

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



21 2021
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 21 (363) / 2021

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук
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)
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)
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
Рахронов Азиз Боситович, доктор философии (PhD) по педагогическим наукам (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)
Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (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 Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, декан (Узбекистан)
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)
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 *Лев Семенович Понтрягин* (1908–1988), советский математик.

Лев Семенович внес значительный вклад в алгебраическую и дифференциальную топологию, теорию колебаний, вариационное исчисление, теорию управления. В теории управления Понтрягин — создатель математической теории оптимальных процессов, в основе которой лежит так называемый принцип максимума Понтрягина; имеет фундаментальные результаты по дифференциальным играм. Работы школы Понтрягина оказали большое влияние на развитие теории управления и вариационного исчисления во всем мире.

Понтрягин родился в Москве, в семье служащего; отец — счетовод, мать — портниха. Биография Льва Семеновича является живым примером вдохновенного труда, несгибаемой воли, железного упорства и могущества человека.

В одной из статей академик Игорь Ростиславович Шафаревич пишет: «Громадную роль в жизни Понтрягина сыграла, конечно, трагедия, пережитая им в возрасте 13 лет: он пытался починить примус, тот взорвался, и в результате ожогов и неудачного лечения Понтрягин полностью ослеп. И наиболее характерно для Понтрягина то, как он нечеловеческим напряжением воли преодолел эту трагедию. Он просто отказался ее признать. Он никогда не пользовался никакой техникой, предназначенной для слепых. Всегда пытался ходить сам, без сопровождения других. В результате у него обычно на лице всегда были ссадины и царапины. Он научился кататься на коньках, на лыжах, плавал на байдарке. Представьте себе, каково было учиться студенту, который не мог записывать лекций! Он как-то сказал: «Я потерял сон в 20 лет. Я запоминал все лекции, которые за день прослушал в университете, а всю ночь курил и восстанавливал их в памяти». Или каково ему было хотя бы ежедневно добираться до университета. Понтрягин пишет: «Сама поездка в трамвае была мучительна... Были случаи, когда кондуктор внезапно объявлял: «Прошу граждан покинуть вагон, трамвай дальше не идет». Это для меня означало необходимость поисков другого трамвая в совершенно неизвестном для меня месте, что я сделать один не мог. Приходилось кого-нибудь просить о помощи». Пожалуй, самое трудное, что Понтрягин сделал, — это преодолел чувство ущербности, недостаточности, которое могло бы возникнуть в результате его несчастья. Он никогда не производил впечатления несчастного, страдальца. Наоборот, жизнь его была предельно напряженной, полной борьбы и побед».

Беда усугубилась тем, что вся эта история с примусом произошла на глазах отца Львы. Его здоровье не справились с этим кошмаром — вскоре он скончался. И сын при

поддержке матери принялся обживать новый мир незрячего человека.

Лева продолжал ходить в обычную школу. Но настоящая работа была дома — освоение математических премудростей (он сам выбрал эту науку). Мать прочитывала сыну приблизительно по сотне страниц в день. Тех самых страниц с формулами. Обнаружилось, что лучшие математические книги написаны на немецком, и Татьяна Андреевна с нуля выучила немецкий. Лева его более или менее знал еще по школьным занятиям. В результате он окончил школу с золотой медалью и поступил в Московский университет на физико-математический факультет, затем благополучно получил диплом и пошел в аспирантуру к знаменитому Павлу Сергеевичу Александрову.

Лев Семенович из принципа не пользовался тяжелыми томами, написанными шрифтом Брайля. Очень любил танцы. Еще студентом как-то поразил аудиторию. Прервал лекцию профессора Бухгольца громкой фразой: «Профессор, вы ошиблись в чертеже». Он слушал стук мела о доску, и в какой-то момент обнаружил несоответствие реальных звуков и тех, что раздавались у него в голове.

Однако даже родная мать, та самая, благодаря которой Лев Семенович и состоялся как ученый, с годами стала создавать проблемы. Взрослому ученому хотелось завести семью. Она же всеми правдами и неправдами отгоняла от сына потенциальных невест. В результате оба брака (первую невесту подобрала лично Татьяна Андреевна, вторую Лев Семенович нашел сам) вышли несчастливими, давали больше нервотрепки и проблем, чем счастья и отдохновения.

В семидесятые Лев Семенович сделался «общественником». Писал в журнале «Коммунист» о неудачном реформировании преподавания математики в школе. Академик лучше многих понимал, что математика и без того сложна, чтобы усложнять ее сверх меры, да еще и школьникам. К нему прислушались. Учебники переписали. Он также выступал против поворота сибирских рек (была такая сумасшедшая идея). Исключительно с позиций математики он доказал необоснованность расчетов. И тут к нему тоже прислушались.

К концу жизни у математика начались проблемы со здоровьем. По настоянию своей второй жены Лев Семенович сделался вегетарианцем, почти полностью перешел на сыроедение, и проблемы отступили. Но вечной жизни не бывает, и академик Понтрягин скончался. Его похоронили на Новодевичьем кладбище. В честь него назвали астероид и улицу в Москве, а также установили два бюста. Один из этих бюстов находится в Российской государственной библиотеке для слепых.

Екатерина Осянина, ответственный редактор

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

- Анненков К. В.**
Ускоряющее напряжение1

ХИМИЯ

- Зотов Ю. Л., Черного С. А.**
Повышение эффективности использования тепловой энергии в производстве хлорпарафина марки ХП-470 4
- Зотов Ю. Л., Черного С. А.**
Расчет возможности теплосъема реактором-хлоратором в производстве хлорированного парафина марки ХП-4707
- Хоршева А. В., Зотов Ю. Л.**
Совершенствование технологического процесса производства хлорпарафина марки ХП-66Т..... 9

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Абсалык Г. О., Кочкин А. М.**
Имитационное моделирование насосной установки в режиме останова насоса 12
- Габбасов С. С.**
Твердотопливный котел пиролизного горения .. 16
- Грищенко А. М.**
Зарубежный опыт эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий 21
- Гусаров А. В.**
Основы построения метеорологических станций для сельского хозяйства..... 24
- Жилякова А. Е.**
Жидкие кристаллы, область применения и их свойства..... 27

- Замиралова Е. О.**
Исследование изменений в работе каркаса металлического большепролетного геодезического купола при различных способах монтажа28
- Ибрагимов У. Х., Аванесов Т. Р.**
Утилизация теплоты отработанного газа и воздуха в конвективных сушильных установках с помощью теплового насоса 31
- Ибрагимов У. Х., Аванесов Т. Р.**
Утилизация теплоты в процессах ректификации с помощью теплонасосной установки. Часть 1..33
- Ибрагимов У. Х., Аванесов Т. Р.**
Утилизация теплоты в процессах ректификации с помощью теплонасосной установки. Часть 2..35
- Садыков В. Ф.**
Применение комбинированной системы электрообогрева промышленных трубопроводов на вновь вводимых объектах подготовки и перекачки нефти38
- Семененко А. А., Фоминых В. А.**
Внедрение рентгеновских систем досмотра груза как мера повышения безопасности перевозочного процесса39
- Семенов А. С., Максимов А. С., Бесфамильная Е. М., Талмазова Д. В.**
Технологии 3D-печати в пищевой промышленности 41
- Ситдииков Э. Т.**
Оптимальная настройка реклоузера с учетом надежности и качества электроэнергии в распределительных сетях.....43

Стариков В. М., Тарасова Т. А.

Лабораторные исследования тепловых полей при деформации шины, взаимодействующей с твердой плоской опорой, при комбинированном нагружении45

Сусликов М. Р.

Анализ водорода как добавки к углеводородному топливу.....49

Тарасов Е. Д.

Применение электрохимических покрытий. Теоретические основы электрохимической металлизации53

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Бурдин Д. С.

Учет физической нелинейности при расчете зданий и сооружений на устойчивость к прогрессирующему обрушению56

Воронина Л. А., Туркенич В. К.

Особенности и анализ рынка услуг дизайна интерьера в России 62

Истратий И. М.

Анализ надежности и риска эксплуатации морской буровой платформы «Беркут» при ледовых воздействиях 64

Покуль В. О., Туркенич В. К.

Анализ потребительских предпочтений в области дизайна интерьера70

Прудкова А. Е., Орлова А. Ю.

Методология принципов формирования проектирования общественных территорий..... 74

Прудкова А. Е., Орлова А. Ю.

Программное обеспечение моделирования в условиях подтопления территории (для Зеленого острова Ростовской области) 77

ФИЗИКА

Ускоряющее напряжение

Анненков Константин Викторович, студент
Курский государственный университет

В статье автор рассматривает понятие ускоряющего напряжения, способы его получения и сферы применения.

Ключевые слова: ускоряющее напряжение, электронная микроскопия.

Ускоряющее напряжение — это разность потенциалов, определяющая энергию электронов в осветительной системе электронного микроскопа. [1]

Выражаясь другими словами, это напряжение для ускорения электронов, которые вылетают из электронной пушки и освещают образец. Или же это разность потенциалов между нитью накала (катодом) и анодом, которая ускоряет электронный луч по направлению к аноду.

Чем выше ускоряющее напряжение, тем лучше пространственное разрешение электронного микроскопа.

Основной способ получения электронов — это термоэлектронная эмиссия с поверхности нагретого катода и последующее формирование пучка с помощью электромаг-

нитных линз. Соответственно, основная часть источника электронов — катод, активная поверхность которого эмитирует электроны.

Источник представляет собой, фактически, катодную линзу, форма и положение электродов которой определяются методами электронной оптики. Электрическое поле в промежутке катод-анод ускоряет электроны, фокусирует их и через выходную диафрагму направляет в ускоряющую камеру. Типичные значения ускоряющего напряжения составляют 10-100 кВ.

Другим распространённым способом являются умножители напряжения. Умножители напряжения — это схемы, предназначенные для бестрансформаторного увеличения уровня напряжения. Данные схемы совмещают

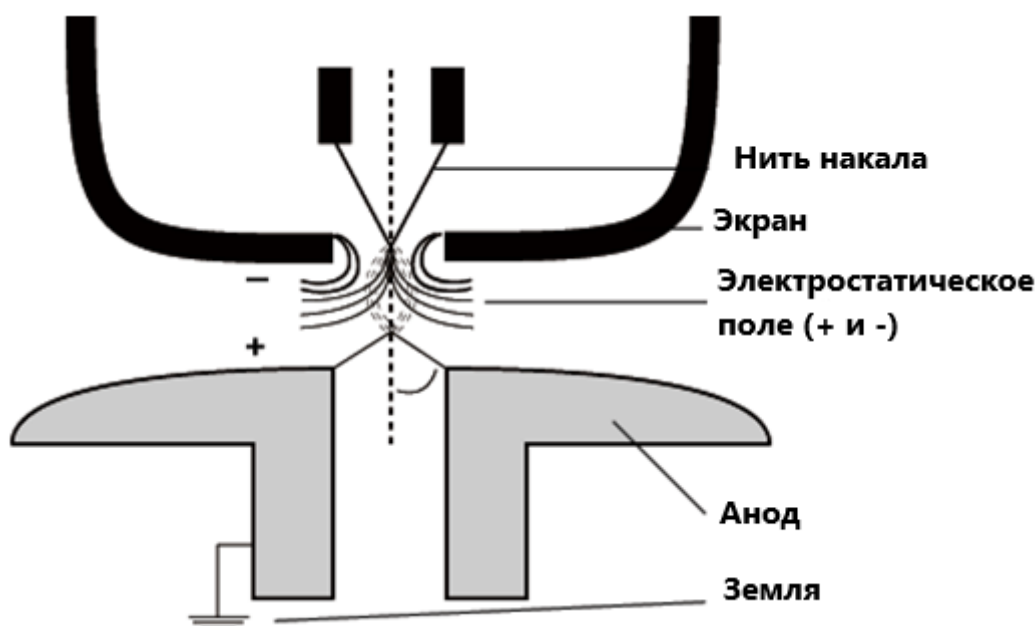


Рис. 1. Схема электронной пушки

в себе сразу две функции: само умножение напряжения и его выпрямление.

Применяется данная схема в тех случаях, когда наличие дополнительных повышающих трансформаторов нежелательно, или они не способны обеспечить требуемый уровень напряжения, так как при достаточно высоких уровнях напряжения высока вероятность пробоя между витками вторичной обмотки трансформатора. [2]

Основными элементами умножителя являются конденсатор и диод, что определяет принцип, лежащий в основе их работы — свойство однофазного однополупериодного выпрямителя, работающего на емкостную нагрузку. На рисунке 2 показана схема несимметричного удвоителя напряжения, которая представляет собой два соединенных однофазных выпрямителя.

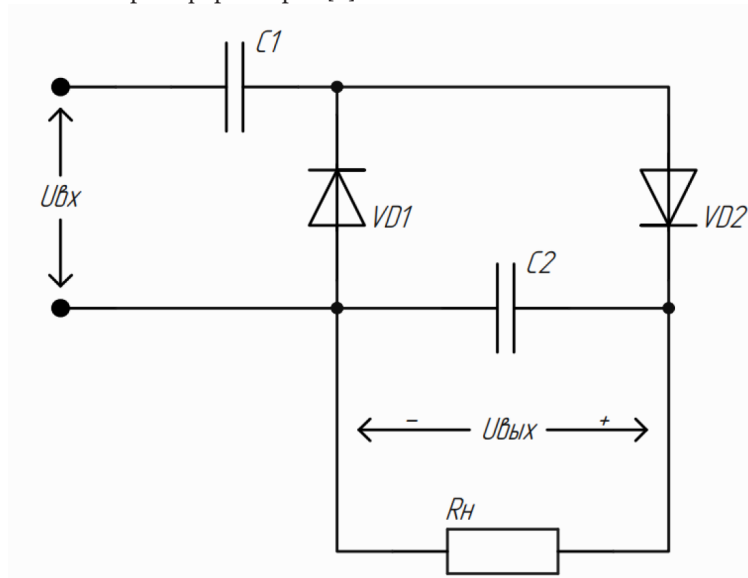


Рис. 2. Схема несимметричного умножителя напряжения

В течение отрицательного полупериода конденсатор C1 заряжается от источника переменного напряжения до амплитудного значения; в течение положительной полуволны к конденсатору C2 прикладывается суммарное напряжение источника питания и конденсатора C2, и за нескольких периодов он заряжается до удвоенного напряжения. Коэффициент умножения можно увеличивать, наращивая количество звеньев умножителя. При малых значениях n выходное напряжение растет почти пропорционально числу каскадов. Выходное напряжение несимметричного умножителя из n звеньев определяется из следующего выражения:

$$U_{\text{вых}} = 2n \cdot U_{\text{вхmax}} - \frac{I_{\text{н}}}{fC} \left(\frac{2}{3}n^3 + \frac{1}{4}n^2 - \frac{1}{6}n \right), \quad (1)$$

Где $U_{\text{вых}}$ — напряжение на выходе умножителя, [В];
 $U_{\text{вхmax}}$ — амплитуда входного напряжения, [В];
 n — количество звеньев умножителя;

$I_{\text{н}}$ — ток через нагрузку, [мкА];
 f — частота входного напряжения, [Гц];
 C — набранная емкость конденсаторов, [мкФ].

При увеличении n рост замедляется и затем вообще прекращается. Предельное значение n для схемы симметричного умножителя можно найти по формуле:

$$n = 2 \sqrt{\frac{fCU_{\text{вхmax}}}{I_{\text{н}}}}, \quad (2)$$

Существует возможность ускорения частиц квазистатическим (мало меняющимся за время пролета частицы) электрическим полем. Для этого используется вихревое электрическое поле, возникающее при изменении во времени магнитного поля. Очевидно, что описываемая схема представляет собой трансформатор, у которого первичная обмотка — это обмотка возбуждения магнитного поля, а вторичная обмотка — пучок ускоряемых частиц.

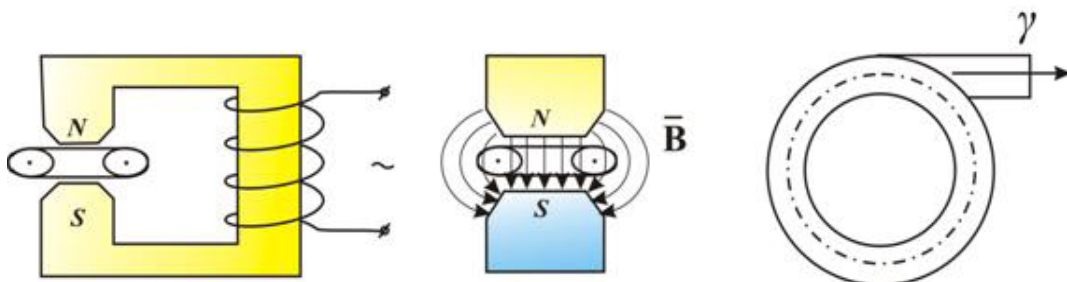


Рис. 3. Схема трансформатора

Недостатком этой схемы является малая величина ускоряющего поля ~ 10 кВ/см.

Электронный микроскоп — это прибор, позволяющий получать изображение объектов с максимальным увеличением до 10^6 раз, благодаря использованию пучка электронов с энергиями от 200 эВ, до 400 кэВ и более. [3]

Длина волны де Бройля электронов, ускоренных в электрическом поле с разностью потенциалов 1000 В,

равна $0,4 \text{ \AA}$, что намного меньше длины волны видимого света. Вследствие этого, разрешающая способность электронного микроскопа в более чем 10000 раз может превосходить разрешение традиционного оптического микроскопа. Для получения изображения в электронном микроскопе используются специальные магнитные линзы, управляющие движением электронов в колонне прибора при помощи электромагнитного поля.

Таблица 1. **Виды и типичные напряжения электронной микроскопии**

	Просвечивающая электронная микроскопия	Просвечивающая растровая (сканирующая) электронная микроскопия	Растровая (сканирующая) электронная микроскопия
Напряжение, В	от 80 до 200 кВ	от 1 до 30-50 кВ	от 1 до 30-50 кВ

Технология электронно-лучевой сварки основана на преобразовании кинетической энергии, вырабатываемой при движении электронов в тепловую энергию, необходимую для плавления металлической крошки. Скорость электронного потока, а значит и величина кинетической энергии, напрямую зависит от приложенной разности потенциалов (напряжения), которая может достигать 100 кВ. Сфокусированный в небольшой пучок луч при касании поверхности материала обеспечивает сверхвысокую плотность мощности, в результате чего электроны могут проникать в металл на определенную глубину. Именно во время такого проникновения электрон отдает накопленную энергию, что приводит к нагреву и плавлению места контакта. [4]

Основными конструктивными элементами рентгеновской трубки являются металлические катод

и анод (ранее называвшийся также *антикатодом*). Катод при нагревании испускает электроны. Далее из-за большой разности потенциалов между катодом и анодом (десятки — сотни киловольт) поток электронов ускоряется и приобретает большую энергию. Полученный ускоренный пучок электронов попадает на положительно заряженный анод. Достигая анода, электроны испытывают резкое торможение, моментально теряя большую часть приобретённой энергии. При этом возникает тормозное излучение рентгеновского диапазона. Типичные значения анодного напряжения в медицинских трубках для рентгенографии — 60-80 кВ. Для рентгенотерапии применяются трубки с анодным напряжением более 100 кВ для получения более жёсткого излучения. [5]

Литература:

1. ГОСТ 21006-75. Микроскопы электронные. Термины, определения и буквенные обозначения. Сб. стандартов. — М.: Стандартинформ, 2005. — 10 с.
2. Умножитель напряжения. — Текст: электронный // Электрик-220: [сайт]. — URL: https://electric-220.ru/news/umnozhitel_naprjazhenija/2018-02-09-1453 (дата обращения: 06.05.2021).
3. Стоянов, П. А. Электронный микроскоп/П. А. Стоянов. — Текст: электронный // Большая российская энциклопедия: [сайт]. — URL: <https://bigenc.ru/physics/text/4929779> (дата обращения: 10.05.2021).
4. Чайка, Н. К. Инвенторный источник ускоряющего напряжения для установок электронно-лучевой сварки/Н. К. Чайка. — Текст: непосредственный // Автоматическая сварка. — 2009. — № 6. — с. 47-52.
5. Рентгеновская трубка. — Текст: электронный // Неразрушающий контроль: [сайт]. — URL: https://ncontrol.ru/blog/azbuka_kontrolya/rentgenovskaya_trubka (дата обращения: 15.05.2021).

ХИМИЯ

Повышение эффективности использования тепловой энергии в производстве хлорпарафина марки ХП-470

Зотов Юрий Львович, доктор химических наук, профессор;
Черного Сергей Андреевич, студент магистратуры
Волгоградский государственный технический университет

В статье рассматривается проблема энергоёмкости процесса получения хлорированного парафина марки ХП-470 и предлагается один из путей её решения.

Ключевые слова: хлорпарафины, ХП-470, хлорированные парафины.

Парафин хлорированный марки ХП-470 применяется в промышленности в качестве вторичного пластификатора в ПВХ композициях, различного назначения. Хлорпарафин марки ХП-470 является дешевым заменителем дорогих пластификаторов, например, диоктилфталата (ДОФ) и дибутилфталата (ДБФ). Снижение себестоимости хлорпарафина приведет к повышению его конкурентоспособности на современном рынке.

Одним из путей снижения себестоимости является улучшение использования энергоресурсов в процессе производства.

С целью совершенствования технологии производства ХП-470 предлагается использовать тепло, выделяемое при реакции хлорирования парафинов и снимаемое оборотной водой в реакторе хлорирования, для подогрева хлора испаренного перед его подачей на стадию хлорирования.

Блок-схема предлагаемого усовершенствования представлена на рисунке 1.

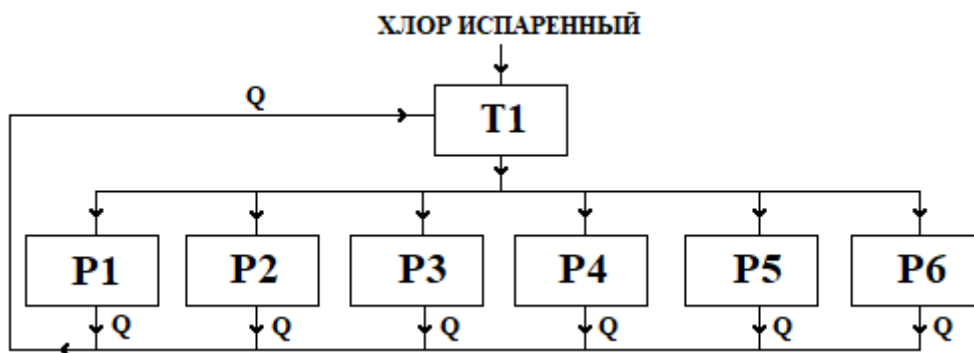


Рис. 1. Блок-схема повышения энергоэффективности технологии производства ХП-470
P1, P2, P3, P4, P5, P6 — реакторы хлорирования, Т1 — теплообменник типа «труба в трубе»

На производстве-аналоге синтез ХП-470 является периодическим процессом и осуществляется параллельно в шести конструктивно одинаковых аппаратах P1, P2, P3, P4, P5 и P6. В теплообменник позиции Т1 поступает предварительно испаренный хлор, для поддержания температуры хлора испаренного 5-50 °С до подачи в реакторы хлорирования. После загрузки парафина в реакторы хлорирования начинает подаваться испаренный хлор, предварительно подогреваемый в теплообменнике позиции Т1. Предлагаемое улучшение заключается в том, что после начала реакции хлорирования в реакторах позиции P1 — P6, тепло, выделяемое в ходе реакции, поступает с водой оборотной в теплообменник Т1 для подогрева хлора испаренного. Материальный баланс на одну операцию для одного реактора представлен в таблице 1.

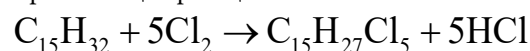
Таблица 1. Материальный баланс на операцию процесса для одного реактора [1]

Вещество	кмоль/оп	% мольн.	кг/оп	% масс.
Приход				
C ₁₅ H ₃₂	16,13	16,42	3419,66	36,97
Cl ₂	82,13	83,58	5831,23	63,03
Итого:	98,26	100,00	9250,89	100,00
Расход				
C ₁₅ H ₂₇ Cl ₅	16,13	16,42	6201,985	67,04
HCl	80,65	82,07	2943,725	31,82
Cl ₂ Непрореаг.	1,48	1,51	105,09	1,14
Итого:	98,26	100,00	9250,89	100,00

На основании материального баланса был произведен тепловой расчет на одну операцию синтеза ХП-470 для одного реактора хлорирования.

Тепловой баланс процесса получения хлорпарафина ХП-470

Протекающие реакции:



Q = 25,5 ккал (106,6 кДж) на каждый внедренный атом хлора. Начальные температуры поступающих в реактор веществ:

Парафин при T_{пар} = 90 °C = 363° K

Хлор T_{Cl₂} = 50 °C = 323°K

Температура проведения процесса T₂ = 100 °C = 373 ° K

Таблица 2. Термодинамические константы веществ: [2]

Вещество	C _p = f(T)				ΔH ₂₉₈ ⁰ , кДж/моль
	a	b · 10 ³	c · 10 ⁶	c' · 10 ⁻⁵	
C ₁₅ H ₃₂	25,57	1247,93	-607,93	-	-
Хлор	37,03	0,67	-	-2,85	278,81
хлористый водород	26,53	4,6	-	1,09	-92,31
хлорпарафин	95,87	797,28	-450,65	-	-

Приход:

Рассчитаем количество теплоты, приносимое веществами.

С парафином:

$$Q_{\text{пар}} = Y_{\text{пар}} (a \cdot T_1 + b \cdot T_1 + c \cdot T_1^2) T_1 = 2,33 \cdot 10^9 \text{ Дж / оп}$$

С хлором:

$$Q_{Cl_2} = Y_{Cl_2} (a \cdot T_1 + b \cdot T_1 + c \cdot T_1^2) T_1 = 1,05 \cdot 10^9 \text{ Дж / оп}$$

Тогда суммарно приносится исходными веществами:

$$\Sigma Q = Q_{\text{пар}} + Q_{Cl_2} = 3,38 \cdot 10^9 \text{ Дж / оп}$$

Вычислим тепловой эффект протекающей реакции.

В связи с наличием экспериментальных данных о тепловом эффекте химической реакции, примем что H₁ = 25,5 ккал/моль (106,6 кДж/моль) на каждый внедренный моль хлора.

Тогда количество тепла, выделившееся в ходе протекания химической реакции, будет равно:

$$H_T = H_1 \cdot 5 \cdot Y_{\text{пар}} = 106,6 \cdot 5 \cdot 1,613 = 8,597 \cdot 10^9 \text{ Дж / оп}$$

Тогда суммарный приход тепла составит:

$$\Sigma Q_{\text{прих}} = \Sigma Q + H_T = 1,198 \cdot 10^{10} \text{ Дж / оп}$$

Расход:

Рассчитаем количество тепла, уходящее с продуктами реакции и не прореагировавшими компонентами:

С хлором:

$$Q'_{\text{Cl}_2} = Y'_{\text{Cl}_2} (a \cdot T_2 + b \cdot T_2 + c \cdot T_2^2) T_2 = 1,94 \cdot 10^7 \text{ Дж / оп}$$

С хлорпарафином:

$$Q'_{\text{ХП}} = Y'_{\text{ХП}} C_{p,\text{ХП}} T_2 = 1,99 \cdot 10^9 \text{ Дж / оп}$$

С хлороводородом:

$$Q'_{\text{HCl}} = Y'_{\text{HCl}} (a \cdot T_2 + b \cdot T_2 + c \cdot T_2^2) T_2 = 8,73 \cdot 10^8 \text{ Дж / оп}$$

Тогда всего тепла уносится из зоны реакции вместе с продуктами:

$$\Sigma Q' = 2,88 \cdot 10^9 \text{ Дж / оп}$$

Количество теплоты, затраченное на нагрев исходных веществ до температуры реакции составит:

На нагревание парафина:

$$Q_{\text{пар,2}} = Y_{\text{пар}} C_p (T_2 - T_1) = 6,43 \cdot 10^7 \text{ Дж / оп}$$

Хлора:

$$Q_{\text{Cl}_2,2} = Y_{\text{Cl}_2} C_p (T_2 - T_1) = 2,88 \cdot 10^7 \text{ Дж / оп}$$

Таким образом, суммарно тратится на нагрев реагентов:

$$\Sigma Q_{\text{нагр}} = Q_{\text{пар,2}} + Q_{\text{Cl}_2,2} = 9,31 \cdot 10^7 \text{ Дж / оп}$$

Примем, что потери тепла в окружающую среду, составят 3 %, то:

$$Q_{\text{потерь}} = Q_{\text{прих}} \cdot 0,03 = 1,198 \cdot 10^{10} \cdot 0,03 = 3,59 \cdot 10^8$$

Суммарный расход тепла составит:

$$\Sigma Q_{\text{расх}} = Q_{\text{унос}} + \Sigma Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{потерь}} = 3,33 \cdot 10^9 \text{ Дж / оп}$$

Тепловая нагрузка на реактор:

$$Q_F = Q_{\text{прих}} - Q_{\text{расх}} = 8,65 \cdot 10^9 \text{ Дж / оп} \text{ — количество тепла, которое нужно отвести от реактора.}$$

Таблица 3. Тепловой баланс процесса получения ХП-470

Приход			Расход		
Тепловой поток	Дж/оп	%	Тепловой поток	Дж/оп	%
H_T	$8,597 \cdot 10^9$	79,3	$\Sigma Q'$	$2,88 \cdot 10^9$	43,1
ΣQ	$3,38 \cdot 10^9$	20,7	$\Sigma Q_{\text{нагр}}$	$9,31 \cdot 10^7$	1,9
			$Q_{\text{потерь}}$	$3,59 \cdot 10^8$	3,0
			Q_F	$8,65 \cdot 10^9$	51,4
$\Sigma Q_{\text{прих}}$	$1,19 \cdot 10^{10}$	100	$\Sigma Q_{\text{расх}}$	$1,19 \cdot 10^{10}$	100

В результате расчета тепловая нагрузка Q_{F1} на один реактор хлорирования составила:

$$Q_{F1} = 8\,650 \text{ МДж/оп}$$

Тогда для шести реакторов Р1 — Р6 величина общего снимаемого тепла Q_F составит:

$$Q_F = 51\,900 \text{ МДж/оп}$$

Часть этого тепла можно использовать на подогрев испаренного хлора, как это указано на схеме на рисунке 1.

Выбранное направление совершенствования позволит частично решить проблему энергоемкости производства, путем реконструкции стадии синтеза и подготовки сырья технологии производства ХП-470 для более рационального использования выделяемого в ходе реакции тепла.

Литература:

1. Окисление промышленных хлорпарафинов кислородом воздуха: монография / Ю. Л. Зотов, Н. А. Бутакова, Ю. В. Попов; ВолгГТУ — Волгоград, 2014. — 124 с.
2. Краткий справочник физико-химических величин под редакцией К. П. Мищенко и А. А. Равделя, Л.: Химия, 1974 г. — 200 стр.

Расчет возможности теплосъема реактором-хлоратором в производстве хлорированного парафина марки ХП-470

Зотов Юрий Львович, доктор химических наук, профессор;
Черного Сергей Андреевич, студент магистратуры
Волгоградский государственный технический университет

В статье рассматривается процесс получения хлорированного парафина марки ХП-470 термическим (темновым) способом. В статье приведен тепловой расчет реактора-хлоратора.

Ключевые слова: хлорпарафины, ХП-470, хлорированные парафины.

Парафин хлорированный получают методом термического (темнового) хлорирования парафинов испаренным хлором в отсутствие света, без инициаторов и давления, периодическим способом при температуре 100-115 °С, с последующей отдувкой хлорпарафинов от растворенных кислых газов и стабилизацией не отвержденными эпоксидно-диановыми смолами [1].

Парафин хлорированный марки ХП-470 применяется в промышленности в качестве вторичного пластификатора в светлых полимерных композициях, а также как дешевый заменитель дорогих пластификаторов, например, диоктилфталата (ДОФ) и дибутилфталата (ДБФ).

Целью настоящего расчета является определение возможности съема теплоты в ходе протекания сильно экзотермической реакции хлорирования парафинов заранее подобранным реактором-хлоратором с известной поверхностью теплообмена и оборудованным рубашкой.

Так как уже принят стандартный реактор объемом 6,3 м³, поверхность теплообмена которого составляет 14,8 м², расчет будет выполнен на возможность съема тепла в имеющемся аппарате.

Исходные данные для теплового расчета:

1. Толщина стенки аппарата $S=0,016$ м;
2. Теплопроводность стенки аппарата $\lambda_{ст}=46,5$ Вт/(м.К);
3. Площадь поверхности теплообмена $F=14,8$ м²;
4. Тепловая нагрузка на аппарат $Q_F=169855,25$ Вт= 611,43 МДж/час;
5. Теплопроводность среды $\lambda=0,12$ Вт/(м.К);
6. Удельная теплоемкость среды $c=1012$ Дж/(кг.К);
7. Температура среды $t=115$ °С;
8. Расход хладагента $V_t=0,01$ м³/с;
9. Плотность хладагента $\rho_t=1000$ кг/м³;
10. Плотность среды $\rho=1400$ кг/м³;
11. Теплопроводность хладагента $\lambda_t=0,61$ Вт/(м.К);
12. Удельная теплоемкость хладагента $c=4190$ Дж/(кг.К);
13. Эквивалентный диаметр канала рубашки $d_{экв}=0,67$ м.

Тепловой расчет [1]:

В качестве хладагента применяется обратная вода.

