы решения задач в общем курсе физики. Корявов В. П.

Лабораторное исследование динамики тонких перегретых слоев воды

Чекушев Кирилл Алексеевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Прончатов-Рубцов Николай Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского

В данной работе рассматривается процесс разработки и создания экспериментальной установки для моделирования динамики тонких перегретых слоев воды. Лабораторная установка позволит провести серию экспериментов, включающую в себя измерение температурных профилей. Расчет теоретических оценок перед проведением лабораторного эксперимента позволит спрогнозировать поведение системы и понять основные принципы происходящих процессов.

Ключевые слова: течения, фитопланктон, внутренние водоемы.

Описание проблемы: Изучение потоков в определенном районе мирового океана — стандартная задача современной океанологии. В настоящее время для решения таких задач применяются данные судовых измерений при помощи акустических доплеровских профилографов течений (Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)). Вместе с этим информация о динамике верхнего слоя крупномасштабных акваторий можно получить из спутниковых данных. Самым распространенным дистанционным методом измерения морских течений с масштабами в десятки и сотни километров считается спутниковая альтиметрия [1]. Скорости потоков на поверхности, фронты в океане и вихри среднего масштаба восстанавливаются с использованием геострофического приближения [2] с точностью порядка см/с на масштабах десятков км [3]. Иной метод реконструкции потоков в верхнем слое океана базируется на анализе смещения неоднородностей

на нескольких последовательных спутниковых (или авиационных) оптических или радиолокационных снимках водной поверхности. Широкое распространение получил подход максимальной взаимной корреляции (Maximum Cross Correlation (MCC)) [4].

При оценке смещений, происходящих в эвтрофных водоемах с зарегулированным стоком (например, Горьковском водохранилище), в качестве маркеров течений можно использовать области интенсивного цветения фитопланктона. Восстановление пространственной карты течений, которая может быть создана за короткий промежуток времени с помощью нескольких последовательных спутниковых снимков небольшого внутреннего водоема, представляется перспективным подходом, имеющим важное практическое приложение [5, 6].

На рис. 1 представлен пример поля течений (рис. слева), полученного с помощью ADCP в ходе судовых измерений

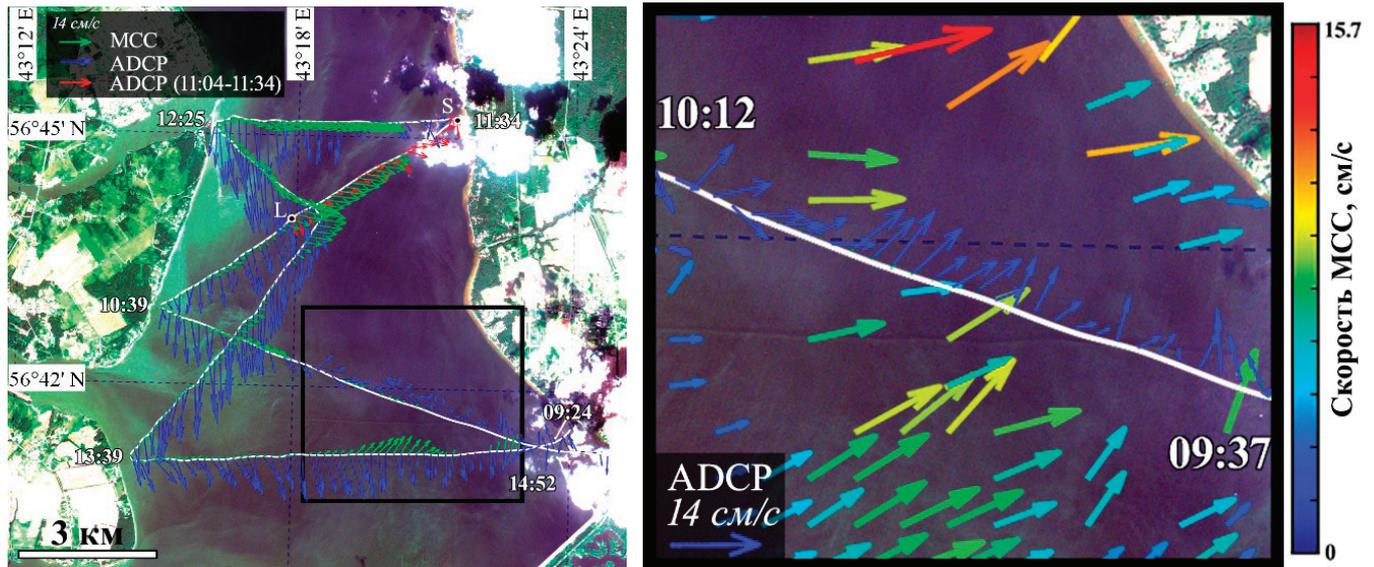


Рис. 1. Поля течений, полученные с помощью ADCP в ходе судовых измерений

(синие вектора и красные вектора на участке между спутниковыми съемками) и методом МСС для зеленого канала (зеленые вектора).

Если сравнить восстановленное течение, полученное по данным ADCP с течением, которое было получено при помощи метода восстановления МСС, можно заметить, что на участке LS направления течений и магнитуды для обоих методов близки. В точке пересечения 9:37–10:12 (рис. 1 (справа)), где течение, полученное методом МСС, демонстрирует обратное течение, которое возникает в результате регулирования расхода воды через ГЭС, оно имеет место регулярно и является следствием суточного регулирования [7, 8]. Измеряемая скорость, в сравнении с данными ADCP, объясняется временным разделением данных, а восстановленная скорость показывает течение при максимальном расходе. В течение исследования оба участка характеризовались низкой концентрацией фитопланктона. В то же время у правого берега Волги над старым руслом, где методы измерения показывают различия в течениях, наблюдались зоны интенсивного цветения у поверхности, где фитопланктон образовывал плотные поверхностные маты. Такое неравномерное распределение влияет на толщину водного слоя, по которому восстанавливается течение (в зависимости от концентрации фитопланктона меняется от глубина проникновения света), это влияет на сигнал, поступающий к спутнику. Различие в слоях, на которых измерялись течения — ADCP измерял течения на глубине около 0.8 м, в то время как методом МСС измерялось течение на поверхности воды. Высокая концентрация водорослей приводит к поглощению солнечного излучения и нагреву поверхностного слоя воды. Это может привести к формированию вертикальной стратификации, которая препятствует вертикальной конвекции, что объясняет различия в скоростях, полученных при помощи ADCP и МСС.

Учитывая сказанное выше, существует проблема применения стандартного метода восстановления МСС для внутренних эвтрофных водоемов, связанная с различиями течений в тонком поверхностном слое воды. Одним из аспектов проблемы является перегрев тонкого поверхностного слоя в областях интенсивного цветения фитопланктона, перегрев в свою очередь может приводить к собственной динамике поверхностного слоя, которая фиксируется по спутниковым данным, но не регистрируется прямыми измерениями.

Теоретические оценки: Для прогнозирования поведения тонких перегретых слоев воды важно провести предварительные теоретические оценки их гидродинамических характеристик устойчивости и ламинарности. В гидродинамике в качестве таковых обычно рассматривают число Рейнольдса и Ричардсона, которые представляют собой фундаментальные оценки в гидродинамике [9].

Число Ричардсона представляют собой безразмерное число, используемые в гидродинамике для описания относительной величины инерционных, плавучих и вязких сил в потоке жидкости. Для оценки числа Ричардсона ис-

пользовалась формула $Ri = \frac{gh}{\nu c^2}$ (1).

Интерпретация числа Рейнольдса следующая:

— $Ri > 1$: Плавучесть доминирует над инерцией. Поток будет сильно стратифицирован, что приведет к подавлению вертикального перемешивания.

— $Ri < 1$: Инерция доминирует над плавучестью. Поток будет слабо стратифицирован, что позволит вертикальному перемешиванию доминировать.

— $Ri \approx 1$: Плавучесть и инерция имеют сходные величины. Поток будет нейтрально устойчивым, что позволит вертикальному перемешиванию и стратификации существовать одновременно.

Число Рейнольдса — это безразмерное число, используемое в гидродинамике для описания относительной величины сил инерции и вязкости в потоке жидкости. Число Рейнольдса определялись как $Re = \frac{Lv}{\nu}$ (2).

Если число Рейнольдса $Re < 10^3$, то вязкие силы доминируют над инерционными силами. Поток будет ламинарным, то есть он будет течь в упорядоченных слоях без перемешивания.

Если $Re > 10^4$, то инерционные силы доминируют над вязкими силами. Поток будет турбулентным, то есть он будет характеризоваться хаотическим перемешиванием и завихрениями.

Если $Re \approx 10^3 - 10^4$, то инерционные и вязкие силы имеют схожие по порядку величины значения. Поток будет находиться в переходном режиме, что означает, что он, может быть, как ламинарным, так и турбулентным в зависимости от некоторых иных условий.

Для расчета использовались следующие $L=0.4\text{м}$; $\nu=0,01012\text{см}^2/\text{с}$; $\nu=0.035-0.039\text{м}^2/\text{с}$; $g=10\text{м}/\text{с}^2$; $h=0.3\text{м}$

В рамках данной работы, рассчитано число Ричардсона (1) и число Рейнольдса (2) для слоя воды, следующие:

$$Ri > 400$$

$$Re = 10^2 - 10^3$$

Исходя из этих оценок, ожидается формирование устойчивого и ламинарного верхнего слоя воды.

Лабораторная установка: Для проверки гипотезы о формировании перегретого верхнего слоя воды в ре-

зультате неоднородного цветения фитопланктона, приводящего к устойчивой вертикальной стратификации, была предложена серия лабораторных экспериментов. Эксперименты проводились в лабораторной кювете (120×50×50 см) в Институте прикладной физики РАН. На 1/3 длины кюветы устанавливалась перегородка из оргстекла, в отгороженную часть кюветы насыпались ПП частицы (плотность 0,85 г/см³), окрашенные в зеленый цвет. В эксперименте концентрация частиц варьировалась от 0 % до 300 % покрытия поверхности отгороженной части. Схема лабораторной установки представлена на рис. 2 и представляет собой кювету (1), ИК-нагреватель 1000 Вт (2), термокоса (3), перегородка (4), видеочамера GoPro HERO8 (5), пирометр MASTECH MS6522B (6), частицы (7).

На рис. 3 представлены фотографии термокосы (слева) и экспериментальной установки, с установленным нагревателем и термокосой. На нижней фотографии также видны полипропиленовые частицы (справа) на поверхности воды, используемые в экспериментах.

Лабораторный эксперимент был разделен на 2 серии. Первая состояла в непрерывном нагреве поверхности воды с высоты 20 см ИК нагревателем 1000 Вт, при этом измерялись зависимости температуры от времени и глубины. Термокоса представляла собой набор 8 датчиков на микросхемах TMP117AIDRVR. Поскольку температура в лаборатории варьировалась в различные дни проведения экспериментов, для анализа совокупности данных измерений было использовано понятие пере-

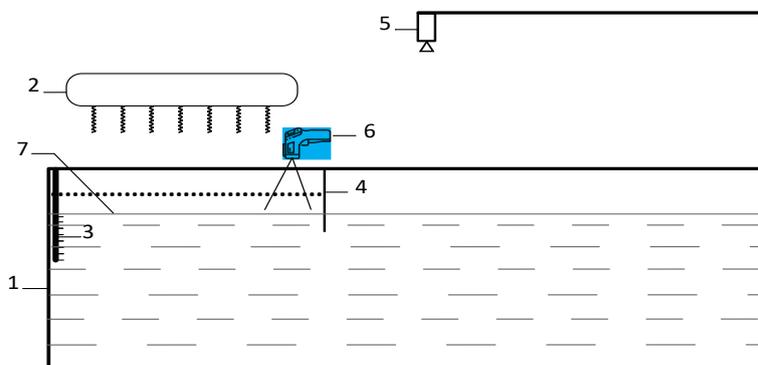


Рис. 2. Схема лабораторной установки



Рис. 3. Термокоса (слева) и пп частицы (справа)

грева $\Delta T = T_{\text{изм}} - T_0$, где $T_{\text{изм}}$ — показания, полученные с отдельного датчика, T_0 — начальная температура на датчике.

Измерение процентного заполнения частицами. В заполненную водой (плотностью около 0.996 г/см^3) кювету до уровня 35 см, устанавливалась перегородка на рас-

стояние 40 см от боковой стенки. В отгороженную часть кюветы засыпались частицы, в количестве, необходимом для определенного процентного покрытия площади отгороженного участка водной поверхности. Необходимое количество частиц было предварительно рассчитано, результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Процентное заполнение отгороженной площади и вес частиц

Процентное заполнение отгороженной площади	Вес частиц (г)
5 %	18,2
50 %	182
100 %	364
150 %	546
200 %	728
300 %	1092

Перед проведением эксперимента поверхность воды очищалась от пленок поверхностно-активных веществ, способных оказать влияние на динамику частиц, с использованием промокатальной бумаги по методике [10].

Измерение температурных профилей Отдельное измерение в ходе эксперимента состояло в непрерывном нагреве поверхности воды, покрытой частицами (с различным покрытием от 0 до 300 %) с высоты 20 см нагрева-

телем, измерялись зависимости температуры от времени и глубины. Перегревом было обозначено — $\Delta T = T_{\text{изм}} - T_0$, где $T_{\text{изм}}$ — показания, полученные с датчика, T_0 — начальная температура датчика, поскольку температура в лаборатории варьировалась в различные дни проведения измерений. Временной диапазон прогрева слоя воды, покрытого частицами, составлял 60 минут. За это время достигался прогрев на глубину до 80 мм.

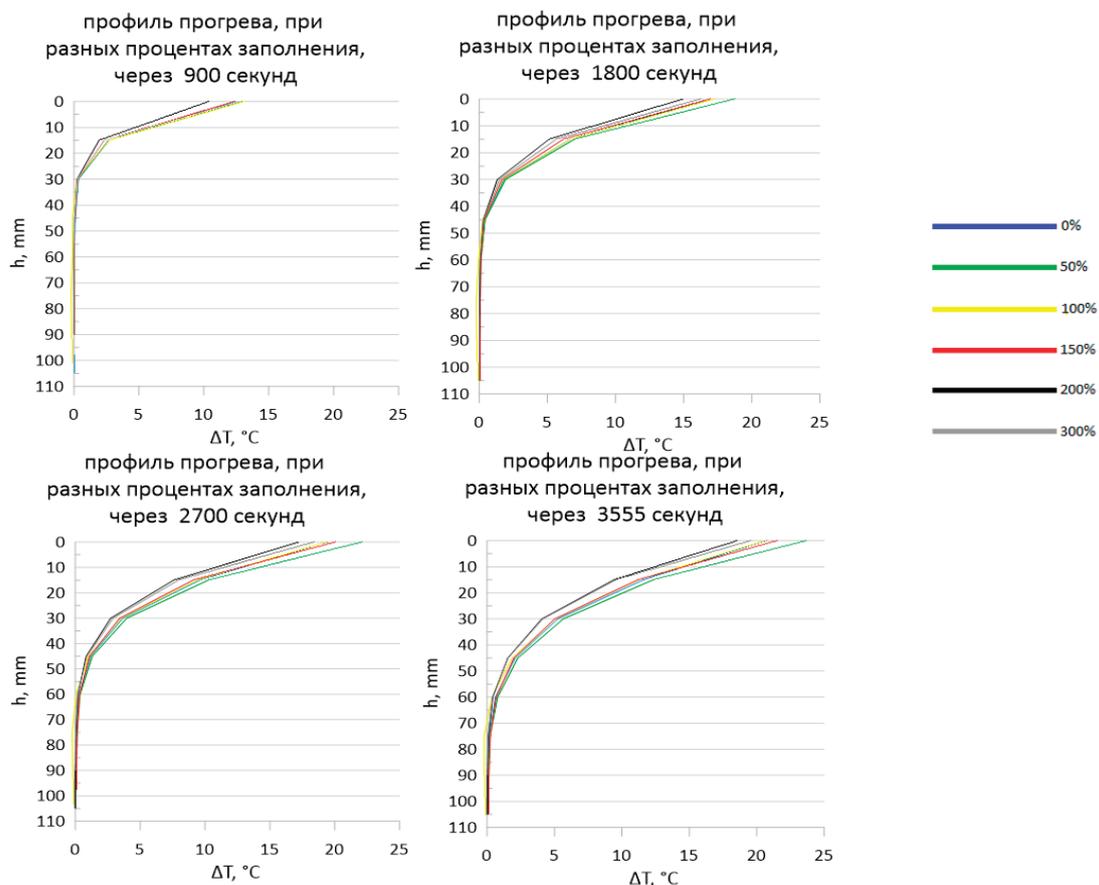


Рис. 4. Зависимости перегрева ΔT от глубины в верхнем слое воды, цветами обозначены процентные соотношения количества частиц в отгороженной части кюветы

График зависимости перегрева от времени и профили перегрева верхнего слоя в разные моменты времени приведены на рис. 4, 7.

Как можно видеть из рис. 4, при 50 % заполнении частицами отгороженной части бассейна перегрев происходит быстрее. При 0 %, 100 % и 150 % заполнении временные реализации перегрева подобны, а при 200 % и 300 % перегрев происходит иначе. Полученные зависимости также подобны для датчиков, расположенных на различных глубинах. На рис. 4 приведены полученные профили перегрева — температурные профили, характеризующие стратификацию верхнего слоя воды.

Рис. 4 демонстрирует схожесть температурных профилей при разном процентном заполнении, поэтому для дальнейших измерений были выбраны профили, соответствующие 0 % и 100 % заполнению.

Для этих процентных заполнений был использован бесконтактный способ измерений температуры (пиро-

метр), который позволил измерить температуру воды в самом тонком слое.

Заключение: Разработана лабораторная установка, позволяющая смоделировать статические и динамические эффекты перегретого тонкого приповерхностного слоя воды, содержащего полипропиленовые частицы. Лабораторная установка позволила провести серию экспериментов, включающую в себя измерение температурных профилей, при варьировании процентного содержания ПП частиц от 0 % до 300 %.

Оценены теоретические значения чисел Рейнольдса и Ричардсона для условий эксперимента при перегреве тонкого поверхностного слоя и составили $Re=10^2-10^3$ и $Ri \sim 400$ соответственно, что указывает на преобладание сил плавучести и формированию устойчивой стратификации. В ходе лабораторных экспериментов было показано, что при наличии частиц происходит перегрев тонкого поверхностного слоя на величину порядка 30 градусов.

Литература:

1. Chen G., Han G., Yang X. On the intrinsic shape of oceanic eddies derived from satellite altimetry // *Remote Sens. Environ.* 2019. V. 228. P. 75–89.
2. Early J. J., Samelson R. M., Chelton D. B. The evolution and propagation of quasigeostrophic ocean eddies // *J. Phys. Oceanogr.* 2011. V. 41. № 8. P. 1535.
3. Chelton D. B., Schlax M. G., Samelson R. M. Global observations of nonlinear mesoscale eddies // *Prog. Oceanogr.* 2011. V. 91. № 2. P. 167–216.
4. Kubryakov A. A. et al. Long-term variations of the Black Sea dynamics and their impact on the marine ecosystem // *Journal of Marine Systems.* — 2016. — Т. 163. — С. 80–94.
5. Лебедев С. А., Костяной А. Г. Спутниковая альтиметрия Каспийского моря. М.: Изд. центр «МОРЕ» Международного ин-та океана, 2005. 366 с.; [9] Raj R. P., Johannessen J. A., Eldevik T., Nilsen J. Ø., Halo I. Quantifying mesoscale eddies in the Lofoten Basin // *J. Geophys. Res. Ocean.* 2016. V. 121. P. 4503–4521.
6. Капустин И. А., Вострякова Д. В., Мольков А. А., Даниличева О. А., Лещев Г. В., Ермаков С. А. Натурные подспутниковые наблюдения конвергентных течений в приповерхностном слое воды по их пенным образам // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2021. Т. 18. № 1. С. 188–196.
7. Капустин И. А., Ермаков С. А., Смирнова М. В., Вострякова Д. В., Мольков А. А., Лещев Г. В. О формировании изолированной линзы речного стока круговоротом в Горьковском водохранилище // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2021. Т. 18. № 6. С. 214–221.
8. Капустин И. А., Мольков А. А. Структура течений и глубины в озерной части Горьковского водохранилища // *Метеорология и гидрология.* 2019. № 7. С. 110–117.
9. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика сплошных сред. — М.: «Наука», С.142.
10. Ермаков С. А. Влияние пленок на динамику гравитационно-капиллярных волн. Н. Новгород: ИПФ РАН. 2010. 164 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Применение гидроизоляционных добавок для защиты железобетонных фундаментов от агрессивного воздействия засоленных грунтов

Безкорвайная Татьяна Николаевна, студент магистратуры;
Жакулина Айсулу Адиловна, кандидат технических наук, доцент
Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (Казахстан)

Основная проблема строительства на засоленных грунтах заключается в коррозионном воздействии этих грунтов на железобетонные конструкции, что сокращает их срок службы. Для защиты фундаментов и повышения их долговечности предлагается использование гидроизоляционных добавок, таких как ARENA EcoMix и SikaControl-3760 WT, которые улучшают водонепроницаемость бетона и его стойкость к агрессивным средам. Лабораторные испытания показали, что использование этих добавок значительно повышает прочность бетона и увеличивает его водонепроницаемость, что важно для эксплуатации в условиях засоленных грунтов.

Ключевые слова: засоленные грунты, агрессия грунта, коррозионная стойкость бетонов, гидроизоляционные добавки.

Проблематика строительства на засоленных грунтах является особо актуальной для Республики Казахстан, учитывая, что примерно треть территории страны занята засоленными почвами, содержащими легкорастворимые соли, такие как нитраты, сульфаты, хлориды, фосфаты, карбонаты и другие, а также среднерастворимые соли, такие как хлорид серебра, карбонат кальция и сульфат бария. При учете территории, на которой встречаются грунты, содержащие труднорастворимые соли (например, карбонат стронция, фосфат кальция, сульфид цинка), можно утверждать, что практически вся территория Казахстана представлена засоленными грунтами [1]. Эти засоленные грунты являются результатом длительных геологических процессов и представляют собой сложные смеси минеральных и органических компонентов различной величины и формы, чьи свойства изменяются под воздействием как природных, так и техногенных факторов. Накопление соли в почвах обусловлено резко континентальным климатом, характеризующимся высокой температурой и значительным несоответствием между количеством осадков, и уровнем испарения, что приводит к снижению естественной влажности почв и повышению концентрации соли в грунтах.

Планы по реализации крупномасштабного строительства в рамках долгосрочной стратегии развития Казахстана предполагают необходимость усиления инновационных подходов в строительной отрасли как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. В связи с этим особое внимание следует уделить совершенствованию технологий фундаментостроения, поскольку от этого зависят технологический прогресс, качество строительства, а также безопасность труда и жизни

населения. При эксплуатации объектов строительства на засоленных грунтах происходит активизация коррозионных процессов и если фундаменты и конструкции, контактирующие с грунтом, не обладают достаточной защитой, срок их службы существенно сокращается. Процесс возникновения и прогрессирования коррозионной активности, а также деформаций грунтов, таких как сжимаемость и просадочность, в первую очередь инициируется техногенными факторами, такими как подтопление и повышение уровня грунтовых вод. Одним из эффективных методов повышения стойкости бетона к коррозионным воздействиям в условиях повышенной влажности и солеагрессии является увеличение плотности материала через уменьшение его пористости и формирование закрытой капиллярной структуры, а также придание бетону гидрофобных свойств с использованием специализированных модификаторов.

Для защиты от коррозии и повышения несущей способности фундаментов в агрессивных засоленных грунтах необходимо разработать комплекс защитных мероприятий, который будет включать два основных направления:

1. Улучшение физико-химических свойств засоленного грунта, включая повышение водонепроницаемости и плотности, посредством механического или химического воздействия;

2. Усиление антикоррозионных характеристик бетона через использование специализированных типов цемента, таких как сульфатостойкий портландцемент или шлакопортландцемент, повышение плотности бетона, введение добавок, обеспечивающих марку бетона по водонепроницаемости не ниже W6, применение кварцевого песка в качестве мелкого заполнителя и использование

фракционного щебня изверженных пород марки не ниже 800 в качестве крупного заполнителя.

Коррозионная стойкость бетона определяется двумя основными параметрами: проницаемостью материала для агрессивных сред и способностью цементного камня и заполнителей вступать в химические реакции с компонентами этих сред [2].

Были проведены исследования грунтов для строительства технологической насосной станции обогатительной фабрики на месторождении «Шалкия», расположенном в городе Кызылорда.

Согласно результатам инженерно-геологических изысканий 2022 года, были идентифицированы слои грунтов с различным типом засоления: первый слой — супесь, второй слой — глина, третий слой — песок. В отношении содержания водорастворимых сульфатов, глины обладают высокой агрессивностью, а супеси варьируются от неагрессивных до сильноагрессивных к бетону, изготовленному на портландцементе марки W4 по водонепроницаемости. По содержанию водорастворимых хлоридов, влияющих на арматуру железобетонных конструкций, глины и супеси характеризуются от слабоагрессивных до сильноагрессивных. Содержание сульфатов (SO₄) в глине

составляет 16992,0 мг/кг, хлоридов (Cl) — 1794,0 мг/кг, рН — 6,9, что классифицирует данный грунт как сильнозасоленный с сульфатным типом засоления. В супеси содержание сульфатов (SO₄) составляет 3648,0 мг/кг, хлоридов (Cl) — 3864,0 мг/кг, рН — 7,0, что указывает на слабозасоленность грунта с хлоридно-сульфатным типом засоления.

В соответствии с требованиями СП РК 2.01–101–2013 «Защита строительных конструкций от коррозии» [3], для гидроизоляции и защиты бетонных и железобетонных конструкций от агрессивного воздействия грунта необходимо использовать бетон на сульфатостойком цементе с маркой по водонепроницаемости не ниже W16. Согласно установленным нормативам, бетон класса C30/37 обеспечивает марку по водонепроницаемости не ниже W12. Для достижения водонепроницаемости марки W16 необходимо добавить в состав бетона гидроизоляционную добавку.

Был проведен анализ двух различных гидроизоляционных добавок согласно табличных данных, приведенных в технических условиях данных добавок «Arena EcoMix» (ТУ 23.64.10–001–35155041–2017) [4] и SikaControl-3760WT (Техническое описание продукта SikaControl®-3760 WT) [5] представлено в таблице 1.

Таблица 1. Анализ гидроизоляционных добавок в бетон

Параметр	Arena EcoMix	SikaControl-3760 WT
Повышение водонепроницаемости	Не менее чем на 3 ступени	На 1–2 ступени
Повышение морозостойкости	Не менее 100 циклов	Повышает
Повышение прочности	До 5 %	5–15 %
Увеличение подвижности	-	Несколько сантиметров
Эффект самозалечивания	Присутствует	-
Кислотность среды применения, рН	От 3 до 11	От 6 до 8
Расход на 1кг цемента	1 %	1–2 %
Упаковка	Ведро, сухая смесь	Ведро, сухая порошковая смесь
Стоимость, тг за 1 кг	1135	1426

Для проведения лабораторных испытаний с бетоном и добавками в бетон было применено следующее оборудование: прибор комбинированный «Testo 622», штангенциркуль «ШЦ 1–300–0,05», устройство определения водонепроницаемости УВФ 6/104.

Для исследования свойств бетона, при которых будет возможна эксплуатация фундаментов в условиях сильнозасоленных грунтов, были проведены лабораторные испытания следующих добавок в бетон: ARENA EcoMix и SikaControl-3760 WT.

Гидроизоляционная добавка «Arena EcoMix» (ТУ 23.64.10–001–35155041–2017) — это сухая добавка для бетона, состоящая из цемента и модификаторов. Рекомендуемая дозировка — 1 % от массы цемента в смеси. Добавка вводится в виде раствора, для которого требуется 0,6–0,7 л воды на 1 кг сухого вещества. Она реагирует с компонентами бетонной массы, образуя нерастворимые кристаллогидраты, которые заполняют поры и микротре-

щины бетона, препятствуя проникновению воды. При увеличении гидростатического давления или образовании новых трещин поры восстанавливаются. Основное назначение добавки — улучшение водонепроницаемости, морозостойкости и защита конструкций от агрессивных сред, таких как кислоты, щелочи и сточные воды.

SikaControl-3760 WT — это порошковая гидроизоляционная добавка на основе кристаллических форм, содержащая портландцемент, обработанный кварцевый песок и активные химические компоненты. Эти вещества вступают в реакцию с водой, образуя нерастворимое кристаллическое соединение, которое заполняет поры и капилляры бетона. Материал также обладает свойством самовосстановления при контакте с водой, что позволяет ему заделывать трещины до 0,4 мм. Добавка снижает проникновение воды и других жидкостей в структуру бетона и устойчиво выдерживает как положительное, так и отрицательное гидростатическое давление. Она вводится

в бетон на этапе его приготовления, улучшая его устойчивость к климатическим воздействиям.

Бетон, произведенный с добавками и без них, прошел испытания на прочность и на водонепроницаемость.

В добавке SikaControl-3760 WT, согласно инструкции по применению, вес цемента в бетонных смесях составляет 1–2 %. Согласно регламенту «ARENA FORCE» дозировка гидроизоляционной добавки ARENA EcoMix должна составлять 1 % от массы цемента в бетонной смеси.

Материалы, использованные при опытах

Количество материалов в бетоне, гранулометрия заполнителя и особенности свежего бетона приведены в таблицах 2–4.

Проверка давления на затвердевшем бетоне

В лаборатории с помощью химических добавок Arena EcoMix и SikaControl-3760 WT были произведены бе-

тонные кубические образцы размером в 15 см. А также для более наглядного сравнения и результатов был произведен бетонный куб без каких-либо добавок. Произведенные образцы были выдержаны в лабораторной атмосфере при температуре 23°C и в воде при температуре 23°C [6]. Результаты испытаний на давление образцов с добавками и без них представлены в таблице 5, 6. При оценке полученных результатов в смесях бетона с добавками при обоих вариантах выдерживания был зафиксирован спад только после 28-дневного сопротивления и в незначительной степени.