Параметр a_1 :

$$a_1 = (c \cdot \lambda^2)^{0,33} = (1012 \cdot 0,12^2)^{0,33} = 2,4$$

Параметр a_2 :

$$a_2 = \frac{0,237 \cdot a_1 \cdot \rho^{0,58}}{\mu^{0,54}} = \frac{0,237 \cdot 2,4 \cdot 1400^{0,58}}{2,76^{0,54}} = 2,23$$

Параметр a_3 :

$$a_3 = \frac{0,93 \cdot a_1 \cdot \rho^{0,36}}{\mu^{0,21}} = \frac{0,93 \cdot 2,4 \cdot 1400^{0,36}}{2,76^{0,21}} = 24,88$$

Коэффициент теплоотдачи от перемешиваемой среды:

$$\alpha = \frac{1}{D} [a_2 (N \cdot D)^{0,29} + a_3 (N \cdot D)^{0,18}] =$$

$$= \frac{1}{1,8} [2,23(14400 \cdot 1,8)^{0,29} + 24,88(14400 \cdot 1,8)^{0,18}] = 110 \text{ Вт} / (\text{м}^2\text{К})$$

Коэффициент ε_T :

$$\varepsilon_T = 1 + \frac{3,6 \cdot d_{\text{экв}}}{D} = 1 + \frac{3,6 \cdot 0,67}{1,8} = 2,34$$

Скорость хладагента:

$$\omega_T = \frac{V_T}{S_T} = \frac{0,01}{0,35} = 0,029 \text{ м} / \text{с}$$

Температура хладагента на выходе из рубашки:

$$t_2 = t_1 + \frac{Q_F}{\rho_T \cdot c_T \cdot V_T} = 25 + \frac{169841,67}{1000 \cdot 4190 \cdot 0,01} = 29^\circ\text{C}$$

Где Q_F рассчитана на 1 сек, $611,43 \frac{\text{МДж}}{\text{час}} / 3600 = 169841,67 \text{ Дж/сек}$,

t_1 – температура хладагента на входа в рубашку

Средняя расчетная температура хладагента в рубашке:

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{25 + 29}{2} = 27^\circ\text{C}$$

Температура стенки аппарата:

$$t_{\text{ст}} = \frac{t + t_{\text{ср}}}{2} = \frac{115 + 29}{2} = 71^\circ\text{C}$$

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho_T \cdot \omega_T \cdot d_{\text{экв}}}{\mu_T} = \frac{1000 \cdot 0,029 \cdot 0,67}{1,03 \cdot 10^{-3}} = 17600$$

Число Прандтля:

$$Pr_2 = \frac{c_T \cdot \mu_T}{\lambda_T} = \frac{4190 \cdot 1,03 \cdot 10^{-3}}{0,61} = 7,07$$

Коэффициент теплоотдачи от хладагента:

$$\alpha_T = 0,023 \cdot \frac{\lambda_T}{d_{\text{экв}}} \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,33} \left(\frac{\mu_T}{\mu_{T\text{с}}} \right)^{0,14} \cdot \varepsilon_T = 240,7 \text{ Вт} / (\text{м}^2\text{К})$$

Разность температур на входе хладагента в рубашку:

$$\Delta t_1 = t - t_1 = 115 - 25 = 90^\circ\text{C}$$

Разность температур на выходе хладагента из рубашки:

$$\Delta t_2 = t - t_2 = 115 - 29 = 86$$

Средняя разность температур перемешиваемой среды и хладагента:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} = 88^\circ\text{C}$$

Коэффициент теплопередачи:

$$K = \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha_T} + \sum \frac{S}{\lambda} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{110} + \frac{1}{240,7} + \frac{0,016}{46,5} \right)^{-1} = 145,18 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{К})$$

Максимально возможная тепловая нагрузка, которую снимет хладагент:

$$Q = K \cdot \Delta t_{cp} \cdot F = 145,18 \cdot 14,8 \cdot 88 = 189082,43 \text{ Вт} = 681 \text{ МДж} / \text{час}$$

Поскольку максимально возможная тепловая нагрузка, снимаемая хладагентом, равна 681 МДж/час, а фактическая тепловая нагрузка на аппарат составляет 611,43 МДж/час, расчет можно считать завершенным.

В результате теплового расчета аппарата установлено, что подобранный реактор-хлоратор полностью удовлетворяет по параметру теплосъема производству хлорпарафина марки ХП-470.

Литература:

1. Пат. 2081102 Российская Федерация, МПК С 07С 17/10, С 07 С19/01. Способ получения хлорпарафинов/Николенко В. С.; Климов С. А.; заявитель и патентообладатель товарищество с ограниченной ответственностью «Аэ-лита» — № 5065602/04; заявл. 13.10.1992; опубл. 10.06.1997.
2. Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов/К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков; Под ред. чл.-корр. АН СССР П. Г. Романкова. — 10-е изд., перераб. и доп. — Ленинград: Химия, 1987. — 576 с.

Совершенствование технологического процесса производства хлорпарафина марки ХП-66Т

Хоршева Анастасия Васильевна, студент магистратуры;
Зотов Юрий Львович, доктор химических наук, профессор
Волгоградский государственный технический университет

Предложен вариант усовершенствования технологии производства твердого хлорпарафина путем включения дополнительного оборудования в технологическую схему.

Ключевые слова: твердый хлорпарафин, фильтр хлора.

Несмотря на пройденный пик популярности использования хлорированных парафинов в химической технологии, их производство всё ещё остается актуальным, ввиду применения их в качестве антипиренов (для повышения огнестойкости) при изготовлении полимерных материалов и в качестве экстендеров при переработке ПВХ.

Малотоннажное производство хлорпарафинов не требует принципиально новых технологий производства в силу неоправданно низкого экономического эффекта

от реализации крупного проекта. Тем не менее, внедрение маломасштабного инженерного решения может повысить качество готового продукта, а, следовательно, повысить его цену.

Отклонение от требований показателя качества хлорпарафинов, такого как, цветность по йодной шкале, является браковочным показателем. Особенностью производства твердого хлорпарафина является отсутствие технической возможности улучшения цветности при получении некачественной, или недостаточно качественной

партии продукции. В этом случае производитель теряет в выручке от продажи готового продукта.

Во избежание возникновения подобных ситуаций предлагается техническое решение, заключающееся в установке двух дополнительных фильтров на линии подачи хлора в аппарат синтеза хлорпарафина. Один из которых будет играть основную роль, а второй — резервный.

Такие фильтры способны улавливать механические примеси, образующиеся в процессе движения хлора по трубопроводу. Сплав металла, из которого изготовлены трубопроводы, несомненно, содержит железо. В результате реакции хлора с железом образуется хлорное железо. При попадании хлорного железа в реактор хлорирования парафина качественные показатели производимого продукта резко падают. Механические примеси загрязняют

реакционную смесь, а соли железа придают ей темную окраску.

Предлагаемые фильтры хлора — патронного типа. Представляют собой вертикальные цилиндры по типу патронов или свечей. Изготовлены данные фильтры из нержавеющей стали. Хлор, проходя через фильтр, продавливается снаружи через фильтрующую перегородку внутрь элемента. Хлорное железо, принесенное потоком хлора, остается снаружи патрона на фильтрующей поверхности, и может быть удалено толчком газа, подаваемым изнутри.

Исходя из данных технологического процесса, было подобрано предложенное оборудование. Оно должно выдерживать давление — не менее 0,50 МПа и температуру — до 50 °С.

Параметры фильтров хлора представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры фильтров хлора

Наименование	Значение
Высота	1140 мм
Диаметр	450 мм
Площадь поверхности фильтрации	0,3 м ²
Фильтровальный материал	Полотно иглопробивное «Экофил»

Оба патронных фильтра идентичны друг другу.

В схеме производства предлагается использовать 2 таких фильтра по причинам:

- 1) Риска отказа одного из фильтров ввиду забивки фильтрующей перегородки;
- 2) Простота одного из фильтров для замены фильтровального материала.

Замена фильтровальной ткани производится 1 раз в квартал.

Фильтры хлора должны будут устанавливаться параллельно на один и тот же трубопровод согласно схеме рисунка 1.

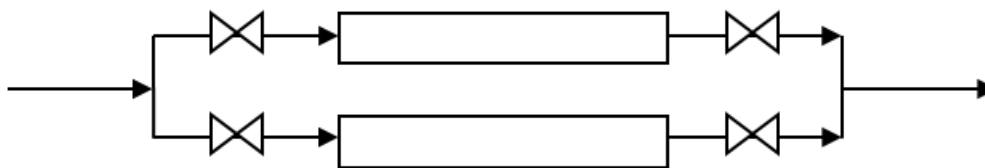


Рис. 1. Схема параллельного подключения фильтров хлора на трубопровод подачи хлора в аппарат синтеза

Соответственно, при обычных условиях в процессе получения хлорпарафина марки ХП-66Т будет задействован только один из фильтров.

На рисунке 2 представлен реакторный узел хлорирования парафина.

Преимуществами данного решения являются: простота его реализации, а также экономичность. Установка и впоследствии обслуживание данного оборудования полностью окупятся за счет повышения качества, и как следствие, возможности продажи готового продукта по более высокой цене.

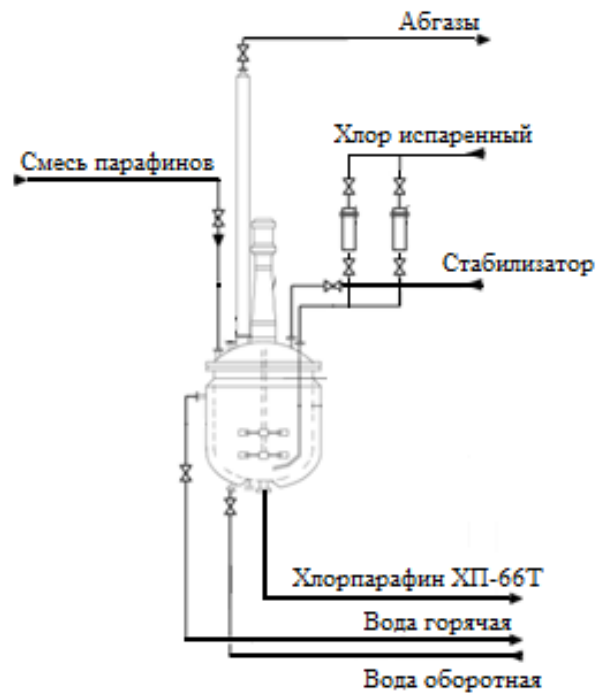


Рис. 2. Схема реакторного узла хлорирования парафина марки ХП-66Т

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Имитационное моделирование насосной установки в режиме остановки насоса

Абсалык Гульжанат Омирбековна, студент магистратуры;
Кочкин Александр Михайлович, доцент
Карагандинский технический университет (Казахстан)

Предложена имитационная модель автоматизированной автономной насосной установки, выполненная в программной среде MatLab с помощью библиотек Simscape и Simulink. Полученная имитационная модель, включающая управляемые привода центробежного насоса и запорной задвижки, адекватно отражает ее работу в режиме пуска и остановки насос. Исследования режимов работы системы позволили сделать выводы о типе и структуре регуляторов, обеспечивающих эффективную и безаварийную работу насосной установку.

Ключевые слова: имитационное моделирование, насосная установка, управление, автоматическое управление.

Simulation of the pumping unit in the pump stop mode

Key words: simulation modeling, pumping unit, control, automatic control.

Автоматизация электроприводов с асинхронными электродвигателями и частотными преобразователями существенно повышает качественные характеристики выпускаемой продукции и снижает энергетические потери при ее производстве [1]. В данное время на обогатительных фабриках используются такие привода в различных насосных станциях, в том числе и в автономных береговых насосных установках (БНУ). Далее рассматри-

вается известная схема конкретной автоматизированной БНУ (рис. 1.) [2].

Эта установка включает управляемый привод центробежного насоса НН, запорную задвижку ЗМ с электрическим приводом, трубопровод МТ, вакуумный насос НВ для заполнения водой рабочих камер центробежного насоса перед его пуском, систему автоматического управления, обеспечивающую пуск, остановку и регулировку

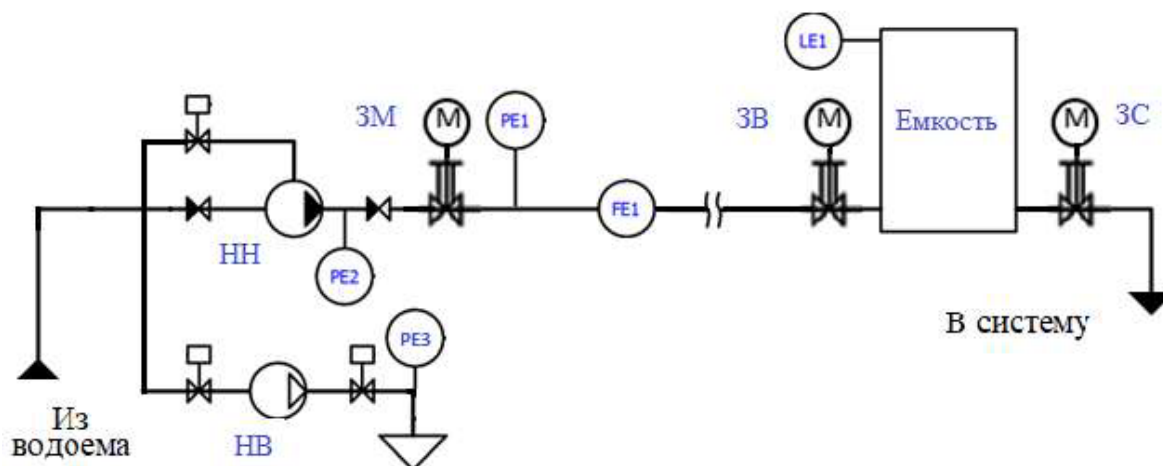


Рис. 1. Схема береговой насосной установки

расхода насоса, и дистанционного управления задвижкой ЗМ. В системе включены следующие элементы измерения: датчики давления PE1, PE2, измеряющие давление в начале трубопровода и перед задвижкой; датчик расхода жидкости в трубопроводе FE1; датчик уровня жидкости в заполняемых емкостях LT1.

Работа БНУ происходит следующим образом. Запускают вакуумный насос, заполняя рабочее колесо насоса водой. Далее машинист включает ЦН. После набора насосом определенного числа оборотов, изначально установленных оператором, он вручную открывает шиберную

задвижку, и насос переходит в рабочий режим. Технологические параметры в области регулирования достигаются с помощью задания графика расхода БНУ, при этом система ориентируется на уровень воды в заполняемой емкости.

Предполагается, что во всех гидравлических элементах системы протекает жидкость, содержащая нерастворенный воздух. Остальные гидравлические характеристики элементов системы соответствуют характеристикам, предусмотренным SimHydraulics.

Имитационная модель системы управления БНУ (рис. 2) разработана в ППП Matlab/Simulink/SimHydraulics [3].

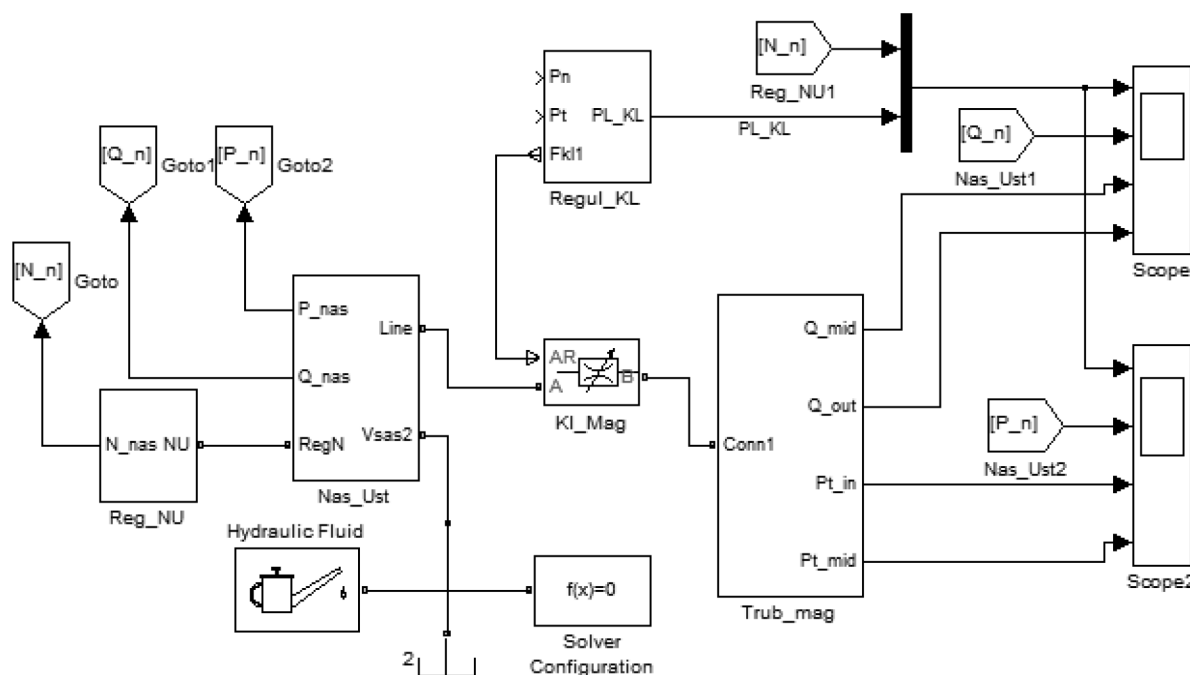


Рис. 2. Имитационная модель насосной установки в Matlab

Она включает модели следующих подсистем:

1. Подсистема Nas_Ust содержит центробежный насос с номинальным расходом $630 \text{ m}^3/\text{ч}$ при скорости вращения ω_n — 157 рад/с , реализованный на элементе Centrifugal Pump. Всасывающая магистраль смоделирована гидравлическим дросселем (Fixed Orifice), соединенным с источником постоянного давления (Ideal Hydraulic Pressure Source); в напорной камере насоса упругость газожидкостной среды моделируется гидравлической емкостью (Constant Volume Chamber). В этой и других подсистемах для измерения давления в гидравлических камерах имеются блоки, преобразующие сигнал из SimHydraulics в Simulink, и блоки измеряющие расходы жидкости.

2. Подсистема Reg_NU регулятора скорости вращения вала ЦН, где имеется блок двигателя постоянной частоты вращения (Ideal Angular Velocity Source. Подсистема позволяет формировать частоту: в соответствии с заданной программой; в зависимости от давления рабочей камере ЦН; в зависимости от уровня жидкости в заполняемой емкости.

3. Подсистема Regul_KL привода задвижки с регулятором, где реализован алгоритм изменения площади окна задвижки и электрический привод ножа задвижки.

4. Подсистема Trub_Mag магистрального трубопровода длиной 6000 м , включает два элемента Segments Pipe LP1 и Segments Pipe LP, которые описывают движения жидкости в трубопроводе, с учетом инерционных и упругих свойств жидкости и потерь давления по длине участков трубопровода [4]. Кроме того, в подсистеме смоделированы заполняемые емкости и датчик измерения уровня воды в этих емкостях.

Временные диаграммы, полученные на имитационной модели БНУ, приведены на рис. 3. На верхней диаграмме левой и правой частей приведены изменения частоты оборотов вала насоса (линия 1) и площади задвижки магистрального трубопровода (линия 2).

В левой части каждого рисунка приведены диаграммы изменения давления рабочей камере ЦН, после задвижки в начале магистрального трубопровода и по середине магистрального трубопровода.

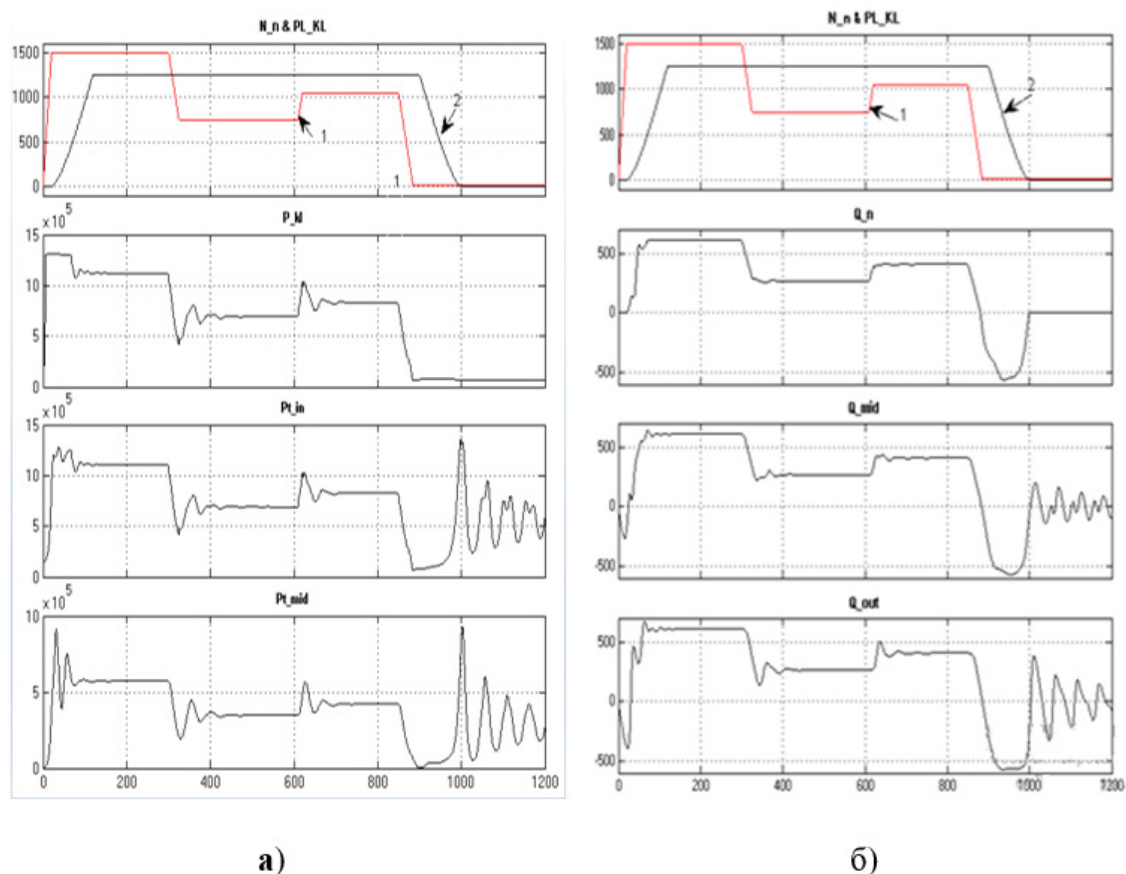


Рис. 3. Временные диаграммы изменения давления (а) и расхода (б) в гидравлических элементах БНУ

В правой части каждого рисунка приведены диаграммы изменения расхода воды ЦН, в начале и в середине магистрального трубопровода, в месте соединения с заполняемой емкостью.

В соответствии с паспортными данными преобразователя частоты минимальное время набора максимального числа оборотов асинхронным двигателем составляет 20 сек. Минимальное время полного подъема или опускания ножа задвижки с электрическим приводом составляет 90 сек.

В системе происходит запуск насоса и дальнейшее регулирование частоты оборотов (линия 1). Каждый цикл состоит из: этапа 1 — запуска насоса, который длится 100 сек.; этапа 2, где происходит регулирование расхода насоса (числа оборотов) в пределах и длительностью, определенных заданием исследования, при этом общая длительность равна $650 \div 850$ сек.; этап 3 — торможение и останов ЦН. Длительность эксперимента составляет 1200 сек.

После запуска насоса по достижении определенного значения давления в нагнетаемой камере насоса открывается задвижка магистрального трубопровода (линия 2). Это значение давления определяется разностью высот установки наполняемой емкости и насоса, которая в нашем случае равна 60 м.

Переходные процессы показывают, что и расход, и давление воды в элементах системы имеют колебательный характер, как в процессе запуска и остановки ЦН, так и в процессе регулирования расхода насоса.

Следует отметить, что наиболее тяжелый переходный режим возникает во время отключения центробежного насоса и закрытия магистральной задвижки, что может быть вызвано как плановой остановкой центробежного насоса, так и возникшей нештатной ситуацией. Это связано с тем, что жидкость, поступающая из открытого водоема гидравлические емкости системы, не имеет специальной водоподготовки, поэтому в ней содержится нерастворенный воздух, значение которого может меняться в зависимости от температуры окружающей среды. Следует отметить, что объем камер, включающих рабочую камеру ЦН и участок трубопровода до задвижки, достигает 1 м^3 , магистральный трубопровод имеет объем 600 м^3 и объем заполняемых емкостей равен 600 м^3 .

Анализ временных диаграмм этапа торможения ЦН показал, что в случае полной остановки насоса с последующим закрытием давление в камере насоса снижается до атмосферного. При этом расход воды в камере насоса и по длине трубопровода имеет отрицательное значение за счет наличия нерастворенного воздуха в воде, и после полного закрытия задвижки в трубопроводе в трубопроводе продолжают колебания расхода с большими амплитудами, и соответственно колебания давления.

Были проведены исследования режима торможения ЦН для различных сочетаний изменения во времени оборотов насоса и площади задвижки. Один из таких режимов приведен на рис. 4.

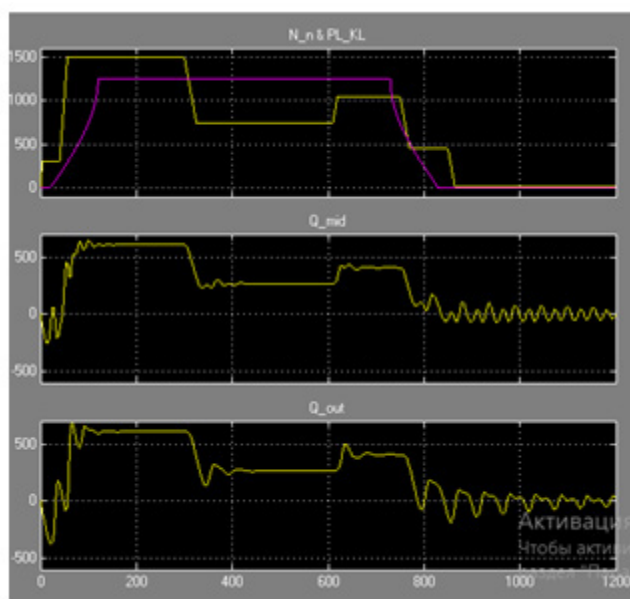


Рис. 4. Временные диаграммы изменения расхода в трубопроводе БНУ

В этом случае сначала на первом этапе уменьшается площадь окна задвижки, а затем уменьшаются обороты ЦН. Затем изменение обороты ЦН не меняются, а окно задвижки уменьшается до полного закрытия. После этого останавливается ЦН. При этом в трубопроводе отсутствует отрицательный расход воды и значительно уменьшается амплитуда колебаний как расхода воды, так и давления в трубопроводе. Однако, следует отметить рост давления в камере ЦН.

Следовательно, исследование имитационной модели БНУ показало, что целесообразно проектировать систему автоматического управления остановкой электродвигателя ЦН, обеспечивающую одновременное изменение числа оборотов насоса и площади окна задвижки. Это позволяет снизить до допустимой величины колебания расхода и давления, как в трубопроводе, так и в рабочей камере насоса. Учитывая, наличие нерастворенного воздуха в жидкости, изменение температуры жидкости в зависимости от времени суток и времени года, а также изменение различных параметров системы, происходящих в процессе ее эксплуатации, целесообразно использовать в системе управления остановом двигателя ЦН регулятор, построенный на нечеткой логике.

Заключение

Разработанная имитационная модель автоматизированной автономной БНУ с использованием ППП Matlab /Simulink/SimHydraulics достоверно отражает динамические процессы в элементах системы.

Содержание нерастворенного воздуха в жидкости, поступающей из открытого водоема, значение которого может меняться в зависимости от температуры окружающей среды и по другим причинам приводит к возникновению колебательных процессов в элементах системы, которые необходимо учитывать с целью предотвращения аварийных режимов в системе.

Наиболее тяжелый переходный режим возникает во время отключения центробежного насоса и закрытия магистральной задвижки. Поэтому система автоматического управления остановкой электродвигателя ЦН должна одновременно изменять число оборотов насоса и площадь окна задвижки, что позволит снизить до допустимой величины колебания давления и расхода в трубопроводе. В силу нелинейности процесса остановка двигателя ЦН целесообразно в системе управления использовать регулятор, построенный на нечеткой логике.

Литература:

1. Лезнов, Б. С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. — М.: Машиностроение, 2013. — 176 с.
2. Латухин, П. Г., Кочкин А. М. Автоматизированная система управления береговой насосной станцией ОФ «НУР-КАЗГАН». // Труды междунар. науч.-техн. конф. «Интеграция науки, образования и производства — основа реализации плана нации» (Сагиновские чтения № 11) 22-23 июня 2019 г. Часть 2. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2019. с. 90-92.
3. Руппель, А. А., Сагандыков А. А., Коротков М. С. Моделирование гидравлических систем в matlab: учебное пособие. — Омск: СибАДИ, 2009. — 172 с.
4. Агафонов, Е. Д., Безбородов Ю. Н., Миронов А. Г. Об особенностях использования системы Matlab/SimHydraulics в задаче построения моделей магистральных нефтепроводов// Вестник КузГТУ. — 2014. — № 3. — с. 76-81.

Твердотопливный котел пиролизного горения

Габбасов Самат Салаватович, студент
Уфимский государственный нефтяной технический университет

Актуальность работы обусловлена быстрым ростом цен на энергоносители (нефть, газ и электричество), а также стремительным ростом строительства домов и коттеджей, расположенных вдали от газовых магистралей.

Ключевые слова: пиролиз, пиролизный котёл, теплообменная система, оптимальное соотношение воздушных потоков, переходный процесс.

Пиролизный котёл — это одна из разновидностей твердотопливных котлов. В качестве топлива в котле используется недорогая древесина, а особая организация процесса горения позволяет получить несколько существенных преимуществ по сравнению с обычными твердотопливными котлами.

Пиролизный котёл, он же котёл длительного горения, был изобретен относительно недавно, и для того что бы предстать перед нами в том виде, в котором мы его знаем ему понадобился не один десяток лет.

Принцип работы пиролизного котла. Устройство, позволяющее получать газ с помощью пиролиза древесного топлива, называется газогенерирующим котлом. Камера, в которой находится топливо называется реактор или по-другому топливная камера.

Сначала топливо воспаляют с помощью небольшого огня и дрова начинают гореть как в простом котле, однако при достижении температуры 200...800°C подача кислорода в камеру горения уменьшается и далее начинает происходить процесс пиролиза топлива. В процессе пиролиза выделяется газ, который идёт в камеру сгорания с помощью специальной трубы. Процесс выделения газа является экзотермическим, то есть при этом выделяется тепло.

В камере сгорания газ смешивается с более высоким количеством кислорода и воспламеняется, горение происходит при более высокой температуре и может достигать 110...1200°C. Регулирование подачи осуществляется с помощью шиберы или задвижки.

Горение газа сопровождается бурным выделением тепла, тепло взаимодействует с теплообменником, подогревая этим самым воду, проходящую через теплообменник, продукты сгорания топлива при этом выходят через выхлопную трубу.

По словам производителей, газогенераторных пиролизных котлов КПД таких устройств варьируется в пределах 84...90%. Следует заметить, что КПД котла существенно зависит от того насколько влажным является топливо.

Ниже для лучшего представления показаны данные — зависимость мощности при сжигании килограмма дров от их влажности.

При горении одного килограмма дров с влажностью в 25% мощность составляет 4 кВт;

При горении одного килограмма дров с влажностью в 50% мощность составляет 2 кВт;

Повышенная влажность топлива приводит к существенному выделению воды в виде пара, который смешиваясь с горючим газом уменьшает его концентрацию, в итоге мощность горения существенно падает.

Отличительной особенностью пиролизных котлов является взаимодействие летучих газов и их продуктов сгорания. Подобное взаимодействие существенно очищает выброс тяжёлых веществ в атмосферу.

Температура обратной воды, поступающая в котел должна иметь температуру не менее 50...60°C. Если температура падает ниже указанных пределов на внешнем оборудовании котла выделяется конденсат, который в свою очередь приводит к появлению конденсата, это существенно снижает долговечность оборудования. Внутренняя толщина стенок котла не может быть менее 4 мм.

Отопительная система с пиролизным котлом станет целесообразным решением для загородного дома, дачи, бани и особо полезна будет для деревообрабатывающих предприятий, промышленных помещений где имеется множество отходов древесины. В отдельных случаях в качестве топлива для котла можно использовать не только древесину, но и производственные отходы. Основная проблема данного котла заключается в подборе соотношения воздушных потоков на генерацию и дожигание пиролизных газов. Когда соотношение подобрано наиболее правильно, в дымоходе котла остается минимум пиролизных газов и кислорода, выдаваемая мощность при этом максимальна. В современных пиролизных котлах от этой проблемы ушли, поставив дорогостоящие газовые датчики в дымоходе.

Для удешевления системы можно отказаться от столь дорогостоящего решения и сделать пиролизный котел самому, а с помощью дешевых датчиков температуры косвенно получать значение выдаваемой мощности котлом. Регулируя, соотношение воздушных потоков в точке равновесного состояния, и наблюдая за мощностью, можно найти наиболее энергоэффективные точки работы пиролизного котла и разработать алгоритм управления.

Предложенное в работе решение практически значимо, так как позволит упростить систему управления пиролизными котлами и тем самым существенно снизить их стоимость, сделать в целом более доступными для населения.

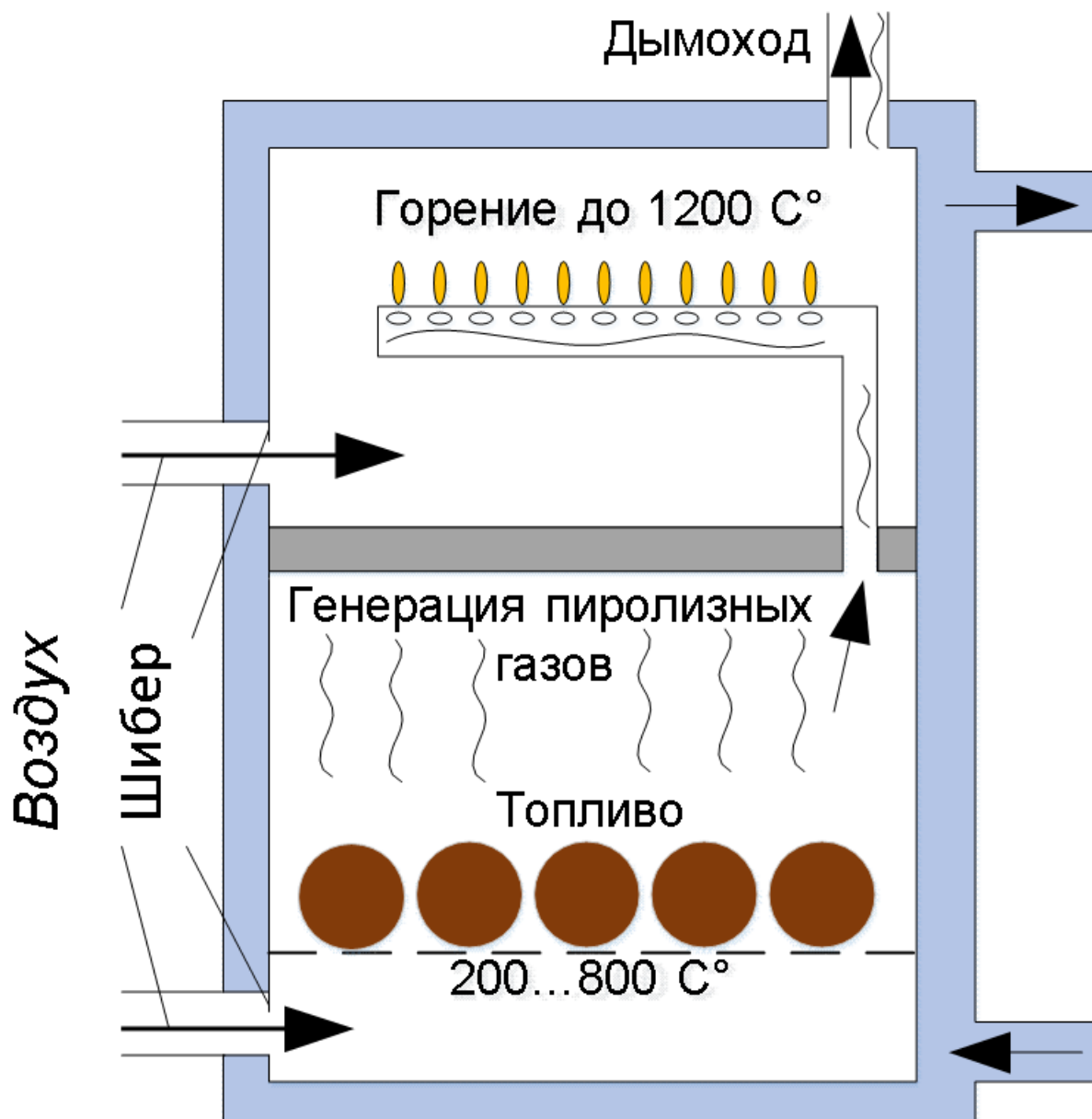


Рис. 1. Пиролизный котёл

Достоинства и недостатки пиролизных котлов

Достоинства:

— дополнительная тепловая энергия за счет более полного сгорания топлива и повышенной температуры горения. При обычном горении топлива выделяется гораздо меньше тепла, чем при горении летучего газа. При горении летучих веществ затрачивается меньшее количество кислорода, чем при горении дров в обычном котле;

— при горении практически не появляется сажи либо она формируется в очень небольшом количестве. Пиролизные котлы из-за горения дерева и других видов топлива образуют гораздо меньше тяжёлых веществ и их составляющих, чем обычные твердотопливные газогенераторные котлы;

— топливо сгорает полностью практически без остатка, это означает что количество пепла будет в виде горстки пыли;

— значение КПД достигает 90%

— очень продолжительная работа котла, время между добавлением дров равно примерно 8...12 часов и имеет зависимость от температуры внешней среды, габаритов отапливаемой площади, типоразмеров котла;

— регулирование выдаваемой мощности котлом от 30 до 100%. Процесс горения пиролизного газа гораздо легче поддается процессу автоматизации, чем процесс горения дров или другого топлива.