Испытания на водонепроницаемость под давлением

Для того чтобы произвести испытания на водонепроницаемость были произведены бетонные кубические образцы размером в 15 см с вышеуказанными добавками. Произведенные образцы были выдержаны в лабораторной атмосфере при температуре 23 °C и в воде при тем-

Таблица 2. Теоретический состав и особенности бетона на 1 куб. м

Компоненты (кг)	Бетон для контроля	Бетон с добавкой ARENA EcoMix	Бетон с добавкой SikaControl-3760 WT (вес цемента — 2 %)	Характерный вес (гр/куб. см)
Цемент	395	395	395	3,15
Природный песок	528	528	528	2,51
Щебень с песком	522	522	522	2,62
Щебень (5–15 мм)	695	695	695	2,67
Вода	197	197	197	1,00
ARENA EcoMix	-	3,6	-	1,10
SikaControl-3760 WT	-	-	7,1	1,06

Таблица 3. Гранулометрические особенности заполнителя

Вид заполнителя	Размеры отверстий при просеивании (мм), прошедшее просеивание (%)						
	25 (1")	19 (3/4")	12,5 (1/2")	9,5 (3/8")	4,75 (№: 4)	2 (№:10)	0,075 №:200)
Природный песок	100	100	100	100	99	99	98
Щебень песком	100	100	100	100	97	90	0,5
Щебень	100	100	100	76,5	2	0	0

Таблица 4. Особенности свежего бетона

	Контроль	С добавкой ARENA EcoMix	С добавкой SikaControl-3760 WT
Единицы веса (кг на куб. м)	2460	2462	2470
Оседание (см)	14	14	15

Таблица 5. Результаты испытаний на давление образцов, выдержанных в воздухе

Время испытаний	Средняя прочность на давление (МПа)		
	Образцы, выдержанные в воздухе при температуре 23 °C		
	Без добавки (для доказательства)	С добавкой ARENA EcoMix	С добавкой SikaControl-3760 WT
3 дня	35,9	49,32	39,2
7 дней	41,2	57,66	43,5
28 дней	60,1	65,8	62,4

Таблица 6. Результаты испытаний на давление образцов, выдержанных в воде

Время испытаний	Средняя прочность на давление (МПа)		
	Образцы, выдержанные в воде при температуре 23 °С		
	Без добавки (для доказательства)	С добавкой ARENA EcoMix	С добавкой SikaControl-3760 WT
3 дня	36,1	49,56	36,8
7 дней	46,2	64,66	48,5
28 дней	65,7	71,93	67,7

пературе 23°C в течение 28 дней [7]. По окончании указанных 28 дней образцы смесей с добавками и без них были подвергнуты испытанию на водонепроницаемость под водой при давлении в 5 бар (см. рисунок 1). Результаты испытаний представлены в таблице 7, а также на рисунках 2–4.

Выводы

Показатели испытаний на давление образцов бетонных кубов с добавками ARENA EcoMix и SikaControl-3760 WT, выдержанных на воздухе и в воде, а также испытания на водонепроницаемость под давлением показали, что во-



Рис. 1. План испытания на давление под водой

Таблица 7. Результаты испытания на водонепроницаемость под давлением

Образцы	Выдержаны в лабораторной атмосфере при температуре 23 °С	Выдержаны в воде при температуре 23 °С
	Средняя глубина (мм)	Средняя глубина (мм)
Без добавок	69,0	44,7
С добавкой ARENA EcoMix	3,5	2,3
С добавкой SikaControl-3760 WT	12,5	4,7



Рис. 2. Выдерживание образца без добавок в атмосфере (слева) и в воде (справа)



Рис. 3. Выдерживание образца с добавкой ARENA EcoMix в атмосфере (слева) и в воде (справа)



Рис. 4. Выдерживание образца с добавкой SikaControl-3760 WT в атмосфере (слева) и в воде (справа)

донепроницаемость образцов, изготовленных с добавкой ARENA EcoMix по сравнению с бетоном без добавок увеличилась в 20 раз, а прочность увеличилась в 1,1 раза, с добавкой SikaControl-3760 WT водонепроницаемость увеличилась в 5,5 раз, прочность увеличилась в 1,04 раза.

Проведенный анализ различных гидроизоляционных добавок для защиты бетона от коррозии в засоленных грунтах показал, что лабораторные испытания предоставляют более полную информацию, чем характеристики производителей.

Литература:

1. Унайбаев, Б. Б. Защита свай в засоленных агрессивных грунтах / Б. Б. Унайбаев, Б. Ж. Унайбаев, Е. Б. Совет // Механика и технологии. — 2018. — № 4(62). — С. 111–117.
2. Розенталь, Н. К. Бетоны высокой коррозионной стойкости и нормирование их характеристик / Н. К. Розенталь, В. Ф. Степанова, Г. В. Чехний // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. — 2017. — № 3–4(218–219). — С. 14–19.
3. СП РК 2.01–101–2013 Защита строительных конструкций от коррозии.
4. ТУ 23.64.10–001–35155041–2017 Гидроизоляция, защита и ремонт бетона. Технический регламент, предназначенный для гидроизоляции и антикоррозийной защиты монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций — 2-е изд., переработанное и дополненное ООО «Завод гидроизоляции «АРЕНА», 2018. — 55 с.
5. Техническое описание продукта SikaControl-3760 WT [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: [https://a-ing.ru/assets/sika/docs/TDS_SikaControl_3760_WT\(MasterLife_WP_3760\)_02.24.pdf](https://a-ing.ru/assets/sika/docs/TDS_SikaControl_3760_WT(MasterLife_WP_3760)_02.24.pdf).
6. ГОСТ 10180–2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
7. ГОСТ 12730.5–2018 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.

Перспективы развития автомобилей с двигателями внутреннего сгорания

Безотечество Владислав Артемович, студент
Камчатский государственный технический университет (г. Петропавловск-Камчатский)

Статья рассматривает перспективы развития автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) в условиях перехода к более экологичным и эффективным транспортным системам.

Ключевые слова: автомобили с ДВС, экология, топливная эффективность, инновационные технологии, автомобильная промышленность, альтернативные источники энергии, электрический транспорт, законодательно-правовые изменения, устойчивое развитие.

Несмотря на рост популярности электромобилей, автомобили с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) продолжают занимать значительную долю мирового автомобильного рынка. Они остаются основным выбором для потребителей благодаря своей экономической доступности, широкой инфраструктуре заправочных станций и способности преодолевать большие расстояния без необходимости частых дозаправок. Однако в условиях ужесточения экологических требований и роста интереса к устойчивому развитию, технологии ДВС вынуждены адаптироваться и искать новые пути повышения конкурентоспособности.

Основные направления развития ДВС

1. Улучшение топливной эффективности

Современные двигатели внутреннего сгорания становятся более энергоэффективными благодаря инновациям в системах впрыска топлива, улучшению термодинамических процессов и применению новых материалов. Турбонаддув, технологии гибридизации и использование продвинутых алгоритмов управления позволяют снизить расход топлива, сохраняя или улучшая мощностные характеристики. Например, разработка систем непосредственного впрыска топлива повышает точность подачи топлива в камеру сгорания, что способствует более полному и эффективному его сгоранию.

Кроме того, активно исследуются технологии изменения геометрии цилиндров и поршней, а также систем клапанного управления. Использование легких и прочных сплавов снижает общий вес двигателя и, как следствие, уменьшает расход топлива. Энергосберегающие разработки также включают улучшение трансмиссий, что позволяет оптимизировать передачу энергии от двигателя к колесам.

2. Снижение выбросов

Ужесточение экологических норм, таких как стандарты Евро-6 и Евро-7, стимулирует разработку новых технологий для уменьшения выбросов углекислого газа (CO_2), оксидов азота (NO_x) и твердых частиц. Это достигается за счёт улучшения систем рециркуляции выхлопных газов (EGR), применения катализаторов нового поколения и фильтров твердых частиц.

Одним из перспективных направлений является применение водородных добавок в топливо, что позволяет значительно снизить выбросы без значительной модификации конструкции двигателя.

3. Альтернативные виды топлива

Одним из перспективных направлений для автомобилей с ДВС является переход на использование альтернативных видов топлива, таких как биодизель, сжиженный и сжатый природный газ (СПГ и СУГ), водород, а также

синтетическое топливо. Эти решения позволяют снизить углеродный след без необходимости полной замены существующей инфраструктуры.

Например, биотопливо второго поколения, произведенное из отходов сельского хозяйства, представляет собой экологически чистую альтернативу традиционному дизелю. Синтетическое топливо, получаемое из водорода и углекислого газа, может стать ключевым элементом в переходе на углеродно-нейтральные технологии.

4. Гибридные технологии

Гибридные автомобили, сочетающие ДВС и электромоторы, становятся важным этапом на пути к снижению экологической нагрузки. Гибридные системы позволяют значительно сократить расход топлива в условиях городского цикла и уменьшить общий объём выбросов. Современные гибридные системы, такие как подключаемые гибриды (PHEV), дают возможность проезжать значительные расстояния только на электрической тяге, дополняя её мощностью ДВС при необходимости.

5. Развитие ДВС для узкоспециализированных задач

Компактные и легкие ДВС остаются востребованными в сегментах, где электрификация пока невозможна или экономически нецелесообразна. Это касается сельскохозяйственной техники, грузоперевозок на дальние расстояния и специализированного транспорта. Такие двигатели нередко используются в условиях экстремального климата или в удалённых регионах, где доступ к зарядной инфраструктуре ограничен.

Вызовы и ограничения

1. Экологическое давление

Мировые тренды в сторону декарбонизации ставят под сомнение долгосрочное использование автомобилей с ДВС. Государственные субсидии и льготы всё чаще направляются на развитие электромобилей, что создаёт дополнительные трудности для автомобильной промышленности, ориентированной на ДВС.

2. Рост цен на топливо

Увеличение стоимости нефти и её переработки делает эксплуатацию автомобилей с ДВС менее привлекательной, особенно в странах с высоким уровнем налогообложения углеводородного топлива. Это побуждает производителей двигателей искать пути повышения эффективности использования топлива и перехода на более дешёвые альтернативные источники энергии.

3. Инфраструктурные изменения

Развитие зарядной инфраструктуры для электромобилей и снижение её стоимости делает переход на электрический транспорт всё более доступным для массового потребителя, что создаёт конкуренцию автомобилям с ДВС.

В ответ автопроизводители инвестируют в улучшение инфраструктуры для новых видов топлива, таких как водородные заправочные станции и биотопливные пункты.

Заключение

Автомобили с двигателями внутреннего сгорания продолжают играть важную роль в мировой транспортной

системе. Их развитие связано с внедрением технологий, повышающих топливную эффективность, снижением выбросов и переходом на альтернативные виды топлива. Несмотря на давление со стороны экологических стандартов и растущую популярность электромобилей, ДВС останутся конкурентоспособными в специализированных сегментах рынка, а также в регионах с ограниченной доступностью зарядной инфраструктуры.

Литература:

1. Бакин, В. И. (2021). Перспективы развития двигателей внутреннего сгорания в условиях перехода к экологически чистым технологиям. *Автомобильная промышленность*, 45(3), 210–220.
2. Лавров, И. А., & Петренко, П. Ю. (2020). Эволюция и инновации в технологии двигателей внутреннего сгорания. *Научные исследования в области транспорта*, 38(2), 112–124.
3. Зайцев, М. В. (2019). Снижение выбросов загрязняющих веществ в современных двигателях внутреннего сгорания. *Журнал экологии и транспорта*, 10(4), 45–55.
4. Куликов, С. В., & Андреев, Р. О. (2022). Инновации в области технологий ДВС и их влияние на будущее автотранспорта. *Автомобильные технологии*, 50(1), 85–95.
5. Беляев, Д. И. (2023). Будущее двигателей внутреннего сгорания: от улучшений до замены. *Экологический транспорт*, 5(2), 78–92.

Автоматизация системы вентиляции для обеспечения нормируемых параметров воздушной среды

Гаас Даниил Андреевич, студент магистратуры
Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Зеленоград)

В данной статье рассматривается разработка схемы рабочего помещения, схемы автоматизации системы приточной и вытяжной вентиляции, а также способ оптимизации данного процесса.

Ключевые слова: автоматизация, вентиляция, разработка схемы автоматизации, использование искусственного интеллекта.

Введение

В современных условиях развития промышленности обеспечению нормативных параметров воздушной среды уделяется значительное внимание, особенно в таких высокотехнологичных отраслях, как микроэлектроника. Вентиляционные системы играют ключевую роль в создании комфортных и безопасных условий для работы оборудования и персонала. Однако традиционные методы автоматизации вентиляции зачастую не справляются с динамически меняющимися условиями и не обеспечивают необходимую энергоэффективность.

Целью данной работы является проектирование схемы рабочего помещения и схемы автоматизации системы вентиляции, оптимизация системы вентиляции с использованием программируемых логических контроллеров (ПЛК) и технологий искусственного интеллекта (ИИ).

Разработка структурных схем

На рисунке 1 представлена структурная схема системы приточно-вытяжной вентиляции, которая будет обслуживать помещение, нарисованной в программе КОМПАС-3D.

Схема обслуживаемого помещения также представлена на рисунке 2.

В данную систему входят следующие компоненты:

- 2 вентилятора (на работу приточного воздуха и вытяжного);
- 2 фильтра для очистки приточного воздуха;
- 1 калорифер для нагрева воздуха до комфортных параметров среды в помещении;
- 4 двигателя (2 двигателя отвечают за работу вентиляторов, другие 2 двигателя отвечают за работу воздушных заслонок (воздушных клапанов), работают через реле).

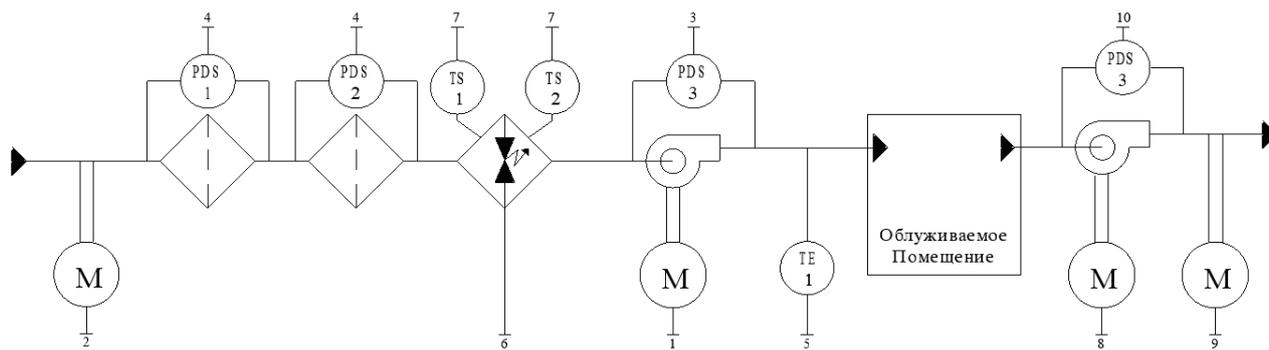


Рис. 1. Структурная схема системы вентиляции



Рис. 2. Обслуживаемое рабочее помещение

Также на схеме изображены следующие датчики, которые помогут получить выходные данные параметров воздуха «через саму установку»:

- Датчики реле перепада давления на фильтре (на схеме обозначены цифрой 4);
- Датчики реле перепада давления на вентиляторе (на схеме обозначены цифрой 3);
- Датчики температуры приточного воздуха в помещение (на схеме обозначены цифрой 5);
- Термостат защиты от перегрева калорифера (на схеме обозначено цифрой 7).

Все полученные параметры записываются в подключенный контроллер, который обрабатывает значения и корректирует параметры помещения воздуха.

Упомянутые выше используемые сигналы в работе системы вентиляции можно выделить в таблицу 1, а также можно добавить, что есть в помещении еще датчики, которые могут указывать на определенные параметры воздушной среды в помещении.

Принцип действия такой системы:

- В вентиляционную систему вентилятор забирает с улицы приточный воздух;

Таблица 1. Используемые сигналы

Элемент	Сигнал	Вход		Выход
		Дискретный	Цифровой	
Заслонки	Открыть			+
	Открыто	+		
	Закрыто	+		
Фильтр	Фильтр загрязнен	+		
Калорифер	Температура воздуха на вход в помещение		+	
Продолжение таблицы 1				
Вентилятор	Питание			+
Датчик дымоудаления	Перепад давления	+		
Датчик влажности	Параметры влажности	+		

– Этот воздух проходит через очистительные фильтры от пыли, микробов и мелких организмов;

– Далее воздух нагревается до определенной температуры, которая выставляется на основе полученных параметров в контроллере;

– Нагретый и очищенный воздух циркулирует в помещении с уже имеющимся и далее идет на вытяжную часть системы, где выходит уже обработанный воздух из помещения.

Такая система имеет ряд недочетов, например, экономические затраты на электроэнергию для работы элементов, недочет в плане ресурсоемкости вентиляторов: насколько долго хватит элемента, если на него подается либо низкое напряжение, либо постоянно высокое, и так далее.

Но отсюда возникает тогда вопрос, какие есть решения по способам усовершенствования и оптимизации имеющихся систем автоматизации?

Оптимизация системы с использованием ПЛК, оснащенной ИИ

ПЛК обеспечивают надежное управление вентиляционной системой за счет:

- Высокой точности обработки сигналов от датчиков;
- Гибкости настройки алгоритмов управления;
- Защиты оборудования от перегрузок и короткого замыкания.

Использование ПЛК позволяет снизить трудоемкость процессов настройки и обслуживания системы.

Искусственный интеллект также получил специальное внимание именно в вопросе автоматизации оборудования местной вентиляции, так как традиционные методы управления вентиляцией нередко оказываются недостаточно эффективными из-за отсутствия гибкости и неспособности адаптироваться к изменяющимся условиям. Применение технологий искусственного интеллекта позволяет преодолеть эти ограничения, внедряя интеллектуальные подходы к автоматизации, прогнозированию и оптимизации работы оборудования.

Основой эффективного управления вентиляцией является точный и своевременный сбор данных о параметрах воздушной среды. Для этой цели используются раз-

личные датчики, которые могут измерять следующие параметры воздушной среды:

- Температуру воздуха;
- Относительную влажность;
- Концентрацию углекислого газа (CO₂);
- Концентрацию пыли и аэрозолей;
- Уровень вредных веществ (например, ЛОС — летучих органических соединений).

Искусственный интеллект применяет методы машинного обучения (ML) для обработки больших массивов данных, поступающих с этих датчиков. Среди наиболее востребованных алгоритмов можно выделить:

- Нейронные сети. Они используются для прогнозирования сложных нелинейных зависимостей между параметрами;
- Методы кластеризации. Такие методы позволяют выявлять отклонения от установленной нормы, классифицировать типы загрязнений воздуха;
- Решающие деревья и градиентный бустинг. Применяются для построения моделей зависимости параметров воздуха от факторов внешней среды.

Обработанные данные могут быть получены и обработаны в режиме реального времени, что даёт возможность оперативно оценивать состояние системы и параметры помещения, в котором находится система вентиляции. Более того, ИИ способен не только выявлять текущие проблемы, но и предсказывать их возникновение, анализируя исторические тренды и сезонные закономерности, например, он может на основе изменяющихся данных вовремя предупредить или предотвратить пожар в помещении.

Внедрение технологий искусственного интеллекта обеспечивает:

1. Адаптивное управление:
 - Система автоматически корректирует режимы работы в зависимости от текущих условий (например, при повышении концентрации CO₂ увеличивается интенсивность работы вентиляторов).
2. Прогнозирование событий:
 - Использование методов машинного обучения позволяет прогнозировать изменения параметров воздуха (система может предсказать увеличение влажности и заблаговременно включить осушитель).

3. Оптимизация энергопотребления:

– Алгоритмы ИИ регулируют работу оборудования в зависимости от нагрузки, минимизируя расход электроэнергии.

Компания «Omron» выпустила контроллер, который оснащен технологией искусственного интеллекта в рамках концепции «I-Automation».

Когда система обнаруживает отклонения в работе оборудования, искусственный интеллект оперативно интерпретирует их как возможные поломки или угрозу их возникновения. Контроллер незамедлительно корректирует действия исполнительных механизмов, минимизируя риски и предотвращая выпуск продукции ненадлежащего качества. В этом заключается основное преимущество системы Sysmac с ИИ: она не только уведомляет персонал о возникших проблемах, но и автоматически принимает меры для их устранения.

Если же неисправности не являются критическими, система реализует концепцию предиктивного обслуживания, предоставляя данные о возможном дефекте уже на раннем этапе. Это позволяет планировать ремонт без сбоев в производственном графике. В результате предприятие может отказаться от традиционной системы планово-предупредительных ремонтов, одновременно снижая требования к квалификации обслуживающего персонала.

Кроме того, контроллер работает автономно, анализируя данные на месте, что повышает безопасность и снижает зависимость от внешних сетей. Такой подход делает обслуживание оборудования более эффективным и надежным.

Схема работы контроллера с искусственным интеллектом представлена на рисунке 3:



Рис. 3. Схема работы контроллера с искусственным интеллектом

Такой вариант мог бы подойти для внедрения в систему автоматизации вентиляции по причинам описанными выше — это надежность системы; это обработка и оптимизация параметров, получаемых через датчики; а также это выявление возможных отклонений в параметрах воздушной среды или нарушений в работе элементов системы.

Заключение

В ходе работы были разработаны структурные схемы рабочего помещения и системы автоматизации, предложены методы адаптивного управления и оптимизации энергопотребления. Особое внимание было уделено вне-

дрению искусственного интеллекта в автоматизацию вентиляционных систем. Были представлены возможности использования технологий ИИ для анализа данных, мониторинга параметров воздуха, адаптивного управления вентиляцией и оптимизации энергопотребления. Выявлены преимущества, такие как повышение точности, гибкости и энергоэффективности работы системы, а также оптимизация процесса, улучшение надежности и безопасности оборудования.

На примере контроллера с поддержкой искусственного интеллекта компании Omron показана перспектива применения инновационных решений для автоматизации вентиляции, включая предиктивное обслуживание и минимизацию сбоев.

Литература:

1. Будущее релейной защиты: между искусственным интеллектом и человеческим фактором // Gadgetpage URL: <https://gadgetpage.ru/interview/13917-buduschee-relejnoj-zaschity-mezhdu-iskusstvennym-intellektom-i-chelovecheskim-faktorom.html> (дата обращения: 22.12.24).
2. Новый контроллер Omron Sysmac с функциями искусственного интеллекта // Журнал «ИСУП» URL: <https://isup.ru/articles/4/13954/> (дата обращения: 22.12.24).
3. Свод правил СП 120.13330.2022 // Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/8b5/SP-120.pdf> (дата обращения: 20.12.24).
4. Примеры применения искусственного интеллекта в АСУ ТП // Elec.ru URL: <https://www.elec.ru/publications/tsifrovye-tehnologii-svjaz-izmerenija/7790/> (дата обращения: 23.12.24).
5. Управление вентиляцией: собираем, интегрируем, экономим // Habr URL: <https://habr.com/ru/companies/wirenboard/articles/702444/> (дата обращения: 23.12.24).
6. Универсальный машинный контроллер с искусственным интеллектом // URL: https://srs-automatic.ru/wa-data/public/shop/files_omron/9c4/fvvtjhoqix6edkah2eh7сpac8y5afqix.pdf?ysclid=m63n03yjjp415224859 (дата обращения: 24.12.24).
7. Щагин Анатолий Васильевич, Лось А. В. Анализ применения нейросетевых технологий в адаптивных системах управления // Электронные информационные системы. — 2023. — № № 3 (38). — С. 86–96. (дата обращения: 24.12.24)

Получение импульсного отклика помещения

Гелашвили Алексей Андреевич, студент магистратуры
Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Зеленоград)

В данной статье рассматривается способ получения импульсного отклика помещения для использования в контроле и других различных применениях в звукорежиссуре.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, импульсный отклик, свёртка, конволюция, акустический профиль.

Введение

В сведении и звукорежиссуре часто возникает необходимость прослушивания готового аудиоматериала на системах, намеренно ухудшающих звук. Это делается для контроля звучания финального микса у массового слушателя, которому зачастую недоступно дорогостоящее оборудование.

В качестве таких систем могут выступать как бытовые акустические системы (музыкальные центры, колонки, другие виды акустики) или бюджетные наушники, не относящиеся к категории мониторных, так и целые неподготовленные пространства с различными источниками звука (например, салон автомобиля).

Из описание подобных систем понятно, что проверять финальный микс в них не всегда удобно, ведь в идеале должна отсутствовать необходимость покидать рабочее место.

В сущности, любую акустическую систему, находящуюся в некотором пространстве, можно описать двумя параметрами: то, как система влияет на частотную характеристику сигнала и то, какую реверберацию вносит пространство. В работе со звуком уже давно применяется математический аппарат, позволяющий получить эти характеристики — свёртка (конволюция, IR). Эта технология нашла своё массовое применение в получении импульсов динамиков (например, гитарных кабинетов), реверберационных импульсов, а также импульсов различных приборов.

Финальным «продуктом» свёртки является файл IR (Impulse Response, импульсный отклик), который содержит в себе как частотную, так и реверберационную характеристики. С помощью специальных программ, плагинов или даже приборов можно применить такой импульс к любому сигналу, соответственно изменив его частотную характеристику и применив реверберацию.

Используя эту технологию, можно снять импульс любого помещения с акустической системой, а затем использовать его при прослушивании финального микса (например, через наушники с идеальной, либо известной (и скорректированной) АЧХ).

Суть метода

Для получения импульса (импульсного отклика) необходимо произвести свёртку двух сигналов — оригинального и прошедшего через акустическую систему и пространство к записывающему устройству.

Первое, что необходимо — это оригинальный сигнал. Для этих целей самым правильным будет использование сигнала с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ-сигнала, часто называемого в англоязычной, а иногда и русскоязычной литературе как “sweep”) от 20 Гц до 20 кГц, что полностью покрывает диапазон человеческого слуха.

Второе — необходимо получить сигнал “слушателя”. Для этих целей разумнее всего использовать измерительный микрофон (поскольку его АЧХ близка к идеальной, а с применением коррективки — идеальна на всём упомянутом частотном диапазоне).

Получить ЛЧМ-сигнал можно, например, в программе Reaper. Соответствующее окно с выбором параметров генерации представлено на рисунке 1:

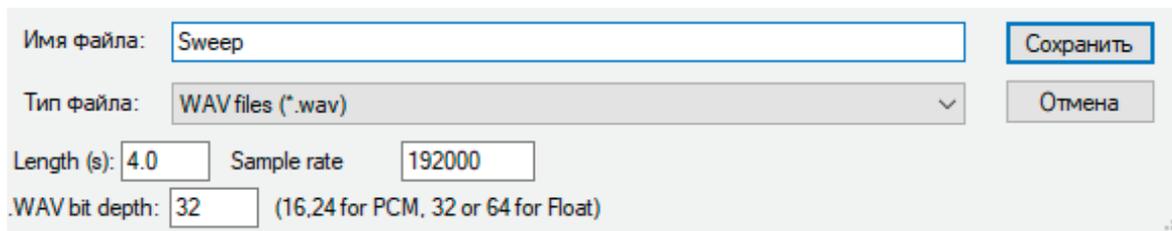


Рис. 1. Параметры генерации ЛЧМ-сигнала

Но стоит также учесть, что система неидеальна, и отследить начало и конец записанного файла может быть затруднительно. Для этих целей в оригинальный файл можно добавить короткие щелчки в начале и в конце, с известными задержками между ними и ЛЧМ-сигналом, а затем обрезать оригинальный и записанный файлы до участка только с ЛЧМ-сигналом. Полученная форма волны сигнала представлена на рисунке 2:

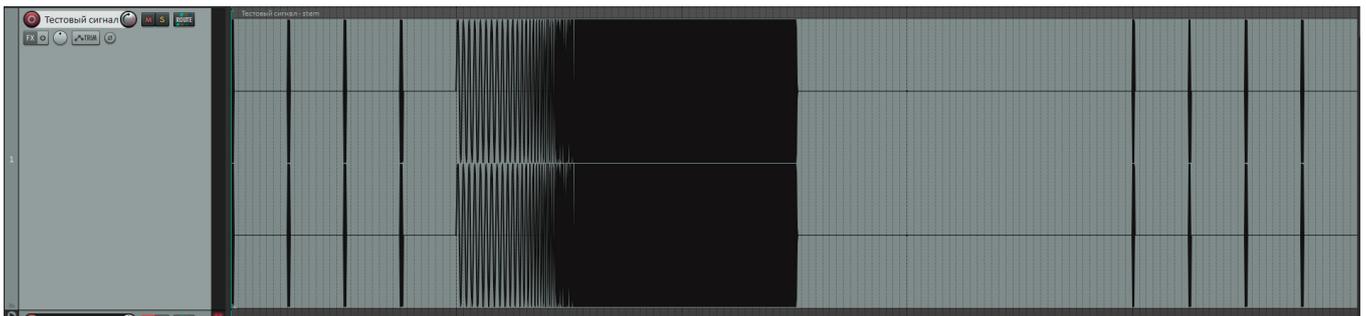


Рис. 2. Полученный сигнал с аудиометками его начала и конца

Конволюцию же с получением конечного IR-файла можно также произвести в программе Reaper. Эта и другие функции встроенного в Reaper плагина ReaVerb представлены на рисунке 3:

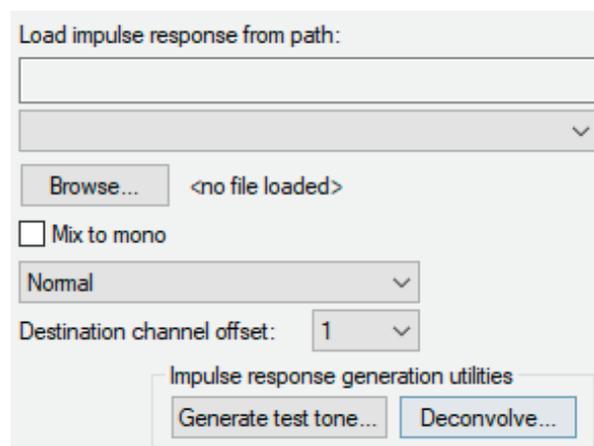


Рис. 3. Вкладка плагина ReaVerb с функциями генерации сигнала и свёртки для получения импульса, а также функцией загрузки и воспроизведения импульса

Запись и обработка сигнала

Запись сигнала в помещении будет производиться с помощью измерительного микрофона Wikisound Correction Mic, расположенного вертикально, с файлом коррекции "90" (выбран согласно инструкции производителя) с двух позиций, находящихся на расстоянии примерно 20 см для получения стереоимпульса.

Примерная схема помещения и расположения источника звука и микрофонов представлена на рисунке 4:

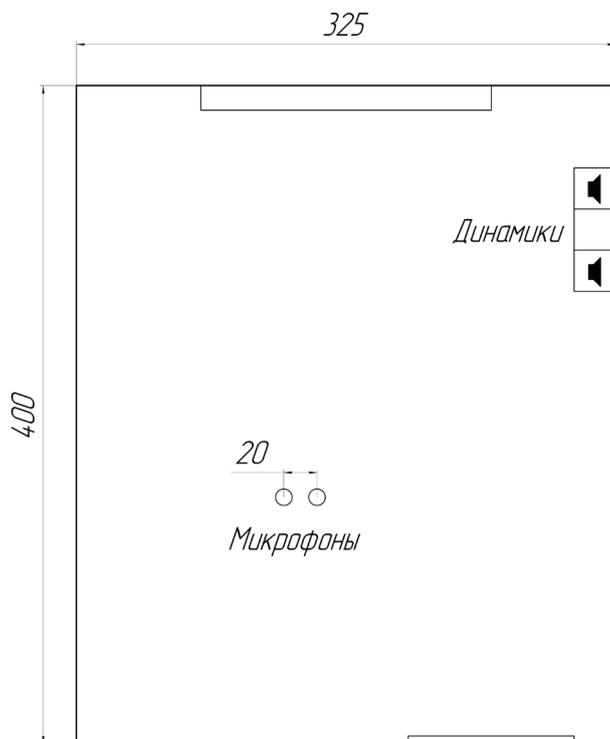


Рис. 4. Примерный план помещения

Микрофон располагается на стойке в указанной позиции и ориентируется вертикально (показано на фото на рисунке 5):



Рис. 5. Фото расположения измерительного микрофона в комнате

После расстановки микрофона и динамиков в программе Reaerг были записаны два файла с двух разных позиций для правого и левого каналов соответственно, а после — объединены в единый стереофайл (рисунок 6).

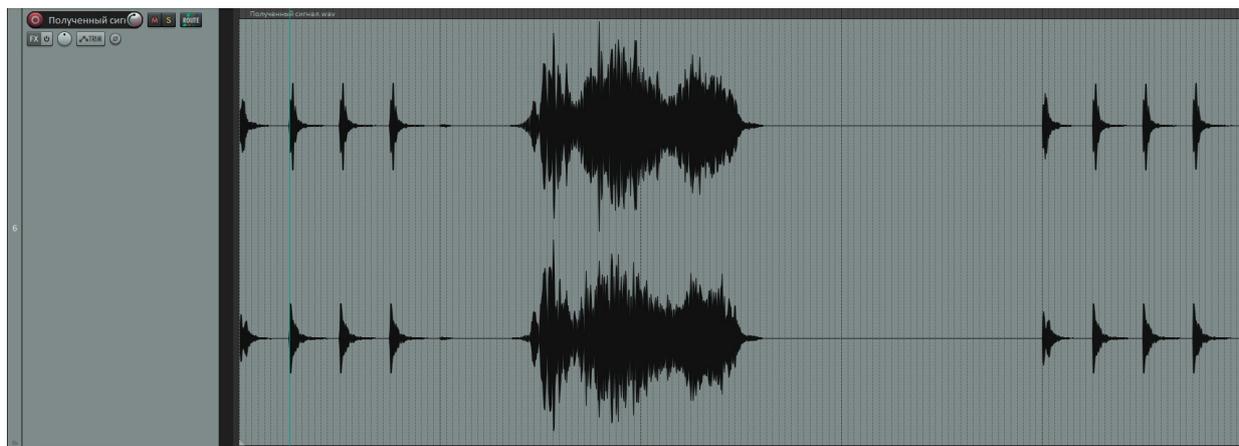


Рис. 6. Форма волны полученного сигнала

По форме волны записанного файла уже можно сказать многое просто посмотрев на него, без специальных программ. Так, например, на некоторых частотах видны сильные просадки, что соответствует точкам смены фазы. Также очевидна и полоса пропускания динамиков — даже визуально понятно, что частоты в области ниже примерно 60 Гц вообще не воспроизводятся, в то время как высокие частоты система воспроизводит в полном объёме. Для подробного же анализа акустического профиля помещения существует множество специализированных программ (например, самая популярная — Room Eq Wizard), однако подобные исследования являются очень глубокой темой для изучения и достойны отдельной статьи.

Далее полученный файл и оригинальный тестовый сигнал обрезаются до полезной части (ЛЧМ-сигнала), сохраняются отдельно и с помощью уже известной функции генерируется импульс. Сам же импульс так же можно обрезать до его полезной части, длина которой зависит от реверберационных свойств помещения. В данном случае итоговый импульс можно оставить длиной в одну секунду. Обработанный и загруженный в плагин импульс представлен на рисунке 7:

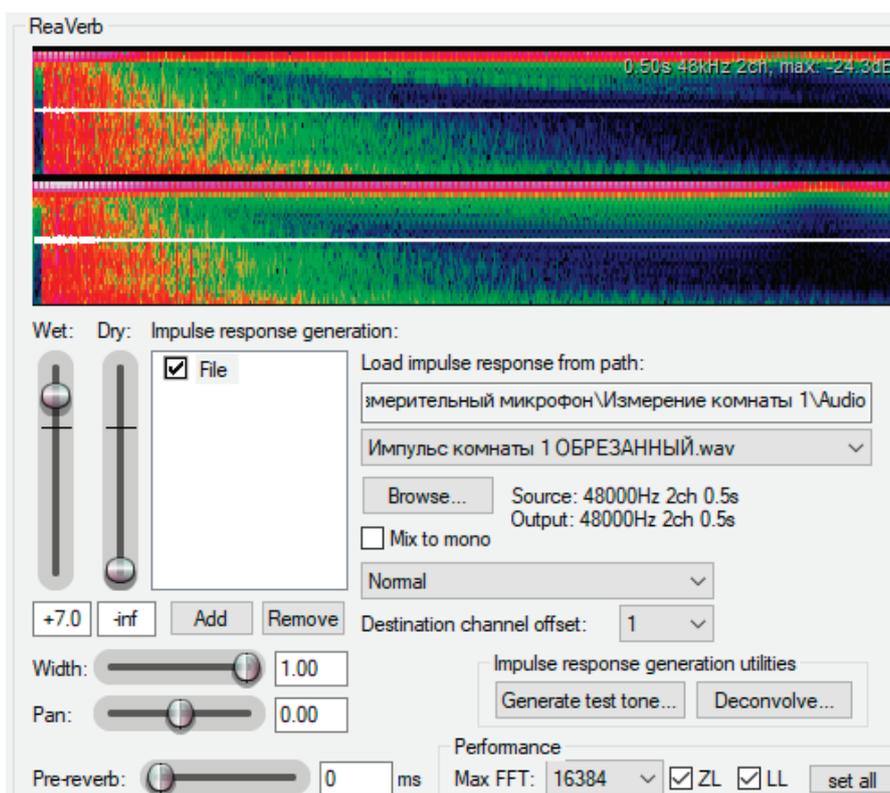


Рис. 7. Полученный импульс в плагине (плеере импульсов) ReaVerb

Проверка и результаты

Поскольку описанный метод применим, в основном, в контроле готовых миксов звукорежиссёром, для проверки его работоспособности сделаем следующее:

- 1) В программу разместим три дорожки;
 - 2) На первой будет находиться аудиофайл с музыкальным произведением;
 - 3) На второй будет то же произведение, но воспроизведённое через аудиосистему помещения, в котором снимался импульс, и записанное на измерительный микрофон;
 - 4) На третьей аудиодорожке — оригинальный аудиофайл с тем же произведением, но с применённым к нему импульсом, который был получен ранее;
 - 5) Все три дорожки нужно будет прослушать и выяснить, есть ли разница (на слух) между второй и третьей.
- В результате три дорожки выглядят следующим образом (рисунок 8):

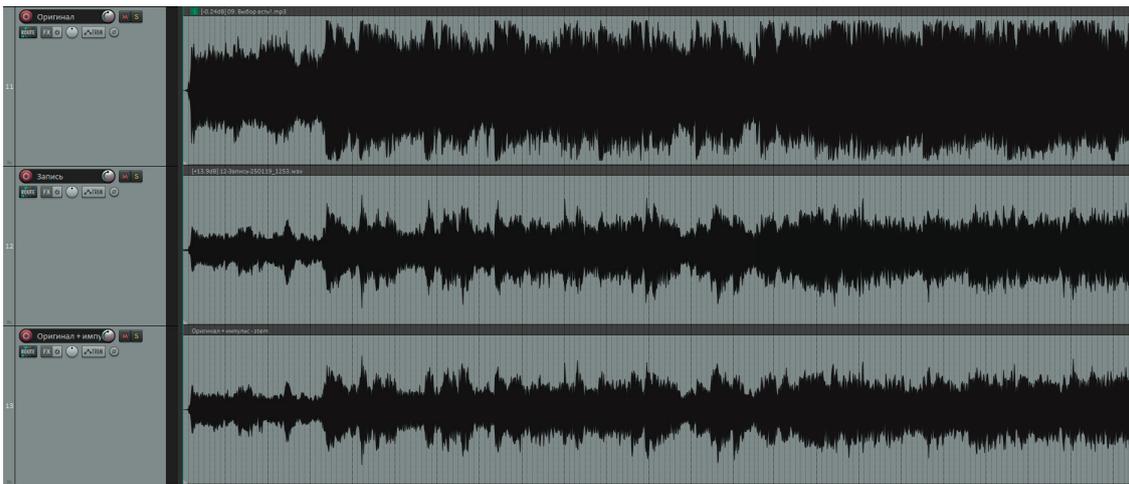


Рис. 8. Дорожки с оригинальным произведением, с записанным на микрофон в комнате и с оригинальным произведением с импульсом

Даже визуально очевидно, насколько идентичны вторая и третья дорожка — это подтвердилось и проверкой на нескольких опрошенных — никто из них не услышал разницы между дорожкой 2 и дорожкой 3, а также все отметили сильную схожесть в ощущениях от прослушивания звука в наушниках с применением импульса с ощущениями от звука в комнате, импульс которой был снят.

В результате проведённой работы был получен импульсный отклик (IR) помещения. Импульсы, полученные подобным образом, можно применять в контроле финальных миксов в музыкальной звукорежиссуре, а также (в случае больших помещений с красивой реверберацией) в качестве пространственной обработки аудиоматериала в сведении.

Акустические испытания в ракетно-космической технике: методы, результаты и перспективы

Григорьев Пётр Михайлович, студент;

Шайда Иван Юрьевич, студент

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Малиновская Анастасия Владиславовна, студент

Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет)

Акустические испытания играют ключевую роль в обеспечении надежности и безопасности космических аппаратов, особенно в условиях высоких нагрузок, возникающих при старте, полете и посадке. В данной статье рассматриваются методы и результаты акустических испытаний, их значимость для разработки и тестирования космических систем, а также перспективы развития этой области. Особое внимание уделяется акустическим испытаниям посадочного аппарата «Луна-25».

Ключевые слова: акустические испытания, ракетно-космическая техника, Луна-25, акустическая камера, реверберационные камеры, акустические нагрузки.

Основная часть. Акустические испытания в ракетно-космической технике представляют собой важный аспект обеспечения надежности и безопасности космических аппаратов. В условиях высоких нагрузок, с которыми сталкиваются ракеты и их компоненты во время старта, полета и посадки, акустические воздействия могут оказывать значительное влияние на целостность и функциональность оборудования. Поэтому исследование акустических характеристик и их влияние на различные элементы ракетно-космической техники становится неотъемлемой частью процесса разработки и тестирования новых космических систем.

Методы акустических испытаний. Для проведения акустических испытаний используются различные методы и оборудование. Одним из наиболее распространенных методов является Reverberant Field Acoustic Testing (RFAT), который позволяет имитировать акустические нагрузки, возникающие при старте ракеты. RFAT проводится в ре-

верберационных камерах, обеспечивающих нулевую звукопроницаемость и позволяющих значительно улучшить точность моделирования реальных условий запуска. [2]

Другим важным методом является использование активных стендов, таких как импульсный стенд УВ-102. Этот стенд позволяет изучать акустику старта при различных температурах рабочего тела и адаптировать модельные данные к реальным условиям. [1]

Результаты акустических испытаний. Акустические испытания позволяют выявить слабые места в конструкции космических аппаратов и адаптировать проектные решения. Например, в рамках проекта «Луна-25» были проведены акустические испытания автоматического посадочного аппарата. Эти испытания позволили не только выявить потенциальные проблемы, связанные с акустическими воздействиями, но и способствовали улучшению методик тестирования, что повышает уровень безопасности и надежности космических миссий. [4]

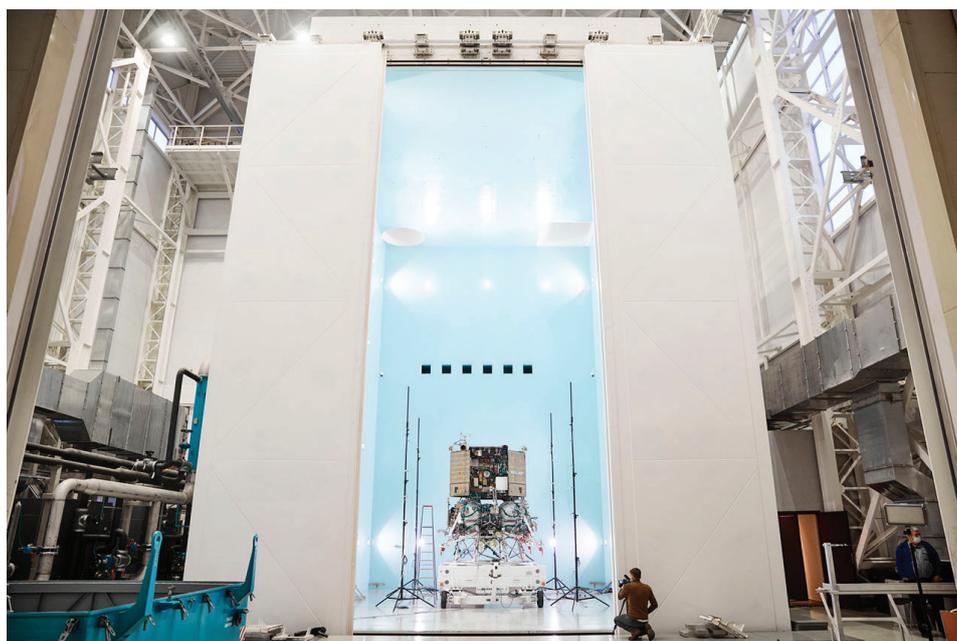


Рис. 1. Луна-25 на акустических испытаниях в специальной камере. [4]

В специальной акустической камере аппарат подвергался воздействию звуковых волн в широком частотном диапазоне. Подобное волновое воздействие в дальнейшем действовало на космический аппарат во время старта и полета ракеты-носителя. [4]

Проблемы и перспективы. Несмотря на значительные успехи в области акустических испытаний, существуют проблемы, требующие дальнейшего исследования и решения. Одной из таких проблем является сложность в моделировании реальных условий запуска. Для повышения точности моделирования необходимо учитывать множе-

ство факторов, таких как температура, влажность, механические свойства материалов и т. д.

Еще одной проблемой является необходимость интеграции новых материалов и технологий, способных снизить акустические нагрузки на аппараты. Это требует проведения дополнительных исследований и разработки новых методов испытаний. [5]

Перспективы развития акустических испытаний связаны с разработкой новых методов моделирования, использованием искусственного интеллекта для анализа данных и интеграцией новых технологий в процесс те-

стирования. Это позволит повысить уровень надежности и безопасности космических миссий, а также снизить затраты на разработку и тестирование новых космических систем. [3]

Заключение. Акустические испытания являются важным аспектом обеспечения надежности и безопасности космических аппаратов. Они позволяют выявить

потенциальные проблемы, связанные с акустическими воздействиями, и адаптировать проектные решения для повышения уровня безопасности и надежности космических миссий. Несмотря на существующие проблемы, перспективы развития этой области открывают новые возможности для повышения эффективности и безопасности космических исследований.

Литература:

1. Липницкий Ю. М., Сафронов А. В. Наземная отработка акустики старта ракет-носителей // Ученые записки ЦАГИ. 2014. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nazemnaya-otrabotka-akustiki-starta-raket-nositeley> (дата обращения: 18.01.2025).
2. Методы испытаний изделий и оборудования [Электронный ресурс] // jurnal.vniiem.ru — Режим доступа: <https://jurnal.vniiem.ru/text/158/22-36.pdf>, свободный. (дата обращения: 18.01.2025).
3. Роль испытаний в оптимизации процесса проектирования... [Электронный ресурс] // moluch.ru — Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/25/2677/>, свободный. (дата обращения: 18.01.2025).
4. РКК Энергия. Акустические испытания автоматической станции... [Электронный ресурс] // www.roscosmos.ru — Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru/30048/>, свободный. (дата обращения: 18.01.2025).
5. Sapr.ru — Новое слово в испытаниях [Электронный ресурс] // sapr.ru — Режим доступа: <https://sapr.ru/article/25984>, свободный. (дата обращения: 18.01.2025).

Средства индивидуальной противоосколочной защиты: классификация, материалы и особенности

Григорьев Пётр Михайлович, студент;

Шайда Иван Юрьевич, студент

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

В статье рассматривается классификация средств индивидуальной бронезащиты (СИБ) по функциональному назначению, конструктивному исполнению и защитным свойствам. Особое внимание уделяется материалам, используемым для изготовления СИБ, таким как арамидные пакеты и сверхмолекулярный полиэтилен (СВМПЭ). Описываются их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: средства индивидуальной бронезащиты, СИБ, бронеодежда, ГОСТ Р 50744–95, защитные свойства, бронеодежда, арамидные волокна, кевлар, арамидные пакеты, сверхмолекулярный полиэтилен, СВМПЭ, бронежилеты, материалы для СИБ, защитные требования.

Основная часть. Средства индивидуальной бронезащиты (СИБ) играют ключевую роль в обеспечении безопасности сотрудников различных государственных и частных структур. Они предназначены для защиты от пулевых ранений, осколков и ударов колющими предметами. В условиях разнообразия видов оружия и условий выполнения задач, необходимо использовать СИБ с различными уровнями защиты. В России классификация СИБ закреплена в ГОСТ Р 50744–95 «Бронеодежда. Классификация и общие технические требования» [2], [3].

Классификация СИБ основывается на нескольких критериях, включая функциональное назначение, конструктивное исполнение и защитные свойства. Рассмотрим каждый из них подробнее.

По функциональному назначению выделяют следующие виды бронеодежды: для защиты туловища, для защиты конечностей (исключая кисти рук и стопы) и для защиты всего тела (туловище и конечности) [3].

Средства защиты делятся на три основных типа:

1. Мягкие защитные структуры — состоят из текстильных материалов, таких как арамидные волокна, которые обладают высокой прочностью и термостойкостью.
2. Полужесткие защитные структуры — включают мягкие защитные материалы с пластинами из твердых броневых материалов.
3. Жесткие защитные структуры — изготовлены из жестких формованных броневых материалов, таких как керамика или металлические сплавы.

Классификация по защитным свойствам включает следующие категории:

- Пулестойкая бронеодежда — защищает от поражения пулями различных калибров.
- Стойкая к осколочному воздействию — обеспечивает защиту от осколков, возникающих при взрыве боеприпасов.
- Стойкая к воздействию холодного оружия — защищает от ударов холодным оружием.
- Комбинированная бронеодежда — сочетает защиту от различных видов воздействия.

ГОСТ Р 50744–95 выделяет девять классов бронеодежды, которые делятся на две группы: специальные классы защиты и основные классы защиты. Специальные классы защиты включают:

- С — защита от поражения холодным оружием.
- С1 — защита при поражении из охотничьего ружья 12-го калибра (патрон 18,5 мм).
- С2 — защита от поражения осколком при выстреле из баллистического ствола без нарезов.

Основные классы защиты включают:

- Бр 1 — защита от пробития при выстреле из автоматического пистолета Стечкина (патрон 9 мм).
- Бр 2 — защита от поражения при выстреле из пистолета Сердюкова (патрон 9 мм).
- Бр 3 — защита от поражения при выстреле из пистолета Ярыгина.
- Бр 4 — защита от поражения при обстреле из автомата Калашникова АК-47 (5,45 мм) или модернизированного автомата Калашникова АКМ (патрон 7,62 мм).
- Бр 5 — защита от поражения пульей, выпущенной из винтовки Драгунова (СВД).
- Бр 6 — защита от поражения пульей калибра 12,7 мм, выпущенной из крупнокалиберной снайперской винтовки ОСВ-96 или крупнокалиберной снайперской винтовки В-94. [1]

Арамидные пакеты. Арамидные волокна, такие как кевлар, являются одним из наиболее распространенных материалов для изготовления СИБ. Они обладают высокой прочностью, термостойкостью и мягкостью, что позволяет создавать эффективные и удобные бронежилеты. Арамидные пакеты используются для наполнения бронежилетов, дополнительных подвесных защитных модулей и изготовления шлемов. [2]

Преимущества арамидных пакетов: высокая эффективность по остановке пуль и осколков; долговечность и способность выдерживать множественные попадания; термостойкость, что делает их подходящими для использования в бронежилетах для экипажей боевых машин; технологичность и возможность самостоятельного усиления защиты различных элементов экипировки.

Литература:

1. ГОСТ Р 50744–95. Бронеодежда. Классификация и общие технические требования. ИЗДАНИЕ май 2003 г. с Изменениями № 1, 2. Утвержденными в сентябре 1998 г. URL: <https://rostest.info/gost/001.013.340.010/gost-r-50744-95/> (дата обращения: 18.01.2025).

Недостатки арамидных пакетов: потеря части защитных свойств при намокании; немного тяжелее и дороже по сравнению с некоторыми другими материалами, такими как СВМПЭ.

Сверхмолекулярный полиэтилен. СВМПЭ — это относительно новый материал, который также используется для изготовления СИБ как противоосколочная защита в бронежилетах, шлемах так и в противопульных плитах до класса Бр3 включительно. Он растворяется в специальном растворителе, из которого формируются тонкие волокна. Эти волокна укладываются в несколько слоев, которые затем прессуются под высоким давлением. СВМПЭ обладает высокой прочностью и гибкостью, что делает его подходящим для использования в качестве противоосколочной защиты. [2]

- СВМПЭ в 10–12 слоёв (класс С2) жёстче чем арамидная ткань той же толщины, но ещё довольно гибкий.
- 20–30+ слоёв (Бр1, Бр2) — уже весьма жёсткие пакеты, заметно жёстче арамидных пакетов тех же классов.
- Плиты из чистого СВМПЭ класса Бр3 (50–60 слоёв) — уже очень толстые и жёсткие, руками не гнутся совсем.

Преимущества СВМПЭ: малый вес (в сравнении с арамидными пакетами того же класса защиты выигрыш до 30–40 %); приемлемые баллистические свойства, исходя из толщины, числа слоёв; устойчивость к намоканию — не впитывает воду, не набирает вес, не теряет при этом свойств; сравнительно невысокая цена; уникальная способность поглощать и равномерно рассеивать ударную нагрузку.

Недостатки СВМПЭ: проблема с долговечностью — происходят расслоения после попаданий осколков; относительно высокая жёсткость, что критично для дополнительных модулей: шейного, плечевых, напашника, пятиточечника; невысокая термостойкость, в сравнении с арамидом СВМПЭ теряет свойства примерно при 100 градусах, при 140 начинает плавиться, а потом гореть. [2]

Заключение. Средства индивидуальной бронезащиты являются важным элементом обеспечения безопасности в различных сферах деятельности. Классификация СИБ по функциональному назначению, конструктивному исполнению и защитным свойствам позволяет выбирать наиболее подходящие средства для конкретных задач. Арамидные волокна и сверхмолекулярный полиэтилен являются одними из наиболее распространенных материалов для изготовления данных СИБ, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Правильный выбор материалов и конструкции СИБ позволяет обеспечить надежную защиту сотрудников и повысить их безопасность в условиях современных угроз [3].

2. Материалы индивидуальной бронезащиты Керамика. Металл (Сталь) Кевлар СВМПЭ. — Текст: электронный // Статьи: [сайт]. — URL: <https://dzen.ru/a/ZS975S48DgYmSe4r> (дата обращения: 18.01.2025).
3. Василенко СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ / Василенко. — Текст: электронный // МО РФ: [сайт]. — URL: <https://army.ric.mil.ru/Stati/item/552531/> (дата обращения: 18.01.2025).

Защита от статического электричества в ракетно-космической технике

Григорьев Пётр Михайлович, студент;

Шайда Иван Юрьевич, студент

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Статическое электричество может привести к выходу систем ракетно-космической техники из строя или повреждению оборудования. Это делает защиту от статического электричества важной задачей для обеспечения безопасности и надёжности космических аппаратов.

Ключевые слова: статическое электричество, СИЗ, ракетно-космическая техника, ГОСТ 19005–81, металлизация, заземление, средства индивидуальной защиты.

Статическое электричество представляет собой важную проблему в области ракетно-космической техники, поскольку накапливаемые заряды могут привести к выходу систем из строя или даже к повреждению оборудования. В целях защиты работников от воздействия рекомендованы* следующие СИЗ — средства индивидуальной защиты:

Тип/группа СИЗ	Наименование	Нормы выдачи СИЗ
Средства индивидуальной защиты рук для защиты от воздействия статического электричества	Перчатки	12 пар на год
	Полусапоги	1 пара на год
Обувь специальная для защиты от статического электричества	Ботинки	1 пара на год
	Полуботинки	1 пара на год
	Сапоги	1 пара на год
Средства защиты специальные (дополнительно к обязательным по результатам оценки профессиональных рисков)	Браслет антиэлектростатический	2 шт. на год
	Кольцо антиэлектростатическое	2 шт. на год
* в соответствии с положениями Приложения N 2 к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 октября 2021 г. N 767н		

Рис. 1. Использование средств индивидуальной защиты [5]

Одним из основных документов, регулирующих защиту от статического электричества, является ГОСТ 19005–81. Этот стандарт устанавливает требования к металлизации и заземлению изделий, которые подвержены влиянию статического электричества при их производстве, эксплуатации, сборке, испытаниях, хранении и транспортировке [1].

Органы управления и конструкции ракетных и космических аппаратов должны принимать во внимание возможность возникновения статических разрядов в процессе работы. Статическое электричество возникает из-за трения, разделения или контакта различных материалов, что часто происходит в условиях изменяющегося климата, высокой влажности и других внешних факторов. Важно учитывать, что даже малые заряды могут оказать разрушительное воздействие на чувствительные электронные узлы, что делает необходимость защиты особенно актуальной. [2]

Определяющим фактором в обеспечении защиты от статического электричества является использование специальных материалов и технологий для создания устойчивых к статике конструкций. Важным аспектом этой работы является правильный выбор электропроводящих и электропроводящих покрытий, которые могут эффективно рассеивать

накопленные электрические заряды. ГОСТ 19005–81 охватывает методы металлизации, которые позволяют снизить риск накопления статического электричества на поверхности изделия.

Рекомендуется применять системы заземления, которые обеспечивают безопасность технического оборудования путем снятия избыточных зарядов с помощью проводников. [4] Проектирование этих систем должно включать детальное рассмотрение процесса установки и эксплуатации, чтобы гарантировать, что вся структура будет защищена от возможных электростатических разрядов. К числу методов, предусмотренных стандартом, относится использование устойчивых к износу материалов и конструкций, позволяющих минимизировать область накопления статического электричества.

Кроме того, важно учитывать окружение, в котором будет эксплуатироваться ракетно-космическая техника. Условия хранения и транспортировки также влияют на образование статических зарядов, поэтому необходимо применять специальные меры для снижения рисков. Влажность, температура и статические поля могут существенно повлиять на функционирование систем, и все эти факторы учитываются в соответствующих разделах стандарта [1].

Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС) играют ключевую роль в данной области. Они помогают выявить уязвимости систем, которые подвержены воздействию статического электричества, и определить эффективность применяемых средств защиты. [3] Применение тестирования, соответствующего требованиям ГОСТ 19005–81, позволяет значительно повысить надежность ракетно-космической техники.

Необходимо отметить, что соблюдение требований по защите от статического электричества является частью общего подхода к обеспечению электромагнитной совместимости. Все системы и компоненты, входящие в состав спутников и ракет, должны быть спроектированы и проверены с учетом возможных электростатических воздействий. Это включает в себя как проектирование, так и испытания с целью обеспечения минимального влияния статических зарядов на электрические и электронные системы.

Как правило, каждая отдельная система должна пройти процесс сертификации, подтверждающий ее соответствие установленным стандартам защиты от статического электричества. Это обеспечивает уверенность в том, что они будут работать как в нормальных условиях, так и в условиях экстремального воздействия, которое может возникнуть во время старта, выхода на орбиту или других операций.

Заключение. Опыт применения ГОСТ 19005–81 демонстрирует его важность как для практиков, так и для теоретиков в области ракетно-космической техники. Постоянное обновление и адаптация нормативных требований к новым технологиям и материалам обеспечивают своевременное решение актуальных задач защиты от статического электричества, тем самым значительно повышая общий уровень безопасности и надежности космических миссий.

Литература:

1. ГОСТ 19005–81 Средства обеспечения защиты изделий... [Электронный ресурс] // files.stroyinf.ru — Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/data2/1/4294834/4294834259.pdf>, свободный. — Загл. с экрана (дата обращения: 22.01.2025).
2. Сафронова И. Г., Шнайдер Н. В., Шнайдер А. В., Леменков М. Д., Казаченко А. И. Пожарная опасность и меры защиты от статического электричества // The Scientific Heritage. 2021. № 63–1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pozharnaya-opasnost-i-mery-zaschity-ot-staticheskogo-elektrichestva> (дата обращения: 22.01.2025).
3. Рентюк Владислав Что нужно знать об испытаниях на выполнение требований по ЭМС для изделий коммерческого назначения / Владислав Рентюк. — Текст: электронный // ЭМС: [сайт]. — URL: <https://emc-e.ru/ispytaniya-na-jems/emc-2/> (дата обращения: 22.01.2025).
4. Статическое электричество. Меры защиты. — Текст: электронный // СОЦПАРТНЕР: [сайт]. — URL: <https://socpartner24.ru/materials/staticheskoe-ehlektrichestvo-mery-zashchity/> (дата обращения: 22.01.2025).
5. Защита работника от статического электричества: ключевые меры безопасности с учетом оценки профессиональных рисков. — Текст: электронный // Учебный центр ЮТМ: [сайт]. — URL: <https://centr-utm.ru/poleznoe/zashchita-rabotnika-ot-staticheskogo-elektrichestva-klyuchevye-mery-bezopasnosti-s-uchetom-otsenki-p/> (дата обращения: 22.01.2025).

Цепи питания материнской платы, или Что такое зона VRM

Заря Антон Сергеевич, студент

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина

Технология изготовления процессоров не стоит на месте, и каждый год производители выпускают новые технологичные решения на замену старым. Так, например, с каждым годом растет спрос на более мощные и производительные центральные процессоры, которые обеспечивают высокое быстродействие и большую вычислительную мощность, необходимую для самых разнообразных энерго- и ресурсозатратных задач. Чтобы раскрыть весь потенциал таких процессоров, инженеры и производители улучшают схемотехническую составляющую материнских плат ежегодно, добавляя новые технологичные решения.

Основным параметром материнской платы, на который в первую очередь стоит смотреть при выборе материнской платы, является ее система питания процессора, или же зона VRM. VRM (Voltage Regulator Module) — это один из самых энергоемких элементов материнской платы, с его помощью осуществляется необходимое питание процессора, то есть задача заключается в том, чтобы свести к минимуму скачки мощности при изменении нагрузки на центральный процессор, чтобы обеспечить его дальнейшую бесперебойную работу.