— некоторые модели данных котлов позволяют сжигать не только дрова, но и резину с полимерными соединениями.

Недостатки:

— некоторые модели зависят от электричества, так как дымосос или вентилятор пиролизного котла потребляют электроэнергию. Для повышения надежности си-

стемы при провалах напряжения применяют источники бесперебойного питания.

- крупногабаритные значения занимаемой площади котлом;
- повышенные запросы к влажности топлива;
- системы с газогенераторными котлами в основном являются одноконтурными для обогрева проточной воды нужно монтировать отдельное оборудование
- температура обратной воды должна быть 50...60 °С.
- небольшой диапазон регулирования мощности.
- пиролизные котлы имеют более высокую стоимость (примерно, в 1,5...2 раза выше стоимости обычных котлов).

Научная новизна работы заключается в следующем:

Разработать модель теплообменной системы с пиролизным котлом;

Предложено отказаться от датчиков газа в обратном дымоходе котла и заменить их датчиками температуры;

Объектом исследования является система управления котлом пиролизного горения.

Предметом исследования является алгоритм управления горением без датчика газа в обратном дымоходе.

Цель работы — разработать и исследовать систему управления котлом пиролизного горения и получить оптимальные режимы работы пиролизного котла при различных изменениях нагрузки.

По сути общая цель данной работы приближение стоимости пиролизного котла к стоимости обычного.

Задачами исследования является: знакомство с принципом работы пиролизного котла, разработка имитационной модели пиролизного котла, получение переходных процессов температуры, описание алгоритма работы.

Простое и оптимальное решение вышеперечисленных задач:

Изготовление котла из газового баллона, с последующей установкой датчиков температур в дымоходы котла.

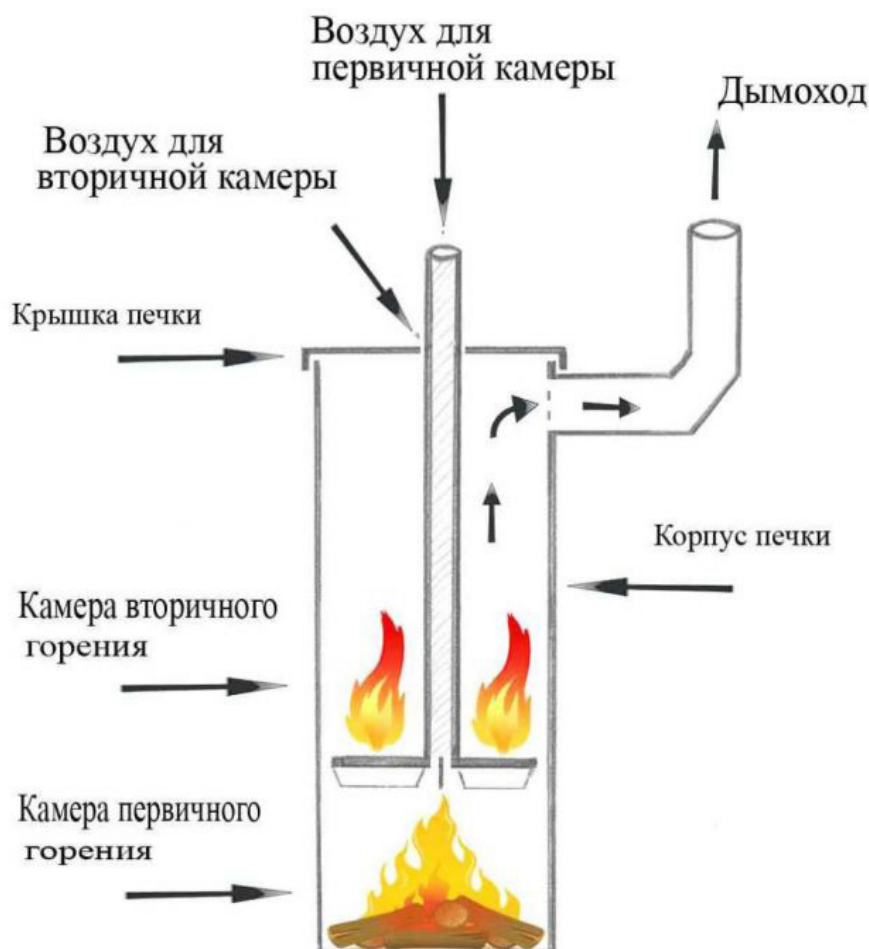


Рис. 2. Принцип работы пиролизного котла из газового баллона

Если в хозяйстве есть использованный старый газовый баллон, то из него можно самостоятельно сделать отличный пиролизный котел. Оптимальный объем баллона для работы 50 л. Дополнительно понадобится арматура, полоса стали.

1 этап работы: Баллон обрезать сверху, удалить закругленную часть, из которой можно будет сделать крышку, через которую будет производится загрузка твердого топлива, отшлифовать. Приварить дымоход. Для лучшей тяги он делается разного диаметра в начале и в конце. Сверху конструкцию покрыть огнеупорной краской.



Рис. 3. Вид после 1 этапа

2 этап работы: Сделать поршень из трубы и железного диска, к которому приварить лопасти. При горении лопасти создают вихри воздуха, а диск препятствует воз-

никновению открытого пламени. Дрова тлеют и получается пиролизный эффект.



Рис. 4. Готовый поршень

3 этап работы: Произвести заправку котла твердым сухим топливом. Поджечь верхнюю часть дров (бумагой или тряпочкой, смоченной отработанным маслом, соляркой). Установить поршень сверху дров. Закрыть плотно крышку и наблюдать за началом работы котла.

Вместо датчиков температуры для начала можно воспользоваться контактным цифровым термометром. Регулируя подачу кислорода, выставить оптимальный режим работы котла.



Рис. 5. Заправка твердым топливом



Рис. 6. Готовый котел без водяной рубашки

Литература:

1. Пиролизные котлы отопления // ТеплоГуру URL: <http://teplo.guru/kotly/tverdotoplivnye/piroliznye-kotly-otopleniya.html> (дата обращения: 02.05.2018).
2. Fuzzy Logic Toolbox // Matlab.ru URL: <https://matlab.ru/products/fuzzy-logic-toolbox> (дата обращения: 02.06.2018).
3. Пиролизные котлы // ЭкоКотёл URL: <http://ecokotel.com.ua/index.php/fuel/pyrolysis.html> (дата обращения: 14.03.18).
4. Шилин, А. А., Букреев В. Г., Койков К. И. Математическая модель нелинейной системы с запаздыванием // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2013. № 6. с. 3-10.
5. Шилин, А. А., Букреев В. Г. Нелинейная математическая модель теплотребления с учетом характеристик элементов теплового узла // Научный вестник НГТУ. 2012. № 2 (47). с. 107-114.

6. Пиролиз // Википедия URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пиролиз> (дата обращения: 02.05.2018).
7. Пиролизный котёл // Википедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Пиролизный_котёл (дата обращения: 02.05.2018).
8. История отопительных приборов // Помо URL: <http://www.pomo.ru/art/istorija-otopitelnyh-priborov/> (дата обращения: 04.05.18).
9. История камина // История вещей URL: <http://история-вещей.рф/predmetyi-interera/istoriya-kamina.html> (дата обращения: 05.05.2018).
10. Центральное отопление // Хэлпикс URL: <http://helpiks.org/8-90474.html> (дата обращения: 05.05.2018).
11. Современные системы отопления // Stoodbooks URL: http://studbooks.net/1982492/matematika_himiya_fizika/sovremennye_sistemy_otopl_eniya (дата обращения: 05.05.2018).
12. Доменная революция // klubkom URL: <http://klubkom.net/posts/61295> (дата обращения: 05.05.2018).
13. История котлов // Твердокотёл URL: <http://tverdo-kotel.com/istoriya/> (дата обращения: 05.05.2018).
14. Научно-технические открытия (конец XIX — начало XX ст.), их влияние на экономическое мировое развитие // Allbest URL: https://revolution.allbest.ru/economy/00448848_0.html (дата обращения: 05.05.2018).
15. Устройство и принцип действия циркуляционных насосов // Проект ТМН URL: <http://proekt-tmn.ru/ustrojstvo-i-princip-dejstviya-cirkulyacionnyx-nasosov/> (дата обращения: 05.05.2018).
16. Первый мировой энергетический кризис 1973-1974 годов // Cotinvestor URL: <http://www.cotinvestor.ru/obuchajushhie-materialy/jekonomicheskie-krizisy/pervyj-mirovoj-energeticheskij-krizis-1973-1974-godov/> (дата обращения: 05.05.2018).
17. Твердотопливные котлы длительного горения — полная классификация и советы по выбору модели // StoryAqua URL: http://stroy-aqua.com/vodosnab_otopl/kotel/tverdotoplivnye-kotly-dlitelnogo-goreniya.html (дата обращения: 05.05.2018).
18. ГАЗОГЕНЕРАТОР. ПИРОЛИЗНЫЕ КОТЛЫ. // Газогенератор URL: <http://gazogenerator.com/oborudovanie/gazogenerator-piroliznye-kotly/> (дата обращения: 05.05.2018).
19. Принцип работы пиролизного твердотопливного котла длительного горения
20. // Гидпроект URL: <http://gidproekt.com/princip-raboty-piroliznogo-tverdotoplivnogo-kotla-dlitelnogo-goreniya.html> (дата обращения: 05.05.2018).
21. Горение топлива // Топки URL: <http://topky.ru/fuel-burning.html> (дата обращения: 05.05.2018).

Зарубежный опыт эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий

Грищенко Анна Михайловна, студент
Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

Статья посвящена анализу зарубежного опыта повышения эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий.

Ключевые слова: транспорт, малодеятельная линия, движение поездов, железная дорога.

Модернизация и развитие железнодорожной инфраструктуры является одним из наиболее важных направлений в государственной транспортной политике не только в России, также эта проблема актуальна для ряда зарубежных стран.

С проблемой эффективности малоинтенсивных линий столкнулись лишь несколько стран дальнего зарубежья, среди которых Франция, Великобритания, Польша, США и Швеция.

Принято выделять 2 модели организации железнодорожного управления: Американскую и Европейскую. Организация железнодорожного управления в США основана на вертикальном интегрировании владеющих инфраструктурой железных дорог и подвижным составом организациях, в то время как Европейская модель

отличается единой инфраструктурой и множеством владельцев подвижных составов, осуществляющих перевозочные процессы.

К особенностям Американской модели можно отнести: большое количество владельцев железнодорожной инфраструктуры; высокий уровень конкуренции среди владельцев инфраструктуры; принципы вертикальной интеграции; частое применение двусторонних договоров между участниками рынка.

К особенностям Европейской модели относят: единую инфраструктуру с одним владельцем, роль которого зачастую исполняет государство; отсутствие конкуренции владельцев инфраструктуры; принципы вертикального разделения; антимонопольное регулирование.

Большое влияние на развитие модели совершенствования организации железнодорожной деятельности США оказала политическая культура, благодаря ей за 25 лет длина путей увеличилась почти на 290 тысяч километров, модель была признана успешной. В ходе масштабных изменений, на смену неконтролируемому рынку и частной собственности пришли идеи государственного контроля и вмешательства в экономические и социальные аспекты.

С внедрением государственного контроля начал возникать дефицит, к 1925 году эксплуатационная длина путей железных дорог достигла своего максимального значения (около 420 тысяч километров) и начала снижаться, а доля железнодорожных перевозок снизилась на 40 процентов, так как государственная политика и нарастающая конкуренция перевозчиков на других видах транспорта привела к массовому банкротству владельцев железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава.

Далее настал период экономического дерегулирования транспорта, вследствие чего был издан «закон о возрождении железных дорог и реформе регулирования», а также «Акт Стаггерса о железнодорожном транспорте».

Благодаря данным документам стало возможным: самостоятельное определение и изменение уровней тарифов; индивидуальный подход к формированию контрактных цен для грузоотправителей; отказ от невыгодного сотрудничества; сокращение сроков по уведомлению клиентов об изменении тарифов; ограничение оснований для вмешательства государственных органов в ценообразование; расширение прав на закрытие малоинтенсивных железнодорожных линий и инфраструктуру.

Эра Стаггерса характеризуется радикальными изменениями: ликвидацией нерентабельных активов и оптимизацией деятельности с точки зрения экономики [1].

В ходе реформ и оптимизаций железные дороги США добились высокой производительности труда при наименьшем количестве персонала из расчета на километр эксплуатационной длины железнодорожных путей.

Из-за большой протяженности железнодорожной сети в США интенсивность использования линий гораздо ниже, и по нашей классификации половина железнодорожной сети в США будет отнесена к малоинтенсивным линиям.

Опыт Соединенных Штатов Америки, где управление между компаниями разделено на грузовые и пассажирские перевозки, основывается на вертикально интегрированном управлении, благодаря чему они достигли снижения издержек на управление инфраструктурой и координацию движения поездов. Компании выполняют полный комплекс работ по железнодорожным перевозкам, а также отвечают за содержание и модернизацию подвижного состава и объектов инфраструктуры. В других странах Европы проблема малоинтенсивных линий не так остро стоит, как в Великобритании.

По результатам проведенной приватизации в Великобритании, оказалось, что первоначальные планы по развитию железнодорожного сообщения были малоэф-

фективными, с точки зрения достижения поставленной цели, хотя и дали некоторый положительный промежуточный результат. Приватизация на некоторое время дала возможность инвестировать в железные дороги, повысить уровень сервиса на них, что было недоступно ранее, но вскоре дороги вернулись под покровительство государства, так как в целом результаты реформы оказались неудачными.

Германия пошла путем создания единого холдинга, разделенного на хозяйствующие субъекты, они же акционерные компании, под управлением которых находится большая часть железных дорог страны. Холдинг занимается различными видами перевозок, как пассажирских, так и грузовых, обслуживанием инфраструктуры и подвижных составов. Таким образом выстраивается четкая иерархия, каждый хозяйствующий субъект занимается контролем и обслуживанием на вверенном ему участке, будь то подвижной состав, или построение перевозочного сервиса, в то время как руководство холдинга занимается общим контролем и координацией всех подразделений, не отвлекаясь на более мелкие задачи. Сложная работа и четко построенная структура управления позволила стране не только добиться экономического успеха, но и выйти в число лидеров по развитию железнодорожного сообщения, а внедрение современных технологий перевозок позволило укрепить конкурентоспособность железнодорожных перевозок относительно других видов транспорта. Применение на малоинтенсивных железнодорожных линиях устаревших систем централизации вызвало необходимость содержания огромного штата сотрудников, обслуживающих линию.

В зависимости от технико-экономического состояния участка и дальнейших планов на его использования применяются следующие способы организации поездной работы: диспетчерское управление без устройств автоматики; диспетчерское управление с использованием напольных сигналов; управление поездным движением с постов централизации; применение системы управления на базе радиосвязи; перевод участков под трамвайное сообщение с изменением инфраструктуры [2].

Повышение эффективности эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий происходит за счет операций по замене постового оборудования и внедрения микропроцессорной централизации с целью сокращения общего числа постов централизации и максимизации удаленного управления системами управления централизации и автоматизации.

Франция также пошла путем создания системы, приватизировавшей железнодорожные сети, но управленческий контроль остался все же за государственной компанией. Французы большое внимание уделяют состоянию путей и их содержанию. Обязательными пунктами стратегии по развитию железнодорожных сетей являются обслуживание, восстановление и обновление инфраструктуры. Политика обновления строится на основании производственных мощностей и ожидаемых показателей.

Политика обслуживания основывается на поддерживающем обслуживании путей, профилактическом и капитальном ремонте.

Грамотный подход к развитию и модернизации железнодорожной инфраструктуры во Франции, также, как и в Германии, привел к положительным результатам.

Сравнивая опыт некоторых зарубежных стран, можно сделать вывод о том, что привлечение новых операторов приводит к увеличению объемов перевозок, за счет соответствия качества предоставляемых услуг ценам на них.

Различные системы электрификации и СЦБ, понятия о габаритах подвижного состава и приближения строений, а также конструкции сцепных устройств в различных странах стали причиной осложнения интеграции в единую железнодорожную сеть железных дорог Европы.

Отсутствие унифицированных требований для систем обеспечивающих движение поездов, сигнализации, централизации и блокировки не только усложняло работу локомотивных бригад, а также повышал расходы на эксплуатацию и риск происхождения поломок.

В 1989 году министры транспорта европейских государств создали план по развитию железных дорог Европы. К этому времени уже были приняты некоторые стандарты, унифицировавшие эксплуатацию подвижных составов на железных дорогах. Научно-исследовательскими институтами велись разработки систем управления, вносились изменения в действующие правила. К 2001 году Европарламент утвердил ряд мер по унификации европейской железнодорожной сети, в течение пяти лет активно внедрялись новые технологии, которыми оснащались подвижные составы и железнодорожные пути.

Под руководством МСЖД реализовался исследовательский проект SATLOC, который при поддержке Европейского агентства спутниковой навигации был ориентирован на эффективное управление движением поездов, курсирующих по малоинтенсивным железнодорожным линиям. Данная система использует в своей работе бортовые спутниковые устройства для отслеживания местоположения подвижных составов, устройства радиоблокировки, пакетную передачу данных и системы сигнализации в кабине машиниста.

Основной целью проекта является продвижение спутниковой навигации в качестве основополагающей системы организации безопасности при движении на малоинтенсивных линиях. Это позволяет создать эффективную систему контроля местоположения поездов для управления движением на малоинтенсивных железнодорожных линиях. Помимо того, система SATLOC также применяется с целью стандартизации систем контроля местоположения подвижных составов на железных дорогах.

Использование системы SATLOC рассчитано на малоинтенсивных линиях с упрощенными условиями эксплуатации, поэтому в ней поддерживаются только необходимые режимы, такие как: режим готовности; режим ответственности машиниста; полный контроль; режим маневров; аварийная остановка; восстановление после

аварийной остановки; сбой в системе; телеграммы ETCS в ограниченном объеме.

Данный набор функций позволяет выдавать и контролировать разрешения на движение, организовывать скрещения поездов и маневровую работу.

Задача SATLOC состоит в повышении уровня безопасности. Специально для этого разработана, при которой поезд и центр управления взаимно проверяют безопасное состояние поезда при помощи замкнутого контура контроля. Также система позволяет диспетчеру точно отслеживать передвижения тяговой единицы в маневровом районе. Такой подход обусловлен отсутствием на большинстве малоинтенсивных линий систем централизации с напольными средствами контроля свободности пути.

Проблема эффективного использования малоинтенсивных железнодорожных линий остро стоит во многих зарубежных странах, ее решение может производиться путями, такими как: изменение правового статуса малоинтенсивной линии, корректировка организации движения на малоинтенсивных железнодорожных участках, модернизация сопутствующей инфраструктуры, пересмотр используемого подвижного состава, альтернативные варианты формирования тарифов на перевозки по малоинтенсивным железнодорожным линиям.

С точки зрения изменения правового статуса, возможны следующие варианты путей повышения эффективного использования участков МЖЛ: Полное закрытие малоинтенсивной линии и перевод грузопотоков и пассажиропотоков на другие сопутствующие виды транспорта с целью минимизации расходов на обслуживание; передача прав владения МЖД в частную собственность, в том числе в логистические компании, организующие перевозки сопутствующими видами транспорта; разработка и использование государственных программ по реорганизации перевозок; переустройство железнодорожных путей и инфраструктуры под автомобильные дороги; использование МЖЛ для организации туристического сервиса и привлечения дополнительного пассажиропотока.

С точки зрения организации движения на МЖЛ применимы упрощенные системы диспетчерской централизации, сокращение персонала до минимально необходимого количества для поддержания обеспечения работы линии, применение спутниковых систем навигационного позиционирования на подвижном составе.

Касательно подвижного состава происходит пересмотр используемых транспортных средств, внедрение специальных подвижных составов облегченного типа.

Изменения, происходящие в инфраструктуре, касаются автоматизации и телеуправления, применения современных технологий управления, например, замены постового и напольного оборудования на микропроцессорную централизацию, а также электрификация участков и общее улучшение состояния путей.

Также немаловажным путем является грамотное дифференцированное формирование тарифов на перевозку.

Анализ зарубежного опыта реформирования железных дорог показал, что не смотря на единую миссию, подход у каждой страны индивидуален, также, как и достигнутые цели. Достаточно непроработанным вопросом в этой теме является влияние вертикального взаимодействия при ведении управления на повышение конкуренции, а также

его воздействие на повышение производительности и эффективности труда. Большое влияние на эффективное использование и снижение эксплуатационных издержек оказывают современные системы связи, сигнализации, автоматизации, а также системы контроля местоположения поездов и минимизация ручного труда.

Литература:

1. Ingels P.-E. Cost-effective train control on low-density lines // Railway Gazette International. — 2010. — № 6. — P. 44-48.
2. B. Scheier, A. Bussmann, F. Brinkmann, U. Wendland. Cost efficiency analysis of the satellite based train control system 3lnSat in Germany. Signal + Draht. — 2015. — № 11. — S. 36-40.
3. G. Barbu, G. Hanis, F. Kaiser, B. Standlmann SATLOC-CNSS based train protection for low traffic lines // Signal + Draht. — 2014. — № 4. — S. 49-53.

Основы построения метеорологических станций для сельского хозяйства

Гусаров Андрей Викторович, студент
Курский государственный университет

В статье автор описывает основные параметры для проектирования метеостанций в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: датчики, метеорологическая станция, окружающая среда, сельское хозяйство.

Технологии, применяемые во всех сферах человеческой деятельности, всё более плотно интегрируются в эти же сферы. Умные дома, фитнес-трекеры и прочие устройства призваны упростить жизнь и повысить эф-

фективность соответствующих групп. Сельское хозяйство — не исключение. С каждым годом посевные площади Российской Федерации растут [1], что отображено в таблице 1.

Таблица 1. Посевные площади в России за 2007-2020 годы

Год	2007	2010	2013	2016	2019	2020
Общая посевная площадь, тыс. га	74698	4861	77562	79312	79881	79630

Однако повышение роста посевных площадей не решает проблему эффективности (под эффективностью предлагается понимать отношение максимально возможной урожайности на единицу площади). Для её повышения необходимо следить за состоянием полей, а именно за температурой воздуха, влажностью воздуха, давлением, влажностью листьев, скоростью ветра и т. п. Контроль за этими показателями требует привлечения специалистов, которые сначала будут снимать показания, а затем обрабатывать, что повышает себестоимость сельскохозяйственной культуры, выращиваемой на поле. Решением этой проблемы является установка метеостанции на сельскохозяйственный участок. Её роль заключается в мониторинге показателей окружающей среды и отправки их оператору. Оператор обрабатывает показания, и делает заключение о том, какие меры необходимо принять, чтобы урожай оказался максимально эффективным. Например, при осуществлении работ по опрыскиванию сельхозкультур скорость ветра должна быть не выше 5 метров в секунду. Превышение порогового зна-

чения только на 1 единицу приводит к нарушению всего технологического процесса (разброс орошения может достигать 10%), к потере средств, затраченных на химикаты, и в перспективе к низким показателям урожайности [2]. Также, при условии соответствующего технического решения, возможна автоматизация, например, автоматический полив растений для поддержки постоянного уровня влажности.

Схемотехническое решение таких проектов представляется следующим образом. Имеются датчики для получения информации о состоянии окружающей среды: датчик температуры воздуха, влажности воздуха, количества углекислого газа, давления, дождя, количества дождя, освещённости, влажности листа, влажности почвы, скорости ветра и его направления. Информацию с них собирает микроконтроллер, способный получать информацию с датчиков по соответствующим протоколам. В некоторых случаях, когда датчик отправляет не готовую информацию, а её составляющую, микроконтроллер должен обработать её (например, аналоговый датчик направления

ветра на герконах). Также в устройстве необходимы часы реального времени (Real Time Clock), синхронизирующие время в случае незапланированной перезагрузки станции, а также внешняя память на случай ошибки отправки данных по беспроводному протоколу. Портативные метеостанции включают в себя датчик местоположения. После сбора и обработки данных в один пакет, метеостанция отправляет это фермеру при помощи модулей передачи данных по беспроводным протоколам.

Выбор модуля связи зависит в основном от предполагаемого местоположения станции. Для черты города и вблизи базовых станций сотовых операторов целесообразно внедрять GSM модули связи. Для фермеров, живущих неподалеку от собственных угодий — Wi-Fi протокол. Минусы этих протоколов связи заключаются в том, что устройство привязано к расположению сотовых вышек или зоне покрытия Wi-Fi. Ещё один, самый подходящий для необходимых целей протокол LoRaWAN. Его основными достоинствами являются: открытый стандарт, низкое энергопотребление, большая дальность работы [3]. К минусам можно отнести то, что для данного протокола необходимо дополнительно проектировать принимающее устройство, однако окупаемость такого ре-

шения в сравнении с предыдущими протоколами будет уже через несколько месяцев.

Питание устройства происходит при помощи аккумуляторов, а продление цикла работы обеспечивается установкой солнечной панели с контроллером заряда. Это стандартный комплект метеостанции, однако может отличаться в зависимости от условий, в которой будет располагаться станция. Обычно, количество датчиков зависит от требований фермера к получаемым данным.

Программа для микроконтроллера работает следующим образом: микроконтроллер запрашивает данные с датчиков, получает их, сопоставляет со временем, полученным с часов реального времени, и отправляет пакет данных по беспроводному протоколу, а также записывает во внешнюю память. В случае ошибок показаний одного из датчиков или ошибки записи во внешнюю память, микроконтроллер в пакете данных отправляет вместо данных с датчика код, обозначающий ошибку или предупреждение. Соответственно, пакет данных выглядит следующим образом: «Дата и время — показания с датчиков — наличие ошибок или предупреждений — код ошибки (если присутствует) — уровень заряда аккумулятора». Блок схема работы программы представлена на рис. 1.

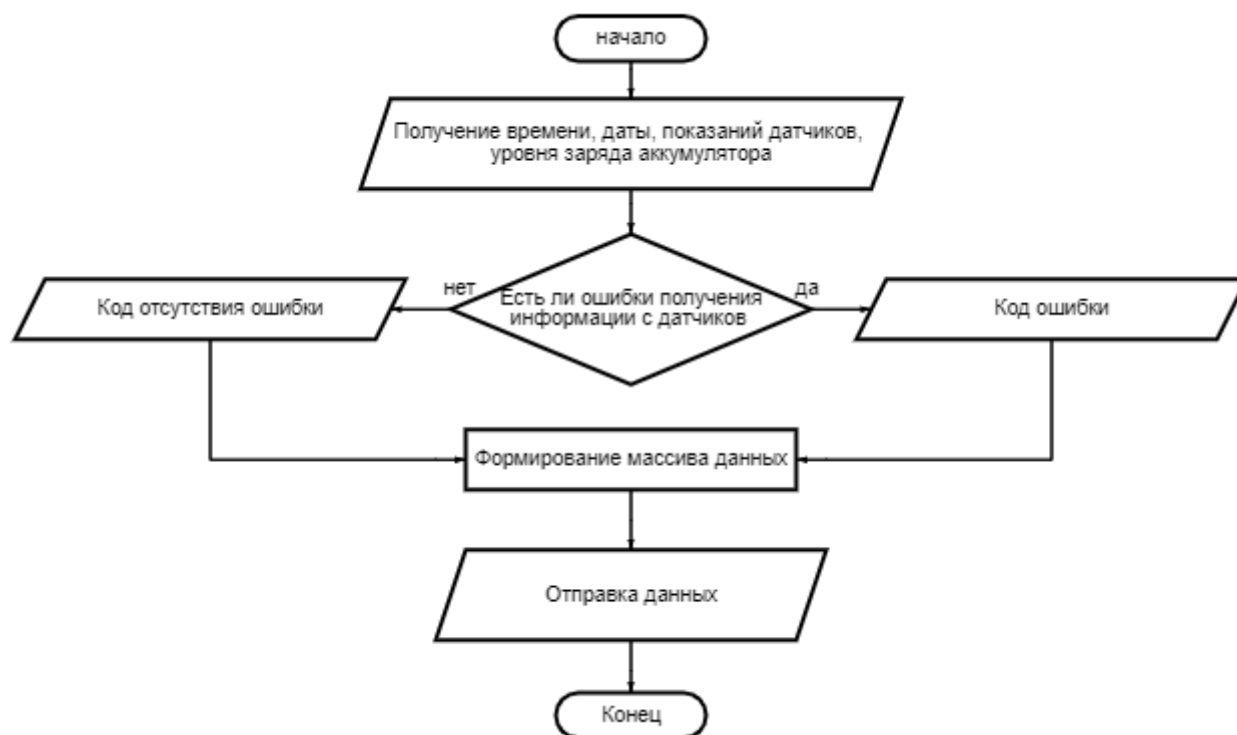


Рис. 1. Блок схема программы микроконтроллера

Сама метеостанция разрабатывается блоками, так как внешнее воздействие необходимо датчикам, но не микроконтроллеру, и поэтому она состоит из следующих блоков: блок управления, блок датчиков и блок питания. Блок управления представляет собой микроконтроллер с необходимой оснасткой для датчиков, аккумулятором и закрывается в герметичный корпус. В блоке датчиков устанавливаются сенсоры, контролирующие окружа-

ющую среду, но не взаимодействующие с ней напрямую (датчики скорости ветра, направления, дождя, осадков устанавливаются отдельно), затем жгутами подключаются к блоку управления. Одной из отличительных особенностей блока является то, что монтируется он в метеорологическую будку. Эта особенность объясняется тем, что датчики внутри неё обеспечивают достоверные показания за счет открытости конструкции, но при этом за-

щищены от вредных для электроники воздействий, таких как солнечная радиация и дождь.

Блок питания состоит из солнечной панели и платы управления зарядом аккумулятора. Жгутом подключается к блоку управления.

Все блоки устанавливаются на столб, который устанавливается на определенную глубину в землю (глубина определяется общей высотой установки для минимальной парусности). На рис. 2 показан внешний вид типовой метеорологической станции.

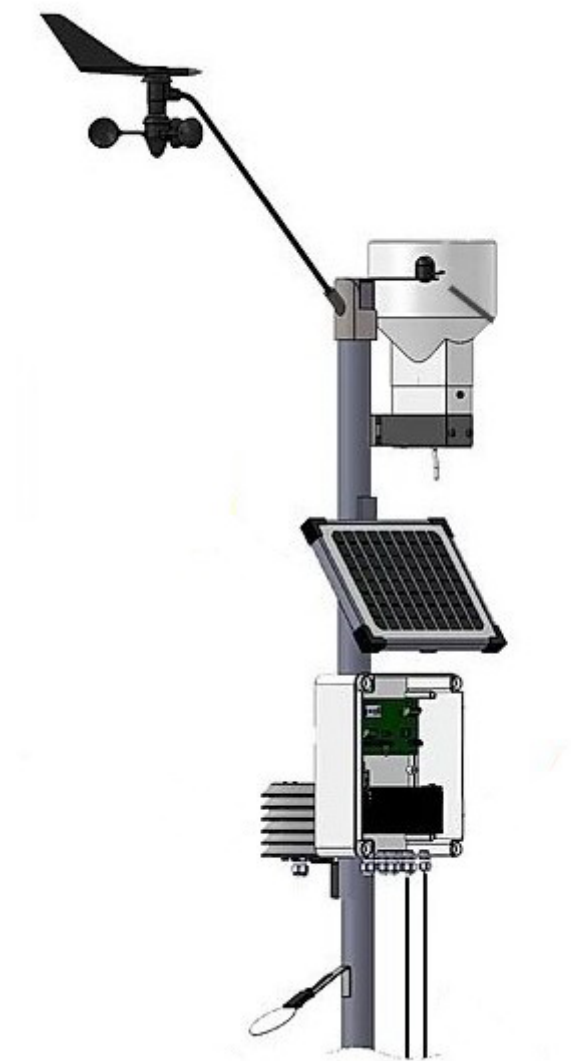


Рис. 2. Внешний вид метеостанции

Литература:

1. Посевные площади сельскохозяйственных культур в Российской Федерации. — Текст: электронный // Федеральная служба государственной статистики: [сайт]. — URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 05.05.2021).
2. Как решать проблемы агропредприятия, применяя метеомониторинг на базе Сокол-М. — Текст: электронный // Системы мониторинга: [сайт]. — URL: <https://www.fmeter.ru/infocenter/helpful/sokol-m-weather-station-for-solving-agricultural-problems/> (дата обращения: 06.05.2021).
3. Перспективная универсальная сеть передачи данных/Г. Ф. Насонов, В. Ф. Танаев, Д. В. Ефанов [и др.]. — Текст: непосредственный // Транспорт Российской Федерации. — 2016. — № 5 (66). — с. 29-32.

Жидкие кристаллы, область применения и их свойства

Жилякова Алина Евгеньевна, студент

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева

Жидкие кристаллы — это состояние вещества, обладающее двумя свойствами: жидкостей и кристаллов. Им также присуща текучесть и анизотропия, т. е. различие свойств в данной среде. Несмотря на их текучесть, они способны сохранять кристаллическое состояние. Благодаря структуре вязких жидкостей, состоящие из молекул дискообразной формы жидкие кристаллы имеют способность меняться при взаимодействии с электрическими полями.