Цепь питания материнской платы состоит из следующих компонентов: контроллер, драйвер, MOSFET-транзисторы, дроссели и конденсаторы. Структурная схема цепи питания материнской платы приведена на рисунке 1.

У каждого из компонентов цепи питания имеется свое предназначение:

- PWM-контроллер — это чип, рассчитывающий с каким сдвигом по времени будет работать та или иная фаза. Именно он является центром всей подсистемы питания процессора.

- Драйвер — устройство, выполняющее операции контроллера по открытию и закрытию полевого транзистора.

- MOSFET-транзисторы — это полевые транзисторы со структурой «металл-оксид-полупроводник» выполняют роль тумблера, регулирующего подачу тока в цепь питания процессора.

- Дроссели — катушки индуктивности, стабилизирующие напряжение.

- Конденсатор — радиоэлемент, помогающий стабилизировать напряжение и уменьшить пульсации

Катушка индуктивности в совокупности с конденсатором образуют сглаживающий LC-фильтр (фильтр низких частот) именно благодаря ему все переходные процессы начинают протекать с меньшей скоростью во времени, как следствие он позволяет эффективно бороться от скачков напряжений и уменьшить пульсации.

Современным процессорам для стабильной работы необходимо напряжение питания ниже 1,5 Вольт. Блок питания преобразует переменное напряжение сети 220–230 Вольт в несколько постоянных напряжений, номиналом 12, 5 и 3,3 Вольт. Именно для питания центрального процессора отведена двенадцативольтовая линия. Но как же происходит преобразование с 12 Вольт до 1–1,5 Вольт? В блоках питания используются DC-DC преобразователи, основанные на ШИМ (широтно-импульсной модуляции) и именно они помогают регулировать напряжение.

В своем схемотехническом исполнении блок питания должен иметь импульсный преобразователь напряжения. Роль такого преобразователя заключается в стабилизации напряжения, в котором регулирующий элемент работает в импульсном режиме, то есть периодически открывается

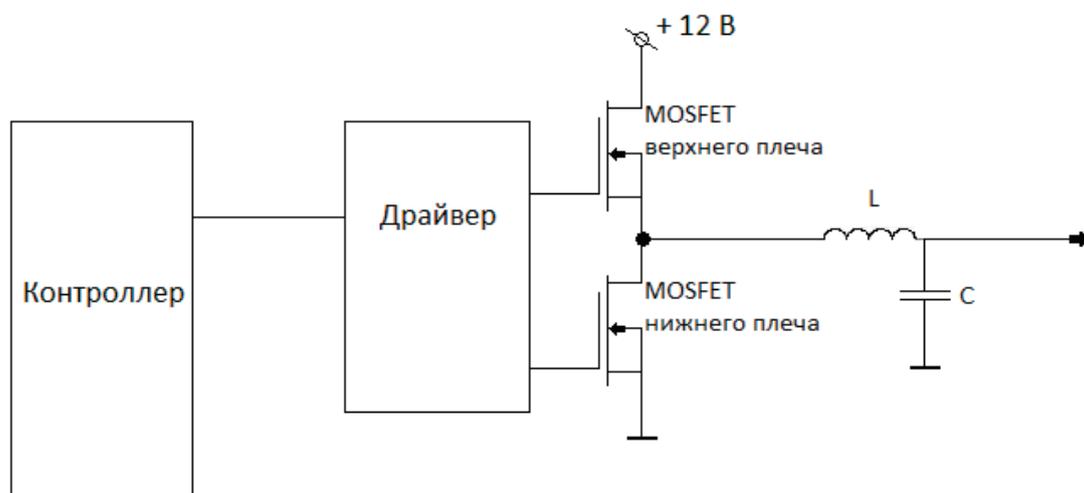


Рис. 1. Структурная схема однофазной цепи питания

и закрывается. Общий смысл его работы следующий: на вход подается постоянное напряжение 12 Вольт, предположим, что за секунду первую одну шестую времени будет 12 Вольт, а оставшийся пять шестых секунды 0 Вольт, то в среднем получим значение в 2 Вольта. Далее, необходимо полученный сигнал пропустить через сглаживающий LC-фильтр, что в итоге приводит к тому, что на выходе получается некое постоянное напряжение и некое подобие относительно высокого КПД. Если говорить кратко — это и есть принцип работы импульсного преобразователя напряжения. Но у такого преобразователя имеются два существенных недостатка:

- Пульсации. Сигнал, пройдя через LC-фильтр, будет иметь определенные пульсации. Это связано с тем, что не существует идеальных LC-фильтров — гармоники никогда не подавляются полностью. Решается эта проблема двумя способами. Первый заключается в том, чтобы делать импульсы пропорционально чаще и при этом короче по длине, то в итоге получится короче промежутков времени, на котором происходит сглаживание. Второй способ борьбы с пульсациями это равномерное смещение промежутков включения каждой цепи питания.

- Ограничение по величине тока. Решается эта проблема с недостатком пропускной способности по току путем установки нескольких цепей питания, то есть просто увеличивать количество транзисторах сборок. Это позволяет ставить более мощные процессоры в материнскую плату и подвергать их «разгону» по частоте.

Цепи питания со смещением импульсов друг относительно друга называются фазами питания, наглядный пример изображен на рисунке 2. Существуют материнские платы, в которых число цепей и фаз питания равны друг другу, это в случае если все цепи питания разнесены друг относительно друга по фазам. В таком случае каждая цепь имеет свою уникальную фазу в работе. Так же встречаются случаи, когда число фаз и число цепей питания разное. Например, материнская плата, у которой су-

ществует 4 цепи питания, но две пары из них синфазны, то есть имеют совпадающие фазы. То у такой материнской платы 4 цепи питания, но при этом всего 2 фазы питания. С точки зрения ограничения по величине тока, что у первого варианта материнской платы, что у второго — проблем не будет. Но с точки зрения уменьшения пульсаций, первый вариант материнской платы, где имеется 4 цепи питания и 4 фазы питания, будет предпочтительней, чем материнская плата, в которой всего 4 цепи питания и 2 фазы питания.

В материнских платах используют технологию двойных фаз. Количество фаз определяет PWM-контроллер. В современных материнских платах после каждого контроллера устанавливается делитель или дублер. Он разделяет сигнал на два потока, каждый из которых направляется к собственной цепочке, состоящей из драйвера, ключа и фильтра. Такое решение позволяет существенно увеличить общую мощность цепи питания, и параллельно снизить количество проходящего через каждую цепочку тока, соответственно увеличить срок службы материнской платы, а также снизить температуры при высоких нагрузках. Но у этого решения есть минус: сигнал существенно теряет в стабильности, поскольку временного смещения у пары потоков от одной фазы не будет. Таким образом 16-фазная система питания и цепь на 8 двойных фаз у материнских плат на одном чипсете — это фактически одно и то же.

Так же стоит уделить отдельное внимание радиаторам цепей питания материнской платы. Так как ценовой сегмент материнских плат огромен, на рынке можно встретить платы как с радиатором в зоне VRM, так и без них. Предпочтительнее выбирать плату, где уже с завода установлены радиаторы охлаждения, так как такое решение способно сохранить и продлить срок службы компьютера, в частности это касается того, будем ли мы использовать мощный процессор и подвергать его «разгону». Если вы обычный пользователь, и не собираетесь прово-

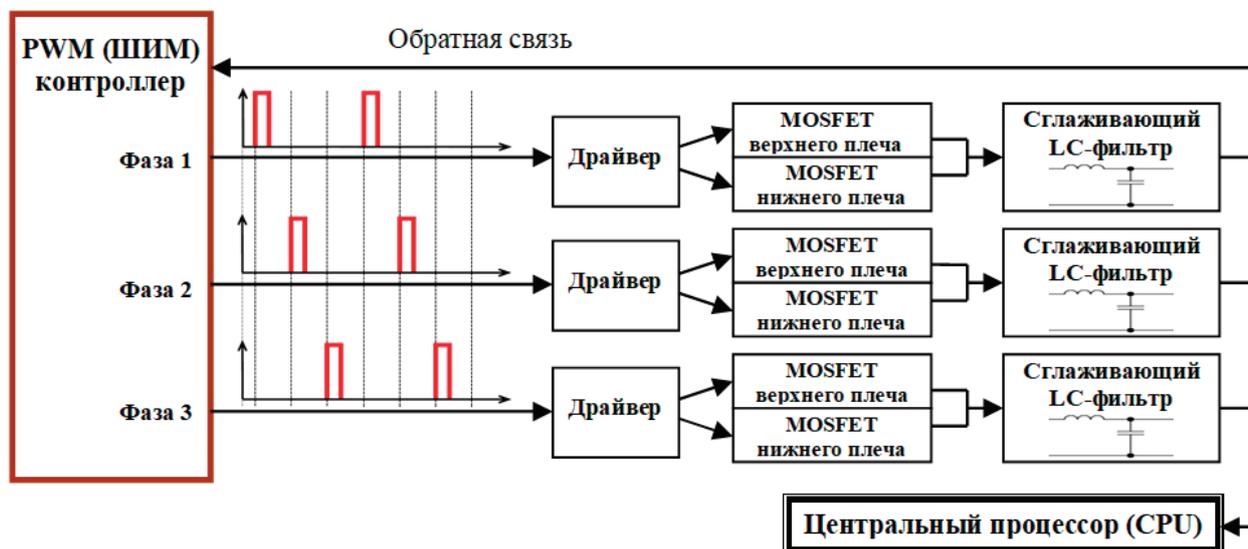


Рис. 2. Пример схемы цепи питания со смещенными фазами питания друг относительно друга

дить никаких махинаций с процессором, вам могут подойти материнские платы, не имеющие радиаторов в зоне цепей питания. Так, например, если установить мощный процессор, имеющий много ядер и потоков, в слабую материнскую плату, у которой слабая система питания и отсутствует радиатор в зоне VRM, возможно получить два исхода.

Первый исход, когда перегреваются электронные ключи и процессор перейдет в режим троттинга. Троттинг — это принудительное ограничение быстродействия процессора и его вычислительной мощности путем снижения его частоты или пропуска тактов.

Второй исход при повышении температуры MOSFET-транзистора — это «пробой» верхнего или нижнего плеча. В случае, если первым «пробьет» нижнее плечо, то питание процессора закоротится на корпус. Если выйдет

из строя верхнее плечо, то напряжение питания пройдет через дроссель на процессор, а он в свою очередь выйдет из строя.

Подводя итог всему вышесказанному, можно сделать вывод, что выбор материнской платы при сборке компьютера очень ответственный шаг. Уже отталкиваться от этого выбора к тому, какой процессор к ней докупить. Подсистема фаз питания играет ключевую роль в обеспечении стабильности и долговечности работы компьютера. Учитывая это при выборе материнской платы, открывается возможность не только оптимизировать работу процессора, но и значительно продлить срок службы всех компонентов системы. Стоит понимать для каких целей вы покупаете, ту или иную материнскую плату и уже отталкиваться от этого выбора к тому, какой процессор к ней приобрести.

Литература:

1. Красников Г. Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов Издание 2-е, исправленное Москва: Техносфера, 2011–800 с.
2. Степаненко И. П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1977–672 с.
3. Нефедоров А. В., Аксенов А. И. Транзисторы для бытовой, промышленной и специальной аппаратуры. Справочное пособие. — М.: СОЛОН- Пресс, 2006–600 с.
4. Рудометов Е., Рудометов В. Материнские платы и чипсет — СПб: Питер, 2000. — 256 с.

Проблема утилизации отделяемых в полете и падающих обратно на Землю ступеней ракет-носителей

Иванова Замира Жангельдиновна, студент

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

В статье автор исследует влияние ракетно-космической промышленности на природу, а также применяемые меры в России и других странах для минимизации последствий запусков.

Ключевые слова: ракетно-космическая деятельность, гептил, экологическая безопасность, места падения ступеней ракет-носителей.

Когда задумываемся о влиянии ракетно-космической промышленности (РКП) на природу, то непроизвольно вспоминаем о поднимаемых темах в истории ракетно-космической деятельности, которые обсуждаются и требуют решение и в наши дни. Прежде всего вызывает беспокойство не только видимое загрязнение окружающей среды отделяющимися частями ракет-носителей (РН), но и экологическая обстановка в местах падения ступеней ракет-носителей.

На сегодняшний день известно, что именно токсические компоненты ракетного топлива являются источником отравления биосферы земли. Самыми опасными являются вещества: гептил (НДМГ) и его производные (азотный тетраоксид) применяемые во многих ракетно-

носителях. Их можно встретить как в российских системах («Протон-К», «Протон-КМ»,

«Циклон-2»), так и зарубежных. Однако Всемирной Организацией Здравоохранения гептил внесен в список особо опасных химических соединений, поскольку поражает печень, центральную нервную, сердечно-сосудистую и кровяную системы [1]. К тому же это соединение имеет накопительный эффект, и как следствие может обнаружить себя спустя долгое время.

В зоне экологической опасности находятся территории падения ступеней ракеты-носителей и области расположенные вдоль траекторий их движения [2]. При падении бака остатки топлива рассеиваются в воздухе, образуя ядовитый смог, осаждающий землю, что в последствие

вызывает постепенное загрязнение компонентами ракетного топлива окружающей среды. Известно, что чем севернее расположен космодром, тем больше требуется топлива и времени для разгона ракеты, как следствие длиннее становится и зона вдоль траектории ракеты, куда могут приземлиться ее останки. Специфика России заключается в её географическом положении, все зоны падения отработанных ступеней находятся на территории самой страны и занимают большую площадь, из-за чего вопрос экологической безопасности в нашей стране ощущается особо остро.

Опасение вызывает также техногенное засорение околоземного космического пространства отработавшими верхними ступенями РН, разгонными блоками и прекратившими функционирование космическими аппаратами. В настоящее время в околоземном космическом пространстве находятся более 15 тысяч каталогизированных космических объектов, из них ~ 1250 действующих отечественных и иностранных космических аппаратов, остальные — «космический мусор» (КМ), размером более 10 см в диаметре. Количество же более мелкого техногенного КМ, обнаружение и слежение за которыми современными средствами наблюдения невозможно, исчисляется по различным оценкам десятками — сотнями миллионов. По данной тематике существует много исследований, и проводятся разработки проектов по очищению околоземного пространства, и это является отдельной предметной областью, в которую далее мы в текущей статье не будем углубляться.

Стоит отметить, на предприятиях ракетно-космической промышленности при изготовлении и испытаниях ряда агрегатов и различных изделий используются растворители на основе веществ, разрушающих озоновый слой, что тоже становится важной проблемой современной экологической повестки.

Таким образом, можно заключить, что существуют три основные проблемы, связанные с запуском космических ракетносителей: использование вредных веществ высокого уровня опасности, большой масштаб влияния на биосферу и недостаточность изучения проблематики, так все имеет долговременные накопительный эффект. Но какие меры принимаются для минимизаций последствий запусков?

Во-первых, создание ряда законов и организаций, которые позволяют нормализовать и облегчить негативные последствия влияния ракетно-космической деятельности на природу. Так, например, в России введены следующие регулирующие документы: 1) Закон Российской Федерации от 20.08.1993 № 5663-1 «О космической деятельности»; 2) «Временная инструкция по осуществлению государственного контроля за охраной окружающей среды от загрязнения несимметричным диметилгидразином», позволяющая определить экологический ущерб от загрязнения природной среды по НДМГ, 1994г; 3) Создан отдел экологической безопасности территорий районов падения, являющийся подразделением, входящим в Управ-

ление экологической безопасности ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры», 2010г.

Во-вторых, известно, что пуск ракеты-носителя связан с определенной опасностью для жителей населенных пунктов, находящихся вдоль траектории полета ракеты даже за сотни километров от космодрома. Возможны и аварийные ситуации, последний пример этому — неудачный запуск ракета носителя «Протон-М», 2 июля 2013 года с космодрома «Байконур». Поэтому космодромы выбираются максимально отдаленно от поселений, и с минимальным ведением хозяйственной деятельности и вдоль активного участка траектории организуются зоны отчуждения (ненаселенная или малонаселенная местность).

В зарубежной практике все обстоит несколько иначе, так например американский космодром расположен на мысе Канаверал, и потому трассы ракет проходят в юго-восточном направлении над Атлантическим и Индийским океанами. Аналогично и французский космодром, расположенный на острове Куру, использует две трассы в направлении Азорских и Бермудских островов. На примере этих стран видно, что у них такой опасный компонент ракетного топлива, как гептил, попадает в Мировой океан, что, скорее всего еще более пагубно сказывается на экологии.

В-третьих, ведется разработка новых технологических решений. Так для уменьшения площадей районов падения отработанных ступеней используют управляемый спуск на атмосферном участке траектории посредством дополнительных аэродинамических поверхностей (выдвижные и надувные крылья, парашюты). Известен способ управления спуском космических аппаратов «Аполлон», «Джемини» и «Союз» за счет изменения угла крена посредством специальных жидкостных ракетных двигателей с вытеснительной системой подачи КРТ в камеры сгорания. В стенах Военного инженерно-космического университета им. А. Ф. Можайского был разработан способ уничтожения невыработанных остатков жидких компонентов ракетного топлива в ступенях жидкостных ракет. Его внедрение позволит снизить выбросы этих токсичных компонентов с сотен до десятков килограммов, что значительно улучшит экологию регионов, где осуществляются запуски ракет. С 2009 года Кольский филиал Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН) проводит совместные работы с ГКНПЦ имени Хруничева по разработке комплекса инфразвуковой (акустической) локации падающих обломков 1-х и 2-х ступеней РН, для быстрых поисков остатка ракет.

В США ученые из Эймсовского исследовательского центра NASA и Стэнфордского университета провели успешные испытания нового типа экологически чистого твердого ракетного топлива. Оно создано на базе твердого парафина, и в результате его сгорания образуются только вода и углекислый газ. Иным путем пошло семейство «Falcon 9» американской компании Space X, которое использует многоразовые ракеты-носители, способные в автоматическом режиме возвращаться обратно на землю.

В-четвертых, разрабатываются экологические методы утилизации падающих обратно на Землю ступеней ракет-носителей. Перед каждым пуском население территорий, в которых находятся районы падения ступеней, оповещается, а люди, находящиеся непосредственно в этих районах, эвакуируются. Во время пуска специальные поисковые команды производят наблюдения, а после пуска — поиск упавших фрагментов и их утилизацию, а при необходимости и детоксикацию местности (фрагменты баков могут содержать остатки токсичного ракетного топлива).

В заключении подведем итоги: проблемы утилизации упавших компонентов РН и влияния РКП на природу существовали с самого момента рождения космической отрасли, и на сегодняшний день накопился необходимый опыт в этой области и направляется много сил для дальнейшего их разрешения. Нельзя не отметить также и освещенность проблемы экологии в СМИ, рассекречивание документов и возможность каждому человеку, независимо от рода деятельности и знаний, быть вовлеченным в поиск этого решения.

Литература:

1. Панин, Л. Е. Медико-социальные и экологические проблемы использования ракет на жидком топливе (гептил) / Л. Е. Панин, А. Ю. Перова. — Текст: непосредственный // Бюллетень СО РАМН. — 2006. — № 1 (119). — С. 124–130.
2. Маринин, И. Влияет ли ракетная техника на здоровье алтайцев? / И. Маринин. — Текст: непосредственный // Новости космонавтики. — 2001. — № 11. — С. 62–64.

Анализ экономической целесообразности применения аддитивных технологий (3D-печати) в механическом машиностроении

Игнатова Алина Сергеевна, студент

Научный руководитель: Маслов Игорь Николаевич, кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный энергетический университет

Статья посвящена оценке экономической целесообразности применения аддитивных технологий (3D-печати) в механическом машиностроении в сравнении с традиционными методами производства, такими как фрезеровка и литьё. Приводится сравнительный анализ себестоимости производства деталей методом 3D-печати и традиционными методами для различных сценариев, таких как мелкосерийное и массовое производство. Результаты показывают, что аддитивные технологии являются экономически выгодным решением для мелкосерийного и уникального производства, а также при создании сложных геометрических форм, тогда как традиционные методы остаются предпочтительными для массового производства простых деталей.

Ключевые слова: аддитивные технологии, механическое машиностроение, экономическая эффективность, традиционные методы производства, эксплуатационные расходы.

Механическое машиностроение традиционно использует методы производства, основанные на вычитании материала (например, фрезеровка) или формовке (литьё, штамповка). Эти методы требуют значительных начальных вложений в оборудование и инструментальную оснастку, а также приводят к значительным потерям материала в процессе его обработки. В последние годы аддитивные технологии (3D-печать) стали рассматриваться как перспективная альтернатива этим методам, предлагая высокую степень гибкости, минимизацию отходов и возможность создания сложных геометрических форм, недоступных для традиционных методов.

Аддитивные технологии (3D-печать) продолжают привлекать внимание исследователей и практиков в области механического машиностроения. Работы таких ученых, как Г. В. Борисов [1], А. И. Горунев [2] и С. В. Гурьев [3], подчеркивают значимость этих технологий для оптими-

зации производственных процессов и снижения затрат. Они исследуют как теоретические аспекты, так и практические примеры внедрения аддитивных технологий в различные отрасли промышленности.

Однако себестоимость продукции, произведённой методом 3D-печати, сильно варьируется в зависимости от множества факторов, таких как выбор материалов, технология печати, объём производства и требования к качеству конечного продукта. Целью данной статьи является оценка экономической целесообразности применения аддитивных технологий в сравнении с традиционными методами производства в контексте механического машиностроения.

Для объективной оценки экономической целесообразности необходимо рассмотреть несколько ключевых аспектов затрат, связанных с производством изделий различными методами.

1. Затраты на материалы

Стоимость материалов для 3D-печати зачастую превышает аналогичные показатели для традиционных методов, особенно если речь идёт о металлах. Так, например, порошки для металлических 3D-принтеров стоят дороже, чем заготовки для механической обработки. Однако, использование аддитивных технологий позволяет существенно снизить процент отходов за счёт точного дозирования материала и возможности повторного использования неиспользованного порошка. Это становится особенно заметным при изготовлении крупных или сложных компонентов, где потери материала при традиционной обработке могут достигать 70–80 %.

2. Затраты на обработку

Традиционные методы производства обычно включают в себя множество этапов обработки, таких как фрезеровка, шлифование, полировка и т. д., что приводит к увеличению времени производственного цикла и трудовых затрат. В случае аддитивных технологий многие из этих операций либо полностью отсутствуют, либо сводятся к минимуму. Например, при использовании технологии селективного лазерного плавления (SLM) поверхность изделия после печати уже обладает достаточной точностью и качеством, чтобы избежать последующей механической обработки.

3. Затраты на инструменты

Традиционное производство требует больших капитальных вложений в специализированный инструмент, такой как штампы, пресс-формы, режущие инструменты и т. п. Эти вложения могут составлять значительную часть общих затрат на производство, особенно при выпуске новых продуктов или изменении конструкции существующих. В отличие от этого, аддитивные технологии не требуют специализированных инструментов, так как весь процесс основан на программном управлении оборудованием.

4. Затраты на время производства

Время производства одной детали методом 3D-печати может оказаться длиннее, чем при использовании традиционных высокопроизводительных станков, особенно в условиях массового производства. Это связано с тем, что скорость аддитивных процессов пока уступает скорости работы механических станков. Однако, для мелкосерийного или уникального производства, когда требуется быстрая разработка прототипа или изготовление единичных экземпляров, 3D-печать оказывается гораздо эффективнее, так как исключает длительные стадии проектирования и изготовления оснастки.

5. Эксплуатационные расходы

Эксплуатационные расходы на поддержание работы 3D-принтера зависят от многих факторов, таких как тип принтера, используемый материал, режим работы и объём производства. По сравнению с традиционными станками, эксплуатационные расходы на 3D-принтеры могут быть сопоставимы или даже выше, особенно при массовом производстве. Однако, современные модели 3D-принтеров имеют более низкие энергозатраты и требуют меньшего обслуживания, что частично компенсирует этот недостаток.

Для проведения комплексного экономического анализа применимости аддитивных технологий были использованы следующие методы:

— Сравнение себестоимости. Расчёт себестоимости единицы продукции был выполнен для каждого метода производства, с учётом всех вышеуказанных затрат. Были рассмотрены два основных сценария: производство мелких партий (до 100 единиц) и массовый выпуск (более 5000 единиц).

— Анализ безубыточности. Определение точки безубыточности позволило установить объём производства, при котором затраты на производство методом 3D-печати равняются затратам на традиционные методы. Этот показатель важен для принятия решения о выборе технологии в зависимости от планируемого масштаба выпуска продукции.

— Дисконтирование денежных потоков (DCF). Метод дисконтированного денежного потока использовался для учёта временной стоимости денег и сравнения долгосрочных инвестиций в разные технологии. Этот подход позволил оценить, насколько выгодно инвестировать в приобретение 3D-принтеров по сравнению с покупкой традиционного оборудования.

Результаты и обсуждение

Пример 1: Производство корпуса редуктора

Для анализа была выбрана деталь — корпус редуктора, который производится как методом 3D-печати (технология FDM), так и методом фрезеровки. Основные параметры сравнения приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы, при мелкосерийном производстве (до 100 единиц) 3D-печать оказывается выгоднее за счёт отсутствия затрат на инструменты и более низкой стоимости обработки. Себестоимость одной детали, произведенной методом 3D-печати, составляет \$275 против \$3420 для фрезеровки.

Точка безубыточности достигается при производстве 250 единиц, когда суммарные затраты на оба метода ста-

Таблица 1. Сравнительный анализ затрат на производство корпуса редуктора

Параметр	3D-печать (FDM)	Фрезеровка
Стоимость материалов	\$150	\$120
Затраты на обработку	\$75	\$200
Затраты на инструменты	\$0	\$3000
Время производства	6 часов	12 часов
Эксплуатационные расходы	\$50	\$100

новятся примерно одинаковыми. После этого рубежа традиционные методы становятся более эффективными благодаря снижению удельных затрат на единицу продукции.

Пример 2: Производство зубчатого колеса

Другой пример касается производства зубчатых колёс методом 3D-печати (технология SLS) и литьем под давлением. Здесь различия в затратах оказались ещё более выраженными.

Таблица 2. Сравнительный анализ затрат на производство зубчатого колеса

Параметр	3D-печать (SLS)	Литьё под давлением
Стоимость материалов	\$400	\$350
Затраты на обработку	\$125	\$600
Затраты на инструменты	\$0	\$8000
Время производства	8 часов	16 часов
Эксплуатационные расходы	\$90	\$180

В данном случае 3D-печать оказалась выгодной вплоть до производства 500 единиц, после чего преимущества переходят к литью под давлением. Это объясняется большими первоначальными вложениями в оснастку для литья, но зато низкими удельными затратами на единицу продукции при массовом производстве.

Экономическая целесообразность применения аддитивных технологий в механическом машиностроении зависит от целого ряда факторов, таких как тип производимой детали, объём производства, требуемое качество поверхности и доступность оборудования. Проведённый анализ показал, что для мелкосерийного и уникального производства, а также при создании сложных геометриче-

ских форм, аддитивные технологии представляют собой экономически выгодную альтернативу традиционным методам. Это обусловлено отсутствием затрат на специализированные инструменты, минимизацией отходов материалов и возможностью быстрой адаптации производственных процессов к изменениям в дизайне продукции.

Тем не менее, при переходе к массовому производству традиционные методы остаются более конкурентоспособными благодаря низким удельным затратам на единицу продукции. Это особенно заметно при производстве простых деталей, где затраты на оснастку быстро окупаются за счёт большого объёма выпуска.

Литература:

1. Борисов, Г. В. Экономические аспекты внедрения аддитивных технологий в промышленность. Казань: КНИТУ, 2019.
2. Горунев, А. И. Аддитивные технологии и материалы: учебное пособие / А. И. Горунев. — Казань: КНИТУ-КАИ, 2019. — 56 с.
3. Гурьев, С. В. Аддитивные технологии в строительстве и архитектуре. Нижний Новгород: ННГУ, 2018.
4. Докторов, А. Ю. Стандартизация и сертификация аддитивных технологий. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2020.
5. Егорова, Р. В. Технология изготовления деталей методом порошковой металлургии и перспективные материалы, применяемые в аддитивных технологиях: учебное пособие / Р. В. Егорова, М. С. Егоров. — Ростов-на-Дону: Донской ГТУ, 2020. — 140 с.
6. Кравченко, Е. Г. Аддитивные технологии в машиностроении: учебное пособие / Е. Г. Кравченко, А. С. Верещагина, В. Ю. Верещагин. — Комсомольск-на-Амуре: КНАГУ, 2018. — 140 с.
7. Преображенская, Е. В. Технологии, материалы и оборудование аддитивных производств: учебное пособие / Е. В. Преображенская, Т. Н. Боровик, Н. С. Баранова. — Москва: РТУ МИРЭА, 2021 — Часть 1–2021. — 173 с.

Особенности технологии очистки гелия с использованием катализаторов: современные подходы и перспективы

Насретдинов Рамиль Фанильевич, студент магистратуры;
Василевская Светлана Петровна, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой
Оренбургский государственный университет

Введение

Гелий — уникальный и ценный газ, широко используемый в научных исследованиях, медицине, а также промышленности. Однако в некоторых случаях его необходимо очищать от примесей, таких как водород и метан, которые могут негативно повлиять на его свойства и использование. Очистка гелия требует применение катализаторов, которые эффективно удаляют нежелательные компоненты. В данной статье мы рассмотрим использование реактора, а также ключевые аспекты выбора катализатора для этого процесса.

Природа примесей

Перед выбором катализатора важно понять природу примесей.

Водород (H₂) — это двухатомный газ без цвета, запаха и вкуса. В смеси с воздухом или кислородом горюч и крайне пожаро- и взрывоопасен.

Метан (CH₄) простейший по составу предельный углеводород, при нормальных условиях бесцветный газ без вкуса и запаха. Малорастворим в воде, почти в два раза легче воздуха. Газ нетоксичен, но при высокой концентрации в воздухе обладает слабым наркотическим действием (ПДК 7000 мг/м³)^[8] и относится к четвёртому классу токсичности.

Водород и метан могут присутствовать в гелии в различных источниках, включая промышленное производство, где гелий может быть выделен из природных газов, содержащих эти углеводороды. Удаление этих газов критически важно для сохранения чистоты.