Исторически сложилось так, что жидкие кристаллы имеют два типа плавления, т. е. при одном нагревании кристалл становится прозрачным, при другом — кристалл становится мутным. Это выяснил в 1888 году Фридрих Рейнитцер. Такие кристаллы не воспринимались их отдельное состояние, т. к. это ломало теорию о существовании лишь трех состояний: жидкого, твердого и газообразного.

Ключевые слова: жидкие кристаллы, свойства, применение, молекулы, электрическое поле, термотропные, лиотропные.

Некоторые ученые провели конференцию, посвященную этой теме, и создали индикаторы, которые работают по принципу, основанному на том, что молекулы этих кристаллов способны поворачиваться в электрическом поле, тем самым могут отражать и пропускать свет. Спустя несколько лет жидкие кристаллы стали получать из дешевого и доступного сырья.

Группы ЖК:

1. Термотропные получаются из нагретого твердого вещества, зависящие от параметров температур и давления. Они представляют три типа:

— Сметические — определяются тем, что имеют слоистую структуру, где слои способны перемещаться друг с другом. Имеют высокую вязкость, и также с приближением к поверхности плотность слоя меняется.

— Нематические — определяются нитеобразной структурой, где вытянутые в длину молекулы, вращаясь вокруг своих осей, скользят вдоль них.

— Холистерические — образовались за счет того, что состоят в основном из холестерина. Они немного схожи с нематическими, однако отличие все-таки есть — это их расположение молекул. Молекулы образуют спираль, за счет их поворота относительно друг друга. Особенность такого типа в том, что молекулы очень чувствительны и в зависимости от температуры меняют свое положение.

2. Лиотропные представляют собой смесь из стержневидных молекул данного вещества и полярных растворителей.

3. Металлотропные представляют собой жидкокристаллические фазы, образующиеся с помощью легкоплавких неорганических веществ, например хлорид цинка, способный легко стекать. К этим структурам добавляя длинноцепочечных молекул приводит к образованию новых фаз с некоторыми ЖК-свойствами, возникающими в зависимости от концентрации неорганической фазы и температуры.

Применение кристаллов

Жидкие кристаллы применяются в различных сферах, таких как ЖК-дисплеи, термография, электронные индикаторы.

ЖК-дисплей расшифровывается как жидкокристаллические дисплеи. В XXI веке дисплеи присутствуют везде, в любом электронном устройстве, например телефоны, компьютеры, навигаторы, калькуляторы, электронные книги и др.

Жидкокристаллические дисплеи — довольно сложная система, но если взять в общем виде, то она состоит из стеклянных пластинок, между которыми находятся жидкие кристаллы, их можно также назвать жидкокристаллическими матрицами, и множество источников света.

В термографии жидкие кристаллы помогают получать тепловое изображение объекта с помощью инфракрасного излучения. Благодаря инфракрасным приборам можно определить, в каком месте происходит перегрев, нарушение термоизоляции или других различных участков линий электропередачи, теплового потока или строительства.

С помощью жидких кристаллов создаются электронные индикаторы, реагирующие на различие температур, тем самым определить, где произошел сбой систем. Используют жидкие кристаллы, когда наносят их в виде пленки на печатные платы или интегральные схемы. С помощью этих индикаторов можно с легкостью заметить неисправности в работе. Индикаторы, сделанные из жидких кристаллов, применяются для обнаружения различных химических паров, ультрафиолетового и гамма-излучения.

Свойства ЖК

Так как жидкие кристаллы способны обладать текучестью, то основное свойство определяется наличием порядка пространственной ориентации молекул, что позволяет им приблизиться к обычным кристаллам. У жидких кристаллов присутствует фаза полиморфизм. Его изучают такими методами как:

— Микроскопии в поляризованном свете

— Сканирующей дифференциальной адиабатической калориметрии

— Рентгеноструктурный анализ

Эти методы по-своему позволяют узнать различные стороны ЖК фазы, которые затем дадут общую картину фазы в соответствии с условиями ее существования.

Свойствами таких кристаллов является отсутствие жесткой кристаллической решетки. Жидкие кристаллы могут принимать форму сосуда или любой другой емкости, в которую их помещают. Способность осуществлять более сложный ориентационный порядок молекул, в отличие от кристаллов. Такие кристаллы имеют упругость и флексоэлектрический эффект, т.е. возникновение электрической поляризации в телах при их изгибе или любом другом виде неоднородной деформации. Изменение ориентации молекул под действием электрических полей, что открывает возможности их применения в промышленности.

Литература:

1. Блинов, Л. М. Жидкие кристаллы, Структура и свойства: книга/Блинов Л. М., 2013
2. Давыдов, С. Материаловедение: учебное пособие/Давыдов С., Болдырев Д., Тюрков М., Попова Л. 2020-424 с.
3. Гшайдле, Р. Технология металлов и материаловедение: учебник/Гшайдле Р. 2019-176 с.
4. Груздев, В. Материаловедение: учебник/Груздев В., Синянский И. 2018-272 с.
5. Воробьев, А. Материаловедение: учебник/Воробьев А., Жуков Д., Кононов Д. 2014-304 с.

Находятся такие кристаллы в определенном промежуток температур, однако у каждого жидкого кристалла свой определенный промежуток, т.е. у одних интервал ($\Delta T \approx 0,01$ К), а у других ($\Delta T \approx 100$ К). Это можно объяснить на примере: если жидкий кристалл нагреть, то он превратится в жидкость или, наоборот, охладить, то он превратится в кристалл. Строение таких кристаллов выглядит как вытянутая сигарообразная форма, концы которой слабо взаимодействуют относительно друг друга, однако боковые поверхности взаимодействуют достаточно сильно и могут удерживать молекулы.

Исследование изменений в работе каркаса металлического большепролетного геодезического купола при различных способах монтажа

Замиралова Елизавета Олеговна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В настоящей статье рассматривается два варианта монтажа геодезического купола, анализируются величины изменения усилий между проектной схемой купола и схемой, полученной по завершении монтажа конструкции, оценивается влияние появляющихся усилий в процессе монтажа на окончательное напряженно-деформированное состояние купола.

Ключевые слова: купол, геодезический купол, большепролетные конструкции, монтаж купола, внутренние усилия.

На данном этапе развития и усовершенствования технологий строительства огромную популярность приобретают большепролетные пространственные стержневые конструкции. К одной из таких конструкций относится геодезический купол. Такие конструкции считаются достаточно сложными при обычном расчете на проектные нагрузки. Кроме этого, их возведение в окончательное проектное положение является задачей не из легких. Необходимо ещё до проекта производства работ заранее рассмотреть и смоделировать в программном комплексе наиболее приемлемый способ монтажа, таким образом, чтобы усилия внутри элементов изменялись минимально, изучить различные схемы монтажа каркаса стержневой конструкции, по возможности использовать укрупнительную сборку для последующего монтажа.

Вследствие работы конструкций при монтаже геодезических купольных каркасов по расчетным схемам, отличающихся от проектной схемы, в стержнях каркасов могут возникать монтажные усилия.

Для проведения исследования по данной задаче запрограммирована компьютерная модель геодезического металлического односетчатого купола. Пролет схемы составляет 32 м, профиль сечений — трубный 28х6, сопряжение в узлах жесткое. Чтобы получить более точные результаты в расчетных схемах задана нагрузка от собственного веса. Нагрузка от собственного веса приложена согласно СП 20.13330.2011 [1]. Прочностные расчеты проведены согласно СП 16.13330.2017 [2]. Учитывались только усилия растяжения — сжатие, без моментов, т. к. величины моментов малы в сравнении с усилиями растяжения — сжатие. Поддерживающие леса закреплены в узлах шарнирно.

Варианты монтажа купола: вариант 1 — поэтапный монтаж, укрупнительная сборка на земле по каждому ярусу, поддерживающие леса на каждый ярус конструкции; вариант 2 — поэтапный монтаж, укрупнительная сборка на земле каждые два яруса, поддерживающие леса через ярус.

Исследования проводились на компьютерных моделях в программе «LIRA-SAPR». Расчет осуществлялся по линейному статическому методу с использованием системы «Монтаж».

Для металлических элементов опасность представляет усилие сжатия, в связи с этим в окончательных схемах рас-

сматривалось изменение усилий сжатия в кольцевых элементах и в стержнях решетки.

На рис. 1 представлены проектные усилия, возникающие в куполе от собственного веса.

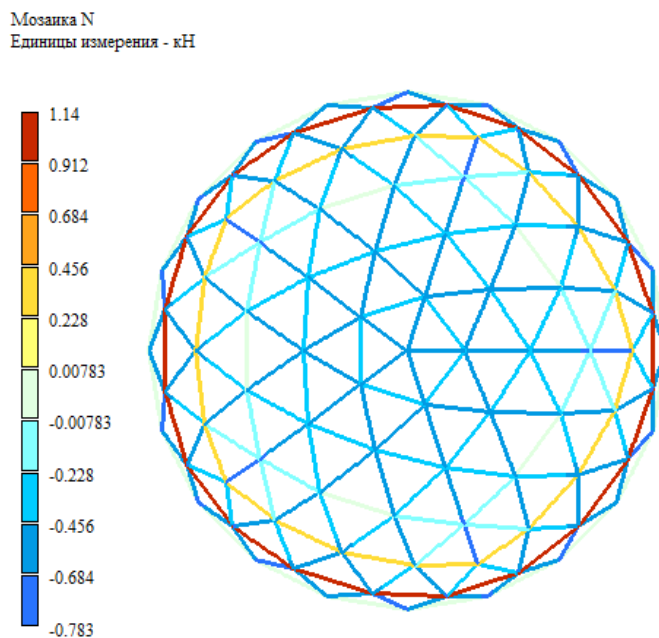


Рис. 1. Проектные усилия, возникающие в куполе от собственного веса

Вариант 1. Поэтапный монтаж, поддерживающие леса на каждый ярус. На рис. 2 представлена расчетная схема

при монтаже по варианту 1, на рис. 3 представлены окончательные усилия.

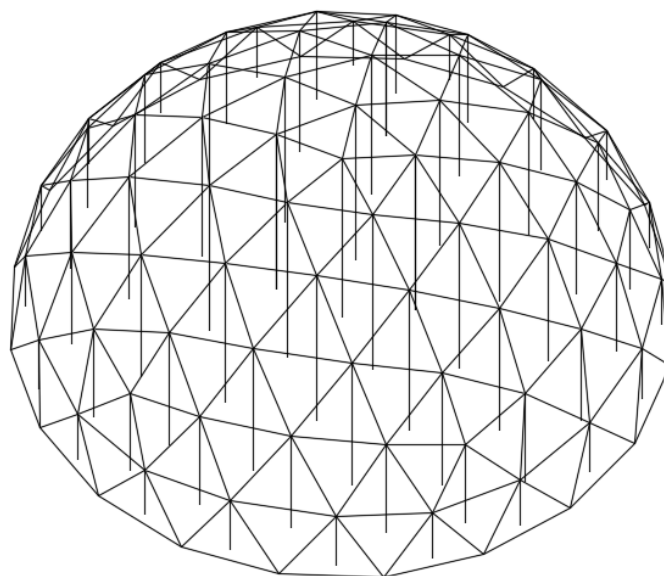


Рис. 2. Расчетная схема для монтажа по первому варианту

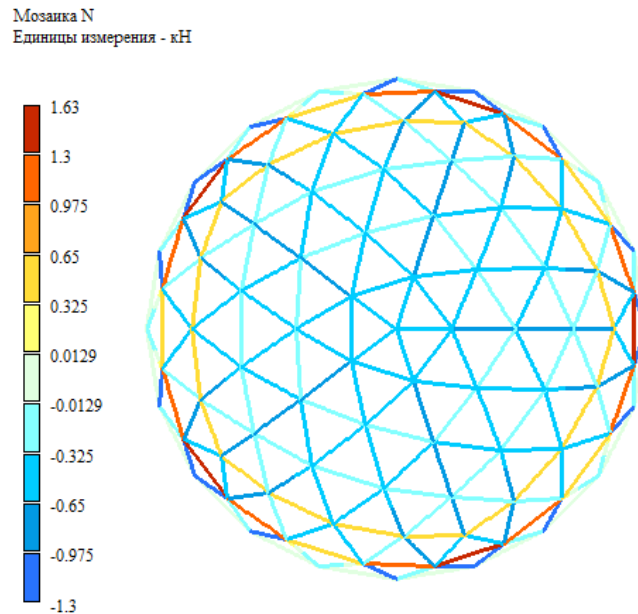


Рис. 3. Полученные окончательные усилия по монтажу для первого варианта

Вариант 2. Монтаж через ярус, поддерживающие леса через ярус. На рис. 4 представлена расчетная схема

при монтаже по варианту 2, на рис. 5 представлены окончательные усилия.

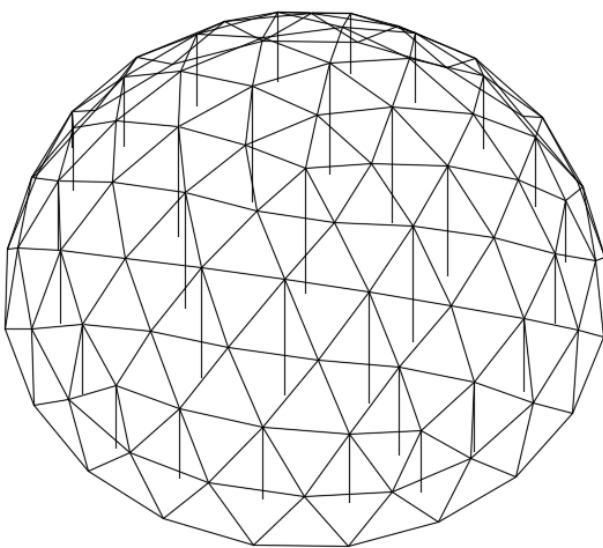


Рис. 4. Расчетная схема для монтажа по второму варианту

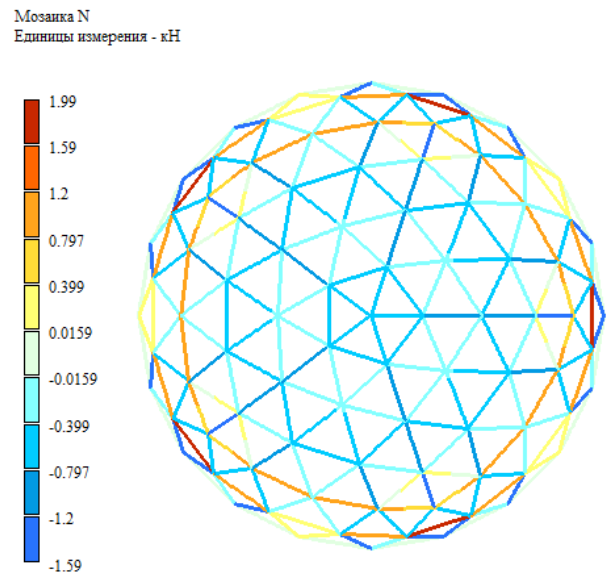


Рис. 5. Полученные усилия по монтажу для второго варианта

Рассмотрев два варианта монтажа купола можно сделать выводы: при монтаже купола по варианту 1 в элементах кольца усилия выросли в 1,5 раза по сравнению с проектной схемой, в наиболее сжатых элементах решетки величина усилий выросла в 1,7 раза; при монтаже купола по варианту 2 в элементах кольца усилия выросли в 1,8 раза, в наиболее сжатых элементах в 2

раза по сравнению с проектной схемой; способ монтажа влияет на общее НДС конструкции, в данном случае, при монтаже со сплошных опор в сравнении с проектной схемой изменения являются менее значительными, чем при монтаже с поддерживающими опорами через ярус; расчет на усилия, возникающие при монтаже, необходим.

Литература:

1. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.09*–91. М., Минрегион, 2011. 9 с.
2. СП 16.13330.2017 СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная версия СНиП II-23–81* Министерство регионального развития России. М.: ОАО «ЦПП», 2017. 97 с.

Утилизация теплоты отработанного газа и воздуха в конвективных сушильных установках с помощью теплового насоса

Ибрагимов Умиджон Хикматуллаевич, PhD, доцент;
 Аванесов Тигран Рубенович, студент магистратуры
 Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

В статье рассмотрены возможные схемы утилизации теплоты отработанного воздуха и газа в конвективных сушильных установках с помощью тепловых насосов.

Ключевые слова: рабочий агент, отработанный газ, температура конденсации, отработанный воздух, теплота, отработанный сушильный агент.

В производствах, использующих энергетики, процесс сушки промежуточных и конечных продуктов является одним из наиболее энергоемких процессов. Этот процесс в основном осуществляется в конвективных сушильных установках (СУ), на долю которых приходится более 90% от общего числа сушилок. В качестве сушильного агента чаще всего используется воздух, иногда для предотвращения окисления используются газы, например азот. Тепловой КПД большинства СУ составляет от 12 редко до 60%. Затраты энергии достигают до 23 МДж на один килограмм удаляемой влаги, что почти в 10 раз больше удельной теплоты испарения [1].

Потери теплоты происходят из-за плохой теплоизоляции и герметизации СУ, несовершенства конструкции СУ, недостаточной автоматизации, из-за пересушивания

материала, на основные потери — потери теплоты с отработанным сушильным агентом, уходящим из СУ, который уносит с собой теплоту, затраченную на испарение влаги. При температурах отработанного сушильного агента (30...80°C), при этом составляют от 15 до 40% от общего расхода теплоты на сушку. Очевидно, что рациональное использование теплоты уходящего сушильного агента снизит теплотопотери.

Возможно, утилизации теплоты отработанного воздуха конвективной СУ с помощью теплонасосной установки (ТНУ) с разомкнутой схемой по воздуху [2]. После сушилки (СШ) (рис. 1) отработанный влажный воздух 2 охлаждается в холодильнике-испарителе (Х-И) и только после этого выбрасывается в атмосферу. За счет теплоты, отданной отработанным воздухом, работает ТНУ с рабочим агентом 4.

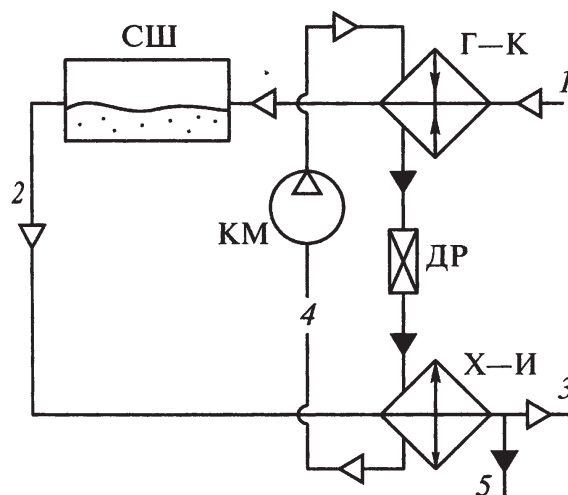


Рис. 1. Утилизации теплоты отработанного воздуха СУ с помощью ТНУ, разомкнутая схема по воздуху

Рабочий агент 4 испаряется в Х-И, отбирая теплоту от охлаждающегося воздуха; сжимается компрессором (КМ), при этом повышается его температура; затем 4 конденсируется в подогревателе-конденсаторе (Г-К), температура конденсации рабочего агента 4 и теплоты, выделяющаяся при его конденсации, достаточны для нагрева воздуха 1 в Г-К. Конденсат рабочего агента 4 дросселируется через дроссель (ДР), при этом его давление и температура понижается до давления и температуры испарения в Х-И. если отработанный воздух 2 охлаждается до температуры ниже, чем точка росы, то из него конденсируется влага 5, следовательно, дополнительно выделяется теплота конденсации. Таким образом, увеличивается количество теплоты на испарение рабочего агента 4 цикла теплового насоса, а следовательно, увели-

чивается и количество теплоты, выделяющейся при конденсации рабочего агента 4 в Г-К. поток 3 охлажденного воздуха отводится из установки. В качестве рабочего агента ТНУ используют фреоны, водные растворы этиленгликоля.

Утилизации теплоты отработанного газа конвективных СУ может, осуществляется и с помощью ТНУ с замкнутой схемой по газу (рис. 2) [3]. Отработанный влажный газ 2 после СШ охлаждается в Х-И до температуры ниже точки росы, поэтому из него конденсируется влага 5, которая выводится из установки. Остывший сухой газ 3 нагревается в Г-К, откуда 1 поступает в СШ. За счет теплоты, выделяющейся при охлаждении газа 2, и теплоты, выделяющейся при конденсации из него влаги 5, работает цикл теплового насоса с рабочим агентом 4.

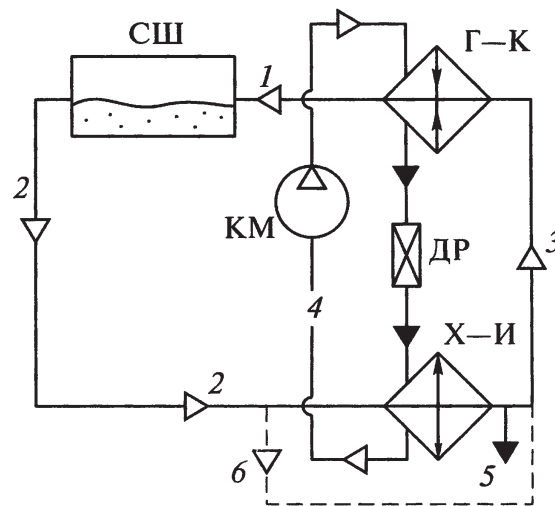


Рис. 2. Утилизация теплоты отработанного газа СУ с помощью ТНУ, замкнутая схема по газу

Рабочий агент 4 испаряется в Х-И, отбирая теплоту от газа 2 и конденсирующихся из него паров 5; сжимается КМ, при этом повышается его давление и температура; затем конденсируется в Г-К. Температура конденсации 4 и теплота, выделяющаяся при его конденсации, достаточны для нагрева газа 3 в Г-К. Рабочий агент 4 ТНУ дросселируется через ДР, при этом его давление и температура понижается до давления и температуры испарения в Х-И. для уменьшения количества теплоты, необходимой для нагрева, применяется байпасирование части отработанного газа 6 мимо Х-И, что увеличивает темпера-

туру потока 3 перед Г-К, т.е. применяется рециркуляция части отработанного газа. Такие схемы особенно целесообразно использовать, если сушильным агентом является азот или иной газ. Они наиболее эффективны при высокой относительной влажности уходящего из сушилки газа. При относительной влажности отработанного газа менее 30% они становятся невыгодными. Это объясняется уменьшением доли теплоты конденсации влаги из газа, что приводит к понижению температуры испарения в Х-И и, соответственно, при постоянной температуре конденсации в Г-К, к уменьшению коэффициента преобразования ТНУ.

Литература:

1. Мазур, Л. С. Техническая термодинамика и теплотехника: Учебник. — М.: ГЭОТАР-МЕД, 2003. — 352 с.
2. Визиришвили, О. Ш., Меладзе Н. В. Энергосберегающие теплонасосные системы тепло- и хладоснабжения. — М.: Изд. МЭИ, 1994.
3. Янтовский, Е. И., Левин Л. А. Промышленные тепловые насосы. — М.: Энергоатомиздат, 1989.

Утилизация теплоты в процессах ректификации с помощью теплонасосной установки. Часть 1

Ибрагимов Умиджон Хикматуллаевич, PhD, доцент;
 Аванесов Тигран Рубенович, студент магистратуры
 Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

В статье рассмотрены возможные схемы утилизации теплоты дефлегмации в ректификационной установке с помощью теплонасосных установок.

Ключевые слова: кубовой остаток, теплота дефлегмации, верхний продукт, нижний продукт, рабочий агент.

Ректификационные установки являются крупными потребителями энергии. В традиционно применяемой схеме необходимая для процесса теплота подводится в куб колонны с греющим паром, а в дефлегматоре практически вся подведенная теплота отводится с охлаждающей оборотной водой в окружающую среду. В летний период из-за недостаточного охлаждения оборотной воды возникают проблемы с дефлегмацией и качеством дистиллята [1]. Утилизация теплоты в процессе ректификации в основном сводится к использованию теплоты дефлегмации (конденсации флегмы и дистиллята). При этом

исключается сложная и материалоемкая система охлаждения водой или воздухом и одновременно исключается влияние температуры окружающей среды на производительность установки. К установке подводится только электрический кабель вместо паропроводов от котельной или ТЭЦ. Возможно, также использовать отводимую теплоту при охлаждении дистиллята и кубового остатка [2].

На рис. 1 дана схема утилизации теплоты дефлегмации в ректификационной установке (РУ) с помощью теплонасосных установок (ТНУ), работающей по открытому циклу на флегме.

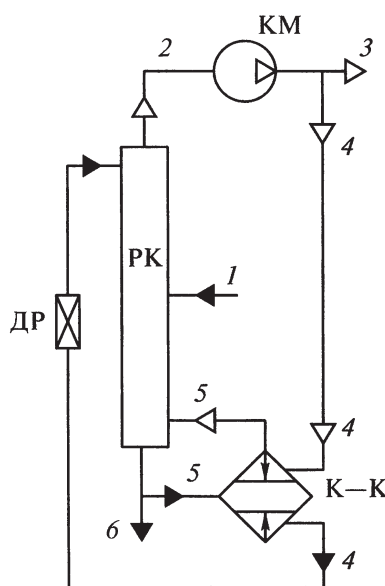


Рис. 1. Утилизация теплоты дефлегмации в РУ: ТНУ, работающая по открытому циклу на флегме

В этой схеме пары верхнего продукта 2 сжимаются в компрессоре (КМ). Часть сжатых паров 3 является готовым верхним продуктом (дистиллятом) и отводится из установки. Другая часть 4 поступает в куб колонны кипятильник-конденсатор (К-К), где за счет теплоты конденсации потока 4 образуются пары кубового остатка 5, поступающие в низ колонны РК. Конденсат 4 дросселируется через дроссель-вентиль (ДР) и в качестве флегмы поступает в верхнюю часть колонны: 1-исходная смесь, 6-кубовый остаток (нижний продукт).

По другой схеме (рис. 2) теплота дефлегмации в РУ утилизируется с помощью ТНУ, работающей по открытому циклу на кубовой жидкости. Часть 5 нижнего продукта дросселируется через ДР и после этого используется в качестве хладагента в дефлегматоре-испарителе (ДФ-И), обеспечивая флегмой 4 колонну РК. С другой стороны ДФ-И является испарителем для потока 5. Пары 5 сжимаются КМ и направляются в нижнюю часть колонны РК: 3-готовый верхний продукт-дистиллят.

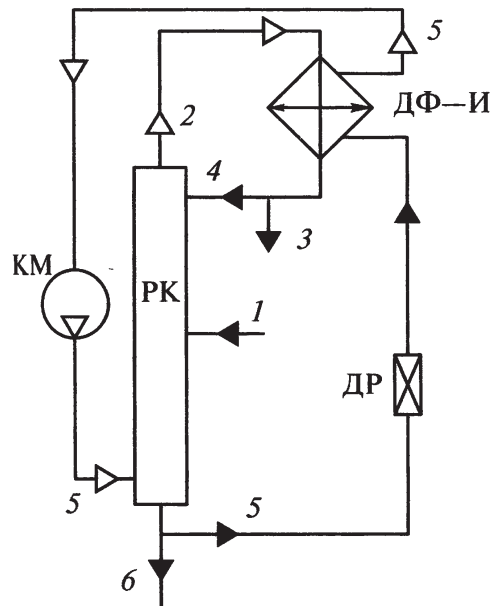


Рис. 2. Утилизация теплоты дефлегмации в РУ: ТНУ, работающая по открытому циклу на кубовой жидкости

Возможны и другие варианты схем ректификации с использованием ТНУ для утилизации теплоты дефлегмации, в частности, схема замкнутого цикла ТНУ с промежуточным рабочим агентом 7 (рис. 3). Рабочий агент

7 испаряется в ДФ-И, забирая теплоту от верхнего продукта 2. После сжатия КМ рабочий агент 7 отдает теплоту в К-К на получение паров 5 нижней части колонны.

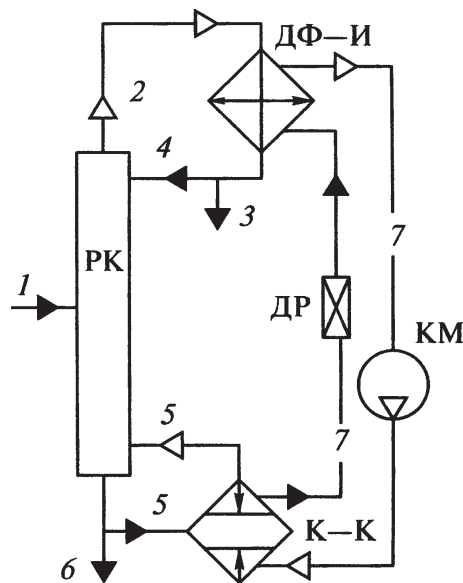


Рис. 3. Утилизация теплоты дефлегмации в РУ: ТНУ, работающая на промежуточном рабочем агенте по замкнутому циклу

На схеме рис. 4 теплота дефлегмации отбирается с помощью ТНУ, работающей на кубовом остатке 6, который после своего расширения в ДР поступает в дефлегматор, отбирает теплоту дефлегмации, сжимается в КМ и отдает эту теплоту, конденсируясь в К-К.

Преимуществом схем с использованием ТНУ для утилизации теплоты в процессах ректификации является уменьшение суммарной поверхности теплообмена и снижение расхода энергии на 25...30%, так как при ректификации близкоккипящих смесей требуются сравнительно небольшие затраты на сжатие.

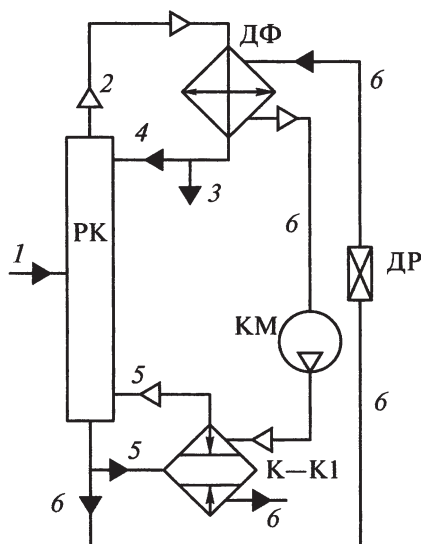


Рис. 4. Утилизация теплоты дефлегмации в РУ: ТНУ, работающая на кубовом остатке

Литература:

1. Мазур, Л. С. Техническая термодинамика и теплотехника: Учебник. — М.: ГЭОТАР-МЕД, 2003. — 352 с.
2. Визиришвили, О. Ш., Меладзе Н. В. Энергосберегающие теплонасосные системы тепло- и хладоснабжения. — М.: Изд. МЭИ, 1994.

Утилизация теплоты в процессах ректификации с помощью теплонасосной установки. Часть 2

Ибрагимов Умиджон Хикматуллаевич, PhD, доцент;
 Аванесов Тигран Рубенович, студент магистратуры
 Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

В статье рассмотрены схема утилизация теплоты дефлегмации в ректификационных установок с промежуточным кипятильником с помощью теплонасосных установок.

Ключевые слова: верхний продукт, греющий пар, механическая мощность, тепловой насос, дополнительная потеря эксергии.

В тех случаях, когда температуры кипения верхнего и нижнего продуктов существенно различаются, применение некоторых предлагаемых схем [1] требует значительно сжатия паров в компрессоре (КМ), что в свою очередь приводит к значительному перегреву паров и дополнительным потерям эксергии в кубе за счет увеличенной разности температур. Здесь следует применять схему ректификационная установка с промежуточным кипятильником (К-К) и теплонасосной установкой (ТНУ), работающей на части верхнего продукта (рис. 1). В К-К2 поступает жидкость с промежуточных тарелок колонны РК и испаряется за счет конденсации части 3» сжатых в КМ паров верхнего продукта. Образовавшийся в промежуточном кипятильнике пар поступает в колонну РК, а часть 3» сконденсированных паров верхнего продукта после сброса давления в дроссель-вентиле (ДР) поступает в дефлегматор ДФ. Конденсация части 4» происходит при смешении с потоком 3» за счет того, что температура потока 3» ниже температуры конденсации потока 4», кроме этого теплота может отводиться потоком 8. Флегма 4 возвращается в колонну. Дистиллят 3 удаляется из установки. Недостаточная теплота поступает в К-К1, обогреваемый греющим паром 7. Чем выше давление сжатых паров 3», тем ближе к нижней части колонны будет находиться отбор жидкости в промежуточный К-К2, тем больше энергии будет затрачиваться на сжатие и меньше теплоты поступать с греющим паром.

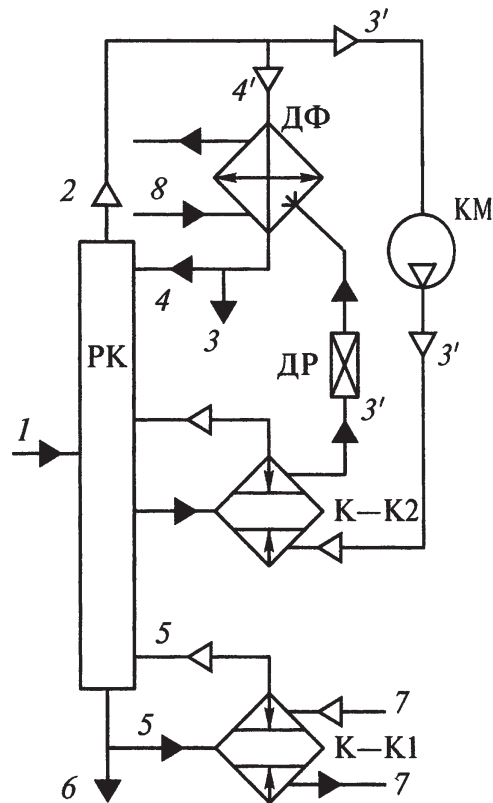


Рис. 1. Утилизация теплоты дефлегмации в РУ с промежуточным кипятильником: ТНУ, работающая на части верхнего продукта

Определение оптимального давления сжатия паров верхнего продукта требует совместного расчета колонны и теплового насоса, так как с изменением положения отбора изменяется флегмовое число и количество тарелок в колонне [2].

Тепловой баланс обычной схемы ректификации:

$$Q_F + Q_{гр.п} = Q_{дф} + Q_D + Q_W + Q_{пот} \tag{1}$$

где Q_F -потоки теплоты с исходной смесью; $Q_{гр.п}$ -потоки теплоты с греющим паром в кубе К-К1; $Q_{дф}$ -потоки теплоты с водой в дефлегматоре; Q_D -потоки теплоты с дистиллятом; Q_W -потоки теплоты с кубовым остатком; $Q_{пот}$ -потери теплоты в окружающую среду.

Для энергетического сопоставления примем следующие допущения: в схеме с ТНУ состав потоков, их расход и температуры сохраняются, только $Q_{дф} = 0$. Затраты первичной энергии сосредоточены в величине $Q_{гр.п}$, причем в обычной схеме полный расход топлива:

$$B_1 = b_{гр.п} Q_{гр.п} \tag{2}$$

где $b_{гр.п}$ -удельный расход топлива на единицу теплоты, подводимой с греющим паром в куб колонны, кг/ГДж.