Примеси этих элементов в гелии могут вызывать разные проблемы, включая:

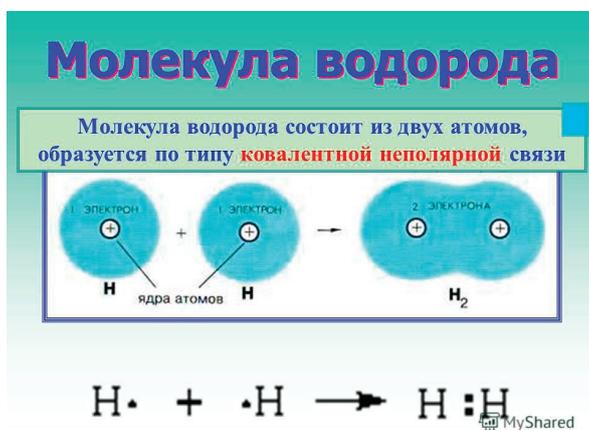


Рис. 1

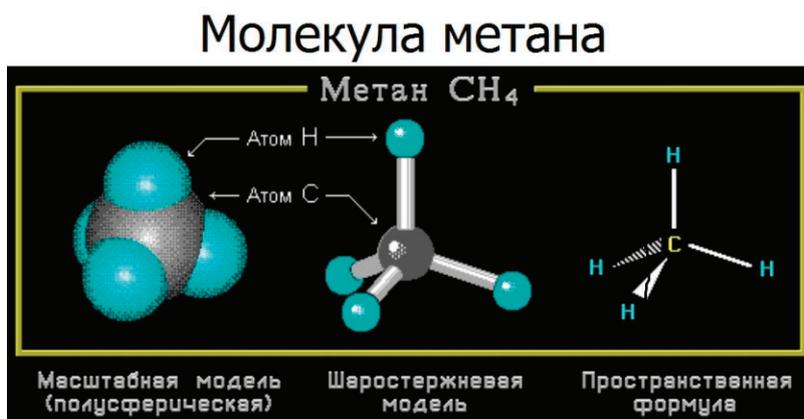


Рис. 2

- Понижение теплопроводности в медицинских и электронных приложениях;
- Негативное воздействие на характеристики в процессе криогенной техники;
- Уменьшение эффективности в научных экспериментах.

Особенности очистки гелия

В процессах глубокой очистки газов от водорода и метана высокое значение имеет стоимость катализатора, которая в свою очередь зависит от стоимости исходного сырья и технологии его получения. Часто для приготовления катализаторов используют драгоценные и редкие металлы платиновой группы.

В настоящее время имеется множество разработок по синтезированию катализаторов без использования платины или палладия. В ряде случаев такие катализаторы по активности и другим показателям не уступают катализаторам, в состав которых входят драгоценные металлы.

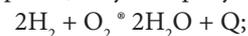
Кроме того, учитывая небольшие объемы потребления алюмоплатинового катализатора, в частности для Гелиевого завода, данный вопрос становится еще более актуальным, поскольку реализация в малых объемах данного катализатора для фирм производителя не является экономически целесообразным. И в будущем имеется вероятность невозможности приобрести катализатор на основе платины либо палладия в столь малых объемах, который закупает гелиевый завод для собственных нужд.

Что такое реактор и каковы закономерности его работы?

Если брать во внимание усредненное понимание слова «реактор», то стоит описать данное физико-химическое

понятие, как устройство, действие которого основано на преобразовании элементов с одного состояния в другое, при условии, когда внутри реактора происходят различные типы реакций, а они могут быть физическими, химическими или даже биологическими. Такая градация зависит от материи, на базе которой будет продуцироваться необходимая энергия (Рисунок 3).

Очистку гелиевого концентрата от водорода и органических веществ традиционно проводят окислением с помощью активной окиси меди (79 % окиси меди, 1 % окиси железа и 20 % каолина). Процесс является периодическим. Установка (блок) включает рекуперативные теплообменники, обеспечивающие подогрев газа перед реакторами и охлаждение после них, подогреватели для нагрева газа до температуры начала реакции (400–450 °С) и реакторы с активной окисью меди. Реакция окисления идет с выделением тепла. Продуктами окисления являются вода и диоксид углерода (в случае присутствия в газе углеводородов).



Достоинством этого метода является то, что степень очистки не зависит от колебаний концентрации водорода в сырье, недостатками — периодичность процесса, низкая механическая прочность катализатора, что обуславливает его частую замену (Рисунок 4).

Подбор катализатора, обладающего свойствами не ниже алюмоплатинового и алюмопалладиевого катализаторов, обеспечивающий стабильность работы и высокую скорость окисления водорода и метана, в условиях естественной конвекции.

По результатам было выявлено шесть типов перспективных катализаторов, обладающие различными свойствами.

Данные катализаторы были разработаны различными учеными и подвергались испытаниям в сравнении с ал-

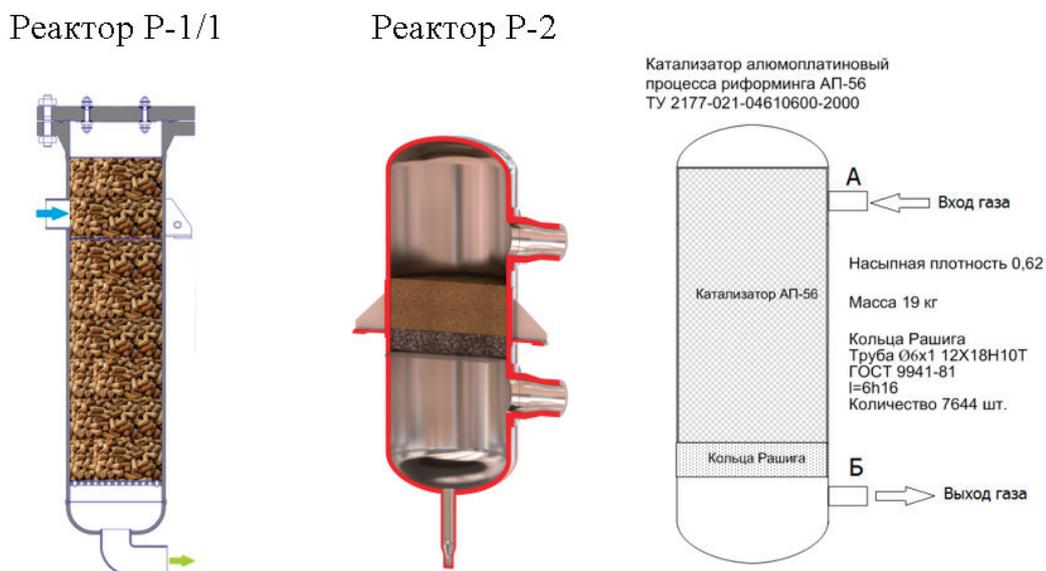


Рис. 3

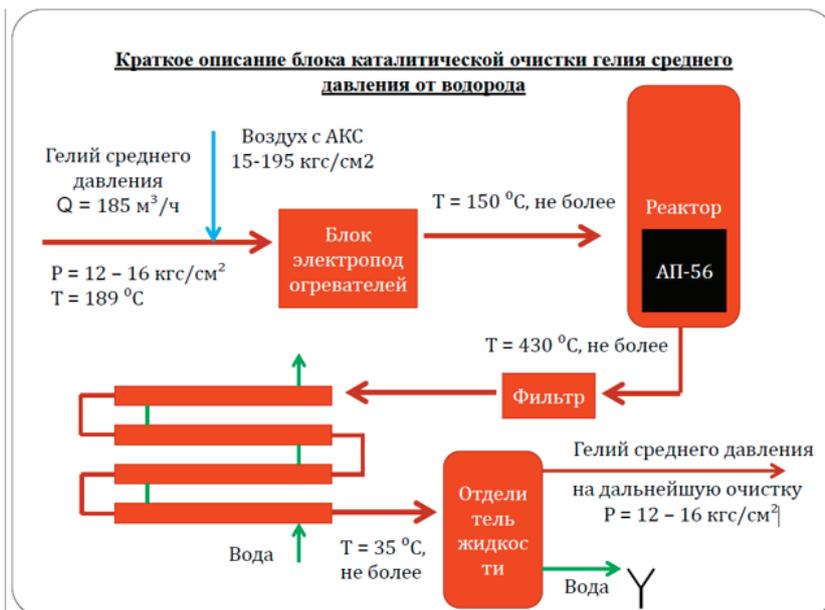


Рис. 4

Катализаторы	Pt, % масс	Краткое описание	Назначение
АП-56 (используемый)	0,55	Алюмоплатиновый катализатор риформинга	Применяется в процессе риформинга не гидроочищенных бензиновых фракций
Тип 1	0	Модифицированный редкоземельными металлами на основе оксидов – церия CeO ₂ -50 % и лантана La ₂ O ₃ - 25 %	Рекомендованы использовать для приготовления активных и термостабильных палладиевых катализаторов.
Тип 2	0	Оксидные не платиновые катализаторы со структурой перовскита и флюорита. (La _{0,9} Ce _{0,1} CoO _{3,δ})	По эффективности они несколько уступают палладиевым катализаторам, но значительно дешевле последних и в течении длительного времени сохраняют высокий уровень активности при эксплуатации до 1100°C.
Тип 3	1	Платиновый катализатор с низким содержанием платины Модифицированный золотом. Pt 0,75; Pd 0,25; + Au	позволяет повысить каталитическую активность реакции в 2,5 раза по сравнению с Pt катализатором.
Тип 4	0,5	Носитель на основе нитрида кремния 0,5%Pt/Si ₃ N ₄ ; 0,5%Pd/Si ₃ N ₄	Нитрид кремния, характеризующийся высокой прочностью и удельной теплопроводностью, коррозионной устойчивостью и низкой скоростью окисления, имеющие высокую термостабильность.
Тип 5	0,55	Бикомпонентный на основе мезопористых алумосиликатов типа Al-SBA-15 и Al-HMS	Повышение выработки легких фракций в процессах Гидродеароматизация.
Тип 6	0	Неплатиновый на основе ZrO ₂ -Al ₂ O ₃	Соответствует лучшим промышленным катализаторам окисления водорода, а по ряду показателей превосходит их

Результаты расчета

Катализаторы	Относительная эффективность	Скорость реакции окисления, г/м³с	Содержание платины, %	Необходимый объем катализатора, м³
Используемый АП-56	1	1003	0,55	0,040
Тип 1	1,5	1505	0	0,030
Тип 2	0,9	903	0	0,045
Тип 3	2,5	2508	1	0,025
Тип 4	2	2006	0,5	0,025
Тип 5	4	4013	0,55	0,020
Тип 6	3	3010	0	0,020

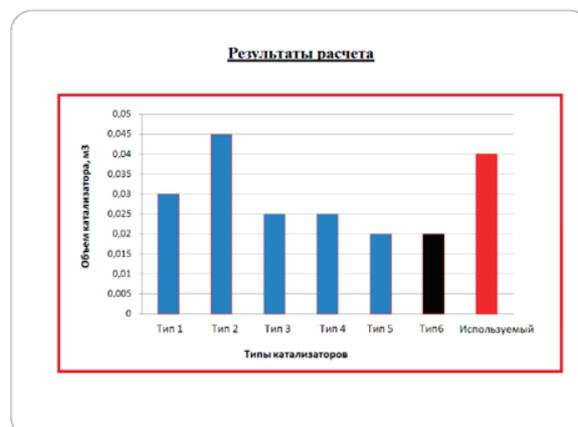


Рис. 5

люмоплатиновыми либо алюмополладиевыми катализаторами.

На основании расчета было определено:

1. Объем катализатора АП-56 (АП-64), необходимый для очистки гелиевого концентрата от примесей водорода — 4 %об. и метана-1 %об. с степенью очистки 99,9999 составляет 0,040м³.

2. При сравнении относительной эффективности перспективных катализаторов выявлено два, наиболее эффективных катализатора — Тип 5 и Тип 6. Необходимые объемы для очистки равны и составляют 0,20, м³.

3. Для внедрения катализатора взамен алюмоплатинового типа АП-56 (АП-64) рекомендуется использовать катализатор Тип-6, поскольку драгоценные металлы в его составе отсутствуют.

4. Следовательно, для выполнения расчета экономической эффективности необходимо использовать стоимость катализатора Тип-6 на основе нанокompозита $ZrO_2-Al_2O_3$.

Подходы к оптимизации катализаторов

1. Наноструктурированные катализаторы: Совершенствование конструкции катализаторов, включая использование наноразмерных материалов, может значительно увеличить активную поверхность, что улучшает кинетику реакции. Наночастицы, такие как никелевые или кобальтовые, могут иметь более высокую каталитическую активность по сравнению с их традиционными аналогами.

2. Модификация поверхности: Изменение химического состава и текстуры поверхности катализаторов также может значительно повысить их эффективность. Например, добавление поддерживающих материалов, таких как оксиды алюминия или кремния, может улучшить распределение активных центров и предотвратить агрегацию частиц.

3. Бифункциональные катализаторы: Разработка катализаторов обладающих двумя функциями (например, отведение углерода и производство водорода) может привести к созданию более эффективных и экономически вы-

годных процессов. Использование биокатализаторов или катализаторов, состоящих из различных металлов в одной матрице, представляет собой интересную область для исследований.

Перспективы исследования и инновации

Будущее очистки гелия от водорода и метана, скорее всего, будет связано с дальнейшими инновациями в области катализаторов новых технологий. Фокус на устойчивом развитии будет активировать спрос на более чистые и эффективные процессы, основанные на передовых материалах, такие как нанотрубки и интерметаллические соединения.

В заключение, выбор подходящего катализатора для удаления водорода из смеси с метаном в процессе очистки гелия является сложной задачей, но с учетом продолжающихся исследований и инноваций в этой области, можно ожидать значительного прогресса в эффективности и устойчивости технологий. Данное направление исследования не только поможет в эффективном извлечении газа, но и внесет вклад в развитии технологий, служащих для защиты окружающей среды и экономии ресурсов.

Заключение

Очистка гелия от водорода и метана с помощью реакторов с катализаторами представляет собой эффективный метод, способствующий получению высококачественного гелия для различных применений. Подбор оптимальных катализаторов и условий реакций, а также контроль процесса очистки позволяет не только улучшить качество гелия, но и сделать процесс более экономически целесообразным. Будущее исследований в этой области может сосредоточиться на разработке новых катализаторов и более устойчивых к условиям эксплуатации технологий, что открывает перспективы для дальнейшего применения высококачественного гелия в чувствительных областях промышленности и науки.

Применение аппаратуры спутниковой навигации в ракетно-космической технике

Осауленко Лия Константиновна, студент;

Балакин Михаил Андреевич, студент

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Введение

Современные системы спутниковой навигации, такие как GPS, ГЛОНАСС, Galileo и Beidou, играют ключевую роль в повышении точности позиционирования и ориентации космических объектов. Их использование для ракет-

но-космической техники (РКТ) стало неотъемлемой частью обеспечения навигационной надежности и точности при выполнении различных миссий. Спутниковая навигация позволяет осуществлять контроль за движением, определение координат и скорости, что критически важно при запуске, орбитальных маневрах и выполнении стыковок.

Цели и задачи

Таким образом, цель данной работы заключается в рассмотрении современных видов спутниковой навигации и сравнение международных систем с зарубежными. Задачи для нашего изучения:

- рассмотрим существующие виды навигации на планете земля;
- выявим роль спутниковой навигации в ракетно-космической технике;
- изучим особенности применения спутниковой навигации в РКТ.

Основная часть

Спутниковые навигационные системы основываются на принципах триангуляции, где навигационные спутники отправляют сигналы времени, и на основе времени прохождения сигнала вычисляется расстояние до каждого спутника. Совокупность этих данных позволяет вычислить координаты объекта в пространстве.

Существует несколько глобальных навигационных спутниковых систем [1]:

- GPS (Global Positioning System) — система, разработанная США, наиболее широко используется в мировом масштабе.
- ГЛОНАСС — российская система, аналогичная GPS.
- Galileo — европейская система, обеспечивающая высокую точность позиционирования.
- Beidou — китайская система, активно развивающаяся и применяемая в разных регионах мира.
- QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) — японская региональная спутниковая навигационная система.

Роль спутниковой навигации в ракетно-космической технике

Применение спутниковой навигации в РКТ охватывает различные аспекты, от старта ракеты до маневров в космосе и вывода спутников на орбиту.

1) Навигация космических аппаратов

Для космических аппаратов, таких как спутники и межпланетные станции, навигация является основой их функционирования. Использование спутниковой навигации позволяет точно определять положение космического аппарата на орбите, управлять его движением и корректировать орбиту при необходимости.

Например, на борту космического аппарата Гонец-М [2] (советский и российский спутниковый проект для связи) использовалась система GPS для повышения точности навигации. Спутники серии «Гонец-М» оборудованы GPS-приемниками, которые позволяют точно отслеживать их положение в реальном времени. Это важно для корректировки орбитальной траектории и обеспечения связи с Землей.

2) Навигация ракет

Спутниковая навигация важна не только для космических аппаратов, но и для ракет. На протяжении всего

полета ракеты используется система спутниковой навигации для контроля траектории полета, что позволяет с высокой точностью корректировать курс и достигать заданной цели.

– Управление траекторией. На старте ракеты используется система спутниковой навигации для точного определения траектории и углов ориентации. Это особенно важно для ракет с полезными нагрузками, такими как спутники связи, научные спутники или системы разведки.

– Коррекция курса. Спутниковая навигация позволяет в реальном времени корректировать курс ракеты, компенсируя погрешности, вызванные, например, изменениями погодных условий или ошибками в расчете начальной траектории.

Например, в рамках разработки и эксплуатации ракет-носителей «Союз», российские специалисты интегрировали системы спутниковой навигации, включая ГЛОНАСС, для более точного выведения полезных грузов на орбиту. На ракете «Союз-2» используется система ГЛОНАСС для навигации и коррекции траектории в реальном времени, что улучшает точность выводимой орбиты и помогает минимизировать погрешности, связанные с траекторией полета. [3]

При старте ракеты система ГЛОНАСС помогает отслеживать её положение на всех этапах полета, начиная от старта до выведения спутников или других объектов на нужную орбиту. Это особенно важно для точных запусков спутников связи и других специализированных космических аппаратов, которые требуют высокой точности при размещении на орбите.

3) Автономная навигация космических объектов

Для многих космических объектов, например, для межпланетных станций и некоторых спутников, автономная навигация является критически важной. Без постоянной связи с Землей система спутниковой навигации может точно определять положение объекта в космосе, а также выполнять маневры с высокой степенью точности.

Примеры автономной навигации:

– Автономная посадка. Применяется в тех случаях, когда необходимо точно приземлить аппарат на другую планету или небесное тело.

Например, в рамках миссии «Чанъэ-5» [4] (космический аппарат для доставки образцов с Луны), система Beidou использовалась для автономной навигации и посадки на Луну. Beidou предоставляла данные о местоположении и ориентации аппарата в процессе его сплошной посадки на поверхность Луны.

Перед тем как аппарат покинул орбиту Земли и направился к Луне, система Beidou использовалась для точного навигационного расчета и коррекции траектории в межпланетном пространстве. В частности, Beidou обеспечивал точное определение позиции аппарата на его траектории, что критично для успешного выведения на орбиту Луны и осуществления корректировок курса.

Во время посадки посадочный модуль использовал вспомогательные данные с системы Beidou для повы-

шения точности расчета параметров сплошной посадки. Это позволило аппарату избежать препятствий и точно приземлиться на поверхность Луны.

После того как Чанъэ-5 собрал лунные образцы, система Beidou помогала на этапе возвращения, обеспечивая точное отслеживание местоположения возвращающегося модуля и координату его движения на орбите Земли. В ходе сплошной связи с Землей Beidou передавал информацию о состоянии системы и корректировал параметры траектории.

– Автономные стыковки. Например, для стыковки с Международной космической станцией (МКС) или другими спутниками используются высокоточные спутниковые навигационные системы.

4) Системы резервирования

Спутниковая навигация в РКТ часто комбинируется с другими навигационными системами для обеспечения избыточности и надежности. Это важно, поскольку навигационные сигналы могут быть временно недоступны, например, из-за помех, солнечных бурь или других факторов. В таких случаях данные гироскопов, акселерометров и звездных датчиков используются для восстановления навигационной информации.

Например, в рамках разработки ракет и космических аппаратов, таких как ракета Ariane 5 (часть программы Европейского космического агентства), используется система Galileo как резерв для системы GPS в процессе навигации. Основной системой для навигации на старте и в полете является GPS, однако система Galileo применяется как дополнительная (резервная) система навигации, что повышает точность и надежность запуска. Это важно в условиях, когда GPS-сигнал может быть ослаблен или заблокирован (например, в случае помех или выхода из зоны покрытия). [5]

Особенности применения спутниковой навигации в РКТ

1) Высокие требования к точности

В отличие от гражданских применений, для РКТ требуются чрезвычайно высокие стандарты точности. Ошибка в несколько метров может привести к серьезным последствиям для космических миссий, например, к ошибкам при выводе спутника на орбиту или при стыковке с другой космической станцией. В этой связи используются системы коррекции спутниковых сигналов, такие как дифференциальная коррекция (DGPS) и системы усиления сигнала.

Литература:

1. «Оценка точности прогнозирования геоцентрических координат навигационных спутников Глонасс, GPS, Galileo, Beidou» Никитина Л. А., Когогин Д. А., в сборнике: Распространение радиоволн. сборник докладов I Всероссийской молодежной научной школы-конференции, посвященной памяти Д. С. Лукина. Йошкар-Ола, 2024. С. 19–22.;
2. «Оценка помехоустойчивости систем спутниковой связи на основе результатов GPS-мониторинга ионосферы», Пашинцев В. П., Цимбал В. А., Песков М. В., в сборнике: Перспективные технологии в средствах передачи информации — ПТСПИ-2019. Материалы XIII международной научно-технической конференции. В 2-х томах. Редколлегия: А. Г. Самойлов [и др.]. 2019. С. 100–104.;

2) Устойчивость к помехам

Космос — это среда с высокими уровнями радиации и помех, что требует от спутниковых навигационных систем высокой устойчивости к внешним воздействиям. Современные аппараты РКТ оборудованы специальными фильтрами и системами защиты, которые позволяют минимизировать влияние помех на навигационные сигналы.

3) Интеграция с другими системами

Спутниковая навигация в РКТ часто интегрируется с другими типами навигационных систем, такими как инерциальные системы навигации (ИНС), гироскопы, акселерометры и звездные датчики. Это позволяет достичь нужной точности и надежности, особенно в условиях, когда спутниковый сигнал временно недоступен или нестабилен.

Перспективы и вызовы

Современные тенденции в развитии спутниковых навигационных систем для РКТ включают улучшение точности, устойчивости к помехам, а также интеграцию с новыми технологиями, такими как квантовая навигация и система позиционирования в глубоком космосе. Однако остается ряд вызовов:

- Разработка новых высокоточных систем навигации, которые могут работать при снижении доступности спутников.
- Обеспечение надежности спутниковых навигационных систем в условиях космического пространства.
- Защита от возможных кибератак и помех, способных нарушить навигационное обеспечение.

Заключение

Спутниковая навигация является ключевым элементом в развитии ракетно-космической техники, обеспечивая точность позиционирования, контроля за траекториями и маневрами. Системы спутниковой навигации в РКТ оказывают существенное влияние на успешность миссий, будь то запуск спутников, научные исследования или межпланетные экспедиции. Постоянное совершенствование этих систем будет способствовать развитию новых технологий и расширению возможностей космических исследований.

3. «Глонасс — российская национальная система состояние, перспективы развития и применения системы Глонасс», Урличич Ю. М., Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. 2008. Т. 2. № 2. С. 14–18.;
4. «Анализ глобальной навигационной спутниковой системы Beidou», Петров Ю. В., Васильева В. А., Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. 2023. № 6. С. 33.
5. «Обзор конструкций адаптеров современных космических аппаратов», Хахленкова А. А., Лопатин А. В., Космические аппараты и технологии. 2018. Т. 2. № 3 (25). С. 134–146.

Влияние поливинилацетатной дисперсии на свойства арболита

Пфенинг Владимир Геннадьевич, студент магистратуры;

Рахимова Жанара Байболсыновна, преподаватель

Научный руководитель: Рахимова Галия Мухамедиевна, кандидат технических наук, доцент
Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (Казахстан)

В статье исследуется влияние поливинилацетатной дисперсии на физико-механические и эксплуатационные свойства арболита. Рассматриваются изменения прочности, водопоглощения, морозостойкости и адгезионных характеристик материала при добавлении модификатора.

Ключевые слова: поливинилацетатная дисперсия, арболит, адгезия, прочность, водопоглощение, морозостойкость, модификация, теплоизоляционные свойства.

Дисперсия поливинилацетатная (ДПВА) является синтетическим полимером, который применяется в качестве модифицирующей добавки в бетон для изменения его физических и механических свойств. Основное воздействие ПВА на бетон связано с его способностью формировать прочные полимерные пленки, которые укрепляют межфазные связи между цементной матрицей и заполнителями. Эти пленки повышают адгезию компонентов смеси, способствуя более равномерному распределению нагрузки и снижению вероятности образования внутренних дефектов, таких как пустоты или микротрещины.

Целью статьи является исследование воздействия поливинилацетатной дисперсии на свойства арболита, включая прочность на сжатие, водопоглощение, морозостойкость, теплоизоляционные характеристики и долговечность. Особое внимание уделяется оценке изменений физических и механических свойств материала при введении дисперсии в различных концентрациях, а также определению оптимальной дозировки для достижения максимальных эксплуатационных показателей.

Предполагается, что добавка поливинилацетатной дисперсии может повысить прочность арболита, улучшить его водоотталкивающие свойства и устойчивость к воздействию циклов замораживания и оттаивания, а также обеспечить долговременную стабильность при эксплуатации. Ожидается, что модификация состава приведёт к увеличению структурной однородности материала, снижению вероятности образования внутренних дефектов и улучшению теплофизических характеристик, что особенно важно для использования арболита в условиях повышенной влажности или резких температурных перепадов.

Механизм действия поливинилацетатной дисперсии на бетон заключается в нескольких ключевых процессах, которые значительно улучшают его свойства. Во-первых, ДПВА образует тонкие полимерные плёнки внутри цементной матрицы, которые укрепляют межфазные связи между цементом и заполнителями. Это улучшает сцепление компонентов и способствует повышению прочности бетона, а также снижает вероятность образования пустот и микротрещин. Во-вторых, полимерная дисперсия увеличивает адгезию между различными компонентами бетона, проникая в поры и микротрещины, создавая дополнительный слой сцепления, что способствует более равномерному распределению напряжений и улучшает механические характеристики материала. ДПВА также формирует гидрофобный барьер, уменьшая водопоглощение бетона, что повышает его водостойкость, особенно в условиях повышенной влажности или циклического замораживания и оттаивания. Кроме того, ПВА улучшает эластичность цементного камня, снижая риск усадочных трещин и повышая устойчивость бетона к динамическим нагрузкам. Улучшение пластичности бетонной смеси также является важным эффектом, который делает укладку бетона более удобной, особенно в случае тонкослойных покрытий или сложных конструкций. Полимерные связи, образующиеся при использовании ПВА, стабилизируют микроструктуру бетона, улучшая его сопротивляемость внешним воздействиям [1].

Поливинилацетатная дисперсия оказывает значительное влияние на свойства арболита, благодаря своей способности действовать как модификатор структуры и усилитель адгезии между компонентами материала. Арболит, представляющий собой композиционный материал из органического наполнителя, цемента и воды,

часто сталкивается с проблемой слабого сцепления между органической и неорганической (цементной) фазами.

Эти полимерные пленки образуются в результате коагуляции ДПВА в процессе твердения цемента, что позволяет создать прочные межфазные связи. В результате повышается структурная однородность арболита, что сни-

жает вероятность появления внутренних дефектов, таких как пустоты, расслоения или слабые зоны сцепления. Это особенно важно, поскольку в стандартной рецептуре арболита наполнитель может препятствовать полному обволакиванию цементным раствором, что ослабляет конечный материал.

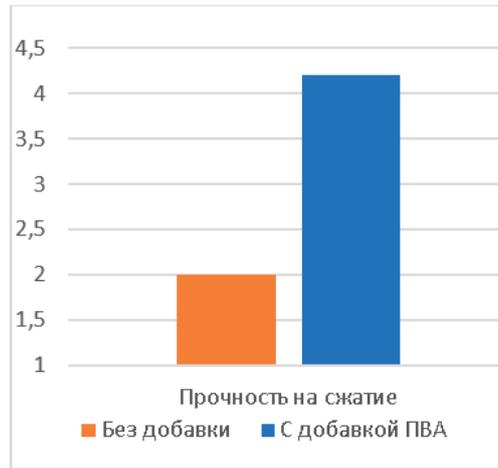


Рис. 1. Сравнительный график прочности на сжатие

Прочность на сжатие арболита с добавлением ПВА увеличивается более чем в два раза (4,2 МПа) по сравнению с материалом без модификатора (2 МПа), что свидетельствует о значительном усилении структуры материала за счёт улучшенной адгезии между органическим наполнителем и цементной матрицей.

Добавление поливинилацетата в состав арболита значительно улучшает его водоотталкивающие свойства благодаря способности ДПВА образовывать тонкую, но плотную полимерную пленку на поверхности древесных частиц и внутри пористых структур материала. Древесина как органический компонент арболита обладает высокой гигроскопичностью, то есть легко впитывает влагу из окружающей среды. Это может приводить к увели-

чению объема древесных частиц и созданию внутренних напряжений, способствующих разрушению структуры материала. ДПВА, распределяясь в процессе смешивания, формирует защитный слой, который препятствует проникновению воды внутрь древесных волокон и цементной матрицы.

Кроме того, полимерная фаза, формируемая ДПВА, снижает капиллярное водопоглощение арболита, что особенно важно для увеличения его долговечности при эксплуатации в условиях высокой влажности или при прямом контакте с водой. Защитное действие ДПВА выражается также в уменьшении скорости химической деградации древесных компонентов, вызванной постоянным воздействием влаги, что продлевает срок службы арболита.

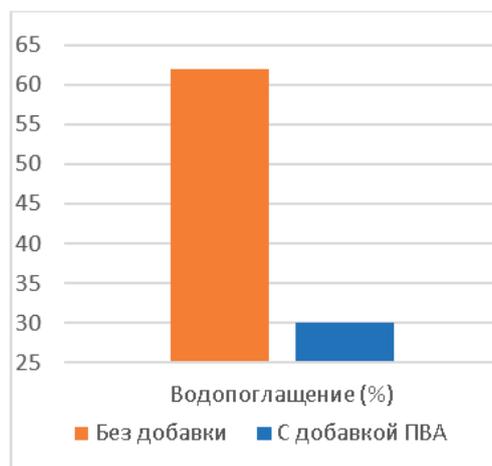


Рис. 2. Сравнительный график водопоглощения

Водопоглощение арболита с добавкой ПВА снижается более чем в два раза и составляет 32 %, что свидетельствует о гидрофобизирующем эффекте полимера, создающего барьер для проникновения влаги, арболит без добавки имеет водопоглощения равное 62 %. Это не только улучшает долговечность материала, но и снижает риск разрушения его структуры под воздействием влаги и температурных колебаний.

Важно отметить, что введение ДПВА не только уменьшает водопоглощение, но и повышает морозостойкость арболита. Защита порового пространства от влаги снижает вероятность разрушения материала при замерзании и последующем оттаивании воды. Таким образом, ДПВА позволяет не только повысить влагостойкость, но и значительно улучшить эксплуатационные характеристики арболита в сложных климатических условиях [2].



Рис. 3. Сравнительный график морозостойкости

Морозостойкость, выраженная в количестве циклов замораживания и оттаивания, также значительно возрастает, что связано с уменьшением водопоглощения, препятствующим образованию льда в порах материала. Без добавки арболит выдерживает 37 циклов, а с добавкой 62 цикла.

Дополнительным эффектом является уменьшение склонности арболита к образованию усадочных трещин, что связано с замедлением процессов испарения воды из цементного раствора в присутствии ДПВА. Полимер удерживает часть влаги в системе, создавая благоприятные условия для более полного гидратационного твердения цемента. Это снижает риск возникновения внутренних микротрещин, которые часто становятся началом более серьезных разрушений [3].

Важно отметить, что эластичность, придаваемая ДПВА, имеет свои пределы. При избыточной концентрации клея может произойти перераспределение нагрузок таким образом, что материал станет более пластичным, но при этом потеряет часть своей прочности. Это связано с тем, что чрезмерное количество ДПВА может нарушить формирование прочной цементной матрицы, уменьшив долю жестких кристаллических структур. Поэтому для достижения оптимальных деформационных характеристик необходимо строго соблюдать рекомендуемые дозировки ДПВА в составе арболита.

ДПВА также улучшает пластичность бетонной смеси, увеличивая её удобоукладываемость. Это особенно важно при необходимости создания тонкослойных покрытий или сложных архитектурных элементов, где требуется высокая степень текучести материала. Полимер дополнительно сни-

жает водопоглощение бетона, создавая барьер, который препятствует проникновению влаги в пористую структуру. Это повышает водостойкость и долговечность материала, особенно при эксплуатации в условиях повышенной влажности или циклов замораживания и оттаивания [4].

Существенное влияние ДПВА оказывает на деформационные характеристики бетона, увеличивая его устойчивость к трещинообразованию и улучшая эластичность. Это достигается за счет способности полимера компенсировать внутренние напряжения, возникающие при усадке или температурных колебаниях. Таким образом, добавление ДПВА делает бетон более устойчивым к разрушению при динамических нагрузках и долговременной эксплуатации [5].

Однако избыток ДПВА в составе бетона может привести к отрицательным последствиям. Высокая концентрация полимера может нарушить процессы гидратации цемента, что ослабляет образование цементного камня. Это приводит к снижению прочности материала и чрезмерной пластичности, что ограничивает его применение в конструкциях, испытывающих высокие нагрузки. Кроме того, использование ДПВА может негативно повлиять на теплоизоляционные свойства бетона, так как полимерная фаза имеет другую теплопроводность по сравнению с воздушными порами, которые определяют теплоизоляционные качества бетона [6].

Добавление ДПВА в состав арболита требует точного расчета, так как избыточное количество этого компонента может негативно повлиять на ряд эксплуатационных характеристик материала. Основная причина заключается

в том, что ДПВА, являясь органическим полимером, взаимодействует с процессами гидратации цемента, изменяя микроструктуру цементного камня. В малых дозировках это улучшает адгезию и прочность, но при превышении оптимальной концентрации может нарушить равновесие между компонентами смеси.

Во-первых, избыток ДПВА приводит к образованию излишней полимерной пленки, которая частично блокирует доступ воды к цементным частицам. Это замедляет или даже снижает степень гидратации цемента, что, в свою очередь, уменьшает прочность образующегося цементного камня. Вместо жесткой структуры цементной матрицы формируется более мягкая и пластичная система, которая хуже переносит статические нагрузки и подвержена деформации.

Во-вторых, полимерная составляющая ДПВА обладает более высокой теплопроводностью по сравнению с пористой структурой арболита. Это может незначительно ухудшить его теплоизоляционные свойства при высокой концентрации клея. Дело в том, что теплоизоляционные качества арболита зависят от наличия воздушных пор, а чрезмерное содержание ПВА может приводить к их частичному заполнению или снижению эффективности воздушных барьеров [7].

На основании исследований установлено, что оптимальное количество добавки поливинилацетата составляет 10 % от массы цемента. Это значение обеспечивает улучшение физико-механических свойств цементного

камня и цементно-песчаных растворов, что позволяет достигать наилучших характеристик материала при рациональном расходе модифицирующих компонентов [1].

Экономический аспект также играет важную роль в применении ДПВА, так как его стоимость значительно выше стоимости традиционных компонентов бетона. Это делает необходимым точный расчет дозировок для достижения оптимального баланса между улучшением эксплуатационных характеристик и себестоимостью материала. Таким образом, поливинилацетат является эффективной добавкой для бетонов с улучшенными адгезионными, водоотталкивающими и деформационными характеристиками, но его использование требует строгого соблюдения технологических рекомендаций.

Добавление поливинилацетатной дисперсии (ПВА) в состав арболита оказывает значительное положительное влияние на его физико-механические и эксплуатационные свойства. Установлено, что введение ДПВА улучшает прочность на сжатие, водоотталкивающие свойства, морозостойкость и структурную однородность материала.

Тем не менее, чрезмерное использование ПВА может привести к негативным последствиям, таким как снижение прочности из-за нарушения гидратации цемента и ухудшение теплоизоляционных качеств. Поэтому использование ДПВА требует строгого соблюдения рекомендованных дозировок для достижения оптимального баланса между эксплуатационными характеристиками и себестоимостью материала.

Литература:

1. Kesalkar P., Neha S., Sanghani, Heena, Jichkar, Rutvik. Effect of Poly Vinyl Acetate and Poly Vinyl Alcohol as Cement Admixture on Strength of Concrete. 2017/07/01.
2. Muwashee, Rawa. Mechanical properties of polyvinylacetate (pva) concrete improved with silica fume. International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018/10/25
3. С. В. Федосов, М. В. Акулова, Т. Е. Слизнева. Изучение закономерностей структурообразования в цементном камне на механомагнитоактивированной воде с добавкой ПВА. 2016. № 3.
4. Гайдук С. С., Бедик Н. А. Реологические характеристики модифицированных поливинилацетатных дисперсий // Труды БГТУ. № 2. 2012. № 2.
5. Пуляев С. М. Бетоны на заполнителях из бетонного лома для сборных железобетонных изделий. Москва 2005.
6. Ткач, Е. В. Проблемы и перспективы развития технологии мелкостручных изделий на основе модифицированного мелкозернистого бетона / Е. В. Ткач, М. А. Рахимов // Труды университета. — 2001. — № 3. — С. 62–65.
7. Влияние органоминеральных модификаторов на нормальную густоту и сроки схватывания цемента / Е. В. Ткач, Г. М. Рахимова, Г. А. Сейдинова [и др.] // Фундаментальные исследования. — 2012. — № 11–5. — С. 1220–1223.

Исследование режимов работы печи Клауса установки получения серы

Сафиуллин Андрей Шакирович, студент;

Василевская Светлана Петровна, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой
Оренбургский государственный университет

Процесс Клауса является одной из наиболее значимых технологий в нефтегазовой промышленности, обес-

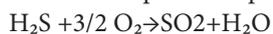
печивая эффективное извлечение серы из сероводородсодержащих газов. Эти газы образуются как побочные про-

дукты в различных технологических процессах, таких как переработка нефти, очистка природного газа, коксование угля. Получение элементарной серы методом Клауса способствует не только экономическому использованию сырья, но и снижению вредных выбросов сероводорода (H_2S), являющегося токсичным и агрессивным соединением.

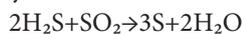
Ключевая роль в установке Клауса принадлежит печи. Это оборудование не только обеспечивает начальную стадию процесса, но и определяет энергетический баланс системы, химический состав продуктов, выход серы и экологические характеристики работы установки. Настройка параметров работы печи Клауса требует учета сложного взаимодействия множества факторов: температурных условий, соотношения реагентов, динамики потоков и состава исходного сырья.

Целью данного исследования является анализ режимов работы печи Клауса, их влияния на эффективность процесса и разработка подходов к оптимизации.

Процесс Клауса включает две основные стадии: термическую и каталитическую. На термической стадии, происходящей в печи, сероводород сгорает в атмосфере воздуха, где часть H_2S окисляется до SO_2 . Одновременно с этим в печи протекает реакция парциального окисления:



Продукты термической стадии содержат смесь SO_2 , H_2S , водяного пара и азота. При этом часть H_2S и SO_2 вступает во взаимодействие, образуя элементарную серу:



На последующей каталитической стадии процесс завершения реакции H_2S и SO_2 протекает в присутствии катализаторов (обычно это оксиды алюминия или титана), что позволяет извлечь дополнительное количество серы. Однако именно термическая стадия, реализуемая в печи Клауса, определяет ключевые параметры процесса, задавая тепловой и химический фон для всей системы.

На эффективность процесса Клауса влияют температура процесса, соотношение реагентов, давление, время контакта. Далее представлены режимы работы печи Клауса

1. Температура. Температурный режим в печи варьируется от 950 до 1350 °C в зависимости от состава газа. Этот диапазон определяется необходимостью поддержания реакции горения и предотвращения термического разложения серы, которое происходит при превышении 1400 °C: $S \rightarrow S_2 \rightarrow S_8$.

Слишком низкая температура (менее 950 °C) может привести к образованию побочных продуктов, таких как углерод и сульфиды, что снижает эффективность процесса и усложняет дальнейшую переработку продуктов.

2. Соотношение реагентов. Ключевым параметром является мольное соотношение H_2S к O_2 . Оптимальное значение — 2:1, что обеспечивает образование необходимого количества SO_2 для реакции с остаточным H_2S . Отклонение от этого соотношения вызывает либо избыток кислорода (повышенное образование SO_3), либо недостаток SO_2 , что приводит к снижению выхода серы.

3. Давление. Обычно процесс в печи Клауса ведется при близком к атмосферному давлении. Увеличение давления может способствовать увеличению скорости реакции, однако требует дополнительного контроля из-за риска неконтролируемого роста температуры.

4. Время пребывания газа. Для обеспечения полного протекания реакций в печи важен контроль времени пребывания газовой смеси. Слишком короткое время может привести к неполному сгоранию H_2S , в то время как избыточное время вызывает потерю энергии и нежелательные побочные реакции.

Современные методы численного моделирования, такие как CFD (Computational Fluid Dynamics), позволяют глубоко изучить динамику процессов внутри печи. С помощью программных пакетов, таких как ANSYS Fluent, моделируются температурные поля, распределение компонентов и их взаимодействие в различных зонах печи.

На практике исследование режимов работы печи проводится на установках в промышленном масштабе. В одном из таких экспериментов было установлено, что повышение температуры выше 1200 °C приводит к увеличению концентрации SO_3 в отходящих газах. Это ухудшает экологические характеристики установки и требует дополнительных систем очистки.

Цель оптимизации режимов работы печи Клауса — обеспечение максимальной эффективности сгорания газа и снижение его расхода при одновременном обеспечении достаточных количества кислорода и температуры для полного окисления соединений серы. Оптимизация режимов работы печи может включать в себя следующие аспекты:

1. Улучшение теплообмена. Современные конструкции печей оснащаются усовершенствованными системами теплообмена, которые обеспечивают равномерное распределение тепла и предотвращают локальные перегревы. Это позволяет избежать термического разложения серы и снижает энергопотребление.

2. Применение катализаторов. Хотя каталитическая стадия обычно реализуется вне печи, ведутся исследования по внедрению высокотемпературных катализаторов непосредственно в камеру сгорания. Это позволяет снизить температуру начала реакции образования серы, улучшив выход продукта.

3. Автоматизация управления. Интеллектуальные системы управления, использующие методы машинного обучения, позволяют в реальном времени отслеживать концентрацию компонентов в газах, температуру и давление. Автоматизация повышает стабильность работы установки и снижает человеческий фактор.

Экологические аспекты работы печи важны, так как установки Клауса по объемам и качеству сбрасываемых вредоносных веществ в атмосферу входят в десятку наиболее опасных для окружающей среды источников загрязнения атмосферного воздуха.

Ограничение выбросов вредных веществ, таких как NO_x и SO_x , является важным направлением исследо-

ваний. Современные установки оснащаются системами очистки, которые обеспечивают рекуперацию отходящих газов, переработку побочных продуктов и снижение выбросов в атмосферу.

Эффективная утилизация отходящих газов, содержащих небольшие концентрации серы, также способствует повышению экологичности. Внедрение технологий захвата CO₂ и вторичной переработки серы способствует минимизации углеродного следа процесса.

Таким образом, печь Клауса — это не только ключевой элемент технологической установки, но и сложная

система, требующая точной настройки для обеспечения максимальной эффективности процесса. Проведенные исследования показывают, что выбор оптимальных режимов работы позволяет значительно увеличить выход серы, снизить энергозатраты и улучшить экологические показатели. Перспективы развития технологий включают внедрение новых материалов, совершенствование методов управления процессом и интеграцию экологически чистых технологий. Разработка и реализация таких решений являются важным шагом в устойчивом развитии нефтегазовой промышленности.

Литература:

1. Мановян А. К. «Технология переработки природных энергоносителей». — М.: Химия, 2004.
2. Поконова Ю. В. «Химия нефти». — СПб: Химиздат, 2003.
3. Рябов В. Д. «Химия нефти и газа». — М.: Наука, 2005.

Адсорбция твердыми адсорбентами при низких температурах

Силкин Руслан Викторович, студент магистратуры

Научный руководитель: Василевская Светлана Петровна, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой
Оренбургский государственный университет

Рассмотрим более подробно процесс адсорбции на примере улавливания CO₂. За последние несколько десятилетий индустриализации концентрация CO₂ в атмосфере быстро возросла. Различные организации вложили значительные средства в исследовательскую деятельность по всему миру в области улавливания и хранения CO₂. На сегодняшний день была проделана значительная работа и были предложены различные технологии улавливания и хранения CO₂. Как адсорбция, так и абсорбция являются многообещающими методами улавливания CO₂, но в настоящее время преобладающим методом являются низкотемпературные процессы адсорбции с использованием твердых адсорбентов. В этом обзорном документе были изучены различные адсорбенты, такие как углеродсодержащие материалы, сухие сорбенты на основе щелочных металлов, цеолиты, металлоорганические каркасы (MOF) и микропористые органические полимеры (MOP). Были рассмотрены различные методы химической или физической модификации и влияние вспомогательных материалов для повышения способности этих адсорбентов улавливать CO₂. Низкотемпературная (<100°C) адсорбционная технология — процессы улавливания CO₂ критически проанализированы и сделаны выводы на основе информации, доступной на данный момент в литературе.

Твердые поверхности проявляют сильное сродство к молекулам газа, которые соприкасаются с поверхностью. Процесс захвата или связывания молекул с поверхностью называется адсорбцией. В зависимости от харак-

тера взаимодействий адсорбцию можно разделить на два типа: (1) физическую адсорбцию и (2) химическую адсорбцию. При физической адсорбции молекулы физически адсорбируются под действием физических сил (диполь-дипольных, электростатических, аполярных, гидрофобных связей или ван-дер-ваальсовых взаимодействий), при этом энергия связи составляет 8–41 ккал моль⁻¹, в то время как при химической адсорбции молекулы хемосорбируются (химическая связь; ковалентная, ионная или металлическая), а энергия составляет около 60–418 ккал⁻¹ [1]. Образец адсорбента, используемый при физической адсорбции, может быть регенерирован простым методом дегазации. Хемосорбция полезна там, где требуется постоянное связывание и улавливание вредных газов, но после хемосорбции регенерация твердых матриц является очень сложной задачей.

В процессе адсорбции газа молекулы газа временно выходят из газовой фазы, когда она достигает поверхности твердого тела и вступает с ней во взаимодействие. Молекулы в этом новом конденсированном состоянии остаются в течение короткого периода, а затем возвращаются в газовую фазу. Продолжительность этого пребывания зависит от характеристик адсорбирующей поверхности и адсорбата, количества молекул газа, которые сталкиваются с поверхностью, их кинетической энергии и других факторов, таких как капиллярные силы, неоднородность поверхности. Помимо характеристик адсорбата и адсорбентов, температура и давление адсорбции также играют важную роль в инкапсуляции газа в твердые матрицы.

Влияние температуры на адсорбционную способность в значительной степени зависит от природы твердых матриц и типа адсорбирующего газа. Например, при адсорбции водорода на углеродных нанотрубках более низкая температура способствует адсорбции. С другой стороны, адсорбция газа на цеолите увеличивается при относительно высокой температуре из-за расширения пор и более высокой кинетической энергии молекул газа, что позволяет молекулам легче диффундировать в полости твердых матриц [1,2,3]. В основном при физической адсорбции высокое давление используется для вытеснения молекул газа для установления контакта в местах связывания на поверхности и порах твердых матриц, что повышает адсорбционную способность [3]. Для адсорбции CO₂ широко используются такие адсорбенты, как активированный уголь, мезопористые силикаты и цеолиты, монолит из углеродного волокна, оксид алюминия, металлоорганический каркас, микропористые органические полимеры и оксиды металлов.

Адсорбционные равновесия и кинетика — важные параметры для оценки эффективности адсорбента, которые необходимы для разработки масштабируемого процесса адсорбции нового материала. Помимо адсорбционной способности CO₂, следует также учитывать кинетику и способность адсорбентов к регенерации [5]. Быстрая кинетика адсорбции/десорбции важна для эффективного процесса адсорбции CO₂ в рабочих условиях. Это дает четкую кривую прорыва адсорбции CO₂, в которой концентрация CO₂ в отходящем потоке измеряется как функция времени, в то время как медленная кинетика дает кривую постепенного прорыва. Таким образом, кинетика адсорбции и десорбции контролирует время цикла и количество адсорбента, необходимого в адсорбционной системе. Чем быстрее адсорбент может адсорбировать/десорбировать CO₂, тем меньшее количество адсорбента потребуется для улавливания данного объема CO₂ [6,7]. Сообщалось, что на общую кинетику адсорбции CO₂ влияют присутствующие функциональные группы, а также размер пор и их распределение в носителе.

Адсорбция является экзотермическим процессом, и, таким образом, регенерация адсорбентов в форме десорбции может осуществляться путем повышения температуры [8]. Регенерация является важной частью адсорбции CO₂, а энергия, необходимая для регенерации адсорбента, является ключом к экономической целесообразности процесса. Для перспективного коммерческого применения адсорбенты должны демонстрировать стабильные характеристики при длительной циклической адсорбции и полной десорбции в допустимых промышленных условиях. Процесс регенерации сорбента на основе щелочных металлов в термогравиметрическом анализе (TGA) начинается при температуре выше 102 °C и заканчивается примерно при 210 °C.

Адсорбенты на основе углеродсодержащих материалов обладают наименьшей адсорбционной способностью по CO₂, но количество циклов меньше влияет на адсорбцию

CO₂, что увеличивает срок службы и облегчает регенерацию [9]. Те же результаты были получены для MOPs с более высокой адсорбционной способностью к CO₂, но сродство CO₂ к поверхности достаточно слабое, чтобы обеспечить регенерацию адсорбента без применения какого-либо тепла [10]. Цеолит также считается потенциальным адсорбентом для адсорбции CO₂ из-за его пор, пригодных для захвата CO₂, но повышенная стоимость регенерации остается основным недостатком [11]. MOFs обеспечивают правильный баланс между высокой адсорбционной способностью CO₂, сроком службы и энергозатратами на регенерацию, поскольку они продемонстрировали преимущества при разделении благодаря своим уникальным структурным свойствам, включая высокую пористость, большую площадь поверхности, низкую плотность кристаллов и высокую химическую и термическую стабильность. Благодаря балансу между способностью к адсорбции CO₂, сроком службы и затратами энергии на регенерацию, MOF и MOP представляются возможным вариантом коммерциализации в будущем.

Существует несколько методов улавливания CO₂, при которых низкотемпературная твердая адсорбция обладает большим потенциалом. Низкотемпературные адсорбенты CO₂ включают углеродсодержащий материал, цеолиты, металлоорганические каркасы, сорбенты на основе щелочных металлов, микропористые органические полимеры. В большинстве исследовательских работ сообщается о сорбентах на основе щелочных металлов в процессе низкотемпературной (≤ 100 °C) адсорбции. H₂O используется в качестве реагента в реакции карбонизации; в результате сорбенты на основе щелочных металлов более подходят для удаления CO₂ во влажных условиях. Остальные четыре типа материалов адсорбируют CO₂ в основном за счет физического взаимодействия. Эти процессы обладают хорошей адсорбционной способностью к CO₂ и эффективностью регенерации при низкой температуре. Адсорбенты на основе углеродсодержащих материалов просты в изготовлении, дешевы, доступны в большом количестве, стабильны и легко регенерируются. Однако слабая сила Ван-дер-Ваальса делает его чувствительным к температуре, что снижает селективность по CO₂. Таким образом, сорбенты на основе углеродсодержащих материалов предпочтительно использовать при температуре ниже 60°C. Цеолиты являются стабильными адсорбентами, которые имеют большую площадь поверхности для адсорбции, но после использования требуются большие усилия для десорбции адсорбированного газа и регенерации адсорбента. По сравнению с цеолитами, MOF, MOPs и адсорбенты на основе углеродистых материалов требуют небольших усилий для регенерации после адсорбции. Адсорбционная способность цеолитов увеличивается с небольшим повышением температуры адсорбции из-за открытия пор, но адсорбционная способность падает выше 100°C. Как правило, для MOFs, MOPs, в цеолитах и адсорбентах на основе углерод-

содержащих материалов температура адсорбции CO₂ достигает 70°C.

При хемосорбции парциальное давление CO₂ не оказывает существенного влияния на адсорбционную способность сорбентов на основе щелочных металлов, в то время как при физической сорбции оно очень важно для адсорбции CO₂ в адсорбентах и цеолитах на основе углеродсодержащих материалов, особенно MOF и MOPs.

В случае с этими адсорбентами высокое давление приводит к максимальному контакту молекул газа CO₂ и порах твердых матриц, что повышает адсорбционную способность. С другой стороны, присутствие водяного пара в дымовых газах может отрицательно сказаться на производительности этих четырех адсорбентов и уменьшить площадь активной поверхности для физической сорбции.

Литература:

1. Европейская технологическая платформа для электростанций, работающих на ископаемом топливе с нулевым уровнем выбросов (2014), технологии улавливания CO₂. <http://www.zeroemissionsplatform.eu/ccs-technology/capture.html>. Дата обращения 17 декабря 2014 г.
2. Goetz V, Pupier O, Guillot A (2006) Адсорбция смеси диоксида углерода и метана на активированном угле. Адсорбция 12:55–63
3. Yoon JH, Heo NH (1992) Исследование инкапсуляции водорода в CS2.5-цеолите A. J Phys Chem 96: 4997–5000
4. Anson A, Callejas MA, Benito AM, Maser WK, Izquierdo MT, Rubio B, Jagiello J, Thomas M, Parra JB, Martinez MT (2004) Исследования адсорбции водорода на одностенных углеродных нанотрубках. Углерод 42:1243–1248
5. Wang Q, Luo J, Zhong Z, Borgna A (2010) Улавливание CO₂ твердыми адсорбентами и их применение: современное состояние и новые тенденции. Наука об энергетике и окружающей среде 4:42–55
6. Samanta A, Zhao A, Shimizu GKH, Sarkar P, Gupta R (2011) Улавливание CO₂ после сжигания с помощью твердых сорбентов. На английском языке 51:1438–1463
7. Yu CH, Huang CH, Tan CS (2012) Обзор процессов улавливания CO₂ с помощью абсорбции и адсорбционного поглощения. Оценка качества аэрозольного воздуха 12:745–769
8. Kaithwas A, Prasad M, Kulshreshtha A, Verma J (2012) Твердые адсорбенты для улавливания CO₂, полученные из промышленных отходов. Химический анализ 90:1632–1641
9. Agueda VI, Delgado JA, Uguina MA, Brea P, Spjelkavik AI, Blom R, Grande C (2015) Адсорбция и диффузия H₂, N₂, CO, CH₄ и CO₂ в металлоорганических каркасных экструдатах UTSA-16. Химия и наука 124:159–169
10. Zhu X, Do-Thanh CL, Murdock CR, et al. (2013) Эффективное улавливание CO₂ с помощью трехмерного пористого полимера, полученного на основе триггера. ACS Macro Lett 2:660–663
11. Zhang J (2013) Разработка и синтез металлоорганических каркасов для выделения CO₂ и катализа. Диссертация, Государственный университет Нью-Джерси.

Способы утилизации попутного нефтяного газа на месторождениях, их достоинства и недостатки

Смуляров Дмитрий Сергеевич, студент магистратуры
Сургутский государственный университет

В статье рассмотрены наиболее распространенные способы утилизации попутного нефтяного газа.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязнение, попутный нефтяной газ, факельная установка.

Попутный нефтяной газ является неотъемлемой частью добычи нефти. Утилизация попутного газа является актуальной экологической и экономической повесткой на сегодняшний день [1]. На сегодняшний день основным способом утилизации попутного нефтяного газа является сжигание непосредственно в месте добычи, что приводит к значительному загрязнению природной среды и в первую очередь атмосферы.

Обязанности по проведению природоохранных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия на атмосферный воздух, лежит на гражданах и юридических лицах, которые осуществляют выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Постановление Правительства Российской Федерации «Об особенностях исчисления платы за негативное воздействие на окружающую среду при выбросах в атмосферный воздух загрязняющих

веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании попутного нефтяного газа» обязывает недропользователей снизить показатели сжигания попутного нефтяного газа в факельных установках до 5 % от объема добытого и определяет плату за сверхлимитные объемы сжигания газа. Таким образом, нормативно-правовое регулирование на государственном уровне призывает снизить объем сжигания попутного нефтяного газа в факельных установках путем поиска альтернативных методов решения данного вопроса.

Рассмотрим возможные методы использования (утилизации) попутного нефтяного газа, их преимущества и недостатки. На сегодняшний день основными направлениями использования попутного газа являются [2, 3, 4, 5].

Переработка попутного нефтяного газа на газоперерабатывающих заводах с получением сырья по газонефтехимическому профилю. Предполагает строительство крупных газоперерабатывающих заводов, либо модернизации уже существующих, организации сети газопроводов для сбора и транспортировки газа, что требует высоких материальных вложений. Также недостатком данного метода является невозможность организации такого масштабного производства для удаленных районов и мелких месторождений. Метод требует значительных временных и капитальных затрат, использование экономически эффективно на крупных месторождениях с большим дебитом и объемом добываемых углеводородов.

Достоинством данного метода является экономическая выгода от получения сырья для нефтехимической промышленности. В результате переработки газа на газоперерабатывающих заводах получают широкую фракцию легких углеводородов (товарный продукт, сырье) и сухой отбензиненный газ, который может быть отправлен бытовым потребителям.

Закачка попутного нефтяного газа в продуктивные нефтяные слои с целью повышения пластового давления. Данный метод использования попутного газа позволяет повысить продуктивность нефтяного слоя путем повышения пластового давления и нефтеотдачи. Несмотря на необходимость установки компрессорного оборудования и сложность организации закачки газа в пласт считается финансово низкочувствительным [2].

К недостаткам способа можно отнести:

- потеря потенциально ценного сырья;
- низкая безопасность процесса закачки газа в пласт;
- краткосрочность решения, при дальнейшей добыче объем попутного нефтяного газа увеличится.

Литература:

1. Астапенко, Е. О. Характеристика текущего состояния охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности Ханты-Мансийского автономного округа-Югры / Е. О. Астапенко. — Текст 6 непосредственный // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. — 2015. — № 7. — С.31–35.
2. Васильев, В.И., Гибадуллин Н. З. и др. (ИК «БашНИПИнефть») Исследование эффективности утилизации нефтяного газа закачкой в продуктивный пласт / В. И. Васильев, Н. З. Гибадуллин [и др.]. — Текст: непосредственный // Нефтяное хозяйство. — 2004. — № 8. — С. 76–78.

Использование попутного нефтяного газа для выработки энергии на нужды месторождения. Газ может быть использован в качестве топлива на установках генерации электроэнергии (газотурбинных установках), что позволит снизить затраты на энергоснабжение действующих месторождений, снизить объем инвестиций в строительство линий электропередач и инженерных сетей от внешних источников энергии при освоении новых месторождений. Недостатком данного метода использования попутного нефтяного газа является сложность организации на удаленных месторождениях, сложность организации хранения и распределения электроснабжения.

Крупные нефтегазодобывающие компании комбинируют различные методы переработки попутного газа в зависимости от условий на конкретном месторождении или группе месторождений. Благодаря применяемым мероприятиям, выбор которых определяется эффективностью и экономической целесообразностью, поддерживаются высокие показатели по утилизации попутного нефтяного газа и снижению вредных выбросов при сжигании газа в факельных установках.

Так, по данным Александренкова И. С., Коровченко П. А, Заикина М. А., Ахметова А. Ф., Давыдова В. О. [5] добыча нефти в ПАО «Роснефть» в 2020 году составила 204,5 млн. т, добыча попутного нефтяного газа — 44 млрд м³, при этом объем полезного использования попутного газа — 32,9 млрд м³, объем сжигаемого газа — 11,09 млрд м³. ПАО «Сургутнефтегаз» в 2020 году при добыче попутного нефтяного газа объемом 9,03 млрд м³, утилизировали сжиганием в факельных установках 0,05 млрд м³, уровень полезного использования попутного нефтяного газа достиг при этом 99,5 % (объем полезного использования попутного нефтяного газа — 8,98 млрд м³). Компания Газпромнефть за аналогичный период показала степень полезной утилизации попутного нефтяного газа на уровне 74,1 % (при добыче попутного газа в объеме 18,09 млрд м³, лишь 1,62 млрд м³ были сожжены в факельных установках) [5].

Основными поставщиками загрязняющих веществ от сжигания попутного нефтяного газа являются малые и средние удаленные месторождения, доля которых продолжает в последнее время стремительно увеличиваться. Организация сбора газа с таких месторождений по схемам, предложенным для строительства крупных газоперерабатывающих заводов, является весьма капиталоемким мероприятием, требует значительного времени для реализации.

3. Игитханян, И. А. Эффективность методов переработки попутного нефтяного газа в России / И. А. Игитханян, Т. Г. Богак — Текст: непосредственный // Вестник ТГПУ. — 2014. — № 8 (149). — С.108–112
4. Радинская, А. П. Утилизация попутного нефтяного газа в России: методы и перспективы производства продуктов газохимии / А. П. Радинская, А. А. Череповицына. — Текст: непосредственный // Север и рынок: формирование экономического порядка. — 2022. — № 22. С. 19–34.
5. Способы утилизации попутного нефтяного газа на месторождении / И. С. Александренков, П. А. Коровченко, М. А. Заикин, А. Ф. Ахметов, В. О. Давыдов. Текст: непосредственный // НефтеГазоХимия. — 2024. № 2. — С 38–42.