В схеме с тепловым насосом:

$$B_2 = \Delta b_{\Delta} = \frac{Q_{гр.п}}{\varphi} b_{\Delta} \tag{3}$$

где Δ -затраченная на компрессор электроэнергия; b_{Δ} -удельный расход топлива на выработку электроэнергии с учетом потерь в электросети, кг/(кВт·ч); $\varphi = Q_{гр.п}/\Delta$ -коэффициент преобразования теплового насоса.

Для суждения о возможной экономии или перерасходе топлива в сопоставляемых схемах вводится относительный расход топлива:

$$b = \frac{B_2}{B_1} = \frac{b_{\Delta} Q_{гр.п}}{\varphi b_{гр.п} Q_{гр.п}} = \frac{b_{\Delta}}{\varphi b_{гр.п}} \tag{4}$$

Для расчета φ следует по термодинамическим таблицам или диаграммам определить отношение теплоты конденсации паров после компрессора к затраченной на сжатие работе. Приближенно можно рассчитать φ через φ_K идеального цикла Карно с эмпирической поправкой:

$$\varphi = \eta \frac{T_{кон}}{T_{кон} - T_{исп}} \tag{5}$$

где $T_{\text{кон}}$ - температура конденсации паров после компрессора, К; $T_{\text{исп}}$ - температура испарения дистиллята, К; $\eta = 0,6$ - эмпирический коэффициент.

Определим граничное значение $\varphi_{\text{гр}}$, при котором расход топлива для обычной и теплонасосной схем одинаков, т. е. $b = 1$, и следовательно:

$$\varphi_{\text{гр}} = \frac{b_3}{b_{\text{гр.п}}} \tag{6}$$

Если $\varphi < \varphi_{\text{гр}}$, то $b > 1$ и получается перерасход топлива, а если $\varphi > \varphi_{\text{гр}}$ и $b < 1$ — то его экономия. Если принять $b_3 = 0,35$ кг/(кВт·ч) и $b_{\text{гр.п}} = 41,8$ кг/ГДж, то $\varphi_{\text{гр}} = 2,3$ и относительный расход топлива можно представить как $b = 2,3/\varphi$. Поскольку φ определяется в основном разностью температур, можно оценить граничное значение этой разности:

$$\Delta T_{\text{гр}} = T_{\text{кон}} - T_{\text{исп}} = \eta \frac{T_{\text{кон}}}{\varphi_{\text{гр}}} = 0,6 \frac{T_{\text{кон}}}{2,3} \approx 0,25 T_{\text{кон}}$$

Если $T_{\text{кон}} = 360$ К, то $\Delta T_{\text{гр}} = 90$ К, т. е. при $T_{\text{кон}} - T_{\text{исп}} < 90$ К тепловой насос может дать экономию топлива в сравнении с обычной схемой.

В связи с приближенностью оценок и неучетом влияния дополнительных экономических ограничений значение $\Delta T_{\text{гр}}$ лучше снизить примерно до 60 К.

Для сопоставления теплонасосной и обычной схем их следует рассматривать не изолированно, а совместно с энергетической установкой, снабжающей их энергией. Греющий пар, вырабатываемый теплофикационной установкой, обычно имеет давление 1,2 МПа и температуру около 185°C. Температура кипения в кубе РК обычно не превышает 100°C. Греющий пар перед подачей в теплообменные устройства дросселируется до давления 0,3 МПа, что вызывает существенные потери эксергии. Дополнительные потери эксергии имеют место из-за значительной разности температур конденсирующегося греющего пара и кипящей в кубе жидкости. Эта разность температур составляет более 30 К, если пар конденсируется при давлении 0,3 МПа, а кубовая жидкость кипит при температуре менее 100°C. Вся энергетическая выгода теплового насоса состоит в устранении этих потерь и в утилизации теплоты парообразного верхнего продукта. Пар давлением 1,2 МПа можно преобразовать в механическую мощность с КПД $\eta = 0,33$. Эквивалентный тепловой насос, дающий то же количество теплоты с потреблением такой же механической мощности, имеет коэффициент преобразования:

$$\varphi = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{0,33} = 3$$

Если температура кипения в кубе 100°C, а температура паров дистиллята 76°C, то после сжатия КМ температура конденсации паров должна быть примерно 115°C, тогда:

$$\varphi = 0,6 \frac{T_{\text{кон}}}{T_{\text{кон}} - T_{\text{исп}}} = 0,6 \frac{273 + 115}{115 - 76} = 6$$

Из полученной оценки следует, что тепловой насос дает то же количество теплоты, потребляя вдвое меньше энергии.

Литература:

1. Визиришвили, О. Ш., Меладзе Н. В. Энергосберегающие теплонасосные системы тепло- и хладоснабжения. — М.: Изд. МЭИ, 1994.
2. Янговский, Е. И., Левин Л. А. Промышленные тепловые насосы. — М.: Энергоатомиздат, 1989.

Применение комбинированной системы электрообогрева промышленных трубопроводов на вновь вводимых объектах подготовки и перекачки нефти

Садыков Виктор Фанурович, студент магистратуры
Тюменский индустриальный университет

В статье предлагается техническое решение по снижению расходов на электрический обогрев трубопроводных систем за счет использования комбинированной системы обогрева.

Ключевые слова: объекты подготовки и перекачки нефти, промышленный трубопровод, комбинированная система электрообогрева.

Поиск энергоэффективных решений для улучшения системы электрообогрева является очень актуальным направлением на сегодняшний день. Существующая система далеко не идеальна и имеет ряд недостатков. Огромное количество саморегулирующего греющего кабеля, используемого на объектах подготовки и перекачки нефти, несут большие затраты на электропотребление и высокую стоимость всей системы обогрева в целом. Надежная работа, короткий срок службы, холостой ход греющего кабеля и потребление впустую — заставляет задуматься и пересмотреть целесообразность применения данного нагревательного кабеля на всех объектах подготовки и перекачки нефти [1, с. 214].

Целью любого нефтедобывающего предприятия является снижение затрат на электрообогрев трубопроводов. Ее можно достичь за счет применения комбинированной системы электрического обогрева, используя отдельный вид кабеля на разных участках трубопроводных систем.

Задачи, которые необходимо решить в ходе исследовательской работы:

1. Проанализировать существующую систему электрообогрева трубопроводов;
2. Сравнить текущую и предлагаемые системы электрообогрева трубопроводов;
3. Оценить эффективность, доступность и экономическую целесообразность

В настоящее время, электрообогрев промышленных трубопроводов на всех участках подготовки и перекачки нефти, где необходима компенсация тепловых потерь, осуществляется только по средством использования саморегулирующегося греющего кабеля, абсолютно независимо от протяженности трубопровода и его характеристик [1, с. 114].

Для того, чтобы подобрать оптимально эффективное решение электрообогрева для конкретного трубопровода, необходимо провести анализ и выделить основные преимущества и ограничения существующих греющих кабелей.

Саморегулирующийся греющий кабель обладает следующими преимуществами:

1. Возможность резать кабель на требуемую длину
2. Автоматическое регулирование тепловыделения при изменении температуры обогреваемой поверхности

3. Использование без систем управления питанием
Ограничения технологии:

1. Большие стартовые токи
2. Ограниченная длина нагревательных секций
3. Необходимо задействовать большое количество силового оборудования [1, с. 96].

Вывод: данный вид кабеля эффективно использовать на коротких разветвленных трубопроводах до 120 метров.

Альтернативный вариант — резистивный одножильный кабель постоянной мощности, который обладает следующими достоинствами:

1. Большой срок службы (до 20 лет)
2. Длина греющей цепи до 1500 метров
3. Гибкость, простота монтажа
4. Выдерживает воздействие пара до 230°C
5. Доступная стоимость

Нюансы применения:

1. Не допускают монтажа внахлест
2. Возможное изменение длины по месту $\pm 5\%$
3. Обогрев трубопроводов осуществляется петлей [1, с. 108].

Вывод: данный кабель эффективно использовать на трубопроводах длиной от 120 до 700 метров с применением системы управления питанием.

Еще один вариант для сравнения — нагревательный трехжильный кабель постоянной мощности, который обладает следующими достоинствами:

1. Большая длина нагревательной секции (до 4 км)
2. Увеличенная поверхность тепловыделения
3. Простота и удобство монтажа, подача питания осуществляется с одной точки
4. Линейное тепловыделение до 50 Вт/м




Нюансы применения:

1. Одинаковая мощность по всей длине
2. Стоимость выше, чем у одножильного кабеля [1, с. 122].

Вывод: данный вид кабеля эффективно использовать на протяженных трубопроводах длиной свыше 700 метров с применением системы управления питанием.

В комплексе с одножильным и трехжильным кабелями постоянной мощности наиболее целесообразно применять системы управления питанием. Проведен сравнительный анализ. Данные приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Сравнение систем управления питанием

Наименование	Механический термостат	Регулятор температуры	Программируемый логический контроллер
			
Стоимость оборудования	25000 руб.	10000 руб.	22000 руб.
Возможность АРМ	Отсутствует	Присутствует, в комплексе с дополнительной панелью визуализации	Присутствует, необходимы доп. вложения
Точность измерения температур	Средняя — 2-3%	Высокая — 0,5%	Высокая — 0,5%
Дополнительные затраты на оборудование	Устанавливается вместо соединительных коробок, но имеет большие затраты на силовую часть	Не требует дополнительных затрат на силовое оборудование, но есть необходимость затрат на контрольный кабель	Требует затраты на контрольное измерительное оборудование и устройства автоматизации
Максимальная удаленность датчиков	10 метров	1000 метров	2500 метров

Регулятор температуры является наиболее эффективным решением поставленной задачи для масштабных объектов подготовки и перекачки нефти.

Мною был проведен анализ, в результате которого я пришел к выводу. Нельзя сказать, что какой-то опре-

деленный нагревательный кабель хуже или лучше другого. Каждый кабель имеет свои преимущества, и только при правильном применении комбинированной системы, возможно подчеркнуть их, и получить максимальную экономическую и энергетическую эффективность.

Литература:

1. Струпинский, М. Л., Хренков Н. Н., Кувалдин А. Б. Проектирование и эксплуатация систем электрического обогрева в нефтегазовой отрасли. — Инфра-Инженерия, 2015. — 328 с.

Внедрение рентгеновских систем досмотра груза как мера повышения безопасности перевозочного процесса

Семененко Андрей Андреевич, студент;
 Фоминых Валерия Андреевна, студент
 Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

В статье авторы поднимают проблему технологии принятия груза к перевозке на станциях и предлагают внедрение рентгеновских систем досмотра для повышения эффективности и безопасности перевозочного процесса в железнодорожном сообщении.

Ключевые слова: транспорт, безопасность, железная дорога, грузовые перевозки.

Каждый день в России практически непрерывно выполняются грузовые операции. Это обусловлено необъятностью земель нашей страны, в каждую точку которой необходимо доставить определенные грузы. Это может быть, что угодно, например, продукты пи-

тания, сырье для производства, топливо, лес, бытовая техника и многое другое. Железнодорожный транспорт является одним из ведущих в области грузовых перевозок. Он имеет свою отдельную непрерывно работающую дорожку, что позволяет обеспечивать беспере-

бойное сообщение. Также железная дорога необходима при доставке грузов в дальние уголки России, которые часто настигает непогода, что приводит к невозможности работы авто- и авиасообщений. В среднем на май 2021 года среднесуточно на грузовых станция ОАО «РЖД» погружается примерно 2200 тысяч тонн [1]. А за прошлый месяц текущего года объем грузовых перевозок практически достиг 68000 тысяч тонн. Эти показатели свидетельствуют о том, что железная дорога — неотъемлемый элемент всей транспортной сети России, а значит она должна доставлять грузы быстро, сохранно и безопасно.

В нашей статье мы хотим особо обратить внимание на безопасность железнодорожного транспорта. Безопасность должна обеспечиваться с момента прибытия груза на станцию погрузки и до момента выдачи его грузополучателю. В свою очередь, работники железнодорожного транспорта по инструкциям на каждом этапе стремятся к обеспечению исправной работы сети. Безопасность обеспечивается содержанием в исправности всех сооружений и устройств, пути, подвижного состава и других механизмов, а также правильной и четкой работой персонала. Это регулируется правилами, инструкциями и контролируется должностными лицами. Однако, не всё в настоящий момент находится под контролем и ответственностью железной дороги. Согласно «Правилам приём грузов к перевозке железнодорожным транспортом», разработанным в соответствии со статьей 3 ФЗ от 10 января 2003г грузоотправитель составляет заявку, где указывает груз, перевозимый им, и подтверждает эту информацию своей подписью и печатью. Однако, на самом деле железнодорожные структуры не могут быть до конца уверены, что находится в содержимом тар с грузом, т.к. зачастую они даже не вскрываются.

Рассмотрим поподробнее систему приёма грузов к перевозке. Грузоотправитель подаёт заявку на перевозку в бумажном виде через агента ЦФТО, а также в электронном виде через АРМ Клиента АС ЭТРАН или в режиме «АСУ-АСУ» при наличии соответствующих договоров у грузоотправителей. При согласовании заявки перевозчиком и владельцем инфраструктуры заявка с отметкой о ее принятии возвращается перевозчиком грузоотправителю. Далее грузоотправитель в указанную дату и время привозит свой груз на станцию погрузки. По Уставу железнодорожного транспорта РФ (ст. 18) [3] грузоотправитель обязан подготовить грузы к перевозке, а именно упаковать груз в тару и упаковку, заполнить требуемые нормативные документы и нанести маркировку, включающие основные надписи. На станции погрузки приемосдатчик тщательным наружным осмотром должен убедиться в том, что предъявленный груз и его количество соответствуют данным, указанным в накладной, а упаковка не вызывает опасений в утрате, порче или повреждении груза. Если при осмотре тары и упаковки будут выявлены недостатки, которые могут привести к указанным последствиям, приемосдатчик должен

потребовать устранения этих недостатков или отказать в приеме груза к перевозке. Но, в то же время, бывают такие ситуации, что коробки надлежащего качества без каких-либо изъянов и повреждений и не вызывающие подозрений могут содержать в себе запрещенные грузы. К ним относят: нелегальное оружие (в т.ч. бомбы и взрывчатки с дистанционным управлением), наркотические и психотропные вещества, алкоголь без акцизных марок и др. На таком этапе очень сложно определить легальность перевозимого груза, т.к. целостность упаковки не повреждена, а приемосдатчику, согласно Уставу, запрещено вскрывать тару и досматривать самовольно этот груз. В результате этого происходит перевозка запрещенного товара. В этом есть недоработка технологии приема груза к перевозке: отсутствие контроля содержимого упаковки может повлечь за собой определенные последствия, которые могут угрожать жизни и здоровью работников и пассажиров, нанести вред железнодорожной инфраструктуре, а также и всей безопасности страны в целом.

Одной из мер, которую можно было предложить для предотвращения нелегального провоза грузов и совершения террористических актов на железнодорожном транспорте, является внедрение рентгеновских систем досмотра. Под этим названием скрываются стационарные рентгено-телевизионные установки — интроскопы, которые нашли широкое применение на пунктах досмотра в аэро- и жд-вокзалах. Они представляют собой изолированную защитным экраном камеру, куда по ленте транспортера поступают объекты, подлежащие исследованию. Интроскопы используют для детекции данные, получаемые в виде теневого изображения объектов после просвечивания в установке. Среди особенностей таких установок можно отметить высокую скорость и точность работы, а также отсутствие ограничений по продолжительности непрерывной эксплуатации. Именно по эффективности и точности контроля интроскопы превосходят томографы и аппаратные металлодетекторы.

Предположим, что на крупной грузовой станции одного из грузонапряженных железнодорожных узлов России произошел факт обнаружения попытки провоза нелегального товара с помощью рентгено-телевизионных установок. В этом случае приемосдатчик должен отказать в приеме груза к перевозке и незамедлительно сообщить руководству станции о данном инциденте. В свою очередь, руководство обязано доложить об этом сотрудникам полиции, а они уже по компетенции передать информацию в таможенную службу или в Федеральную службу безопасности. Структуры должны немедленно отреагировать и выехать на место, зафиксировать попытку провоза запрещенного груза и обезвредить, если это взрывоопасное устройство.

С финансовой точки зрения, внедрение интроскопов на всех грузовых железнодорожных станциях Российской Федерации, эксплуатация, обслуживание и ремонт уста-

новок — дело трудозатратное. Важно отметить, что также увеличится и время приёма груза к перевозке, т. к. пропуск через конвейер интроскопа также занимает определенное время. Например, интроскоп RAPISCAN 928DX [5] имеет повышенную скорость 0,2 м/с, а значит коробке со стандартными размерами время прохождения интроскопа займет около 20 секунд. При большой партии время досмотра будет занимать значительное время. Но, с другой стороны, использование рентгеновских систем досмотра покроет расходы, которые могут причинить взрывы, а также повысит репутацию железнодорожных предприятий и обеспечит безопасность перевозочного процесса.

На территории Российской Федерации работоспособны более 4000 грузовых железнодорожных станций и внедрение интроскопов будет слишком масштабным проектом. Мы предлагаем попробовать данное нововведение на крупных узлах, чтобы обратить внимание на изменение показателей работы грузовой станции и соответствие перевозимых грузов своим накладным. Этот опыт более наглядно отразит рентабельность введение интроскопов. Но, на станции класса II и ниже также требуется понижать риск перевозки нелегальных грузов. Для это

мы можем предложить прикрепить инструктора и розыскную собаку. Розыскная собака своим поведением [6] (таким как активное принюхивание, подача голоса, царапанье лапами и т. д.) обратит внимание на определённые тары с грузами, а приёмодатчик может попросить грузоотправителя вскрыть те или иные коробки, что поможет убедиться в легальности перевозимого груза, а в случае нарушения — принять меры.

Подводя итог всему сказанному, хочется ещё раз отметить, что безопасность безусловна важна на каждом этапе перевозки, ведь от нее зависит доедет ли груз до нужной точки в сохранности и без вреда железнодорожной инфраструктуре, ее персоналу и пассажирам. Поэтому безопасность железной дороги постоянно модернизируется, контроль над всеми процессами становится более тщательным, добавляются новые информационные технологии, упрощая труд работником и тем самым исключая человеческий фактор. Следовательно, внедрение дополнительных мер по обеспечению безопасности на станции погрузки, таких как интроскопы, розыскные собаки, — шаг к бесперебойной работе всей железнодорожной инфраструктуры.

Литература:

1. Информационно-аналитическая система Cargo. Operator: сайт. — 1999. — URL: <https://cargo-report.info/stat/shipment-rzd/> (дата обращения 15.05.2021).
2. Приказ МПС России от 18 июня 2003 г. № 28 «Об утверждении правил приема грузов к перевозке железнодорожным транспортом» [Электронный ресурс]. — URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mps-rf-ot-18062003-n-28/> (дата обращения 15.05.2021).
3. Федеральные законы. О железнодорожном транспорте в Российской Федерации. Устав железнодорожного транспорта. — М.: Трансинфо, 2013. — 136 с.
4. Егор Лыков. Фундаментальные аспекты работы железнодорожного предприятия в XXI веке. — М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. — 144 с.
5. Компания WEKEY: сайт. — URL: <https://security.wekey.ru/catalogue/dosmotr-bagazha-posylok-gruzov/rapiscan-928dx.html> (дата обращения 18.05.2021)
6. Службное собаководство. — М.: Барс, 1992. — 310 с.

Технологии 3D-печати в пищевой промышленности

Семенов Александр Сергеевич, студент;

Максимов Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, профессор;
Бесфамильная Екатерина Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент
Московский государственный университет пищевых производств

Талмазова Дарья Вячеславовна, студент
Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

В статье рассматривается одно из современных направлений, применяемых в развитии пищевой отрасли: 3D-печать. Использование 3D-печати в пищевой промышленности актуально, особенно в последнее время, о чем свидетельствует ряд начинающих компаний по производству 3D-принтеров собственных торговых марок, использующих различные пищевые вещества (шоколад, сахар, какао-порошок, макаронные изделия из сырья животного происхождения, растительные гидрогели, соус, сливки), кроме того, философия и концептуальные идеи компаний имеют некоторые особенности позиционирования на рынке. Перспективность исследования подтверждается значительным количеством патентных за-

явок, поданных по поисковому запросу «3D-печать; пищевая промышленность» в базах данных USPTO (<http://patft.uspto.gov/>), EPO (<http://www.epo.org/>), JPO (<http://www.jpo.go.jp/>) и SIPO (<http://www.sipo.cn.net/>).

Ключевые слова: FDM, пищевая промышленность, SLS, EPO, JPO, PBP.

В последние годы в мировой практике наблюдается тенденция увеличения доли высокотехнологичных и наукоемких производств, что, несомненно, связано с научно-техническим прогрессом (НТП). НТП направлена на улучшение качества жизни и повышение эффективности производства во всех секторах экономики.

Все это определяет актуальность и позволяет получить представление о технологиях 3DP, которые используются в концептуальных, экспериментальных, предпусковых (предпродажных) и имеющихся в продаже моделях 3D-принтеров для печати продуктов питания, используются возможности для дальнейшего развития этой технологии в будущем.

Конечным результатом внедрения модели 3DP в пищевой промышленности станет сам пищевой продукт, который упростит производство и доставку продукта в систему распределения, пересмотрит технологии пищевой промышленности, разработает и компьютеризирует технологические процессы и, в конечном итоге, улучшит качество жизни человечества.

В настоящее время существует 8 основных разновидностей 3DP, с учётом модификаций и форм реализации — около 30; но, учитывая специфику пищевой промышленности, они находят применение как в концептуальных моделях будущего, start-up проектах, так и в уже существующих предстартовых образцах и промышленных моделях — 2: FDM и SLS, которые имеют свою специфику с точки зрения простоты реализации, основных возможностей использования того или иного сырья, а также для коммерческого использования в настоящем и будущем.

Краткое описание технологий представлено ниже:

1. FDM (fused deposition modeling) — моделирование методом послойного нанесения.

Технология печати методом наплавления (FDM) была разработана С. Скоттом Трампом в конце 1980-х годов и представлена на рынке компанией STRATA-SYS с 1990 года. В настоящее время технология получает признание среди энтузиастов принтеров с открытым исходным кодом и коммерческих компаний, поскольку истекает срок действия оригинального патента. В свою очередь, повсеместное внедрение технологии привело к значительному снижению цен на 3D-принтеры, использующие этот метод производства.

Суть метода: принтеры выжимают материал (соус, топпинг, сыр, макароны, шоколад, картофельное пюре) слой за слоем с помощью дозирующей насадки. Возможно использование нескольких картриджей с разными материалами, соответственно будет использоваться несколько печатающих головок.

2. SLS (selective laser sintering) — выборочное лазерное спекание.

Технология селективного лазерного спекания (SLS) была разработана в Техасском университете в Остине в середине 1980-х годов. В 2001 году метод печати был приобретен компанией 3D SYSTEMS. Срок действия патента истек в январе 2014 года, и технология стала общедоступной.

Суть метода: последовательное спекание слоев порошкового материала мощными лазерами, обеспечивающее частичное плавление, требуемое для спекания материала. Спекание выполняется путем рисования контуров, встроенных в цифровую модель, с помощью одного или нескольких лазеров. После сканирования рабочая пластина опускается и на нее наносится новый слой материала. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет произведена полная модель. Перед печатью расходные материалы можно довести до температуры чуть ниже точки плавления, чтобы облегчить процесс спекания.

В качестве пудры можно использовать сахар и другие сыпучие материалы.

В исследовании использовался метод SWOT-анализа для изучения отличительных характеристик пищевых продуктов с 3D-печатью, сгруппированных в четыре блока: сильные и слабые стороны, возможности и угрозы.

Сильные стороны:

1. Оптимальное соотношение цены и качества;
2. Долгое пребывание на рынке;
3. Инновационный подход;
4. Позиционирование в премиальном сегменте;
5. Обеспечивается удовлетворённость эстетических потребностей клиентов;
6. Уникальность и персонализация приготовленных продуктов;
7. Уменьшенные затраты расходных материалов;
8. Экологически чистые методы печати.

Слабые стороны:

1. Высокая стоимость;
2. Ограниченное количество используемого сырья и материалов;
3. Потребность в дополнительных знаниях о сложном программном обеспечении;
4. Долгое время приготовления сложных блюд;
5. Ограничение в размерах блюда.

Возможности:

1. Частичная замена традиционных пищевых технологий (на длительный срок);
2. Снижение затрат до уровня традиционных продуктов питания (на долгосрочную перспективу);

3. Расширение ассортимента за счет функциональных и специализированных товаров.

Угрозы:

1. Неясный статус безопасности пищевых продуктов;
2. Зависимость от зарубежных поставщиков 3D-принтеров, запчастей к ним, сырья и расходных материалов;

3. Сокращение количества рабочих мест в сфере общественного питания и пищевой промышленности.

Заключение

Участие крупных пищевых концернов на этапе исследований и разработок, а также реальное продвижение и внедрение данной технологии в собственное производство определяет конкурентные преимущества других участников рынка, что в свою очередь будет способствовать развитию этого научного направления.

Можно предположить, что развитие 3DP в пищевой промышленности усилится. В то же время в этой области

появятся новые знания, которые будут способствовать ее дальнейшему развитию.

3DP в мировой пищевой промышленности, несомненно, будет прогрессировать, в том числе путем продвижения существующих принципов и технологий печати, а также создания и развития новых футуристических идей, которые активно исследуются и развиваются командами новаторов.

Основным методом производства продуктов питания с использованием 3DP является моделирование наплавленного осаждения (FDM).

Таким образом, перспективы новой технологии 3D-печати пищевых продуктов очевидны, и в ближайшие годы мы должны подготовиться к ее массовому распространению.

Наблюдаемый интерес к технологиям позволяет говорить о формировании и развитии нового научного направления, а сами продукты питания, полученные по этой технологии, следует считать инновационными.

Литература:

1. USPTO <http://patft.uspto.gov/>
2. EPO <http://www.epo.org/>
3. JPO <http://www.jpo.go.jp/>
4. Путеводитель по технологиям 3D-печати <https://compuart.ru/article/25392>
5. Моделирование методом послойного наплавления https://3dtoday.ru/wiki/FDM_print/

Оптимальная настройка реклоузера с учетом надежности и качества электроэнергии в распределительных сетях

Ситдигов Эмиль Талгатович, студент магистратуры
Казанский государственный энергетический университет

В статье предложен метод для оптимизации реклоузеров в распределительных сетях. Данный метод позволяет обеспечить компромисс между эффективностью защиты и качеством электрической энергии.

Ключевые слова: качество электрической энергии, реклоузер, АПВ, надежность.

Optimal setting of the recloser, taking into account the reliability and quality of electricity in distribution networks

The article proposes a method for optimizing reclosers in distribution networks. This method allows for a compromise between the efficiency of protection and the quality of electrical energy.

Keywords: quality of electrical energy, recloser, automatic reclosing, reliability.

1. Предложенный метод

Основная цель предлагаемого подхода состоит в том, чтобы минимизировать общие затраты на отключение из-за повторного включения, а также найти баланс между кратковременными и длительными отключениями. Оптимальная настройка реклоузера включает параметры сто-

хастического характера, такие как место возникновения, тип, сопротивление и характер короткого замыкания. Чтобы учесть неопределенности метода Монте-Карло, в предлагаемом методе используется вычислительный алгоритм, основанный на повторной случайной выборке для получения численных результатов.

1. Сначала в качестве настроек реклоузера выбирается одна из возможных интервалов повторного включения и количество циклов АПВ.

2. Короткие замыкания со случайными характеристиками генерируются с учетом следующих моментов:

- а) Место возникновения короткого замыкания;
- б) Устойчивость к короткому замыканию;
- в) Тип короткого замыкания;
- г) Характер короткого замыкания;

3. Затраты на неустойчивые и устойчивые короткие замыкания рассчитывается как:

$$C_m = \sum_{i=1}^n P_i T_i C_i \tag{1}$$

Где P_i , T_i и C_i — это, соответственно, потребляемая мощность, время восстановления и стоимость энергии для нагрузки i , а n — количество нагрузок, которые испытывают кратковременные отключения. Стоимость постоянного простоя (стоимость ENS) также рассчитывается с использованием (1) следующим образом:

$$C_s = P_d T_r C \tag{2}$$

Где P_d — общая потребляемая мощность нагрузок, T_r и C — время восстановления сети и стоимость энергии, соответственно.

2. Пример использования

Однолинейная схема исследуемой системы изображена на рисунке 1. В этой сети для защиты боковых линий использовались предохранители, а на подстанции был установлен реклоузер. Таблица 1 и таблица 2 показывают параметры линии и данные нагрузки. Рассмотрены следующие четыре возможных настройки реклоузера: 1 — два цикла АПВ с интервалом 1,5 секунды, 2 — один цикл АПВ с интервалом 1,5 секунды, 3 — два цикла АПВ с интервалом 0,5 секунды, 4 — один цикл АПВ с интервалом 0,5 секунды.

Общее количество отказов в этой сети считается как 15 отказов в год, а вероятности возникновения различных типов КЗ следующие: 3 (1) = 75%, 3 (1+1) = 17%, К (3з) = 3%, К (2) = 3% и К (3) = 2. %. Кроме того, 80% коротких замыканий в этой сети являются неустойчивыми. В таблице 3 представлен процент неустойчивых КЗ, которые устраняются при каждом цикле срабатывания АПВ в соответствии с интервалом повторного включения. Сопротивление короткого замыкания имеет нормальное распределение со средним значением 5 Ом и стандартным отклонением 1 Ом. Путем изменения количества циклов, интервала повторного включения и повторения предложенного метода Монте-Карло выбирается третья настройка реклоузера в качестве оптимальной настройки для реклоузера в тестовой системе.

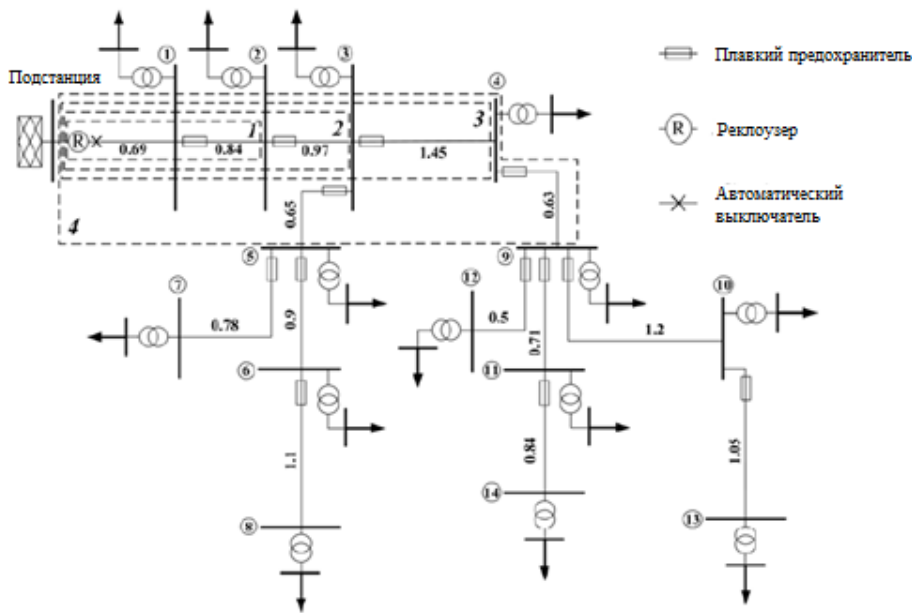


Рис. 1. Схема тестовой системы. Возможные зоны защиты показаны цифрами от 1 до 4. Длины линий указаны в километрах

Таблица 1. Параметры линии

Параметры линии	Удельное сопротивление (Ом/км)
Активное сопротивление (R)	0.45
Индуктивное сопротивление (X)	0.36

Таблица 2. Активная и реактивная мощность нагрузки.

Номер нагрузки	P (МВт)	Q (МВАр)	Номер нагрузки	P (МВт)	Q (МВАр)
1	0.6	0.25	8	0.6	0.25
2	0.65	0.5	9	0.35	0.09
3	0.55	0.38	10	0.45	0.15
4	0.65	0.5	11	0.35	0.09
5	0.32	0.15	12	0.56	0.24
6	0.35	0.09	13	0.56	0.24
7	0.56	0.24	14	0.35	0.09

Таблица 3. Вероятность устранения короткого замыкания при каждом срабатывании АПВ

Интервал АПВ (с)	Один интервал АПВ	Два интервала АПВ	
	Вероятность устранения (%)	Вероятность устранения при первом срабатывании (%)	Вероятность устранения при втором срабатывании (%)
0.8	80	50	10
1.5	80	80	15

3. Заключение

В данной статье был рассмотрен метод Монте-Карло для оптимизации реклоузеров в распределительных сетях. В этом методе определены оптимальное количество опе-

раций, интервалы повторного включения и зоны защиты. Результаты моделирования подтверждают эффективность предложенного метода.

Литература:

1. Chitsazan, M. A. «Harmonic Mitigation in Interphase Power Controllers Using Passive Filter-Based Phase Shifting Transformer»/M. A. Chitsazan, A. M Trzynadlowski. — М: Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2016. — pp. 1-5.
2. Jalilzadeh Hamidi R. «A travelling wave-based fault location method for hybrid three-terminal circuits»/R. Jalilzadeh Hamidi and H. Livani. — М: IEEE PES-GM, 2015. — pp. 1-5.
3. Gers, J. M., and Holmes, E. J. «Protection of electricity distribution networks»/J. M. Gers, and E. J. Holmes. — М: IET Press, 1998.

Лабораторные исследования тепловых полей при деформации шины, взаимодействующей с твердой плоской опорой, при комбинированном нагружении

Стариков Владислав Михайлович, студент магистратуры;
Тарасова Татьяна Александровна, аспирант
Волгоградский государственный технический университет (г. Волгоград)

В статье рассматриваются вопросы теплового воздействия на шину и влияние на ее эксплуатационные свойства. Исследование поверхностной температуры может применяться с целью дефектоскопии. Для получения данных был произведен эксперимент с последующим расчетом. В ходе анализа использованы как созданные в Волгоградском государственном техническом университете программные средства, так и статистические пакеты, а также табличный процессор MS Excel, что позволяет автоматизировать значительную часть расчетов. Сделаны выводы, что увеличение нагрузки на колесо способствует повышению температуры пневматической шины, а также установлены основные причины выхода из строя шин.

Ключевые слова: механические свойства, тепловое состояние, показатели шин, деформация.

Тепловое состояние шины в эксплуатации оказывает существенное влияние на ее работоспособность, так как влияет на механические свойства резины, ее прочностные характеристики, создает дополнительное термонапряженно-деформированное состояние, приводит к изменению внутреннего давления, формирует процессы деградации материала. Увеличению температуры шины свыше 90°C прочность капронового корда снижается на 25%, а связь резины с кордом уменьшается в 2 раза. Нагрев автомобильной шины формируется в результате преобразования в тепло части механической энергии при переменном деформировании полимерных материалов конструкции и трении о дорожное полотно.

Для изучения данной характеристике предлагается экспериментальный подход, в рамках которого строятся возможные решения установления теплового состояния в шине. В соответствии с целью, поставленной в настоящей работе: исследовать тепловое излучение деформирования шины при характерных режимах её силового нагружения:

- исследовать величины общей деформации ободки шины относительно обода в окружном, радиальном и боковом под действием вертикальной, продольной и боковой сил;
- экваториальную и меридиональную деформации наружного слоя беговой дорожки при её качении.

Объект исследования: радиальные шины, применяемые на легковых автомобилях.

Материал и методы

Тепловое состояние шины в процессе движения определяется её размерами, геометрией рисунка протектора, упругими, гистерезисными и тепловыми характеристиками исходных материалов, а также внутренним давлением, вертикальной нагрузкой, скоростью, температурой окружающей среды и дороги, тепловыми характеристиками, шероховатостью и влажностью опорной поверхности. В свою очередь неустановившееся тепловое состояние зависит от времени качения в данном режиме эксплуатации. Температура оказывает большое влияние на сопротивление качению и на срок службы шины.

Нагрев шины при её качении происходит в основном в результате трения в материалах шины, поскольку потери на трение между частицами воздуха в шине ничтожно малы. Механическое и молекулярное трение между структурными элементами покрышки преобразуется в тепловую энергию, а трение о дорожное покрытие — также в тепло и износ протектора.

Температура в той или иной точке шины преимущественно определяется на основе баланса между количеством тепла, создаваемого в данной точке в каждую единицу времени, и возможностью отвода этого тепла.

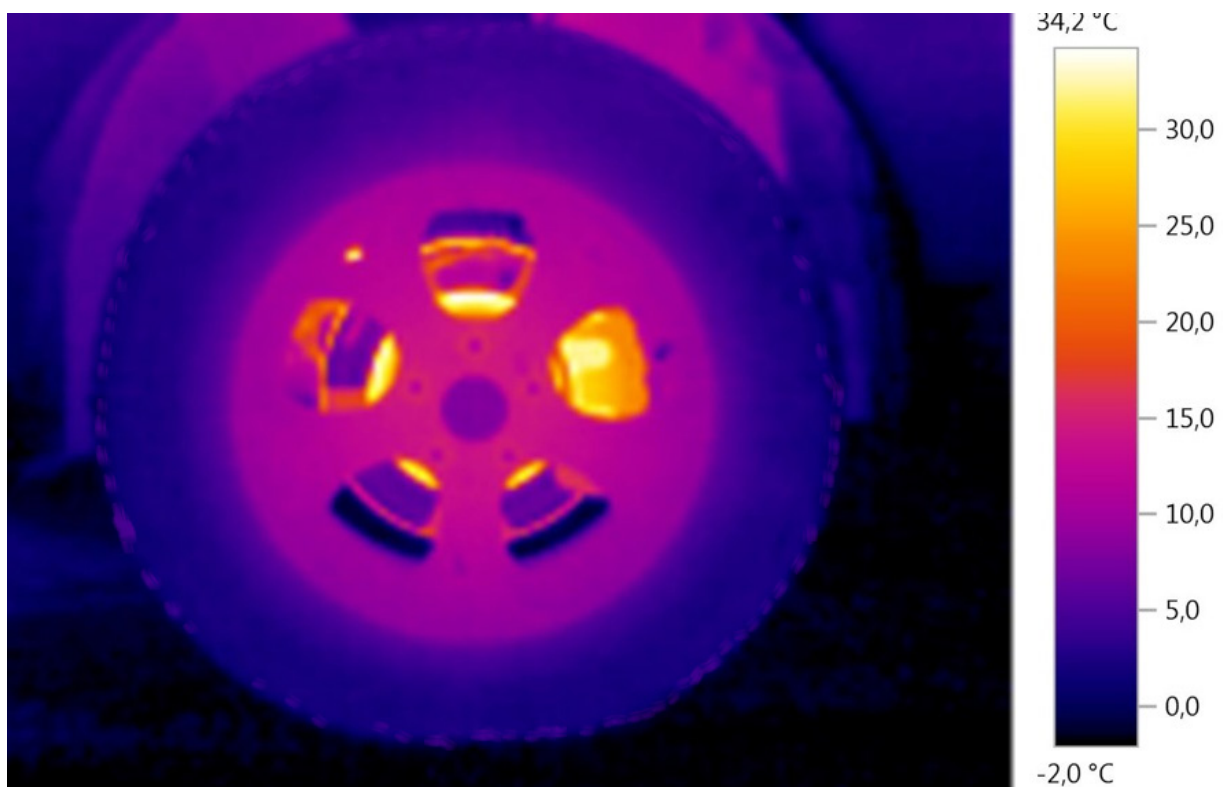


Рис. 1. Тепловое излучение колеса спустя 30 минут в движении

Если разделить шину на сектора — немного большие, чем сектор, охватывающий пятно контакта шины с дорогой, то можно увидеть, что тепло выделяется в каждом секторе шины. Это происходит циклически только в небольшой промежуток времени, когда сектор приближается и проходит пятно контакта с дорогой. Затем каждый сектор остывает, передавая тепло окружающему воздуху до нового приближения к пятну контакта с дорогой.

В тех местах профиля шины, где толще резина и значительнее деформация, выделяется больше тепла. На температуру в данной точке шины оказывает также влияние теплообразование в смежных точках. Во время работы шина имеет различную температуру в каждой точке своего про-

филя. В начале движения колеса выделенное тепло идет на нагрев тела шины и частично рассеивается в окружающей среде. По мере дальнейшего движения температура шины повышается, и происходит перераспределение тепла между различными зонами профиля шины.

Были проведены эксперименты с помощью тепловизора. Объектом исследования был автомобиль Renault Duster, снабженный шинами 215/65R16. Исследования производились при движении автомобиля $V_{ср} = 20$ с последующей остановкой км/ч при средней температуре окружающего воздуха $t_{ср} = -4$ °С.

Результат

Динамика нагрева шин в зависимости от времени эксплуатации при движении автомобиля.

Таблица 1. Температурные значения колеса

Строение колеса \ Время в движении	0	15	30
Шина	-4	1	5
Протектор	-4	4	9
Тормозной диск	-4	8	30
Суппорт	-4	12	33
Диск	-4	5	14

Основное теплообразование в шине происходит в зоне её контакта с опорной поверхностью. На элемент шины в такой зоне действуют максимальные величины и скорости изменения нормальной, тангенциальной и боковой деформаций. Установлено, что наибольшее количество теплоты, отнесённое к единице объёма шины, выделяется

в середине брекерного слоя шины и на его краях, а общая величина теплообразования в шине распределяется по её основным элементам следующим образом: протектор — около 50%; каркас — от 12 до 33%; брекерный слой — от 7 до 15%; боковины и примыкающий к ним борт — от 5 до 25%.

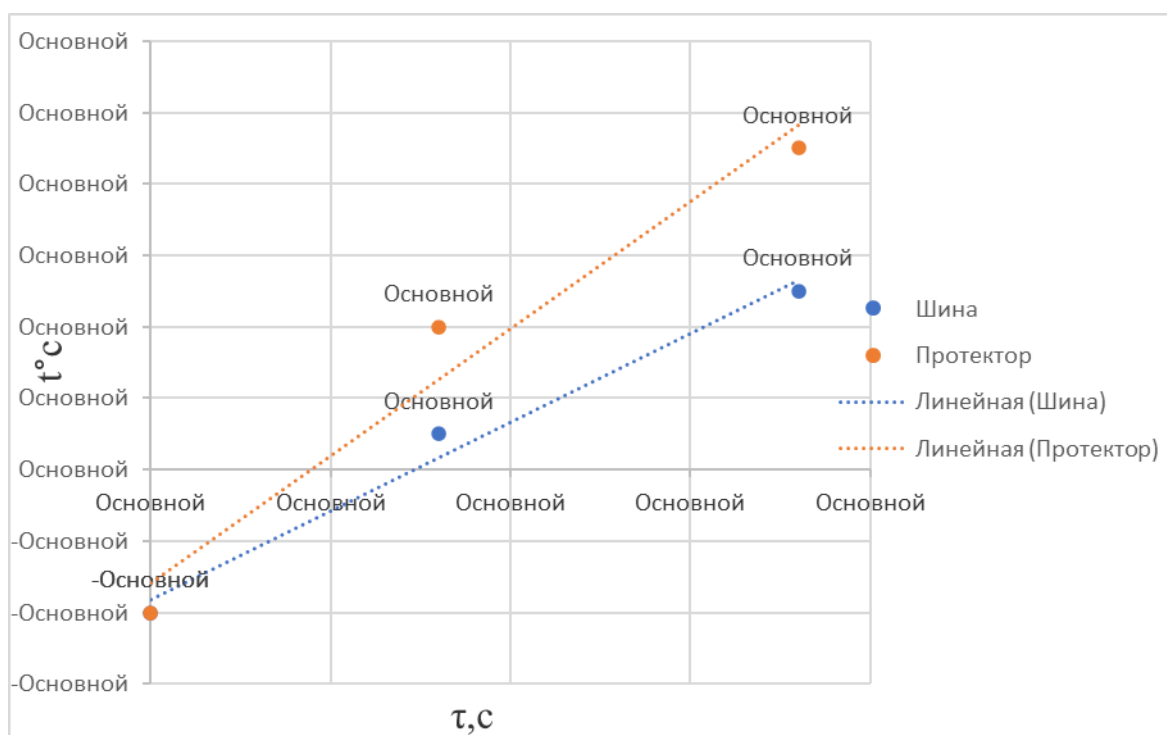


Рис. 2. Температурные изменения шины и диска

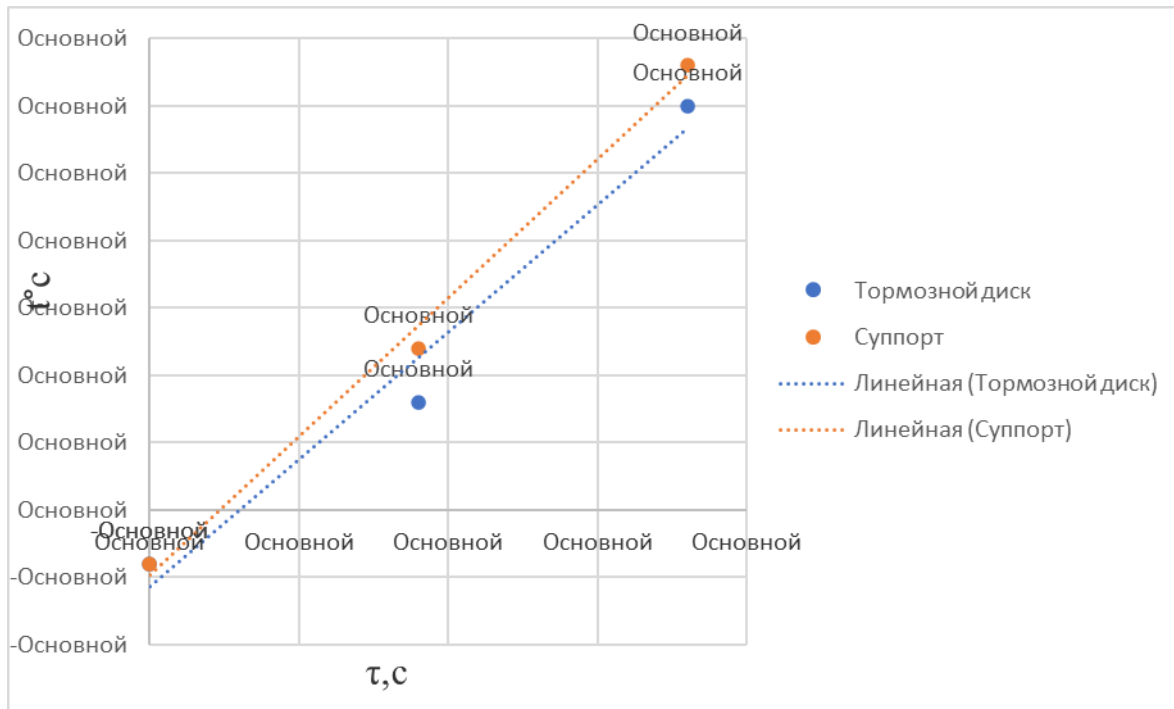


Рис. 3. Температурные изменения тормозного диска и суппорта

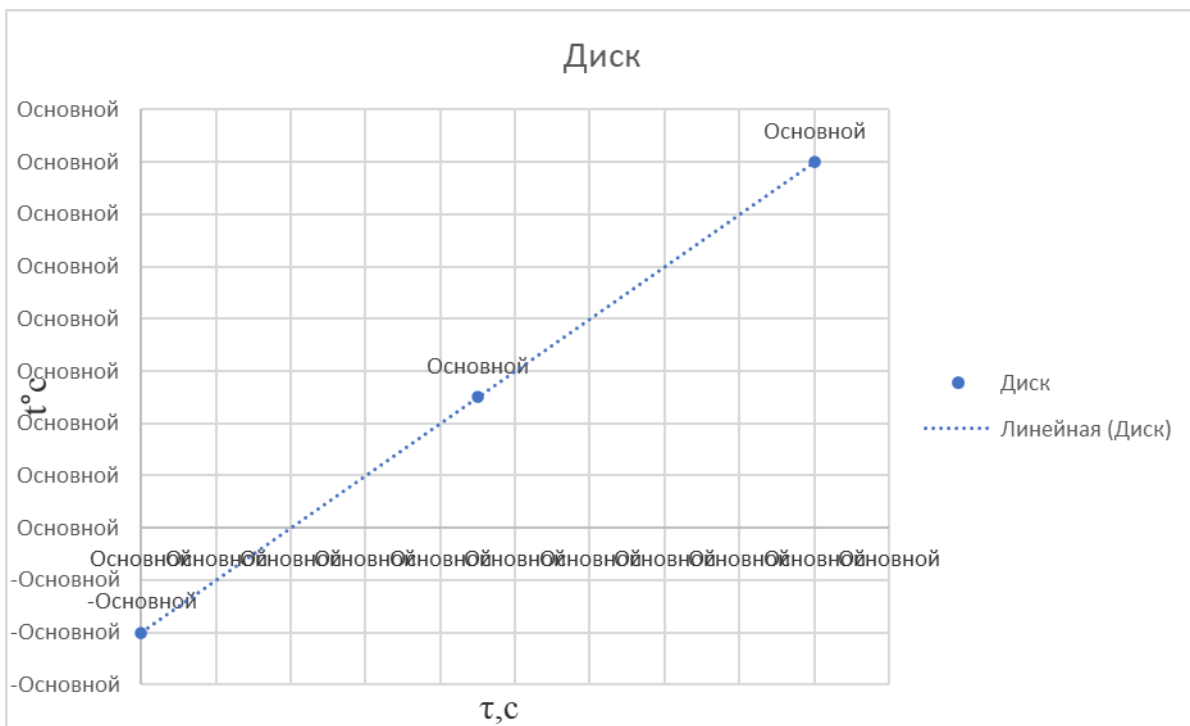


Рис. 4. Температурные изменения диска

Обсуждение

Анализируя работу, можно отметить, что увеличение нагрузки на колесо способствует повышению температуры пневматической шины. Так, при фиксированном значении эксплуатационной скорости с увеличением нагрузок на 2 кН температура шины изменяется незначительно. Основными причинами выхода из строя шин, являются повышенные нагрузки, нестабильный режим

вождения (с частыми остановками, притормаживанием и разгонами), состояние дорожного покрытия, физико-механические характеристики резинокордного материала и временный показатель шины (чем старше шина, тем выше ее температура).

Заключение

Результаты работы показывают направления и величины рассеяния энергии в частях колеса. Они могут слу-

жить для поиска конструктивных путей улучшения тормозной динамики автомобиля за счет оптимизации мест установки исполнительных тормозных механизмов и их охлаждения.

Литература:

1. Белкин, А.Е. Динамический контакт шины как вязкоупругой оболочки с опорной поверхностью при стационарном качении/А.Е. Белкин, Н.Л. Нарская // Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. — 1997. — № 1. — с. 62-73.
2. Индейкин, Б.А. Современная аппаратура и методы исследования теплового состояния пневматических шин/Б.А. Индейкин [и др.]. — Москва: ЦНИИТ Энефтехим, 1979. — 67 с.
3. Никитина, Л.Б. Теоретическое и экспериментальное исследования температурных полей пневматических шин: автореф. дисс.... канд. техн. наук/Л.Б. Никитина. — Днепропетровск: ДГУ, 1971. — 20 с.
4. Глускина, Л.С. Исследование тепловых режимов работы автомобильных шин в дорожных условиях: автореф. дисс.... канд. техн. наук/Л.С. Глускина. — Москва: НИИШП, 1981. — 25 с.
5. Качугин, В.Е. Аналитическое исследование теплового состояния катящейся пневматической шины: автореф. дисс.... канд. техн. наук/В.Е. Качугин. — Москва: МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1975. — 16 с.
6. Новопольский, В.И. Комплексная методика лабораторных испытаний автомобильных шин/В.И. Новопольский, В.Ф. Евстратов, С.Л. Левин // Труды НИИ шинной промышленности. — М.: Госхимиздат, 1957. — Сб. 3. с. 106-121.
7. Качугин, В.Е. Аналитическое исследование теплового состояния катящейся автомобильной шины/В.Е. Качугин // Температурные режимы шин в процессе их производства и эксплуатации. — Красноярск: КПИ, 1970. — с. 310-320.

Анализ водорода как добавки к углеводородному топливу

Сусликов Максим Русланович, студент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассматриваются водород как добавка к углеводородному топливу. Рассматриваются процессы сгорания углеводородного топлива при добавлении в смесь водорода. Способы доставки газообразного топлива в камеру сгорания. Также рассматривается экономическая и энергоэкологическая проблема. На основе проведенного анализа были сделаны выводы о том, что добавка улучшает мощностные характеристики, повышает экономию топлива, снижает выбросы вредных веществ, однако конструкция подачи водорода требует большего времени на исследование.

Ключевые слова: углеводородное топливо, водород, камера сгорания, эффективность, экология, экономика.

Analysis of hydrogen as an additive to hydrocarbon fuel

Suslikov Maksim Ruslanovich, student

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (St. Petersburg)

The article discusses hydrogen as an additive to hydrocarbon fuel. The processes of combustion of hydrocarbon fuel when hydrogen is added to the mixture are considered. Methods for delivering gaseous fuel to the combustion chamber. The economic and energy-ecological problem is also considered. Based on the analysis, it was concluded that the additive improves power characteristics, increases fuel economy, and reduces emissions of harmful substances, but the design of hydrogen supply requires more research time.

Keywords: hydrocarbon fuel, hydrogen, combustion chamber, efficiency, ecology, economics.

Поршневые двигатели внутреннего сгорания были изобретены более 100 лет назад, но они по-прежнему доминируют на рынке двигателей малой и средней мощности для всех видов транспорта и производства электроэнергии. Почти все двигатели по всему миру работают в соответствии с термодинамическими циклами Отто и Дизеля и используют много видов жидкого и газового

ископаемого топлива, такого как бензин, дизельное топливо, биодизель, сжиженный нефтяной газ и природный газ. Вышеупомянутые термодинамические циклы имеют много существенных различий в рабочих процедурах, но поскольку знание основных принципов работы этих циклов считается фундаментальным, следующий текст фокусируется только на четырёхтактных двигателях.

Хорошо известно, что процесс сгорания в бензиновых и дизельных двигателях представляет собой прерывистый процесс, который происходит каждые четыре хода. Продолжительность сгорания составляет всего несколько миллисекунд, особенно в быстрых двигателях Отто, время, доступное для завершения сгорания топлива, очень мало. Поэтому конструкторы и производители двигателей пытаются улучшить как конструкцию, так и производственные процессы, чтобы производить двигатели, способные генерировать значительные количества энергии при минимально возможном расходе топлива. Ключевым фактором для достижения повышенной топливной эффективности является контролируемое, полное и быстрое сгорание топлива в камере сгорания с максимально возможным количеством воздуха.

Исследования последних лет показали, что чем беднее топливовоздушная смесь, тем медленнее становится горение. Это происходит в основном из-за того, что молекулы топлива широко разделены молекулами воздуха, и становится все труднее и труднее достичь цепной реакции горения. В обычных бензиновых или дизельных двигателях пламя распространяется в камере сгорания в виде фронта пламени, который начинается от центра камеры (где расположена свеча зажигания или дизельный инжектор) и движется к стенкам камеры, в то время как воспламеняются все молекулы несгоревшего топлива. Если мы предположим, что обедненная воздушно-топливная смесь вот-вот будет сгорать в бензиновом двигателе с опережением 4° , то завершение сгорания произойдет почти на 170° позже, когда поршень почти достигнет НМТ. Это явление приводит к общей эффективности и снижению производительности из-за:

1. Максимальное снижение давления сгорания за счет движения поршня (увеличение эффективного объема сгорания).
2. Уменьшение удельного крутящего момента из-за уменьшения давления в камере (уменьшение усилия поршня).
3. Повышенные тепловые потери из-за воздействия горячих выхлопных газов на стенки цилиндров.
4. Повышенные выбросы СО и несгоревших углеводородов из-за неполного сгорания некоторых изолированных молекул топлива на границах камеры сгорания

На этом этапе было бы полезно повторить предыдущий пример сгорания в бензиновом двигателе, но теперь топливом будет бензин, обогащенный водородом. Обогащение бензина осуществляется не путем химического или механического «легирования» топлива, а путем непосредственного впрыска газообразного водорода в камеру или на воздухозаборник рядом с впускным клапаном (производители изучают различные концепции). Вернемся к примеру сгорания, где свеча зажигания создает искру, и горение начинается за 4° до ВМТ. Топливо, обогащенное водородом, уже поступило в камеру сгорания, и соотношение топливо-воздух очень мало (бедная смесь) для достижения высокого КПД.

Спустя всего 2 мс водород начинает воспламеняться, и из-за того, что он находится под высокой температурой и давлением, он начинает разделяться на атомарный водород. Атомарный водород, очень активен и производит быструю цепную реакцию, которая распространяется практически мгновенно по всему объему камеры сгорания. Практически одновременное воспламенение водорода инициирует одновременное воспламенение основного топлива, которое сгорает мгновенно, не создавая фронта пламени, так как вся камера сгорания воспламеняется одновременно.

Процесс сгорания теперь завершается примерно через 6-10 мсек и после того, как поршень переместится только на $14-18^\circ$ после ВМТ. Это явление быстрого горения приводит к:

1. Полному сгоранию всего объема камеры без несгоревших участков.
2. Созданию очень высокого давления в камере сгорания из-за высоких температур и из-за того, что объем камеры сгорания не увеличивается значительно (поршень перемещается менее чем на 20°). Это приводит к увеличению усилий поршня и увеличению крутящего момента двигателя (примерно на 30%).
3. Способность эффективно сжигать особо обедненную топливовоздушную смесь, которая не воспламеняется в обычных двигателях внутреннего сгорания. Это приводит к повышению эффективности и экономии топлива (около 25-30%).
4. Снижение (или даже полное исключение) выбросов СО и несгоревших углеводородов за счет почти идеального сгорания.
5. Снижение выбросов NOx за счет сложного механизма горения, который будет описан далее

Сжигание с использованием водорода имеет значительные преимущества по сравнению с обычным сжиганием и считается одним из самых многообещающих методов для «чистых» двигателей внутреннего сгорания ближайшего будущего. Однако некоторые интересные вопросы о работе двигателей с добавлением водорода в углеводородное топливо, которые следует обсудить более подробно, — это снижение выбросов оксида азота (NOx) и метод впрыска водорода в камеру сгорания.

Сокращение выбросов

Между производителями двигателей было в целом утверждено, что повышенные температуры сгорания и минимальная продолжительность процесса сгорания вызывают образование и выбросы загрязняющих веществ — оксида азота. Это было особенно очевидно в двигателях с дизельным циклом, где увеличение давления сжатия и наддува сопровождалось пропорциональным увеличением выбросов NOx. В результате вышеизложенного производители двигателей должны искать компромисс между характеристиками и выбросами, поэтому они производят двигатели, которые не могут работать в условиях максимального давления и температуры, и в то же время они должны использовать устройства каталитиче-

ского окисления выхлопных газов, чтобы полностью дожечь окисленные выбросы.

Как обсуждалось выше, водород распыляется непосредственно в цилиндр или во впускной коллектор очень близко к впускному клапану. Сгорание происходит быстро и температура сгорания очень высока, однако образования NOx удается избежать из-за характеристик, присущих этому виду сгорания. Восстановление NOx сначала кажется невозможным, поскольку высокие температуры и короткая продолжительность горения способствуют образованию NOx, но во время сгорания с повышенным содержанием водорода химический механизм формирования NOx «обходит». Горение настолько быстрое, что высокие температуры существуют только около 2 мсек и почти весь ход расширения не включает никаких процессов сгорания. Это означает, что во время расширения температура внутри цилиндра ниже, чем в обычных двигателях, поэтому единственное время для образования NOx — это минимальный период сгорания. Результатом этого интересного явления является впечатляющее снижение выбросов NOx в двигателях, работающих с добавкой водорода.

Значительную роль играет схема подачи водорода в цилиндры

Одна из основных проблем двигателей, работающих с добавкой водорода, это подача водорода в цилиндры.

Для обеспечения работы двигателя по данному принципу воздушная смесь должна быть обогащена водородом и смешана с углеводородным топливом. Это может быть сделано либо непосредственно в камере сгорания, либо перед камерой сгорания во впускном коллекторе. Когда водород впрыскивается во впускной коллектор, конструкция всей системы проста, модификации исходного двигателя незначительны, а стоимость этих модификаций невысока. Однако с водородом трудно обращаться, поскольку он очень легкий, имеет большую диффузию и характеризуется очень низким значением температуры воспламенения. Это означает, что когда свежая смесь воздуха, топлива и водорода перемещается внутри камеры сгорания, она может легко воспламениться из-за различных горячих точек внутри цилиндра, таких как выпускные клапаны, свечи зажигания, остатки углерода, которые прилипают к стенкам камер сгорания. Это преждевременное возгорание водорода вызывает множество проблем, наиболее серьезной из которых является реверсивное горение. Это опасная ситуация, когда первая часть воспламененного водорода воспламеняет последующий впрыск водорода, и горение быстро перемещается из цилиндра во впускной коллектор.

Более безопасным является непосредственный впрыск водорода.

Непосредственный впрыск намного дороже и требует значительных модификаций существующих двигателей с целью модернизации, но, с другой стороны, он предлагает много преимуществ. Форсунка размещается в центре камеры сгорания (в «традиционном» положении свечи за-

жигания) таким образом, чтобы смещенная и обычно наклоненная свеча зажигания располагалась близко к точке впрыска. Такое размещение свечи зажигания и форсунки обеспечивает быстрое воспламенение топлива независимо от того, насколько бедной может быть смесь. В дополнение к этому полностью исключается явление реверсивного горения, и оно может быть более длительным и точно контролируемым.

Одной из наиболее важных переменных в работе двигателя с прямым впрыском водорода является момент впрыска. Когда в двигателе используется обычное топливо (например, бензин), впрыск начинается за много градусов угла поворота коленчатого вала до ВМТ, чтобы дать впрыскиваемому топливу достаточно времени для смешивания с воздухом в камере сгорания. Однако, когда в двигателе используется водород, в этой задержке больше нет необходимости. Сжигание водорода происходит более чем в 10 раз быстрее, и сгорание всего объема камеры может быть осуществлено всего за несколько миллисекунд. Данные представлены на диаграмме (Рис. 1)

Непосредственный впрыск водорода

Глядя на последовательность изображений (Рис. 1) внутри камеры сгорания, мы можем заметить, что продолжительность всего процесса сгорания составляет всего 3,5 мсек, что соответствует нескольким градусам угла поворота коленчатого вала. Опережение искры составляет всего 1,47 мсек до ВМТ, свеча зажигания расположена рядом с периметром камеры, поскольку инжектор установлен по центру. В начальном состоянии горения (до 1,56 мсек после зажигания) картина пламени не такая симметричная, так как область вокруг свечи зажигания обеспечивает более быстрое сгорание, чем противоположная сторона.

Однако из-за очень высокой скорости сгорания водорода через 1 мс сгорание почти симметрично, и весь водород воспламеняется без каких-либо крупных неохваченных участков. Также глядя на диаграмму «давление» (синяя линия), мы можем заметить, что в районе ВМТ максимальное давление составляет около 105 атм. Также ясно, что это чрезвычайно высокое давление достигается за очень короткое время, обеспечивая очень эффективное сгорание без образования NOx.

Дизельные двигатели с добавлением водорода

Контроль самовоспламенения дизельного топлива — сложная задача, хотя дизельное топливо является стабильным и тщательно изученным топливом, можно представить, что контролируемое самовоспламенение водорода — очень сложная процедура, в основном из-за того, что водород имеет тенденцию очень легко воспламеняться по горячим точкам двигателя.

Одним из способов контролировать воспламенение водорода, это контроль факела воспламенения, который зависит от формы, площади и количества отверстий сопла инжектора.

Исследование конструкции инжекторов на данный момент производится.

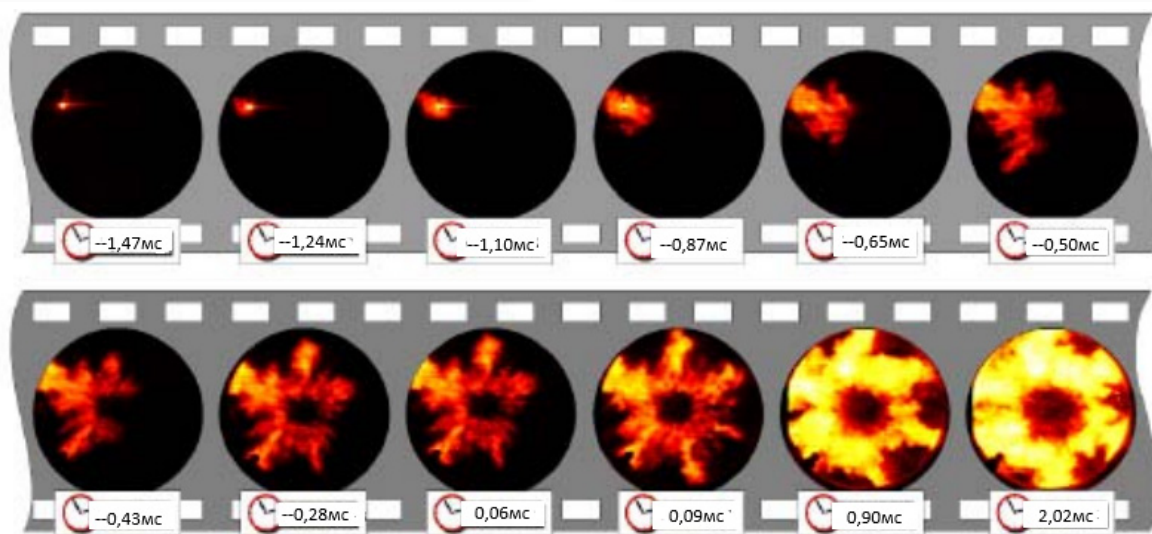
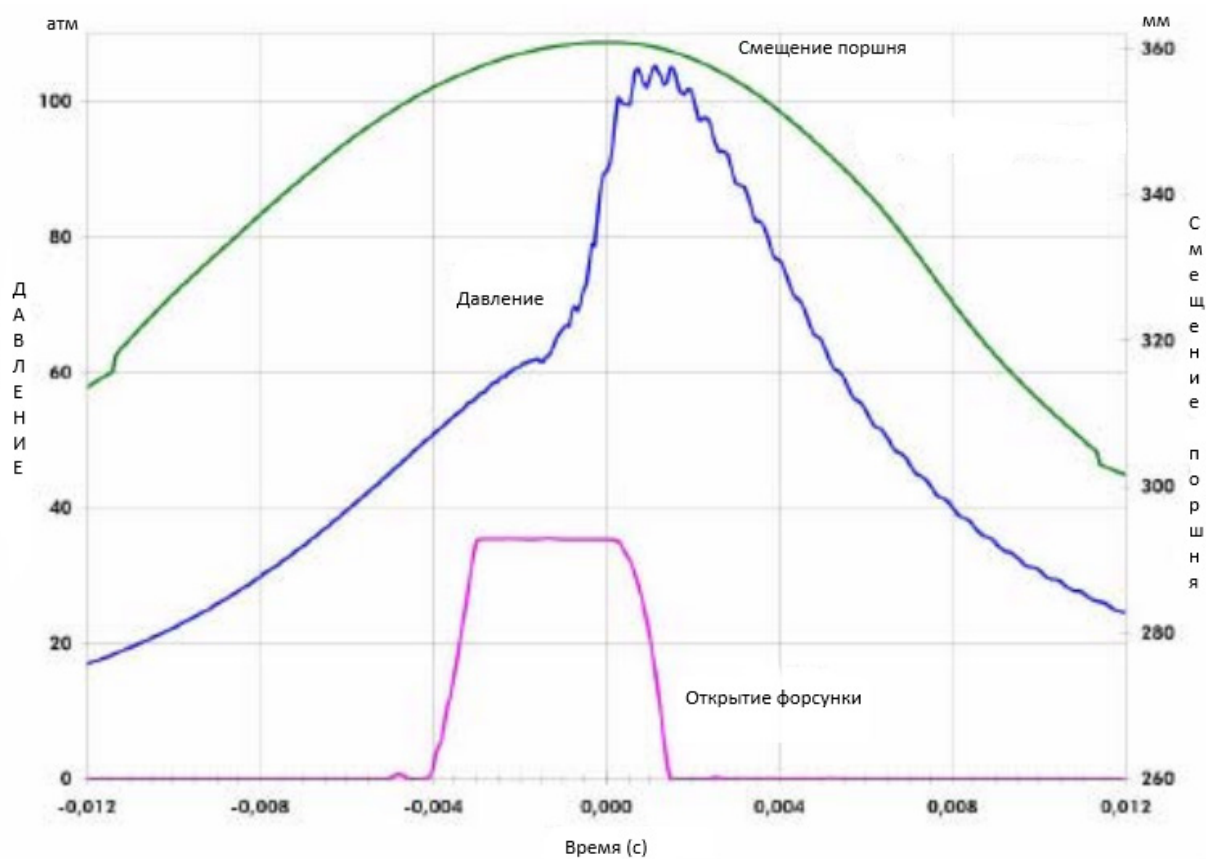


Рис. 1. Диаграмма давления и перемещения поршня при сгорании водорода в двигателе

Выводы о добавке водорода к углеводородному топливу можно сделать уже сейчас, добавка улучшает мощностные характеристики, повышает экономию топлива, снижает выбросы вредных веществ за счет полноценного

сгорания топливовоздушной смеси, однако конструкция подачи водорода требует большего времени на исследование, чтобы было возможно безопасно использовать данную систему.

Литература:

1. А. И. Мищенко. Применение водорода для автомобильных двигателей. Наукова думка, Украина, Киев, 1984.
2. Г. А. Терентьев, В. М. Тюков, Ф. В. Смаль. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов. М.: «Химия», 1989.