Исследование гидродинамики насадочных контактных устройств колонных аппаратов

Федоров Кирилл Александрович, студент;
Василевская Светлана Петровна, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой
Оренбургский государственный университет

Процессы массопередачи осуществляются на границе раздела фаз. В связи с этим, проектируя аппараты для массообмена, целесообразно максимально увеличить площадь контакта между газовой и жидкой фазами.

Одним из путей повышения производительности в нефтегазовой и химической промышленности является применение передовых контактных устройств с увеличенной площадью соприкосновения фаз, повышенной скоростью разделения и сравнительно низким гидравлическим сопротивлением.

При проектировании контактных устройств важнейшим фактором является учет их гидравлических

и массообменных характеристик. В настоящее время существует большое разнообразие конструкций тарельчатых элементов, насчитывающее сотни вариантов.

Для систематизации этого многообразия предлагается классификация по принципу передачи жидкости. Выделяют два основных типа: тарелки с выделенными переточными устройствами и провальные тарелки. В первом случае жидкость перетекает с одной тарелки на другую независимо от потока пара посредством специальных каналов.

Варианты структурной организации потока жидкости на тарелках с переточными устройствами:

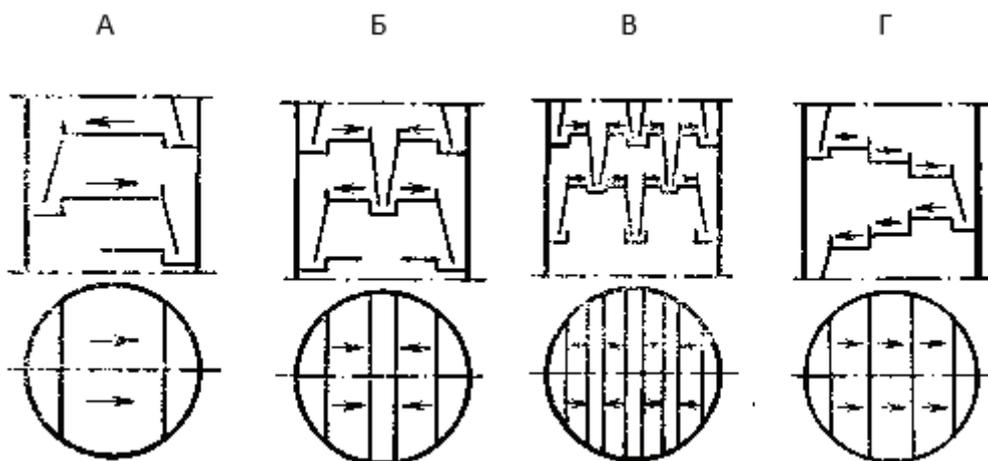


Рис. 1

А — однопоточная; Б — двухпоточная; В — четырехпоточная; Г — каскадная

Взаимодействие между жидкой и паровой фазами в основном реализуется по схемам перекрестного тока (тарелки с переточными устройствами) (Рис. 1, А) или противотока (провальные тарелки) (Рис. 1, В). В последнее время получили распространение перекрестно-прямочные контактные устройства, которые объединяют

принципы перекрестного и прямого токов в зоне взаимодействия фаз, что в общем позволяет достичь высоких показателей производительности и эффективности (Рис. 1, Б). Скоростные прямочные тарелки (Рис. 1, Г) обеспечивают контакт между паром и жидкостью в условиях закрученного восходящего потока.

Для того, чтобы увеличить производительность тарелки, для взаимодействия фаз, применяют прямоток. А для повышения результативности контактности фаз предпочитают противоток или перекрестный ток.

Перекрестноточные типы тарелок (с учётом исключения ситчатых) отличаются наивысшей разделительной способностью, ввиду того что время контакта жидкости на них максимальное, в сравнении с другими видами тарелок. Они получили широкое применение в современных нефтегазовых технологиях, к таким относятся:

1. Тарелки, сечение контактирующих фаз конструкций которых не регулируются: колпачковые с прямоугольными, шестигранными, круглыми, желобчатыми, S-образными колпачками, ситчатые и ситчатые с отбойниками.

2. Тарелки с настраиваемым сечением следующих конструкций: клапанные с дисковыми, пластинчатыми, капсульными, дисковыми инжекционными клапанами; комбинированные колпачково-клапанные (например, S-образные и ситчатые с клапаном), клапанные с баластом и др.

В Российской Федерации более 60 % колонн оснащены клапанными тарелками, разработанными всесоюзными научно-исследовательскими институтами ВНИИНЕФТЕМАШ и УкрНИИХиммаш. Существующие конструкции, хотя и хорошо зарекомендовали себя на протяжении многих лет, имеют определенные ограничения по производительности и эффективности. Поэтому актуальной задачей остается разработка и совершенствование конструкций тарельчатых контактных устройств. В современной научно-технической литературе описывается конструкция ситчатой тарелки, характеризующаяся улучшенными показателями эффективности. Увеличение производительности на 20–50 % при сохранении эффективности достигается за счёт использования дополнительной перфорированной поверхности, расположенной под сливным стаканом.

Основной проблемой применения нерегулярных тарелок в крупных производствах является неравномерное распределение потоков жидкости и газа по сечению аппарата. В отличие от традиционных конструкций, таких как колеса и седла, регулярные тарелки обеспечивают более однородное распределение этих потоков в колоннах.

Важным преимуществом регулярных тарелок является также их низкое гидравлическое сопротивление, которое составляет всего 1–2 мм рт. ст. (130–260 Па) на одну теоретическую тарелку.

Это указывает на то, что регулируемые контактные устройства обладают повышенной эргономичностью и практической целесообразностью при эксплуатации в промышленных условиях. В нефтеперерабатывающих заводах ряда развитых стран современные вакуумные колонны установок перегонки нефти оснащаются регулярными насадками, что способствует достижению глубокого вакуума внутри колонн и существенному увеличению выхода вакуумного газойля с одновременным повышением температуры конца кипения до 600°C.

В современном мире существует множество компаний, которые специализируются на создании передовых насадочных контактных устройств. Ниже представлены наиболее значимые:

1. Компания Koch-Glitsch специализируется на предоставлении широкого спектра высокоэффективных массообменных устройств, предназначенных для применения в нефтегазовой, нефтехимической и химической промышленности. Предлагаемые компанией решения охватывают весь спектр задач, связанных с колоннами различного диаметра, работающими в условиях вакуума и высокого давления, а также с процессами, включающими загрязненные среды и требующие получения продуктов высокой чистоты.

2. В основе деятельности компании Sulzer лежат технологии контроля потоков и аппликаторов. Компания специализируется на предоставлении решений в области насосного оборудования, обслуживании вращающихся машин, а также технологиях разделения, смешивания и нанесения. К услугам клиентов Sulzer доступна глобальная сеть из более чем 180 производственных и сервисных центров.

Компании предлагают разнообразные контактные устройства, направленные на повышение эффективности работы колонн. Несмотря на то, что их продукция уже применяется на некоторых российских нефтеперерабатывающих заводах, недостаток отечественных тарелок полностью не устраняется за счет частичной замены оборудования. Для полного решения проблемы требуется более системный подход.

Литература:

1. А. Г. Лаптев, Н. Г. Минеев, П. А. Мальковский «Проектирование и модернизация аппаратов разделения в нефте- и газопереработке» — Казань: 2002. — 220 с.
2. <https://studfiles.net/preview/5760989/page:12/>.
3. Масштабный переход в химической технологии: разработка промышленных аппаратов методом гидродинамического моделирования/Розен А. М., Мартюшин Е. И., Олевский В. М. и др. — М.: Химия, 1980. — 320.
4. Лейтес И. Л., Сосна М. Х., Семенов В. П. Теория и практика химической энерготехнологии. — М.: Химия, 1988. — 280 с.
5. <http://www.koch-glitsch.com/ru/default.aspx>.
6. <https://sulzer.com/>

Мероприятия по повышению эффективности бурения горизонтальных скважин

Шалаби Абделрахман Абдалла Елсайед, студент

Институт нефти и газа Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Октябрьском (г. Октябрьский, Республика Башкортостан)

Использование роторных управляемых систем (РУС) для бурения горизонтальных скважин повышает точность и эффективность бурения. Предложенная технология с роторной бурильной колонной позволяет точно контролировать направление бурения и стабилизировать процесс без дополнительных операций подъема и спуска оборудования.

Ключевые слова: роторная бурильная колонна, роторные управляемые системы, управление бурением, горизонтальные скважины.

По данным статистических исследований в области надежности забойных двигателей, основным фактором отказа, в 90 % случаев, является повреждение рабочей пары, в частности, износ или полное разрушение резиновой обкладки статора. Это, в свою очередь, приводит к значительному сокращению срока службы винтового забойного двигателя.

Для бурения горизонтальных скважин был предложен метод, основанный на применении роторной бурильной колонны. В этом процессе вращение обеспечивается либо с помощью роторного механизма, либо через верхний привод, обеспечивая при этом вращение на всех участках профиля скважины. Эта технология представляет собой инновационный подход с использованием роторных управляемых систем, установленных в нижней части бурильной колонны, которые способны обеспечивать точный контроль направления бурения, стабилизацию процесса и минимизацию углов наклона скважины по всей её длине, не требуя дополнительных операций подъема и спуска оборудования [1].

Введение роторных управляемых систем стало важным шагом вперед в технологическом прогрессе бу-

ровой отрасли, существенно улучшившим существующие методы бурения и дополненным другими инновациями последних десятилетий. Технология управляемого роторного бурения (УРБ) продолжает активно развиваться и внедряться, предлагая новые возможности для более эффективного и точного бурения.

Инструмент для управления процессом роторного бурения Geo-Pilot был разработан в рамках сотрудничества между компаниями Sperry-Sun (сейчас часть Halliburton) и Японской национальной нефтяной корпорацией (JNOC). Этот инструмент предоставляет возможность точного контроля ориентации долота в процессе роторного бурения с использованием метода «point-the-bit», при котором происходит отклонение вала внутри внешнего корпуса.

Механизм отклонения вала был разработан компанией JNOC, а управляющий инструмент был создан специалистами Sperry. Геометрия инструмента Geo-Pilot включает в себя вал, который размещен на подшипниках внутри внешнего корпуса длиной 6 метра. На обоих концах корпуса установлены вращающиеся уплотнения, которые обеспечивают герметичность и защиту внутренних механизмов инструмента (рисунок 1) [1].



Рис. 1. Роторная управляемая система Geo-Pilot

Бурильная труба служит для соединения вала с верхним приводом, передавая крутящий момент на долото. Внешний корпус может свободно перемещаться вдоль оси скважины, однако его вращение ограничено стабилизатором, установленным в верхней части корпуса. Для точного позиционирования в стволе увеличенного диаметра на верхней части корпуса находятся три группы подпружиненных роликов. Направление вращения внешнего корпуса совпадает с вращением долота, что предотвращает превышение предельных оборотов корпуса по сравнению с долотом. Изначально на нижнем конце корпуса был предусмотрен стабилизатор, который передает нагрузку от вала [2].

Принцип работы инструмента заключается в том, что вращающийся вал отклоняется в центре между подшипниками с помощью эксцентриковых кулачков. Это вызывает наклон долота в противоположную сторону. Для обеспечения долговечности и надежности системы GeoPilot все подшипники, уплотнения и другие подвижные детали внутри инструмента погружены в смазочное масло. Пара эксцентриковых кулачков, расположенная между подшипниками, отклоняет центральную часть вала, заставляя долото наклоняться в противоположную сторону. Когда кулачки выравниваются, механизм сбалансирован, и бурение продолжается в прямом направлении.

Основная цель технологии заключается в управлении направлением долота, а не просто в его отклонении в сторону. Это дает преимущество при использовании долот с длинной калибрующей частью, которые более точно следят за направлением ствола скважины, не отклоняясь от центральной линии и оставаясь в центре ствола. Благодаря такой конструкции долота становятся более стабильными, что снижает вибрацию, дополнительно уменьшенную за счет отсутствия гидравлического забойного двигателя.

В начале бурения наклонно-направленных скважин с применением ВЗД (винтовых забойных двигателей) этот метод может быть экономически оправдан. Однако при завершении бурения могут возникнуть проблемы, которые приведут к значительным временным и финансовым затратам. Часто такие проблемы возникают из-за неравномерного диаметра ствола и микроискривлений, что усложняет опускание обсадной колонны. Длинные горизонтальные и наклонные участки, когда нижняя часть бурильной колонны касается стенки скважины и может скручиваться, затрудняют поддержание точного положения отклонителя.

Роторная управляемая система не использует режим скольжения для контроля направления скважины, вместо этого она может быть настроена для изменения скорости вращения бурильной колонны и регулирования пульсаций давления с использованием специализированного наземного оборудования. Это позволяет точно и оперативно управлять траекторией бурения. Однако, несмотря на это, анализ реальных данных показал, что в некоторых случаях фактическая траектория бурения может значительно отклоняться от проектной, что может привести к образо-

ванию каверн и уступов в стволе скважины. Это затрудняет продвижение бурильной колонны и увеличивает вероятность возникновения технических проблем [4].

Бурение с использованием забойного двигателя в режиме вращения сопряжено с рядом проблем, которые снижают его эффективность:

- Вращение долота, обеспечиваемое забойным двигателем, увеличивает нагрузку на вращение бурильной колонны с ротором, что снижает эффективность роторного бурения и способствует большему износу вооружения и опор долота;

- Вращение бурильной колонны создает значительные радиальные и осевые нагрузки на забойный двигатель, что ускоряет его износ и повышает вероятность его отказа. Кроме того, забойный двигатель может застрять, что приводит к проблемам с циркуляцией и требует подъема для выявления причин поломки;

- Геометрические ограничения забойного двигателя сдерживают возможность установки стабилизаторов и калибраторов, а также затрудняют применение форсированных режимов бурения, которые могли бы повысить его эффективность.

Сравнение стволов скважины при бурении с ВЗД (винтовыми забойными двигателями), а также при использовании технологий «push the bit» и «point the bit» представлено на рисунке 2.

Исследования, проведенные в 2022 году на одной скважине, показали, что при бурении с использованием роторных управляемых систем (РУС) был получен сглаженный ствол скважины. Это подтверждается данными стационарных замеров и непрерывными показаниями зенитного угла в процессе бурения, что напрямую влияет на качество строительства скважины, включая геофизические исследования (ГИС), спуск эксплуатационной колонны и цементирование.

Использование роторных управляемых систем значительно увеличивает механическую скорость проходки и сокращает время бурения за счет равномерной работы долота, исключая необходимость подъема долота для изменения геометрии забойного двигателя. Система также улучшает очистку скважины от шлама, что позволяет сократить время на промывку перед наращиванием и спуском обсадной колонны. Кроме того, роторная система снижает динамические скачки давления и уменьшает вероятность гидроразрыва пород, что делает процесс бурения более безопасным. Существенно повышается качество ствола скважины: минимизируется микрокривизна и отсутствует спиральная выработка, благодаря постоянному контролю положения режущей поверхности долота, что способствует успешному завершению бурения [3].

Однако применение РУС сопряжено с рядом трудностей. Одним из основных недостатков является необходимость использования верхнего привода и сложности обслуживания на буровой, требующие привлечения квалифицированного персонала со стороны подрядчика. Также возникает необходимость интеграции дополни-

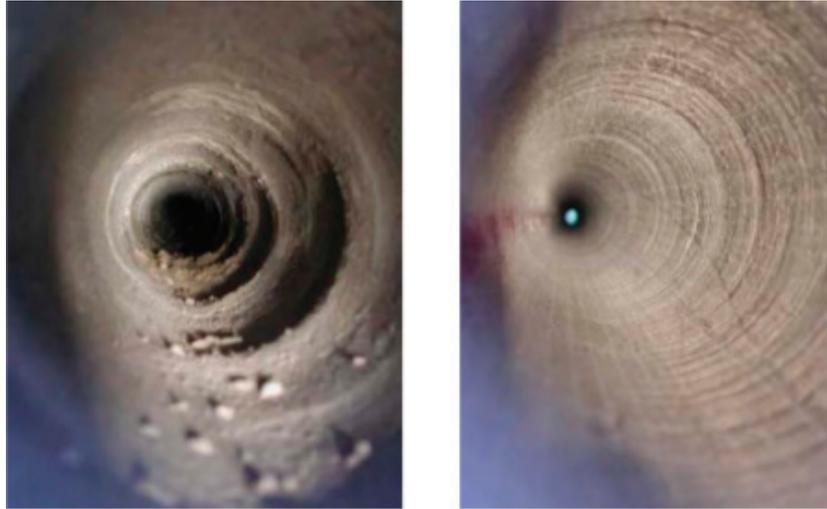


Рис. 2. Сравнение методов «push the bit» и «point the bit» для боковых стволов

тельных датчиков в систему буровой установки, а также существуют ограничения по расходу бурового раствора и мощности буровых насосов. Использование специализированных долот повышает стоимость бурения, а высокие затраты на оборудование РУС делают его трудно страхуемым, что приводит к тому, что весь риск утраты оборудования ложится на заказчика.

Тем не менее, внедрение роторных управляемых систем помогает снизить аварийность, так как уменьшается

риск прихвата буровой колонны, повышается устойчивость стенок скважины и снижается вероятность осложнений при спуске и цементировании обсадных колонн. Это также улучшает качество ствола скважины и позволяет более точно следовать запланированному профилю. В результате, можно прогнозировать сокращение времени на бурение на 10–15 %, экономию электроэнергии на 5–10 % и снижение расхода бурового раствора и химических реагентов на 15–20 %.

Литература:

1. Атласов Р. А., Скрябин Р. М., Туги Э. Р., Николаева М. В., Иванов А. Г., Бердыев С. С. Пути совершенствования строительства скважин в многолетнемерзлых породах // Наука и образование. — 2015. — № 3 — (79). — С. 54–58.
2. Булатов А. И. Бурение горизонтальных скважин [Текст] / А. И. Булатов: справочное пособие. — Краснодар: Издательство «Советская Кубань», 2008. — 419 с.
3. Гнибидин В. Н., Ткаченко В. И. Повышение эффективности процесса бурения винтовыми забойными двигателями // Научные достижения и передовой опыт в бурении. 1991. № 10.
4. Калинин В. Роторные возможности управляемого бурения // Сибирская нефть. — 2012. — № 9. — С. 36–41.

Регенерация отработанных смазочных масел

Шульга Елена Александровна, студент магистратуры;

Василевская Светлана Петровна, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой
Оренбургский государственный университет

В последние десятилетия проблема утилизации отработанных смазочных масел становится все более актуальной. Нефтяные масла находят широкое и разнообразное применение при эксплуатации современной техники. В процессе эксплуатации в смазочных маслах накапливаются продукты окисления, загрязнения и другие примеси, которые резко снижают качество масел. Загрязненные масла неспособны удовлетворять предъявляемым к ним требованиям и должны быть заменены свежими

маслами. С каждым годом объемы потребления смазочных материалов увеличиваются и, как следствие, увеличиваются объемы отработанных масел.

В России за один год скапливается от полутора до двух миллионов тонн отработанных масел, и это представляет существенную экологическую опасность. Отработанные нефтепродукты токсичны, имеют невысокую степень биоразлагаемости (10–30 %) и являются опасными отходами, которые подлежат обязательному сбору и утилизации, а в

отдельных случаях — уничтожению. Эти материалы составляют порядка 60 % от всего загрязнения нефтепродуктами, или 20 % от общего техногенного загрязнения. В РФ, в отличие от западных стран, от 25 до 75 % всех отработанных масел сбрасывается на почву, а затем и в водоемы. На регенерацию поступает всего 14–15 %, что составляет 3,3 % от общего объема потребления. Аналогичные цифры для Европейского союза составляют соответственно 20÷25 % и 25÷30 %.

В Германии собирается, очищается и повторно используется 55 % отработки. Это благоприятно сказывается на состоянии окружающей среды и позволяет извлечь финансовую выгоду. Немецкое законодательство в области защиты экологии обязывает производителей масел, действующих на территории Германии, добавлять в продукцию не менее 10 % так называемого refining base oil — восстановленного масла.

В России проблема утилизации и вовлечения отработки законодательство не регулируется. При этом, на современном этапе развития российской промышленности вопрос вовлечения в производство вторичного сырья является важным и актуальным. Отработанное масло представляет собой сырье для получения ценных нефтепродуктов при надлежащей переработке.

Наиболее эффективным способом переработки отработанных масел является регенерация. Процесс регенерации отработанного масла включает удаление из него коллоидных веществ, битумных отложений, водного конденсата, механических частиц, осадка, газов, кислот, а также придание продукту первоначального цвета и запаха.

Методы восстановления отработанных масел можно разделить на три большие группы: физические, химические и физико-химические. Наиболее эффективна их комбинация.

К физическим методам относятся отстаивание, центрифугирование, фильтрация и перегонка.

Отстаивание — наиболее простой и дешевый способ отделить от отработки основную часть воды и примесей крупных твердых частиц путем естественного осаждения под действием гравитационных сил в отстойниках различной формы. В зависимости от степени загрязнения масла и времени, отведенного на очистку, отстаивание применяется как самостоятельный метод или предварительный, предшествующий фильтрации или центробежной очистке. Основными недостатками этого метода являются большая продолжительность процесса оседания частиц до полной очистки, удаление только наиболее крупных частиц размером 50–100 мкм.

Центробежная очистка, которая также позволяет удалить из масла воду и твердые частицы, выполняется в центрифугах периодического или непрерывного действия. Применение центрифуг обеспечивает очистку масел от механических примесей до 0,005 % по массе, что соответствует 13 классу чистоты по ГОСТ 17216–71, и обезвоживанию до 0,6 % по массе.

Фильтрация — это процесс удаления частиц механических примесей и смолистых соединений путем пропускания масла через сетчатые или пористые перегородки фильтров. С помощью фильтрации из масла удаляются дисперсные частицы практически любых размеров. Самыми прогрессивными считаются ленточные, барабанные и дисковые вакуум-фильтры, работающие в непрерывном режиме. Фильтрующими элементами являются пористые материалы: текстиль, бумага, картон, композиционные материалы, керамика и др.

Перегонка позволяет отделить от масла легколетучие фракции (в частности, бензин, попадающий в смазочную систему). Наиболее эффективна вакуумная перегонка, с помощью которой в качестве дистиллята получают высококачественные базовые масла. Однако реализация этого метода требует специального оборудования и значительных затрат.

К основным физико-химическим методам очистки отработанных масел относят коагуляцию, экстракцию, адсорбцию.

Коагуляция — способ очистки отработки от загрязнений путем укрупнения частиц. Для этих целей применяют ПАВы, электролиты, высокомолекулярные соединения с гидрофильными свойствами. Процесс коагуляции зависит от количества вводимого коагулянта, продолжительности его контакта с маслом, температуры, эффективности перемешивания. Продолжительность коагуляции загрязнений в отработанном масле составляет, как правило, 20–30 мин., после чего проводится очистка масла от укрупнившихся загрязнений с помощью отстаивания, центробежной очистки или фильтрования.

Наиболее эффективным коагулянтом считается метасиликат натрия. В промышленности при очистке масел применяют 30-процентные водные растворы данного соединения. На результативность процесса влияют интенсивность и продолжительность перемешивания, температура масла и другие факторы.

Экстракция применяется для разделения отработанных масел на фракции с помощью селективных растворителей — веществ, которые способны избирательно влиять на отдельные компоненты смеси. Чаще всего используется пропан: углеводороды и масла растворяются, а смолы и асфальтены, находящиеся в масле в коллоидном состоянии, выпадают в осадок.

Адсорбция используется для окончательной очистки отработки. В процессе используется отбеливающая глина, силикагель, алюмосиликаты. Адсорбционная очистка может осуществляться контактным методом — в этом случае масло перемешивается с измельченным адсорбентом, перколяционным методом — очищаемое масло пропускается через адсорбент, или методом противотока — когда масло и адсорбент движутся навстречу друг другу.

Главным недостатком контактной очистки является необходимость утилизации большого количества адсорбента, загрязняющего окружающую среду. При пер-

коляционной очистке в качестве адсорбента чаще всего применяется силикагель, что снижает экономическую эффективность. Наиболее перспективным методом является адсорбционная очистка масла в движущемся слое поглотителя, при котором процесс протекает непрерывно, без остановок для замены, регенерации или отфильтрования адсорбента, но применение этого метода связано с использованием сложного оборудования, что препятствует его распространению. Для осуществления процесса необходимо специальное оборудование: периодические или непрерывные адсорберы.

Химические методы регенерации отработки основаны на взаимодействии веществ, загрязняющих отработанные масла, и вводимых в эти масла реагентов. В результате химических реакций образуются соединения, легко удаляемые из масла.

К химическим методам регенерации масла относятся очистка с помощью кислот или щелочей, осушка, гидрогенизация и окисление кислородом. Наиболее часто используются сернокислотная очистка, гидроочистка, а также различные процессы с применением натрия и его соединений.

Осушка производится с помощью негашеной извести и других водопоглощающих веществ, а гидрогенизация — путем обработки масла водородом на поверхности катализатора. В результате гидрогенизации непредельные углеводороды превращаются в предельные, что способствует выведению из отработки примесей и повышению стабильности масла при эксплуатации.

Термический метод регенерации заключается в перегревании отработанного смазочного масла для удаления летучих примесей, а также для разрушения устойчивых загрязняющих веществ. Этот метод особенно эффективен

для масел с высоким содержанием вязкостных примесей, однако включает риски, связанные с проявлением токсичных газов и воздействием высокой температуры.

В методах биологической регенерации для разложения вредных компонентов в отработке используют микроорганизмы. Этот метод является экологически безопасным и позволяет эффективно утилизировать масла, но требует долгосрочных инвестиций в исследования и разработку, так как технологии все еще находятся на стадии изучения.

Для регенерации отработанных масел применяются разнообразные аппараты и установки, действие которых основано, как правило, на использовании сочетания методов (физических, физико-химических и химических), что дает возможность регенерировать отработанные масла разных марок и с различной степенью снижения показателей качества.

Следует отметить, что при регенерации масел можно получить продукт, по качеству идентичный свежесварботанному. Выход масла в зависимости от качества сырья составляет 80–90 %. При использовании современных технологий базовые масла можно регенерировать еще по крайней мере два раза.

Регенерация отработанных смазочных масел — важный процесс, способствующий устойчивому развитию экономики и охраны окружающей среды. Для повышения эффективности и доступности регенерации следует продолжать исследования. Внедрение технологии регенерации отработанных смазочных масел может значительно улучшить экологическую ситуацию и способствовать устойчивому развитию, что является необходимым шагом в условиях современных вызовов.

Литература:

1. Евдокимов А. Ю., Фукс И. Г. Утилизация отработанных смазочных материалов: технологии и проблемы // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2004 г., № 2.
2. Шашкин П. И., Брай И. В. Регенерация отработанных нефтяных масел. М., Химия, 1970 г.
3. Коваленко В. П., Турчанин В. Е. Очистка нефтепродуктов от загрязнений. М., Недра, 1990 г.
4. Рылякин Е. Г., Волошин А. И. Очистка и восстановление отработанных масел. М., Молодой ученый, 2015 г., № 1.

Критерии подбора скважин для зарезки боковых стволов на нефтяных месторождениях

Эльхаммари Хоссам Хассан Абдельгаффар Абдельразек, студент

Институт нефти и газа Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Октябрьском (Республика Башкортостан)

Разработка месторождений в Западной Сибири с использованием вертикальных скважин может столкнуться с рядом экономических и технических сложностей из-за низкой проницаемости коллекторов, что приводит к невозможности добычи значительной части запасов. Одной из основных причин простоя скважин являются аварийные ситуации, вызывающие остановку технологических процессов. Это может происходить из-за поломок оборудования, застревания инструментов или труб, а также других технических неисправностей, что нередко заканчивается оставлением оборудования на месте работы.

Ключевые слова: *зарезка боковых стволов, нефтедобыча, обводненность, коэффициент извлечения нефти, подбор, скважина.*

В последние годы в практике как отечественной, так и зарубежной нефтедобычи широко используется метод восстановления работы скважин после сложных и неэффективных ремонтов — зарезка боковых стволов. Это эффективная технология, которая способствует увеличению добычи нефти на старых месторождениях и улучшению коэффициента извлечения нефти из пластов. Она позволяет восстанавливать нефтяные скважины, которые не могли быть восстановлены другими методами. При бурении боковых стволов активируются ранее неиспользуемые участки пласта, а также извлекаются запасы нефти, которые раньше считались трудноизвлекаемыми.

Использование технологии зарезки боковых стволов (ЗБС) способствует повышению нефтеотдачи пластов и, по сути, заменяет метод уплотнения скважин. Эти под-

ходы помогают поддерживать работоспособность скважины и снижают затраты на её обслуживание.

Применение боковых стволов значительно улучшает технологические и экономические показатели разработки месторождений, повышая темпы нефтедобычи и увеличивая нефтеотдачу на 10–15 % [1].

Методика подбора кандидатов под зарезку боковых стволов состоит из основных этапов, представленных на рисунке 1.

Основные критерии для выбора объектов под горизонтальное бурение включают геологические, технологические и технические критерии.