Применение электрохимических покрытий. Теоретические основы электрохимической металлизации

Тарасов Евгений Дмитриевич, студент
Курский государственный университет

В статье автор описывает применение электрохимических покрытий и электрохимической металлизации.

Ключевые слова: металлизация, гальваника, травление.

В зависимости от области применения, поставленных целей и задач существует классификация покрытий. Гальванические покрытия представляют из себя тончайшие пленки от долей мкм до десятых долей мм, нанесенные на металлические и некоторые другие изделия. Гальванизация наделяет детали и конструкции, обработанные таким методом, антикоррозийными, износостойкими и декоративными свойствами.

Изменение характеристик поверхностных слоев металлических изделий приобретает все большую актуальность. Из-за увеличения нагрузок на оборудование, повышаются требования к его надежности, к тому же существует необходимость сохранения деталей от внешних воздействий: химического, биологического или климатического. Совокупность этих факторов стимулирует расширение области применения гальванических покрытий.

С помощью электрохимических технологий добиваются определенных условий, например, модификация медных покрытий наноструктурированными добавками.

Функциональные покрытия играют роль модифицирования поверхности с целью придания необходимого эффекта — например, увеличение твердости, поверхностной электропроводности, улучшения электроконтактных свойств, паяемости, изменение коэффициента трения (в любую сторону), увеличения износостойкости, при-

дания электроизоляционных, магнитных или каких-либо специальных свойств.

Коррозионно-защитные покрытия предотвращают появления коррозии в процессе их эксплуатации, например в помещении, либо на открытом воздухе, либо в каких-либо особых климатических условиях.

Защитно-декоративные покрытия имеют косвенное влияние на защитную функцию, чаще главной целью является придание поверхности внешнего вида, требуемого дизайном изделия.

Гальваническая металлизация — метод нанесения металлических материалов на поверхности, основанный на электрохимическом процессе осаждения из электролита под действием электрического тока [6]. Основой для электрохимической металлизации является водный раствор солей металла, который содержит осаждаемый материал в виде положительно заряженных ионов. Необходимые для восстановления электроны поступают от внешнего источника постоянного тока. Под действием источника тока ионы металла движутся к катоду, присоединяют электроны, осаждаясь на нем как нейтральные атомы.

На рисунке 1 представлен принцип гальванической металлизации. Катодом является материал, подлежащий металлизации. Анодом является преимущественно осаждаемый материал.

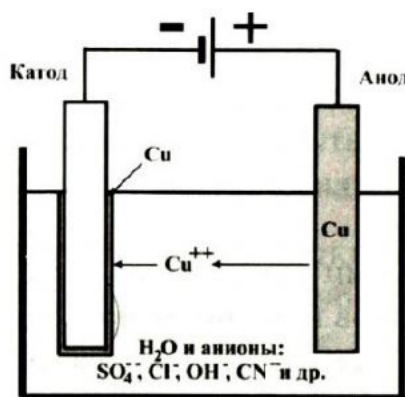


Рис. 1. Гальваническая металлизация

Количественно процессы электрохимической металлизации описываются законами Фарадея, согласно которым масса вещества, выделившегося при электролизе,

прямо пропорциональна количеству прошедшего электричества, а осажденные равным количеством электричества массы вещества соотносятся, как химические экви-

валенты этих веществ. Таким образом, можно выразить зависимость толщины полученного слоя металла от величины плотности тока:

$$i = \frac{I}{S},$$

где i — плотность тока, I — общий ток, S — площадь покрываемой поверхности.

$$h = i\tau \left(\frac{Vm}{zF} \right),$$

где h — толщина слоя металла, τ — длительность электролиза, V_m — объем одного моля металла, z — валентность, F — постоянная Фарадея.

Плотность тока определяет скорость процесса. Эта величина изменяется при перемещении вдоль поверхности электрода. Чаще всего электрохимическое осаждение происходит при постоянном токе. Но так как в ходе металлизации реальной площади поверхности может изменяться, то также может меняться и плотность тока.

Необходимость достаточно быстрого нанесения покрытия определяет применяемая рабочая плотность тока. Но повышение плотности тока приводит к ускорению образования дендритов и росту шероховатости покрытия, именно поэтому используют плотность тока, которая составляет не больше половины диффузионной плотности тока.

Ток электролиза чаще всего включается после погружения деталей в электролит. Однако иногда загружают детали под током, например, при осаждении никеля и хрома на медь и ее сплавы. Загрузка под током производится, когда потенциал осаждаемого материала положительнее потенциала основы поэтому возможно его контактное осаждение.

Для улучшения свойств структуры и увеличения адгезии можно подавать в начале процесса повышенную плотность тока в 2-4 раза в течение 0,5-1 минуты — это называется толчком тока. При данном толчке образуется большое число мелких кристаллов, которые сцеплены друг с другом и с подложкой. Длительный толчок тока может быть вреден, так как электролит у пластины катода истощается и может начаться рост шероховатости.

При изучении процессов электрохимической металлизации определяют величину электродного потенциала. Между плотностью тока и потенциалом есть взаимосвязь, которая при установившемся режиме взаимно однозначна.

Чтобы найти зависимость плотности тока от потенциала задаются различные значения потенциала и измеряются значения плотности тока, получая ВАХ процесса. Происходит быстрое изменение потенциала, ток устанавливается постепенно — 10-100 секунд.

Задав некоторую конкретную плотность тока, можно измерить потенциал электрода и наоборот. При нулевой плотности тока регистрируется равновесный потенциал. Величина отклонения потенциала под током от равно-

весной величины для заданной реакции носит название перенапряжение. Перенапряжение тесно связано с характером основных стадий процесса. Оно определяет структуру осадка покрытия, его свойства. Поэтому важно изменение электродного потенциала в гальванической металлизации.

При высоком перенапряжении формируются мелкие зерна, беспористые и плотные покрытия. При увеличении абсолютной величины от потенциала по плотности тока (т.е. поляризационное сопротивление) улучшается равномерность распределения толщины покрытия.

Перенапряжение зависит от типа раствора электролита, температуры, перемешивания, добавок.

При теоретическом рассмотрении записывается зависимость плотности тока от потенциала, и тогда первая трактовка оказывается более удобной. Тот или другой фактор способствует или ускорению, или замедлению процесса. Но с другой стороны иногда оказывается возможным вклад этого фактора в перенапряжение. Например, при введении в раствор добавки повышается перенапряжение, но снижается скорость осаждения.

Еще одним важным условием является электросопротивление раствора. Общее падение напряжения на ванне складывается из величин катодного и анодного перенапряжений, падений напряжения в контактах и омического падения напряжения в растворе. Омическое падение напряжения в электролите определяется электросопротивлением и величиной тока по закону Ома.

Величина сопротивления зависит от геометрии электролизера, удельного электросопротивления раствора.

Удельная электропроводность сульфатных растворов меднения в зависимости от их составов находятся в пределах 15-25 Ом⁻¹м⁻¹, цианидных растворов меднения — 6-16, растворов хромирования — 40-60, растворов никелирования — 37, серно-кислых растворов цинкования и кадмирования — 8-12 при температуре 20°C.

Причиной изменения электропроводности могут служить непроводящие частицы или пузырьки газа в электролите.

Осаждение гальванопокрытий происходит из водных растворов, поэтому рабочий температурный интервал — от 15 до 70 °C. При повышении температуры снижается пассивация анодов, повышается растворимость компонентов, возрастает проводимость раствора, однако высокие температуры усложняют эксплуатацию ванн, укоряют испарение электролита, коррозионные процессы, осадки становятся крупнозернистыми и шероховатыми, перестают эффективно работать ПАВ, а снижение температуры влечет к потребности уменьшения рабочей плотности тока. Также из холодных растворов часто осаждаются напряженные покрытия, которые склонны к растрескиванию, температура должна быть оптимизированной.

Каждый электролит имеет свою рабочую температуру. Иногда необходимо поддерживать температуру с точностью до 1-2 °C, но часто отклонение на 3-5 °C является допустимым и может быть возмещено изменением плотности

тока. Также нужно учитывать, что скорость процессов переноса веществ увеличиваются при увеличении температуры на 1 °С приблизительно на 2%, скорость электрохимических и химических реакций увеличивается приблизительно на 10%.

Перемешивание раствора является желательным в большинстве случаев, но иногда оно может нарушить образуемый тонкий слой на поверхности катодной пластины. Перемешивания обычно приводит к потребности фильтрации раствора. Перемешивают раствор сжатым воздухом, механическими мешалками, качанием катодных штанг, ультразвуком. Однако не всегда можно использовать перемешивание сжатым воздухом, так как углекислый газ и кислород могут взаимодействовать с компонентами раствора.

Перемешиванию способствует и выделяющийся на катоде водород. При электрохимической металлизации выделяется водород, когда достигается достаточно отрица-

тельный потенциал (заметно отрицательнее потенциала водородного электрода, т. е. нулевого потенциала).

В начальном периоде выделения металла водород выделяется на металле основы. Сначала на подложке при низком перенапряжении водорода будет выделяться в основном водород, а когда осадится тонкий слой покрытия, водород начнет выделяться на металле покрытия, и скорость его выделения уменьшается.

В кислых растворах скорость выделения водорода особенно высока при низких рН. В щелочных растворах зависимость от рН намного слабее, так как водород в них выделяется не из ионов водорода, а из молекул воды или из недиссоциированных молекул органической кислоты.

На начало осаждения влияет материал подложки. Влияние будет минимальным, если поверхность основы подвергнуть механической обработке, влияние будет максимальным при химическом травлении.

Литература:

1. Капица, М. Гальваническая металлизация в производстве печатных плат/Технологии в электронной промышленности. № 2»2006.
2. Гамбург, Ю. Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению./Мир материалов и технологий/2006.
3. Гаврилов, С. А. Электрохимические процессы в технологии микро- и нанoeлектроники. Учебное пособие для вузов. — М.; Высшее образование — М., 2009.

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Учет физической нелинейности при расчете зданий и сооружений на устойчивость к прогрессирующему обрушению

Бурдин Дмитрий Сергеевич, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассмотрены основные проблемы методик расчета зданий и сооружений на устойчивость к прогрессирующему обрушению. Сделаны выводы о корректности применения того или иного метода расчета. Разработана инженерная методика расчета в динамической постановке с учетом физической нелинейности с помощью программного комплекса SAP2000. Для демонстрации инженерной методики выполнен расчет стального каркаса на устойчивость к прогрессирующему обрушению.

Ключевые слова: здания и сооружения, прогрессирующее обрушение, динамическая постановка, учет физической нелинейности, SAP2000.

Прогрессирующее обрушение — последовательное, цепное разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего здания или сооружения или его частей вследствие начального локального разрушения [1].

Расчет зданий и сооружений на устойчивость к прогрессирующему обрушению в последнее время обретает высокую значимость и популярность в нашей стране. Основным документом, регулирующим данный расчет является СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения» [1]. Для зданий и сооружений повышенного уровня ответственности (класс сооружения КС-3) и нормального, но с массовым пребыванием людей (КС-2) по ГОСТ 27751.2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» [3] расчет является обязательным независимо от того находится ли объект в процессе реконструкции или на этапе проектирования.

Настоящий свод правил [1] устанавливает три инженерные методики расчета — в статической и динамической постановках, а также расчет кинематическим методом теории предельного равновесия. Но несмотря на многообразие методик, каждая из них содержит свои недостатки.

Расчет в статической постановке предполагает рассмотрение аварийной ситуации с мгновенным удалением одного из элементов конструкции. Моделирование динамического эффекта от мгновенного отказа элемента осуществляется приложением усилий с обратным знаком в зоне разрушения. Ранее коэффициент динамичности равнялся 2, в последней же редакции настоящего свода

правил упоминания о каком-либо динамическом коэффициенте отсутствуют. Без динамического анализа его определение невозможно, поэтому выполнение расчета становится недопустимым.

Расчет кинематическим методом теории предельного равновесия предполагает рассмотрение всех возможных механизмов разрушения после отказа одного из элементов, образования пластических шарниров и возможных обобщённых перемещений. Количество вероятных разрушений конструкции после отказа одного из элементов может достигать огромного количества и решение поставленных задач станет невыполнимым. Данная методика может подойти для решения небольших задач, которые в реальном проектировании практически не встречаются. К тому же сама методика достаточно сложна для понимания.

Расчет в динамической постановке предполагает выполнение анализа во временной области с прямым интегрированием. Это позволяет оценить поведение конструкции в каждый отдельно взятый период времени после отказа одного из элементов и провести наиболее корректный анализ действительного поведения конструкции, что в свою очередь значительно повышает точность расчета. Но несмотря на достоинства, расчет в динамической постановке — задача нетривиальная и достаточно трудоемкая, что в ограниченных сроках проектирования не всегда может быть применимо.

Все вышеописанные методики имеют одно общее сходство, связанное с отсутствием структурированной последовательности расчета. В нормативной документации информация отображена таким образом, что даже среди высококвалифицированных инженеров не существует

единого мнения о способах выполнения данного расчета. Отсутствие точной структурированной методики побуждает инженеров выполнять расчет, ссылаясь лишь на свои предположения. Иными словами, достоверность столь важного и ответственного расчета полностью и напрямую зависит от квалификации и опыта выполняющего расчет инженера.

Для исключения подобных факторов актуальной становится разработка последовательной методики расчета, исключающей как человеческий фактор, так и имеющиеся на данный момент недочеты.

На основании выше описанных сведений в качестве базовой была выбрана методика в динамической постановке. Выполнение расчета возможно как в линейной, так и нелинейной постановках. Но так как расчет с учетом нелинейных свойств более точно отражает действительную работу конструкции, именно для него была разработана следующая инженерная методика:

Этап 1. Определение напряженно-деформированного состояния конструкции на момент времени перед удалением элемента.

Этап 2. Выбор и удаление элемента конструкции за промежуток времени равный $1/10$ основного периода собственных колебаний в зоне влияния динамического воздействия (зоны локального разрушения).

Этап 3. Выполнение линейного динамического расчета и определение напряжений в элементах конструкции после отказа одного из элементов.

Этап 4. Установка нелинейных пластических шарниров в участках элементов конструкции с напряжениями, превышающими допустимые.

Этап 5. Выполнение динамического расчета с учетом установленных нелинейных пластических шарниров.

Этап 6. Выполнение анализа развития деформаций в пластических шарнирах и оценка устойчивости конструктивной системы в целом.

Для решения задач по представленной методике необходимо наличие универсального программного комплекса SAP2000, предназначенного для численного исследования на ЭВМ напряженно-деформированного состояния и устойчивости строительных конструкций.

Одним из наиболее основополагающих факторов при выборе в качестве программного комплекса именно SAP2000 было наличие функции, позволяющей выполнить установку нелинейных пластических шарниров в зонах повышенных напряжений. К тому же SAP2000 позволяет создавать расчеты во временной области с выбором удаляемого элемента без его фактического удаления из расчетной схемы вручную. Это позволит инженерам работать с одной расчетной моделью, не создавая под каждый отдельный рассматриваемый случай новые модели с удалением разных элементов в каждой из схем. Также в SAP2000 имеется встроенная библиотека диаграмм материалов (обобщенная диаграмма работы строительных сталей, гистерезиса и т.д.), что исключает возможные ошибки при заполнении форм в процессе назначения свойств и упрощает работу.

Для демонстрации и более подробного описания инженерной методики будет рассмотрен расчет однопролетного стального каркаса.

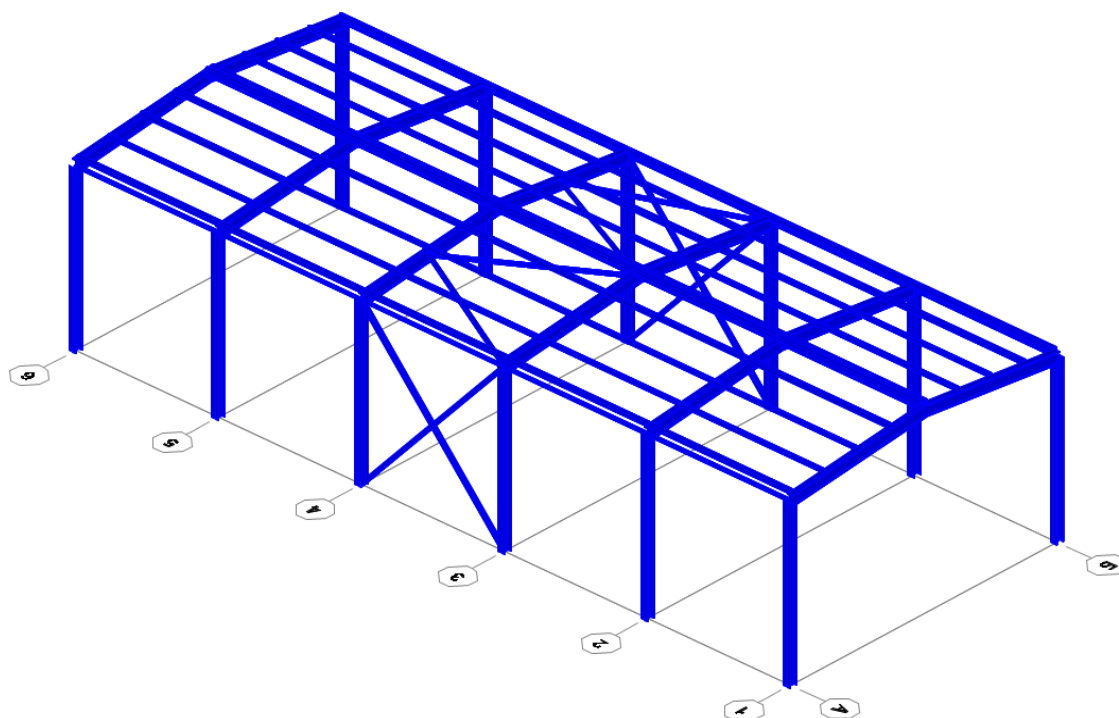


Рис. 1. 3D схема каркаса

Конструктивная схема здания — рамно-связевой каркас. В поперечном направлении (по цифровым осям) образован однопролетными одноэтажными рамами, объединенными связями. Колонны рам выполнены стальными сечением в виде колонных двутавров с шарнирным закреплением в опорах. Ригели рам выполнены в виде стальных балочных двутавров. Сопряжение колонн с ригелями жесткое. Покрытие выполнено по прогонной схеме. Прогонны выполнены из гнutosварных квадратных труб.

Пространственная жесткость и устойчивость каркаса в поперечном направлении обеспечивается жестким сопряжением ригелей с колоннами, в продольном — системами горизонтальных и вертикальных связей.

В качестве мероприятий исключающих прогрессирующее обрушение были применены многопролетные прогоны по фермам покрытия вдоль всей длины каркаса.

Сооружение спроектировано таким образом, чтобы сечения элементов конструкции удовлетворяли критериям по первой и второй группам предельных состояний с коэффициентами использования в пределах от 0,9 до 1,0.

На первоначальном этапе необходимо определить напряженно-деформированное состояние конструкции на момент времени перед удалением элемента на сочетании нагрузок, включающее постоянные и длительные временные нагрузки [5]. При этом коэффициенты надежности по нагрузке и коэффициенты сочетаний нагрузок принимаются равными 1,0.

В рассматриваемом примере напряженно-деформированное состояние конструкции определяется в стати-

ческой постановке. Однако расчет может производиться и в динамической постановке с постепенным линейным нагружением на промежутке времени достаточном для нивелирования динамических эффектов или с повышенным демпфированием.

Далее необходимо определиться с выбором удаляемого элемента. Так как в нормах отсутствует подобная информация, то чаще всего выбор удаляемых элементов осуществляется на основании технического задания, предоставленного заказчиком или рекомендаций пособия [2]. В рассматриваемом примере моделируется отказ промежуточной колонны в осях А/2.

Также при создании динамического расчета необходимо указать время (скорость) удаления элемента. Настоящий свод правил [1] предполагает мгновенное удаление элемента из конструкции, поэтому при статическом нагружении время удаления принимается равным 0,01 с. Если же на первом этапе расчет выполняется в динамической постановке, то во избежание попадания конструкции в резонанс, удаление элемента конструкции необходимо принимать за промежуток времени равный 1/10 основного периода собственных колебаний системы в зоне влияния динамического воздействия.

После установки необходимых параметров расчета необходимо выполнить запуск линейного динамического расчета для получения напряженно-деформированного состояния вторичной схемы с удаленным элементом.

Ниже представлен график перемещения конструкции в зоне локального обрушения в первые 5 секунд (перемещение — в метрах, время — в секундах).

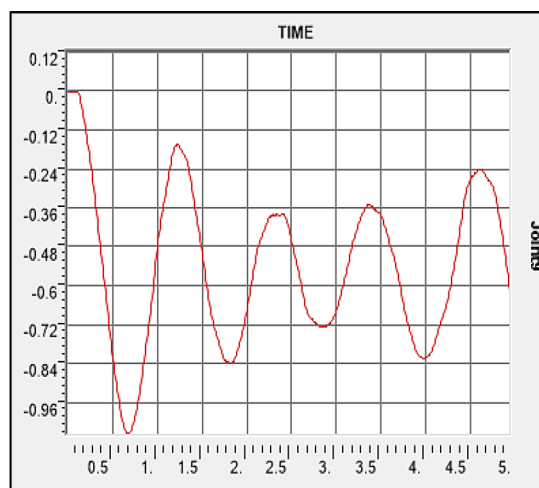


Рис. 2. График перемещения конструкции после отказа одного из элементов

Из графика выше видно, что система до 0,1 секунды находится в равновесии, а начиная с 0,11 секунды после отказа элемента приобретает определенную форму колебаний. На стадии задания настроек расчета не были заданы параметры демпфирования, затухания амплитуды собственных колебаний системы не происходит.

Затухание амплитуды собственных колебаний конструктивной системы происходит вследствие энергетических потерь самой конструкции, происходящих, например, за счет трения в соединениях. В пособии [2] имеются рекомендации выбору значений относительного демпфирования при расчете стальных и железобетонных конструкций для различных соединений.

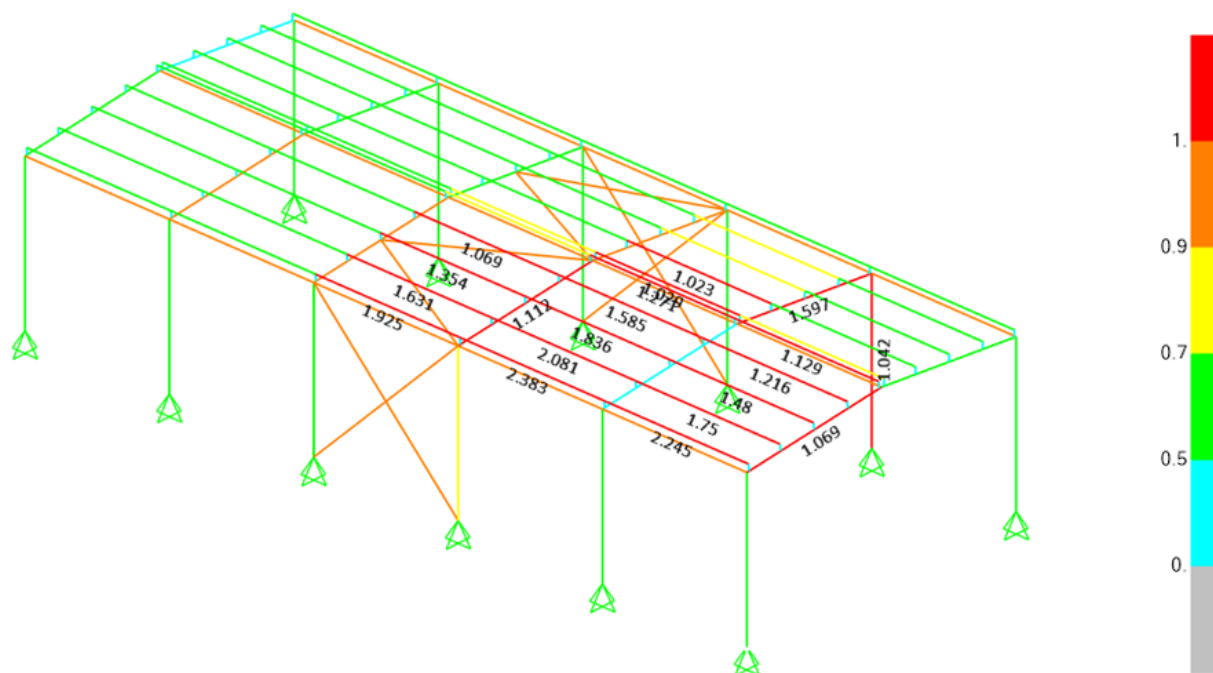


Рис. 3. Коэффициенты использования несущей способности

Однако сначала необходимо оценить несущую способность конструкций, посчитанных в динамической линейной постановке без параметров демпфирования. Результаты автоматической проверки сечений в зоне локального обрушения представлены на рисунке ниже.

По результатам проверки сечений видно, что коэффициенты использования элементов в зоне локального обрушения на порядок выше 1,0. При задании параметров демпфирования значения коэффициентов использования уменьшатся, но лишь на несколько процентов, что в целом также не обеспечит устойчивость конструкции к прогрессирующему обрушению.

Если коэффициенты использования по результатам проверки находятся в пределах единицы, то задание параметров демпфирования будет целесообразным. Тогда в случае обеспечения несущей способности элементов системы при повторной проверке сечений расчет считается завершенным.

В данном же примере учет демпфирования можно исключить, так как на следующем этапе расчета при переходе к решению задачи в динамической нелинейной постановке затухание амплитуды собственных колебаний конструктивной системы будет происходить вследствие неупругих деформаций в элементах конструкции в зоне локального обрушения.

Далее необходимо выполнить установку пластических шарниров для учета нелинейных свойств материалов при достижении предельных напряжений. Нелинейные шарниры используются только во время статического нелинейного анализа и динамического анализа с прямым интегрированием во времени. Для всех других типов анализа шарниры жесткие и не влияют на поведение элемента.

Перед началом установки пластических шарниров необходимо определиться с местами их возникновения. Как правило, при достижении запредельных напряжений пластика развивается в элементах неравномерно. При выполнении анализа в сертифицированных программных комплексах, предназначенных для более точного определения напряженно-деформированного состояния элементов конструкций, появление пластических шарниров наблюдается в некоторой локализованной области. Для определения этих локальных областей необходимо проанализировать приведенные напряжения в элементах конструкции после начала колебания системы. В участках элементов конструкции, где приведенные напряжения превышают допустимые необходимо выполнить установку пластических шарниров.

Шарниры можно установить во всех элементах конструкции без проведения анализа приведенных напряжений. При этом, вероятнее всего, в большинстве из этих шарниров не возникнет пластических деформаций и их установка приведет к «утяжелению» расчетной схемы и увеличению времени вычисления. Поэтому процесс рекомендуется выполнять в несколько итераций, так как после включения в работу нескольких пластических шарниров, происходит перераспределение усилий в элементах конструкции, что приводит к появлению новых областей с запредельными напряжениями.

По изополям приведенных напряжений видно, что максимальные напряжения в прогонах возникают в местах их опирания на балки. Именно в этих местах требуется установка нелинейных шарниров.

Еще одним важным параметром является длина нелинейного шарнира. Для данной инженерной методики

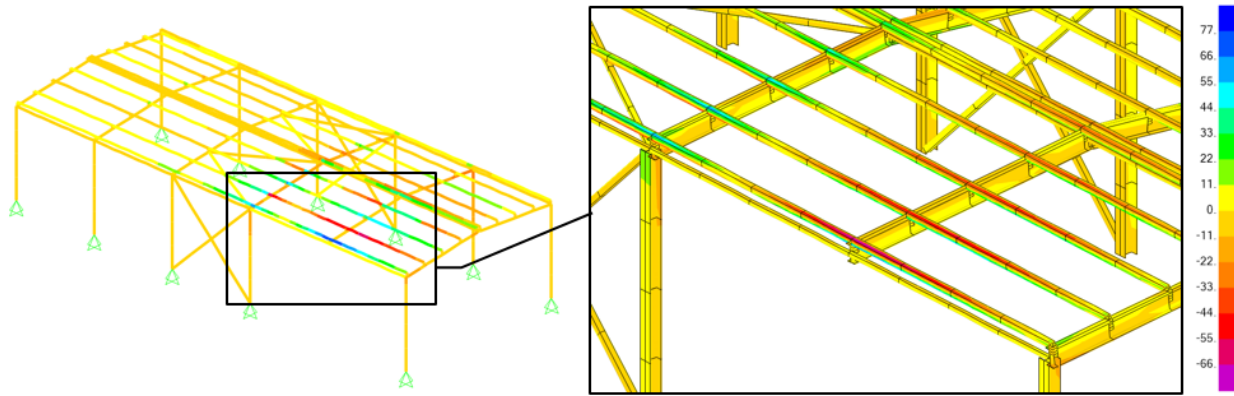


Рис. 4. Приведенные напряжения в конструкции, кН/см²

длину зоны пластической деформации рекомендуется принимать равным половине высоты сечения рассматриваемого элемента. Для более точного определения длины зоны пластических деформаций можно воспользоваться экспортом схемы в более модернизированные расчетные комплексы (например в ANSYS). Однако этот процесс достаточно трудоемкий, поэтому применять его стоит только в необходимых случаях.

На следующем этапе требуется выполнение динамического расчета с учетом установленных нелинейных пластических шарниров.

Выводы об устойчивости конструкции к прогрессирующему обрушению делаются только лишь на основании анализа развития пластических деформаций в установленных ранее нелинейных шарнирах. Дополнительных расчетов и проверок сечений не требуется.

После проведения динамического расчета с учетом физической нелинейности возможны два следующих варианта:

1. Развитие пластических деформаций в нелинейных шарнирах превышает допустимые значения в зоне обрушения. Стабилизации системы не происходит. Развитие предельных пластических деформаций выходит за пределы зоны локального обрушения:

- в этом случае схема не устойчива к прогрессирующему обрушению и требует выполнения корректировки сечений элементов (замена типов сечений или увеличение существующих) или конструктивной системы здания или сооружения в целом (изменение типа сопряжения элементов в узлах, устройство дополнительных связей, установка неразрезных конструкций и т. п.).

2. Развитие пластических деформаций в нелинейных шарнирах в пределах зоны локального обрушения не превышает допустимых значений. Система стабилизируется в пределах зоны локального обрушения:

- в этом случае расчет считается завершенным. Схема устойчива к прогрессирующему обрушению.

В рассматриваемом примере по схемам развития пластических деформаций видно, что до 0,1 секунды схема находится в равновесии. Отказ элемента проис-

ходит на 0,11 секунде, после чего конструкция стремится в новое равновесное состояние. Примерно с 0,3 секунды начинается включение в работу нелинейных шарниров и появления первых пластических деформаций. Развитие пластических шарниров в зоне локального обрушения происходит до 0,65 секунды. После чего система стабилизируется и дальнейшего развития деформации не наблюдается.

Стоит отметить, что все возникшие пластические шарниры в зоне влияния динамического воздействия находятся в состоянии, соответствующим площадке текучести, согласно обобщенной расчетной диаграмме работы стальных сталей [4].

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что конструкция устойчива к прогрессирующему обрушению. Учет нелинейных свойств, посредством постановки пластических шарниров согласно разработанной инженерной методики, позволяет исключить проведение дополнительных мероприятий по противодействию прогрессирующему обрушению.

Разработанная инженерная методика расчета зданий и сооружений на устойчивость к прогрессирующему обрушению с помощью программного комплекса SAP2000 может быть применена не только к металлическим, но и также к железобетонным конструкциям.

Еще одним преимуществом и удобством методики является то, что при должных навыках процесс расчета можно автоматизировать. Для этого в SAP2000 имеется открытый программный интерфейс (ОАПИ). Он позволяет пользователям связывать SAP2000 со сторонним программным обеспечением, обеспечивая возможность двустороннего обмена информацией о модели с другими программами, а также создания различных плагинов для автоматизации процесса. Интеграция со многими средами программирования позволит не только ускорить рабочий процесс, но и рассмотреть как можно больше возможных аварийных ситуаций, что в свою очередь повысит надежность рассчитываемых зданий и сооружений.

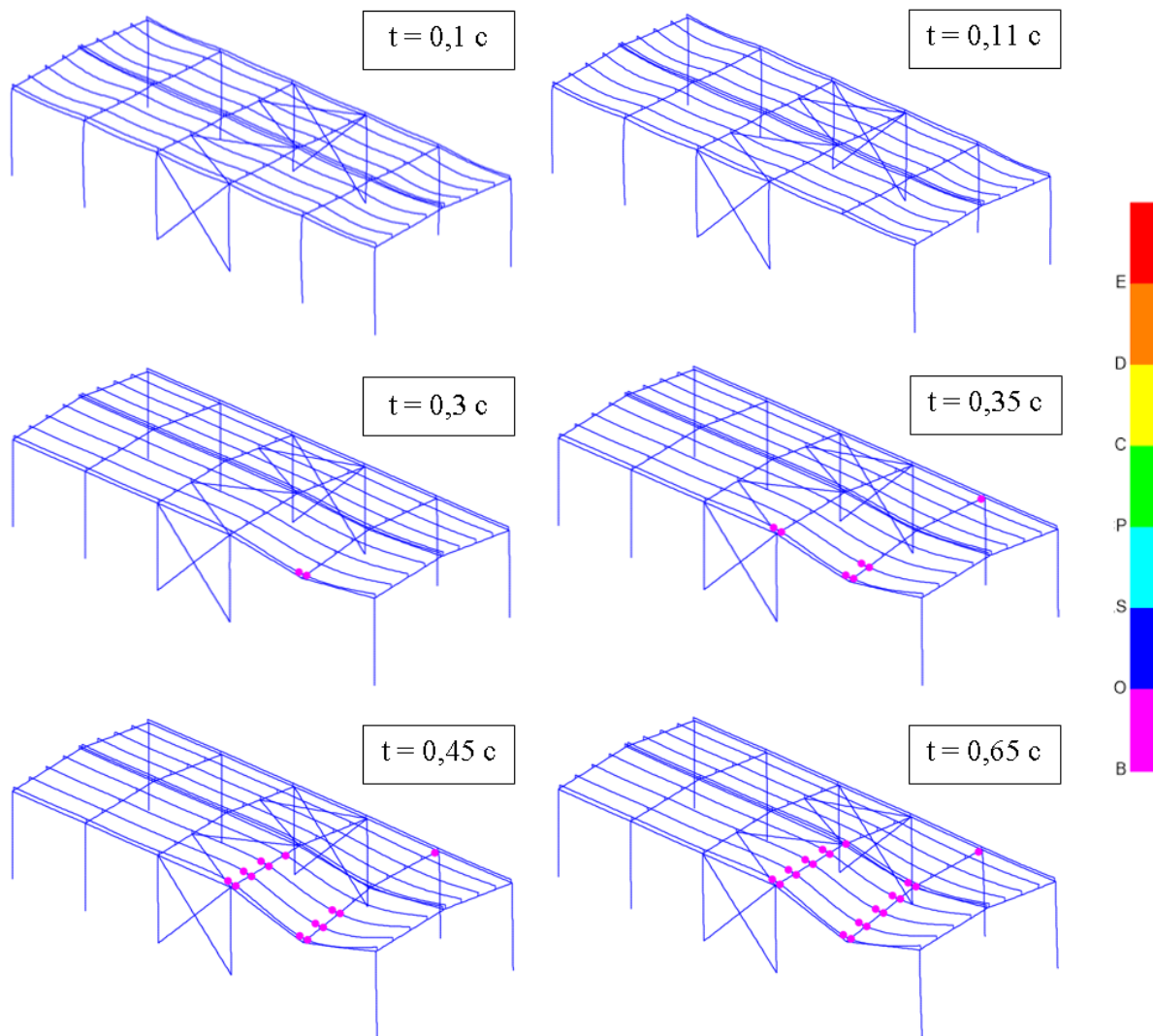


Рис. 5. Схема развития пластических деформаций во времени

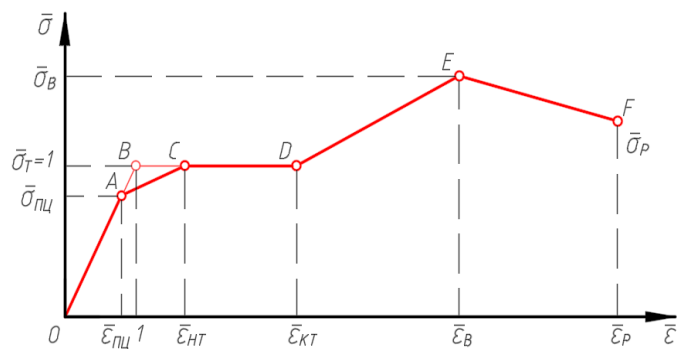


Рис. 6. Обобщенная расчетная диаграмма работы строительных сталей

Литература:

1. СП 385.1325800.2018. Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения (с Изменением № 1).
2. Методическое пособие «Проектирование мероприятий по защите зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения».
3. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (Переиздание).
4. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Поправкой, с Изменениями № 1, 2).
5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями № 1, 2).