Геологические критерии. Эти критерии основываются на геолого-физических параметрах залежей и включает следующие аспекты:

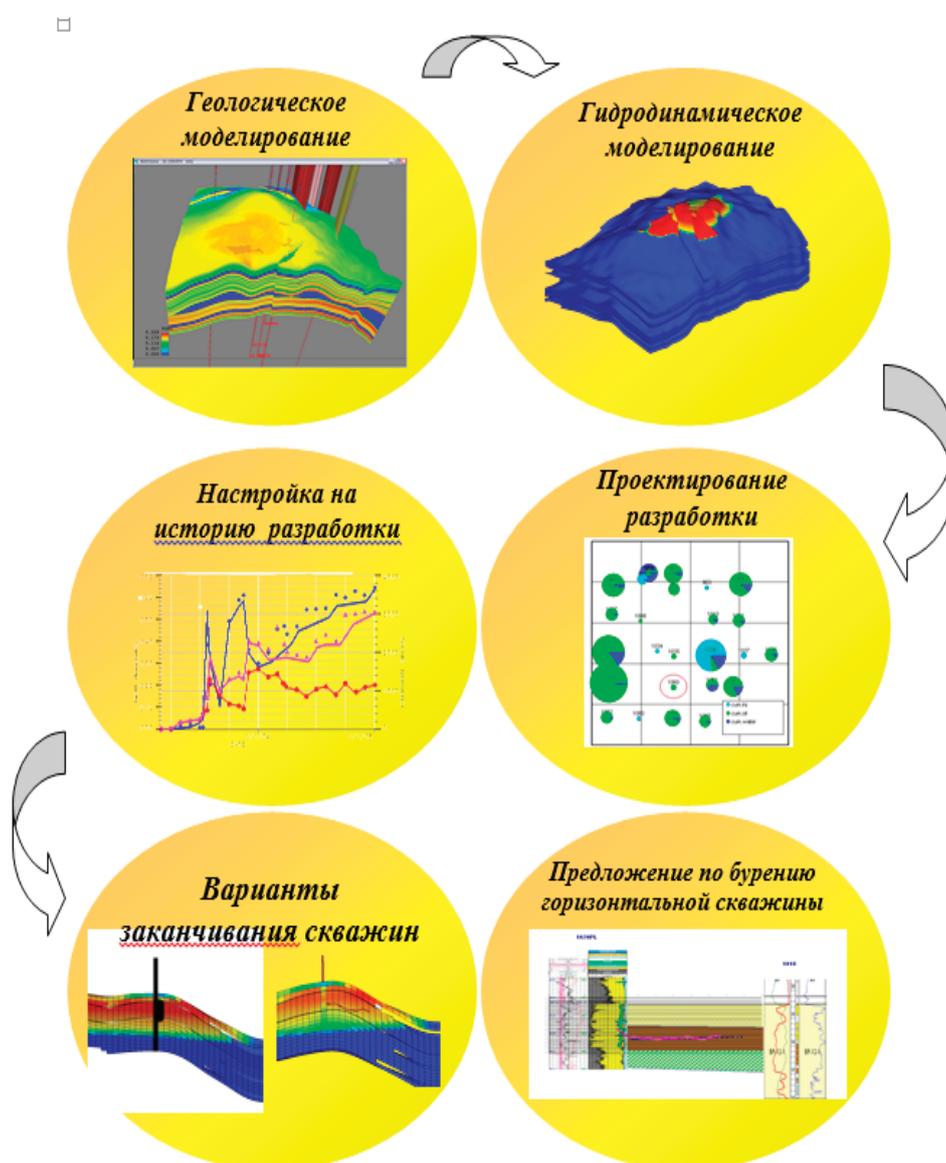


Рис. 1. Схема подбора скважин-кандидатов под ЗБС

- толщина нефтенасыщенного пласта. Чем мощнее пласт, тем выше вероятность оптимального размещения ствола, что обеспечивает большую производительность;
- естественная проницаемость пласта. При низкой проницаемости вертикальные скважины охватывают небольшой объем, что делает горизонтальное бурение более эффективным для повышения производительности. При хорошей проницаемости вертикальные скважины также могут обеспечивать эффективное извлечение;
- неоднородность продуктивных пластов. Если пласт неоднороден по площади и разрезу, это снижает его эффективную нефтенасыщенную толщину, что негативно сказывается на эффективности добычи. Например, если мощность пласта составляет 4 метра при коэффициенте песчаности 0,75, эффективная толщина снижается до 3 метров.

Технологические критерии определяются текущей системой разработки и включают:

- наличие неохваченных участков залежей. Основной акцент делается на наличие целиков нефти или слабо охваченных вытеснением участков залежей, которые не могут быть вовлечены в разработку существующими методами;
- плотность запасов. Этот параметр включает пористость коллектора, нефтенасыщенность и площадь нефтеносности, что позволяет оценить запасы нефти в определенном объеме породы и определить возможные запасы нефтяного «целика» для бурения БГС;
- выработка запасов залежи. Степень выработки запасов промышленного объекта влияет на технико-эко-

номические показатели. Чем больше выработка, тем больше вероятность существования оставшихся целиков нефти;

- обводненность пласта. Если пласт сильно обводнен, бурение бокового горизонтального ствола не рекомендуется, так как это может оказаться неэффективным.

Технические критерии оценивают состояние скважины для бурения БГС:

- целостность эксплуатационной колонны. Важно учитывать состояние эксплуатационной колонны и цементного камня за ней, а также отсутствие заколонных перетоков.
- возможности бурения. Скважина должна быть технически готова для проведения работ по бурению бокового ствола.

Эти критерии помогают определить наиболее перспективные объекты для бурения боковых горизонтальных стволов, обеспечивая оптимальные технико-экономические показатели разработки месторождений [2].

Рассматриваем зоны с максимальными нефтенасыщенными толщами (ННТ). Особое внимание -на зоны, где было мало закачки и была добыча нефти (при этом зоны не полностью выработаны).

Монолитный пласт с подстилающей пластовой водой. По данным ГИС остаточная нефтенасыщенность 0,6–0,65 на момент остановки скважин [3].

По результатам проведенного анализа необходимо провести расчет показателя добычи по нижеприведенной формуле (рисунок 2).

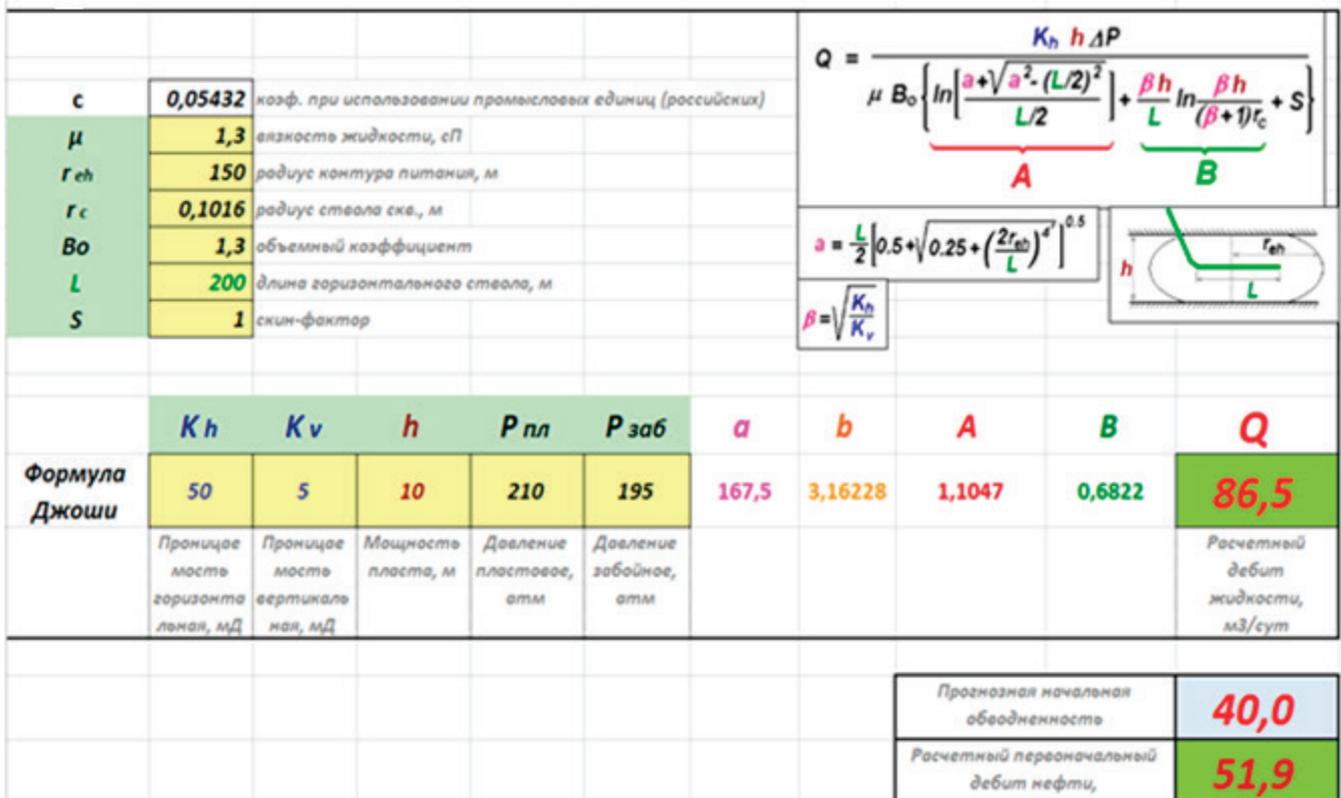


Рис. 2. Методика расчета дебита бокового ствола

Таким образом, ЗБС является эффективным методом, так как позволяет значительно увеличить объемы извлечения нефти, особенно в условиях высокой обводненности.

Это достигается за счет возможности охвата ранее неэксплуатируемых участков пласта, что улучшает общую эффективность работы скважин [4].

Литература:

1. Бадьянов В. А. Методы прогнозирования коэффициентов охвата воздействием прерывистых пластов при разработке нефтяных месторождений [Текст] / В. А. Бадьянов // Нефть и газ Тюмени, № 9, 1971. С. 38–42
2. Басарыгин Ю. М. Строительство наклонных и горизонтальных скважин [Текст] / Ю. М. Басарыгин. — М.: Издательство Недр, 2000. — 262 с.
3. Булатов А. И. Бурение горизонтальных скважин [Текст] / А. И. Булатов: справочное пособие. — Краснодар: Издательство «Советская Кубань», 2008. — 419 с.
4. Гилязов Р. М. Бурение нефтяных скважин с боковыми стволами [Текст] / Р. М. Гилязов. — М.: ООО «Недра — Бизнесцентр», 2002. — 255 с.

Влияние геометрии трубопроводов на гидравлические потери в системах водоснабжения

Эмих Владимир Игоревич, преподаватель

Челябинский государственный промышленно-гуманитарный техникум имени А. В. Яковлева

В данной статье исследуется влияние геометрии трубопроводов на гидравлические потери в системах водоснабжения. Гидравлические потери, возникающие в трубопроводах, являются важным фактором, определяющим эффективность работы водоснабжающих систем. В статье рассматриваются основные параметры геометрии трубопроводов, такие как диаметр, длина, форма и наличие фитингов, и их влияние на потери давления. Приведены результаты численного моделирования и экспериментальных исследований, подтверждающие, что оптимизация геометрии трубопроводов может значительно снизить гидравлические потери и повысить общую эффективность систем. Также обсуждаются рекомендации по проектированию трубопроводов с целью минимизации потерь, что имеет важное значение для обеспечения надежного и экономичного водоснабжения. Результаты исследования могут быть полезны как для практикующих инженеров, так и для научных работников, занимающихся вопросами гидравлики и проектирования водоснабжающих систем.

Ключевые слова: гидравлические потери, трубопроводы, геометрия трубопроводов, диаметр, длина, фитинги, потери на трение, локальные потери, системы водоснабжения, численное моделирование, проектирование, эффективность, водоснабжение.

Введение

Системы водоснабжения играют ключевую роль в обеспечении населения качественной питьевой водой. Одним из основных факторов, определяющих эффективность работы таких систем, являются гидравлические потери, возникающие в трубопроводах. Эти потери могут значительно влиять на производительность системы и ее эксплуатационные расходы. В данной статье рассматривается, как геометрия трубопроводов влияет на гидравлические потери, что позволяет оптимизировать проектирование и эксплуатацию водоснабжающих систем.

Теоретические основы

Гидравлические потери в трубопроводах можно разделить на два основных типа: потери, связанные с трением,

и локальные потери, возникающие в местах изменения направления потока, сужений и расширений. Потери на трение можно рассчитать по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$H_f = f \cdot DL \cdot 2gv^2$$

где h_f — потери на трение, f — коэффициент трения, L — длина трубопровода, D — диаметр трубопровода, v — скорость потока, g — ускорение свободного падения.

Локальные потери можно оценить с помощью коэффициентов локальных потерь, которые зависят от геометрии трубопровода и типа фитингов.

Влияние диаметра трубопровода

Диаметр трубопровода оказывает значительное влияние на гидравлические потери. Увеличение диаметра приводит к снижению скорости потока, что, в свою очередь, уменьшает потери на трение. Однако увеличение

диаметра также может привести к увеличению стоимости материалов и сложности монтажа. Важно найти оптимальный диаметр, который обеспечит минимальные потери при приемлемых затратах.

Влияние длины трубопровода

Длина трубопровода напрямую влияет на потери на трение. Чем длиннее трубопровод, тем больше потери. Поэтому в проектировании систем водоснабжения необходимо стремиться к минимизации длины трубопроводов, где это возможно, без ущерба для функциональности системы.

Влияние формы и фитингов

Форма трубопровода и наличие фитингов (углов, переходов и т. д.) также существенно влияют на гидравлические потери. Локальные потери, возникающие в местах изменения направления потока, могут значительно увеличивать общие потери в системе. Использование плавных переходов и минимизация количества фитингов может существенно снизить потери.

Численное моделирование

Для более глубокого анализа влияния геометрии трубопроводов на гидравлические потери было проведено численное моделирование с использованием программного обеспечения для гидравлического анализа. Результаты моделирования подтвердили, что оптимизация геометрии трубопроводов может привести к снижению потерь на 15–30 % в зависимости от конфигурации системы.

В ходе исследования влияния геометрии трубопроводов на гидравлические потери в системах водоснабжения было установлено, что правильный выбор параметров трубопроводов является критически важным для обеспечения эффективной работы водоснабжающих систем. Геометрические характеристики, такие как диаметр, длина, форма и наличие фитингов, оказывают значительное влияние на величину гидравлических потерь, что, в свою очередь, сказывается на производительности и экономичности системы.

Диаметр трубопроводов: Увеличение диаметра трубопровода приводит к снижению скорости потока и, соответственно, к уменьшению потерь на трение. Однако необходимо учитывать, что слишком большой диаметр может привести к увеличению капитальных затрат на материалы и монтаж. Оптимизация диаметра трубопровода должна основываться на комплексном анализе, учитывающем как гидравлические, так и экономические аспекты.

Длина трубопроводов: Длина трубопровода прямо пропорциональна потерям на трение. Сокращение длины трубопроводов, где это возможно, может существенно

снизить общие потери. Это подчеркивает важность рационального проектирования и расположения трубопроводных систем.

Форма и фитинги: Локальные потери, возникающие в местах изменения направления потока и при использовании фитингов, могут значительно увеличивать общие гидравлические потери. Использование плавных переходов и минимизация количества фитингов являются важными мерами для снижения потерь.

Численное моделирование: Результаты численного моделирования подтвердили, что оптимизация геометрии трубопроводов может привести к снижению гидравлических потерь на 15–30 %. Это подчеркивает необходимость применения современных методов анализа и проектирования в практике водоснабжения.

Рекомендации по проектированию: на основе полученных данных были разработаны рекомендации по проектированию трубопроводов, включая выбор оптимального диаметра, минимизацию длины и использование эффективных фитингов. Эти рекомендации могут помочь инженерам и проектировщикам в создании более эффективных и экономичных систем водоснабжения.

Результаты данного исследования подчеркивают важность комплексного подхода к проектированию систем водоснабжения, где геометрия трубопроводов играет ключевую роль в определении гидравлических потерь. Оптимизация этих параметров не только улучшает эффективность работы систем, но и способствует снижению эксплуатационных расходов, что является важным аспектом в условиях ограниченных ресурсов и растущих требований к качеству водоснабжения. Дальнейшие исследования в этой области могут сосредоточиться на изучении влияния новых материалов и технологий на гидравлические характеристики трубопроводов, а также на адаптации систем к изменяющимся климатическим условиям.

Заключение

В данной статье было проведено всестороннее исследование влияния геометрии трубопроводов на гидравлические потери в системах водоснабжения. Результаты анализа подтвердили, что геометрические параметры трубопроводов, такие как диаметр, длина, форма и наличие фитингов, играют ключевую роль в определении эффективности работы водоснабжающих систем.

Оптимизация этих параметров позволяет значительно снизить гидравлические потери, что, в свою очередь, ведет к повышению производительности систем и снижению эксплуатационных затрат. Увеличение диаметра трубопроводов и сокращение их длины являются важными мерами для уменьшения потерь на трение. Кроме того, использование плавных переходов и минимизация количества фитингов помогают снизить локальные потери, что также способствует улучшению общей эффективности системы.

Численное моделирование, проведенное в рамках исследования, продемонстрировало, что правильный выбор геометрии трубопроводов может привести к снижению гидравлических потерь на 15–30 %. Это подчеркивает необходимость применения современных методов анализа и проектирования в практике водоснабжения.

В заключение, результаты данного исследования могут быть полезны как для практикующих инженеров, так и для научных работников, занимающихся вопро-

сами гидравлики и проектирования водоснабжающих систем. Рекомендуется продолжить исследования в этой области, включая изучение новых материалов и технологий, а также адаптацию систем к изменяющимся условиям эксплуатации. Оптимизация проектирования трубопроводов не только улучшает качество водоснабжения, но и способствует более рациональному использованию ресурсов, что является важным аспектом в современных условиях.

Литература:

1. Кутузов, А. В. (2018). Гидравлика и гидравлические системы. Москва: Издательство «Наука».
2. Михайлов, И. П. (2020). Основы проектирования систем водоснабжения. Санкт-Петербург: Издательство «Стройиздат».
3. Хомяков, С. Н. (2019). Численные методы в гидравлике. Екатеринбург: Уральский университет.

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Автоматические станции замены аккумуляторов в инфраструктуре современных городов

Горяинова Ольга Эдуардовна, студент магистратуры
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

В статье рассматривается важность электрификации транспортного сектора как ключевого элемента в переходе на устойчивые источники энергии, с акцентом на развитие инфраструктуры для электромобилей. Традиционные методы зарядки электромобилей сталкиваются с проблемами, такими как длительное время зарядки и нехватка зарядных станций, что замедляет их распространение. В ответ на эти вызовы предлагается концепция станций автоматической замены аккумуляторов, которая позволяет быстро заменять разряженные батареи на полностью заряженные, сокращая время ожидания до нескольких минут. Проанализированы различные аспекты проектирования и размещения таких станций, подчеркивая их функциональность и интеграцию в городскую среду в условиях растущей урбанизации.

Ключевые слова: транспорт, электроавтомобиль, батарея, замена аккумулятора, зарядная станция, инфраструктура.

Введение

Транспортный сектор занимает одну из ключевых позиций среди мировых потребителей энергии, составляя около одной трети общего потребления. Традиционная транспортная система, основанная на двигателях внутреннего сгорания, является основным источником загрязнения воздуха и выбросов парниковых газов.

В настоящее время ряд стран внедряет политику энергетического перехода, направленную на достижение целей по снижению углеродных выбросов и декарбонизации транспортной системы, а также на оптимизацию структуры потребления электроэнергии. Электромобили становятся всё более распространёнными, поскольку они играют важную роль в этом переходе, выступая в качестве перспективного решения для хранения прерывистой энергии, получаемой из возобновляемых источников. В этом контексте исследования электромобилей рассматриваются как безопасная альтернатива.

Во всем мире электромобили получили широкое распространение за последние десять лет. И в России рынок электромобилей демонстрирует динамичное развитие. Российский парк достиг 37,8 тыс. единиц в 2023 г., продемонстрировав совокупный среднегодовой темп роста в 134,8 % (2015–2023 гг.). По итогам 2023 г. в России было реализовано 14 тыс. новых электромобилей. Это в 4,7 раза (или на 369,9 %) больше, чем годом ранее. В январе — феврале 2024 г. было продано 3 390 электромобилей, что в 3,7 раза больше, чем за аналогичный период 2023 г. [10].

С увеличением количества электромобилей на дорогах становится всё сложнее управлять их зарядкой

и разрядкой в короткие сроки. Неправильная интеграция электромобилей в энергосистему может привести к проблемам с контролем, управлением и функционированием этой системы, а также создать новые пики нагрузки, угрожающие её стабильности. Координация этих процессов минимизирует негативное воздействие электромобилей на энергосистему. Электромобили могут эффективно использовать возобновляемые источники энергии, заряжаясь в периоды низкой нагрузки, когда выработка возобновляемой энергии высока, и разряжаясь в часы пикового потребления. Кроме того, управление зарядкой и разрядкой электромобилей помогает предотвратить перегрузку трансформаторов и линий электропередачи, что защищает оборудование от преждевременного износа.

Но несмотря на то, что электромобили стремительно завоевывают популярность, некоторые потенциальные покупатели испытывают сомнения из-за связанных с ними проблем. Одной из таких проблем является длительное время зарядки. Заправка бензинового автомобиля занимает менее пяти минут, тогда как самое быстрое доступное зарядное устройство для электромобилей может зарядить аккумулятор до 80 % всего за 30 минут. Одним из новых решений проблемы медленной зарядки является замена аккумуляторов [4].

В данной статье исследуется потенциал создания станций быстрой зарядки для электромобилей с возможностью замены батарей, что может стать аналогом традиционных автозаправочных станций.

С точки зрения промышленного дизайна, внимание уделяется важности функциональности проектирования и внедрения в среду таких станций. Рассматривается, как

дизайн может влиять на восприятие пользователями, удобство эксплуатации и интеграцию с городской средой.

Станция замены аккумуляторов

1. Станция замены аккумуляторов — это место, где владельцы электромобилей могут быстро заменить разряженный аккумулятор на полностью заряженный (рис. 1). Эта концепция была предложена в качестве нового метода устранения препятствий, связанных с традиционными методами зарядки.

Сервис Evogo (рис. 2 а) от компании CATL предлагает модульную систему замены аккумуляторов, ориентированную на удобство и скорость обслуживания. Дизайн станций минималистичный, что может позволить вписываться в городские ландшафты. Однако, если станции будут расположены в малозаметных местах, это может снизить спрос на сервис. Компания Beijing Automotive Group с сервисом Blue Park Smart Technology (рис.2 б) сосредоточилась на умных технологиях и автоматизации [2]. Дизайн станции функционален, с акцентом на технологичность. Сервис Power Swap от компании NIO выделяется своим элегантным и современным дизайном, который акцентирует внимание на пользовательском опыте. Дизайн станций компания Ample акцентирует внимание на компактности и функциональности. Важно, чтобы дизайн станций не только соответствовал современным стандартам, но и учитывал потребности пользователей, обеспечивая удобство, доступность и интеграцию в городскую среду.

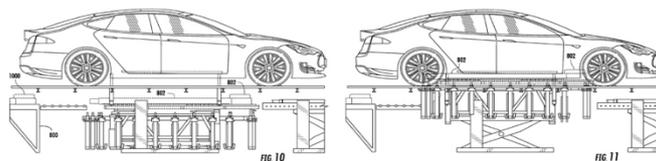


Рис. 1. Принцип автоматической замены аккумуляторов

Замена аккумулятора

Замена аккумулятора является одним из самых быстрых способов получения полностью заряженного аккумулятора для электромобиля. Этот подход значительно сокращает время зарядки для владельца и приносит пользу самой станции, позволяя эффективно управлять процессами зарядки, разрядки и замены аккумуляторов (рис.3). Оптимальное управление этими процессами на станции также способствует повышению эффективности работы и общей производительности энергосистемы [6].

Процесс работы станции по замене аккумуляторов включает несколько ключевых этапов:

- На входе каждый электромобиль имеет один полностью заряженный аккумулятор, а разряженный аккумулятор соединяется со станцией;
- Внутри зарядной станции батареи подключаются к микросети для оптимизации процесса зарядки, при этом регулируются мощности зарядки и разрядки;
- На станции всегда должно быть достаточное количество полностью заряженных аккумуляторов для обслуживания прибывающих электромобилей. Если в момент времени «t» на станцию приезжают «n» электромобилей, система управления энергией должна обеспечить зарядку «n» электромобилей в момент времени «t-1» и сохранить их полностью заряженными для обслуживания в момент времени «t». Эти электромобили не разряжаются и не участвуют в управлении энергией, так как должны быть готовы к следующей подзарядке;



Рис. 2. Станции автоматической замены аккумуляторов а) Компания CATL сервис Evogo; б) Компания Beijing Automotive Group сервис Blue Park Smart Technology; в) Компания NIO сервис Power Swap; г) Компания Ample

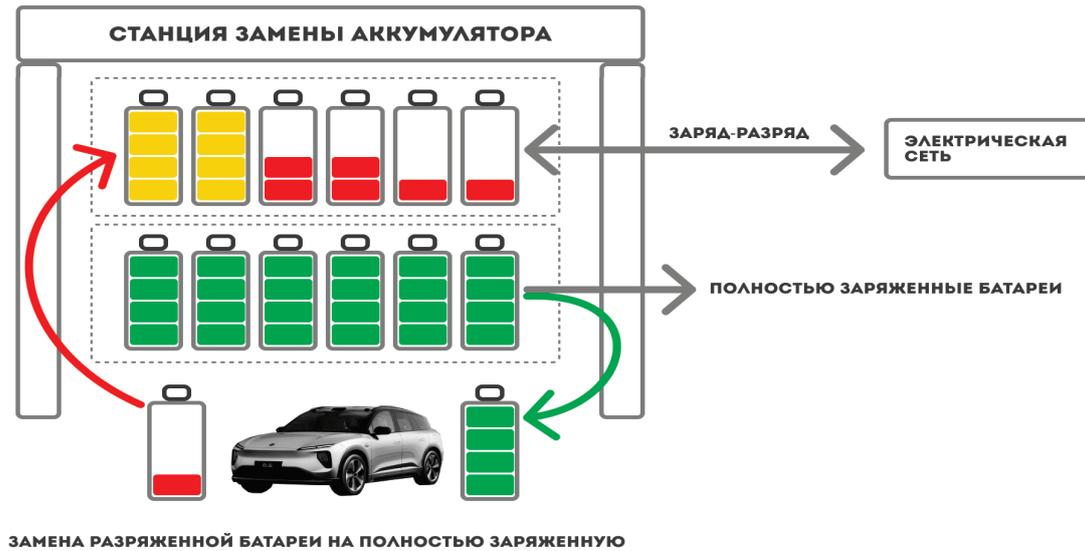


Рис. 3. Работа станции для замены аккумуляторов

– При замене аккумуляторов мощность заменяемого и нового разряженного аккумулятора устанавливается на ноль, поскольку они не подключены к электросети;

– Общее количество аккумуляторов на станции должно превышать максимальное количество электромобилей, ожидаемых за определённый период.

Оптимальное размещение станции зарядки электромобилей

Размещение и определение размеров станции зарядки электромобилей признано одной из самых сложных проблем, связанных с перезарядкой, из-за возросшего использования транспортных средств, работающих на альтернативных видах топлива, а также ограниченного диапазона и ограниченного доступа к зарядным станциям [5]. Однако, надлежащая реализация в основном важна для снижения потерь энергии в электросетях и электромобилях, а также для удовлетворения возросшего спроса на зарядку, одновременно улучшая устойчивое планирование городских инфраструктур [9]. В разных источниках литературы было представлено множество практичных и эффективных методов с точки зрения вычислительных затрат для исследования и улучшения стратегий размещения станций зарядки электромобилей [7].

Например, Садеги-Барзани и др. [3] использовали подход смешанной целочисленной нелинейной оптимизации для выбора оптимального местоположения и размера станций быстрой зарядки с учетом потерь энергии электромобилей, потерь в электросети и городских дорог. Результаты показали надежность и эффективность предлагаемого подхода для выбора оптимального местоположения и мощности зарядных станций.

Согласно их выводам, соответствующая инфраструктура зарядки для поддержки полностью электрического

парка такси из 17 395 транспортных средств в таком крупном городе, как Стамбул, должна включать приблизительно 1 363–1 834 зарядных станций, в зависимости от стратегии развертывания. Они также показывают, что небольшие изменения в количестве зарядных станций (менее 1 300 зарядных станций в этом исследовании) приведут к значительным изменениям в доступности зарядки такси и надежности услуг такси [8].

Вывод

В ходе исследования стало очевидно, что на данный момент самым оптимальным пользовательским сектором зарядок со сменой батареи будет общественный транспорт и такси, так как пользователи автомобилей пока не готовы к рискам о постоянной смене батареи на личном транспорте и так же производителю сложно будет унифицировать станцию под разные виды батарей.

Влияния внедрения станций смены батарей на городскую мобильность и экологическую устойчивость станет важным аспектом для городских планировщиков. Эффективность работы автобусной системы с точки зрения её пропускной способности и энергопотребления в основном определяется размером автопарка, а также расположением депо и соответствующих объектов.

Проанализировав конкурентов зарядных станций (рис.2), лучшим из аналогов является проект компании Nio. Его можно рассматривать как успешный пример с точки зрения промышленного и среднего дизайна по нескольким причинам. Во-первых, станции Nio имеют современный и минималистичный дизайн, что делает их визуально привлекательными и гармонирующими с городской средой. Использование чистых линий и современных материалов создает впечатление высоких технологий. Кроме того, процесс замены аккумулятора автоматизирован, что минимизирует время обслуживания и делает

его простым для пользователей. Во-вторых, станции Nio спроектированы так, чтобы занимать минимальное пространство, что делает их подходящими для установки в городских условиях, где пространство ограничено. Си-

стема замены аккумуляторов позволяет уменьшить зависимость от традиционных зарядных станций, что может быть особенно полезно в густонаселенных городах с ограниченной инфраструктурой зарядки.

Литература:

1. Видманов, Д., Алфимцев, А. «Адаптация пользовательского интерфейса мобильного устройства на основе модели вознаграждения за удобство использования и многоагентного обучения с подкреплением», REEPE 2023, 2023.
2. Лабунец, Л., «Интеллектуальный анализ импульсного RCS для распознавания 3D объектов с помощью оптической системы позиционирования», Труды SPIE, 2023.
3. Локтев, Д.А., Локтев, А.А., Сальникова, А.В., Фоллагабер, А.Н., Слепнева, М.А. «Моделирование размытия изображения для оценки поведения реальных объектов системами мониторинга», Материалы 5-й Международной молодежной конференции по радиоэлектронике, электротехнике и энергетике 2023 г. — С. 1–6, 2023.
4. Малозёмов, Б.В., Мартюшев, Н.В., Кукарцев, В.В., Конюхов, В.Ю., Опарина, Т.А., Севрюгина, Н.С., Гозбенко, В.Е., Кондратьев, В.В. «Определение эксплуатационных характеристик тяговой батареи в электромобиле», World Electric Vehicle Journal, 2024.
5. Мохаммед А., Саиф О., Або-Адма М., «Многокритериальная оптимизация для определения размеров и размещения зарядных станций для электромобилей с учетом комплексных неопределенностей», Energy Inform, 131, 2024.
6. Чжань, Ц., Чжан, С., Тянь, Г., Фам, Д.Т., Иванов, М., Александров, А., Фу, Ц., Чжан, Дж., Ву, З. «Экологически ориентированное планирование демонтажа аккумуляторов транспортных средств с истекшим сроком службы на основе усовершенствованного алгоритма оптимизации», Environmental Science and Pollution Research, 2023.
7. Ma, TY., Fang, Y. «Survey of charging management and infrastructure planning for electrified demand-responsive transport systems: Methodologies and recent developments» Eur. Transp. Res. Rev. 14, 36, 2022.
8. Viswanathan S., Appel J., Chang L., «Development of an assessment model for predicting public electric vehicle charging stations», Eur. Transp. Res. Rev. 10, 54, 2018.
9. Payam S. B., Abbas R. G. «Optimal fast charging station placing and sizing», 2014.
10. Анализ российского рынка электромобилей [Электронный ресурс]. URL: https://strategy.ru/media/uploads/2024/04/Анализ_российского_рынка_электромобилей.pdf (дата обращения: 04.12.2024)

Молодой ученый

Международный научный журнал
№ 4 (555) / 2025

Выпускающий редактор Г. А. Письменная
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова
Художник Е. А. Шишков
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 05.02.2025. Дата выхода в свет: 12.02.2025.

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.