Особенности и анализ рынка услуг дизайна интерьера в России

Воронина Людмила Анфимовна, доктор экономических наук, профессор;
Туркенич Вадим Константинович, студент
Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

В статье описан современный рынок дизайна интерьера в России, описаны и раскрыты его основные составляющие и особенности. Выявлены основные различия видов дизайн проектов, рассмотрена классификация рынка услуг дизайна интерьера, а также дана текущая ситуация в отрасли дизайна интерьера в России.

Ключевые слова: дизайн интерьера, ремонт, услуга, анализ, рынок

Практически каждый владелец квартиры задает вопрос: что такое дизайн интерьера? Если коротко, то дизайн интерьера — это совокупность отделки помещения и интерьера. Дизайнер начинает проект с бетонных стен и заканчивает вазой на столе. Выбор материалов, цветовая гамма, освещение — это составляющие гармоничного интерьера. [1]

Профессиональный дизайнер выполнит главную задачу — полное соответствие выбранному стилю интерьера. Он учтет все его направления и не допустит неисправимых ошибок в ремонте и выборе мебели и аксессуаров.

Начало работы — это грамотный дизайн-проект, в котором будет учтена каждая мелочь.

Очень важно на начальном этапе не затягивать согласование дизайн-проекта. Заказчик и дизайнер должны прийти к общему мнению. Стоимость дизайн-проекта напрямую зависит от длительности его согласования.

Дизайн-проекты подразделяются на несколько видов:

— Трёхмерная визуализация. Этот проект обойдется дешевле всего. Он показывает пространственное и цветовое решение интерьера. Так же в нем задается стиль будущего интерьера.

— Разработка 3D модели. Эта услуга более сложная и дорогая.

— 3D модель с чертежами и авторским надзором. Здесь дизайнер предлагает декорирование помещения как отдельную услугу, так как мебель и аксессуары подбираются профессионально в соответствии с общей концепцией интерьера. [1]

На современном рынке большой спрос на профессионалов, работающих в комплексных проектных организациях. Такие компании могут предложить клиенту весь спектр услуг: архитектурный проект, согласование перепланировки, дизайн интерьера и его декорирование, ландшафтный дизайн. [2]

Также в последнее время у нас в стране развивается рынок дизайнерских шаблонных интерьеров. Такие дизайнерские компании предлагают как стандартные решения на этапе проектирования и дизайна, так и комплексные решения по капитальному ремонту помещений. Такой подход позволяет сократить срок проектирования и снизить цену на проект.

Проведем анализ рынка услуг дизайна интерьера в России.

Оборот рынка дизайнерских услуг в России превышает 15 миллиардов долларов в год. Все больше увеличивается его сегмент по проектированию и дизайну жилого и общественного пространства.

Союз Архитекторов России опубликовал данные: количество профессионалов в сфере дизайнерских услуг и проектирования составляет около 25 тысяч человек. Половина из них — free-lance. Всего на рынке дизайна занято более 120000 специалистов. Союз Архитекторов России разработал систему лицензирования архитектурной и дизайнерской деятельности. Но на практике большинство работает «на себя». Средняя зарплата дизайнера в Москве составляет \$2500 в месяц. Заказчики часто передают дизайнера из рук в руки.

Развитие рынка дизайнерских услуг связано с высокими темпами строительства. Например, в Москве ежегодно строится более 60 тыс. квартир, которые непригодны для жилья без дополнительных вложений, так как сдаются в черновой отделке — без стяжки полов, с нештукатуренными стенами, без развода электрики и сантехники. В среднем уходит не меньше 10 тыс. долларов, чтобы отремонтировать квартиру. Если учесть, что квартиры вторичного рынка тоже ремонтируются, а в элитные квартиры вкладываются суммы, равные их стоимости, то объем московского рынка отделочных и дизайнерских работ составляет более 600 млн долларов в год. [3]

Рынок услуг по проектированию и дизайну интерьеров классифицируется по нескольким параметрам.

1. Специалисты, предоставляющие услуги — художники и архитекторы. Из них художники составляют меньшую часть. Они занимаются оформительскими работами — настенной росписью, мозаикой, резьбой по дереву.

2. Тип компании, предоставляющей услуги. Это дизайнерские бюро, архитектурные компании, строительно-ремонтные компании, мебельно-интерьерные магазины. Специфика российского рынка заключается в том, что свои услуги предлагают много дизайнеров free-lance.

3. Дизайн-бюро. Это фирмы, которые занимаются только дизайном. Комплексный подход к интерьеру позволяет таким фирмам выступать в качестве консультантов для компаний, занимающихся архитектурой, строительством и ремонтом. Дизайн-бюро имеют самые большие перспективы, но их численность очень мала.

4. Архитектурные компании. Это архитектурные мастерские, которые вместе с архитектурным проектированием занимаются разработкой дизайна интерьеров. Большое внимание уделяется фасадам, коммуникациям от чего интерьер бывает остается сухим. Во всем мире архитекторы сотрудничают с художниками. Тогда проект завершается гармонично.

5. Строительные и ремонтные компании. Крупных современных строительных и ремонтных компаний имеют в своем штате дизайнера или архитектора или дизайн-бюро. Строительные фирмы, имеющие собственное дизайн-бюро, предлагают бесплатный дизайн-проект в случае заказа ремонтных или строительных работ в этой же фирме. Это упрощает работу с клиентами. Так же предлагаются перепланировки и множество скидков в магазинах-партнерах.

6. Дизайнеры при магазинах. Это дизайнеры-консультанты при различных магазинах и салонах. Услуга дизайнера-консультанта помогает легче и быстрее продавать мебель, строительные материалы, сантехнику. Это является дополнительным сервисом в помощь клиенту. [4]

Заказчиков так же можно разделить на две категории: частные и корпоративные. Частные лица заказывают ди-

зайн квартир или домов, а корпоративные клиенты магазинов, офисов, ресторанов, кафе.

Раньше к дизайнерским услугам обращались люди, доход которых был намного выше среднего. Сейчас много заказчиков со средним доходом. Можно сделать вывод, что мы уходим от двух главных стереотипов — дорого и справлюсь сам. Огромная информированность людей по этим вопросам увеличивает спрос на дизайнерские услуги. Так как ошибки обойдутся гораздо дороже и лучше с помощью специалиста их предотвратить.

Стоимость проекта исчисляется в долларах или евро за квадратный метр и зависит от комплектации проекта. При стандартной комплектации и качественном подходе стоимость проекта не может быть ниже 15 евро за квадратный метр. В среднем стандартный проект до 100 кв. м. изготавливается за месяц.

На сегодняшний день средняя стоимость дизайн-проекта в Москве составляет до \$ 80 за кв. м. В процентном соотношении в итоговой сумме ремонта: стоимость проектной части — до 10%, строительства — до 30%, отделочных материалов — до 40%, мебели — до 40% от общих затрат.

Рассматривая цены более подробно, можно разделить объекты на 3 категории:

1. Небольшие помещения, для которых не требуется сложных и дорогих дизайнерских решений, а также крупные объекты — от 1000 кв. м. Полный дизайн-проект составляет в среднем \$ 25 за кв. м.

2. Помещения, требующие индивидуального подхода к разработке дизайнерского проекта, планировки интерьера. Это квартиры, дома, общественные и административные помещения. Полный дизайн-проект составляет в среднем \$ 40 за кв. м.

3. Помещения, имеющие сложную пространственную организацию, насыщенные архитектурными и декоративными деталями. Например, старинные особняки. Полный дизайн-проект составляет в среднем от \$ 100 за кв. м. [5]

Стоимость проектирования также зависит от типа помещения — квартира, загородный дом, офис, магазин или гостиница.

Проектирование дизайна зависит от качества ремонта — эконом-класс, средний или элитный. Обычно это около 10% от общей стоимости ремонта.

Таким образом можно сделать вывод о том, что рынок дизайна интерьеров в России начинает принимать устойчивую форму. Происходит развитие индустрии дизайна, которое заключается в следующем:

Во-первых, люди начинают понимать важность дизайна интерьера. У них увеличивается доверие к дизайнерам.

Во-вторых, развиваются отрасли строительных материалов, производства мебели и декора. В данных отраслях увеличивается конкуренция, а следовательно, растет качество и уменьшается цена на определенные категории.

Литература:

1. Савельев, А. А. Дизайн интерьера; Аделант — М., 2016.

2. Яковлев, А., Довжиков А. Веб-аналитика. Основы, секреты, трюки; БХВ-Петербург — М., 2019.
3. Мендельсон, Б. Социальные медиа — это бред. Откровения маркетолога; Манн, Иванов и Фербер — М., 2014.
4. Кристофер, М., Пэк Х. Маркетинговая логистика; Издательский Дом «Технологии» — М., 2017.
5. Эдвардс, Н. Реклама в розничной торговле США; Киев: Сфера — М., 2015.

Анализ надежности и риска эксплуатации морской буровой платформы «Беркут» при ледовых воздействиях

Истратий Иван Михайлович, студент магистратуры
Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)

Надёжность — свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. В данной статье проведена оценка надежности основания гравитационного типа (ОГТ) платформы «Беркут» на постепенный отказ. Получены диаграммы распределения деформации в конструкции в соответствии с деформационными критериями. Проведена вероятностная оценка риска эксплуатации платформы за весь срок службы и предложены рекомендации по оценке надежности и риска морских шельфовых сооружений в ледовых условиях.

Ключевые слова: надежность, постепенный отказ, шельфовые сооружения, ледовая абразия, бетон, численное моделирование, вероятностные распределения.

Характеристики ОГТ «Беркут»

Объектом исследования является погружная платформа «Беркут» (проект «Сахалин-1»). Платформа представляет собой основание гравитационного типа, состоящее из кессона и установленных на нем четырех колонн, а также стальное верхнее строение (ВСП) (рис. 1). Кессон снабжен юбкой для заглубления в грунт.

Платформа находится на северо-восточном шельфе о. Сахалин в западно-центральной лицензированной площади Аркутун-Даги на расстоянии приблизительно 25 км к востоку от берега.



Рис. 1. Общий вид платформы «Беркут»

Опорное основание платформы «Беркут» рассчитано на установку ВСП массой до 53000 т. Опорное основание имеет габариты:

- Высота 54.7 м;
- Ширина 100.0 м;
- Длина 132.6 м;
- Высота кессона 13.4 м;
- Высота юбки 1.4 м.

Железобетонное ОГТ платформы «Беркут» является сооружением, возведенным насухо в строительном доке. Оно представляет собой монолитную предварительно напряженную железобетонную конструкцию в виде кессона и колонны с натяжением пучков тросов «на бетон». Кессон состоит из плоской нижней плиты, наружных и внутренних стен, а также верхней плоской плиты.

Колонны цилиндрические, имеют толщину 850 мм, однако для обеспечения промежутков между колоннами, требуемых для прохода баржи (на этих участках стен толщина принята 900 мм) при осуществлении операции надвига ВСП на плаву, колонны в определенных зонах имеют овальное очертание. Колонны вертикальные с постоянной толщиной по высоте, за исключением ледового пояса и узлов крепления ВСП.

В нижней части кессона установлена система перекрещивающихся стальных юбок, заделанных в нижнюю плиту и заглубленных в грунт дна за счет собственного веса ОГТ.

- Размер основных частей ОГТ:
- Толщина нижней плиты кессона 700 мм;
- Толщина нижней плиты кессона под колоннами 1050 мм;
- Толщина наружных стен кессона 650 мм;
- Толщин внутренних стен отсеков кессона 400-500-650 мм;
- Толщина верхней плиты кессона 700-850 мм;
- Высота ледового пояса 7 м;
- Типовой внутренний радиус колонн 11950 мм.

Нижняя плита кессона выполнена из бетона В50 по NS 3473; верхняя плита кессона — бетон W16 F100 по ГОСТ 26633; наружные и внутренние стены кессона — бетон W16 F100 по ГОСТ 26633; колонны — бетон В70 по NS 3473, W12 F500 по ГОСТ 26633. Класс ненапрягаемой арматуры — В500NC; класс напрягаемой арматуры — канаты 1860 [4].

Аналитическое определение усилий в сооружении

Расчет будет выполняться для четырех высот колонны при разных углах приложения нагрузки.

Для аналитического определения собственных — кольцевых напряжений, возникающих от собственного веса колонны платформы Беркут (напряжений в колонне достаточно) используем формулу (1)

$$\sigma_{1E} = 0,807 \frac{E_t}{l} \left[\left(\frac{l}{(l-v)^2} \right)^3 \frac{t^2}{r^2} \right], \quad (1)$$

где E — модуль упругости бетона; ν — коэффициент Пуассона; t — толщина стенки колонны; r — средний радиус колонны; l — высота колонны.

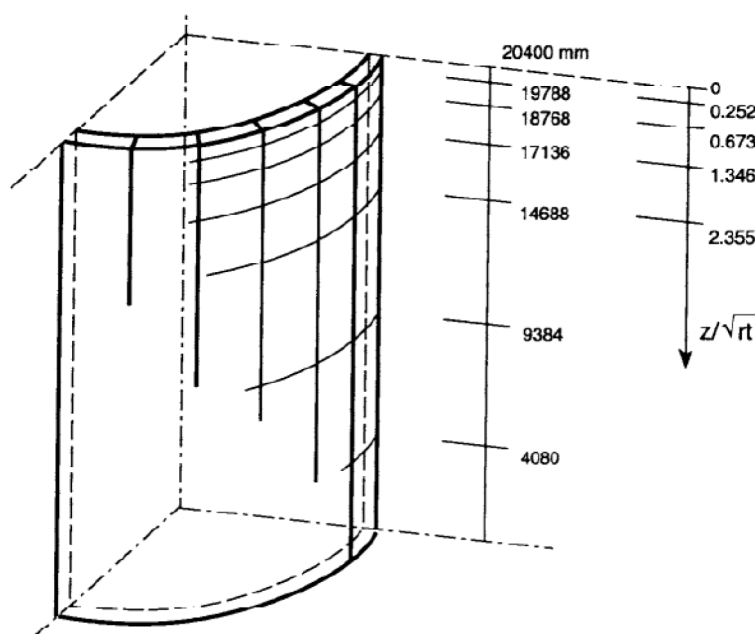


Рис. 2. Пример разбивки колонны по высоте для определения внутренних усилий [3]

Согласно рекомендациям пособия [2], напряжения от внешней сжимающей ледовой нагрузке определяются по формуле (2):

$$T_{16} = \frac{P}{\pi R_0} (\xi_0 - \xi) \cos \theta, \quad (2)$$

где нижний индекс 16 говорит о том, что формула принята по безмоментной теории; P — ледовая нагрузка (МПа), принимается вероятностно через полученный генератор в MS Excel по среднему и стандартному отклонению; R_0 — радиус колонны, м; $\cos \theta$ — угол приложения нагрузки, также задается вероятностно через генератор в MS Excel, а именно как разность случайного числа поворота от 0 до 360 и принятого расчетного угла приложения нагрузки; ξ_0 — высота колонны, м; ξ — высота приложения нагрузки м.

Значение напряжений от гидростатического давления воды принимается по формуле (3):

$$T_{16} = -qR_0 \left[\xi_0 \xi - \frac{1}{2} (\xi_0^2 + \xi^2) \right] \cos \theta, \quad (3)$$

где q — величина плотности морской воды, не зависящая от высотной отметки; R_0 — радиус колонны; $\cos \theta$ — угол приложения нагрузки, также задается вероятностно через генератор в MS Excel, а именно как разность случайного числа поворота от 0 до 360 и принятого расчетного угла приложения нагрузки; ξ_0 — высота колонны, м; ξ — высота приложения нагрузки, м.

Расчет генератора напряжения в точке в MS Excel

Вероятностный расчет ледовой нагрузки производится по СП [6].

Нагрузки от воздействия движущихся ледяных полей на сооружения с вертикальной передней гранью необходимо определять: на отдельно стоящую опору с передней гранью в виде треугольника, многогранника или цилиндрического очертания F_c , p , MH , по формуле (4):

$$F_{c,p} = 1.26 * 10^{-3} V h_a \sqrt{m A k_b k_v R_c \rho \tan(70)}, \quad (4)$$

где V — скорость движения ледяного поля, м/с задается вероятностно через генератор; h_a — обеспеченная толщина ровного льда, задается вероятностно через генератор; m — коэффициент формы, воспринимающей нагрузку передней грани опоры в плане, принимаемый по таблице равным 0.83 [6]; A — максимальная площадь ледяного поля, m^2 , задается вероятностно через генератор; R_c — прочность льда на сжатие, МПа, задается вероятностно через генератор; K_b — коэффициент, принимаемый по таблице 18 [6], задается вероятностно через генератор; K_v — коэффициент, принимаемый по таблице 19 [6], задается вероятностно через генератор; ρ — плотность воды kg/m^3 , принимается 1020; γ — половина угла заострения передней грани опоры в плане на уровне действия льда, град; для полукруглого очертания необходимо принимать равным 70 градусам.

Таблица 1. Исходные параметры для вероятностного расчёта генератора по результатам полученных распределений

№	Наименование параметра	Закон распределения	Среднее, μ	Стандартное отклонение,
1	Скорость ледового поля	Нормальный закон	0,768	0,33855
2	Толщина ледового поля	Нормальный закон	0,95	0,44
3	Прочность льда	Нормальный закон	5,54	2,88
4	Площадь ледового поля	Экспоненциальный закон	293,36	470,53

Далее рассчитываем величину нагрузки по формуле (5):

$$F_{b,p} = m k_v k_b R_c b h_a, \quad (5)$$

где b — протяжённость контакта ледяного поля с сооружением, принимается 11.95 м. Из формул (4) и (5) принимаем величину нагрузки наименьшей.

Коэффициент деградации

По результатам натурных испытаний средняя прочность на сжатие образцов бетонных кубиков в 28-дневный период составляет 80 МПа. По графику, изображенному на рис. 3, будем принимать коэффициент деградации бетона в течение двухсот лет эксплуатации.

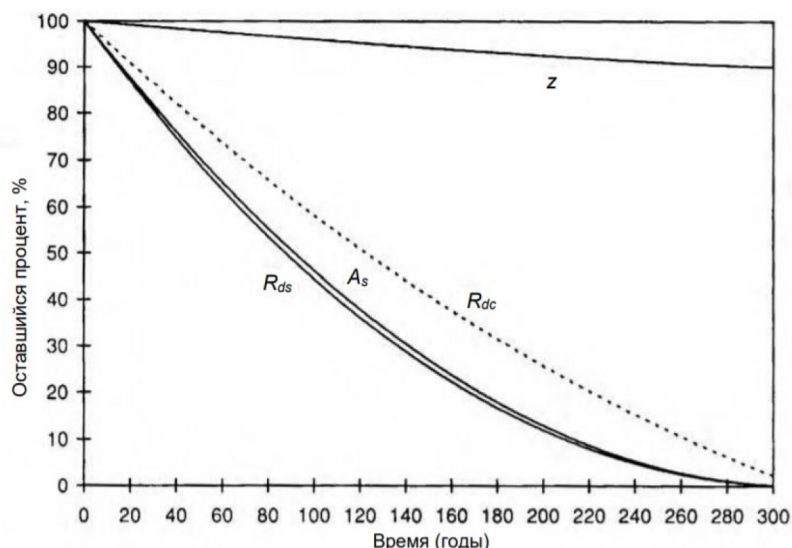


Рис. 3. График деградации бетонного камня [7]

Процент потери прочности бетона во времени приведен в таблице 2.

Таблица 2. Процент потери от исходной прочности бетона

Прочность											
μ	-80	-78,4	-69,6	-64	-57,6	-55,2	-49,6	-47,2	-40	-38	-32
σ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Процент износа	100%	98%	87%	80%	72%	69%	62%	59%	50%	45%	40%

В MS Excel рассчитываются параметры распределения напряжений в точке в зависимости от прочности по нормальному закону (таблица 3).

Таблица 3. Пример расчета параметров для графиков

Напряжения	Вероятность точка 1	Вероятность точка 2	Вероятность точка 3	Вероятность очка 4
-100	3,61129E-07	6,09464E-07	9,95451E-09	5,755E-12
-95	3,61129E-07	1,65771E-06	4,1109E-08	5,0147E-11
-90	3,61128E-07	4,2841E-06	1,57891E-07	3,9114E-10

В таблице 4 приводится пример расчета параметров для построения графика зависимости с учетом потери прочности бетона во времени от напряжений в точке.

Таблица 4. Пример расчета зависимости напряжений от прочности

20 лет	40 лет	60 лет	80 лет	100 лет	120 лет	140 лет	160 лет
0,002488281	0,0001476	1,487E-05	6,717E-07	1,846E-07	6,87E-09	1,48916E-09	1,489E-09
0,008089804	0,0008262	0,0001176	7,886E-06	2,513E-06	1,321E-07	3,322E-08	3,322E-08
0,019316794	0,0033964	0,000683	6,799E-05	2,512E-05	1,867E-06	5,44272E-07	5,443E-07

Из полученных рядов напряжений находим среднеквадратическое отклонение и математическое ожидание в каждой и через уравнение связи [5] считаем вероятность наступления отказа по формуле (6):

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{x^2}{2}} dx \tag{6}$$

Для упрощения работы будем использовать справочные таблицы нормированного нормального распределения. Вероятность наступления отказа будет определяться как $(1-z)$.

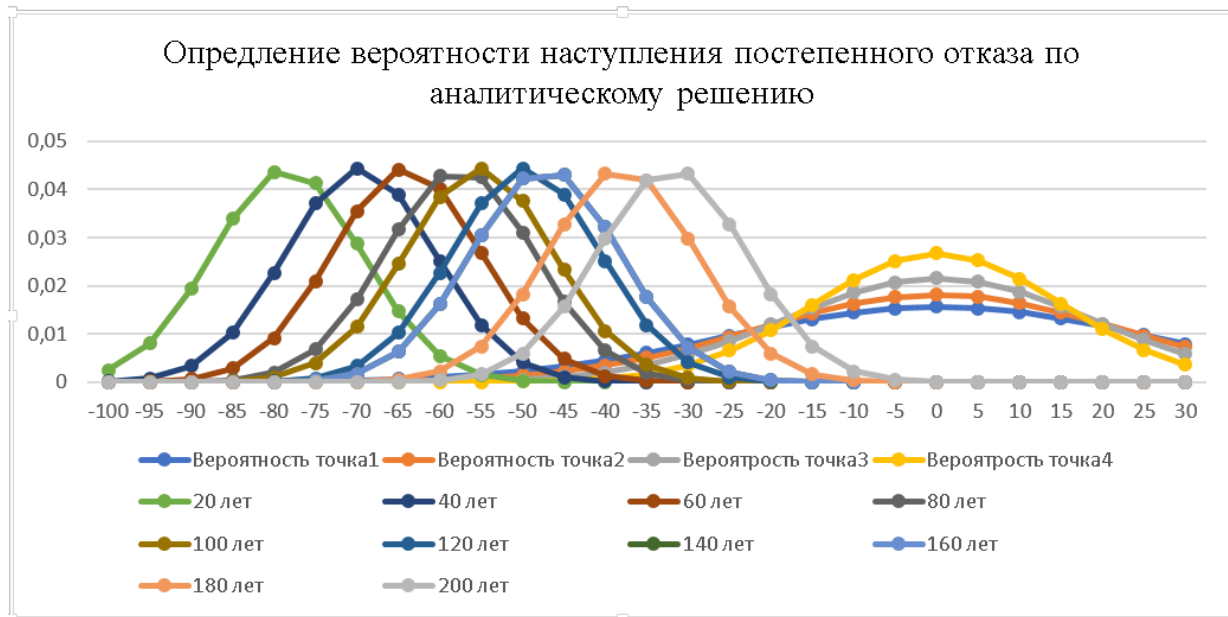


Рис. 4. Определение вероятности наступления постепенного отказа

По результатам графика видно, что уже через 120 лет эксплуатации вероятность отказа в первой точке составит 0,035; во второй — 0,019; в третьей — 0,0086; в четвертой — 0,0024. По истечению 200 лет происходит отказ сооружения.

Расчет напряжений в программном комплексе ANSYS

Выполнение расчетов в программном комплексе ANSYS по условиям, которые выполнялись при аналитическом решении, является задачей сложной и непрактичной, так как для этого потребуются также вероятностно задавать ряд нагрузки из десяти тысяч значений в расчет программы.

Для упрощения получения приближенных результатов, как и при аналитическом решении, когда на разных высотах при разном направлении румба прикладывалась нагрузка, и получения вероятностного ряда напряжений, нагрузка величиной 100 МН, задавалась на высоте 10 метров от верха колонны, и величиной 250 МН, задавалась на высоте 40 метров от верха колонны.

В местах вероятного появления максимальных нпряжений, в зоне стыка колонны и кессона со стороны действия нагрузки, были выбраны двадцать восемь узлов (рис. 5).

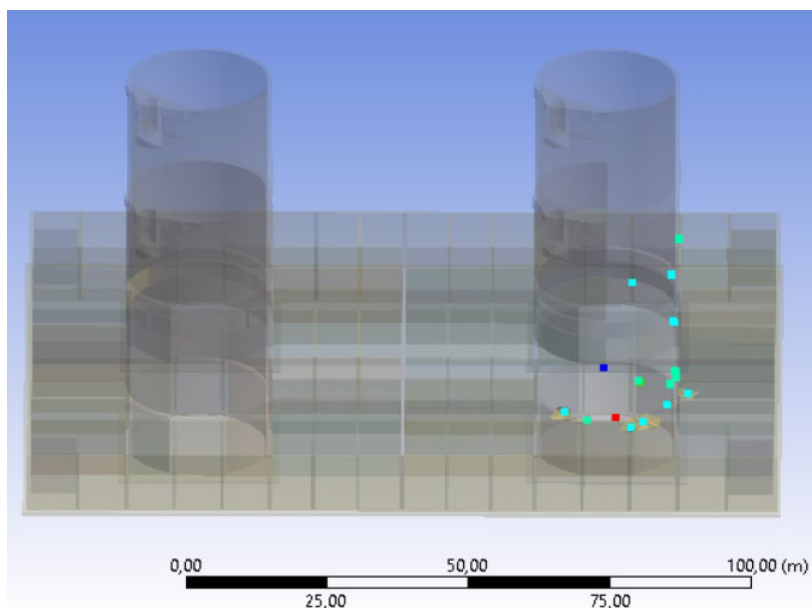


Рис. 5. Расчетные узлы

В результате было получено пятьдесят значений нагрузки и по таким параметрам как, математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение, восстановили ряд по нормальному закону распределения. Согласованность ряда проверили в программном комплексе Statistica по критерию Пирсона (рис. 6).

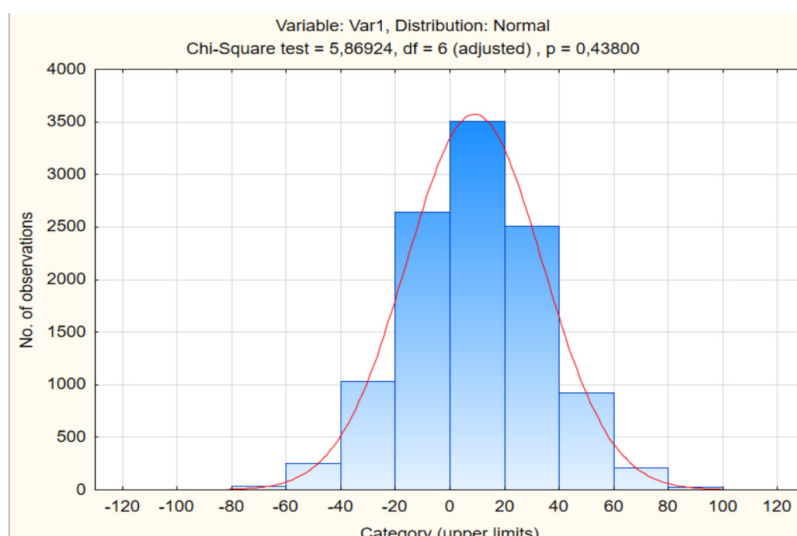


Рис. 6. Подгонка распределения напряжений

По результатам расчета при прочности бетона в 80 МН, вероятность отказа составила 0,000336.

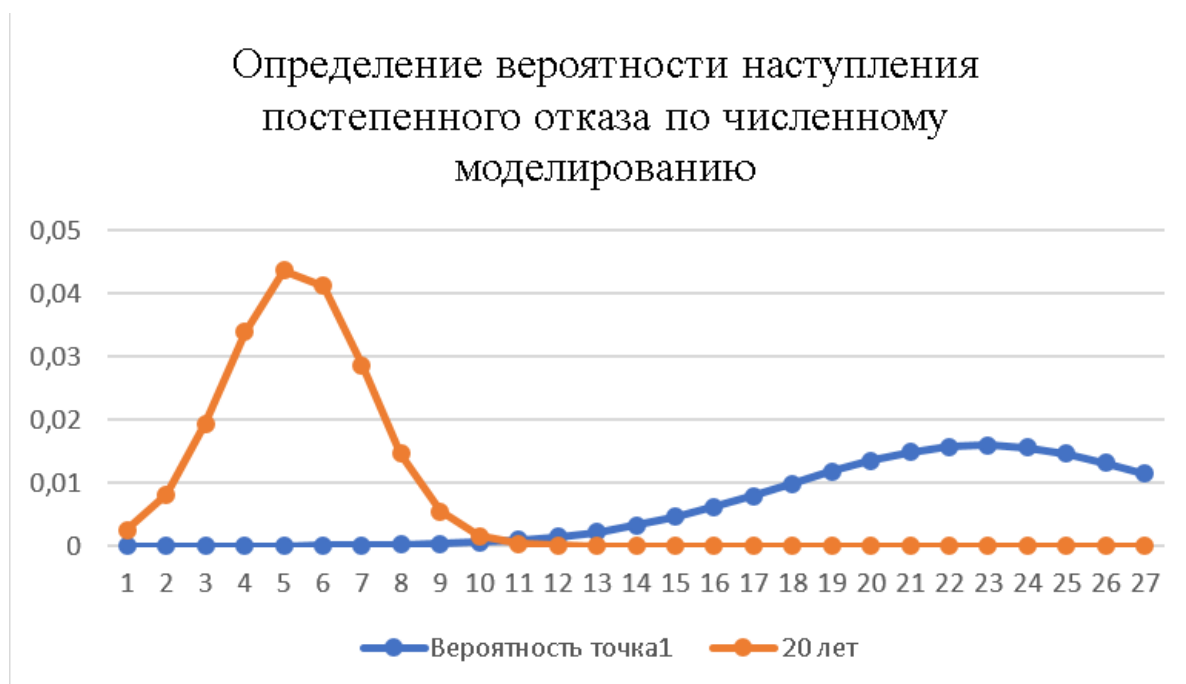


Рис. 7. Определение вероятности наступления отказа

Заключение

В статье был приведен пример оценки надежности на возникновение постепенного отказа ОГТ «Беркут» аналитическим методом при помощи расчета вероятностного генератора в программном комплексе MS Excel и выполнен расчет оценки надежности в программном комплексе ANSYS.

При расчете через генератор диапазон значений «z», при расчете которого определяется вероятность наступления отказа, составил интервал от 3 до 4. При численном моделировании приведенная величина «z» составила — 3.4. Данное значение величин описывают малое значение вероятности наступления отказа, что говорит о возможной правильности расчета, ведь значения действия внешней ледовой нагрузки задавались средние от максимальной расчетной.

По результатам графика из аналитического расчета видно, что уже через 120 лет эксплуатации вероятность отказа в первой точке составит 0,035; во второй — 0,019; в третьей — 0,0086; в четвертой — 0,0024. По истечению 200 лет происходит отказ сооружения.

Литература:

1. Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное объединение «Гидротекс». Протокол испытаний № 48/07 от 04 декабря 2010 года, № 48/06 от 04 декабря 2010 года, № 48/05 от 04 декабря 2010 года, № 48/04 от 04 декабря 2010 года, № 48/03 от 04 декабря 2010 года, № 48/02 от 04 декабря 2010 года, № 48/01 от 04 декабря 2010 года, № 45/04 от 11 ноября 2010 года, № 45/03 от 11 ноября 2010 года, № 45/02 от 11 ноября 2010 года, № 45/01 от 11 ноября 2010 года, № 37/05 от 14 сентября 2010 года, № 37/04 от 14 сентября 2010 года, № 37/03 от 14 сентября 2010 года, № 37/02 от 14 сентября 2010 года, № 37/01 от 14 сентября 2010 года.
2. Железобетонные конструкции. Специальный курс; издание 3-е, переработанное под редакцией В.Н. Байкова; 1981 г.
3. Design of Offshore Structure, 2000 Edited by Ivar Holand, Ove T. Gudmestad and Erik Jersin.
4. Миронов, М.Е. Буровая платформа «Беркут» проектирование, изготовление и установка основания. СПб — 2015 г.
5. Капур, К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. Мир, 1980. — 604 с. Пер. с англ. Коваленко Е. Г., под ред. Ушакова И. А.
6. СП 38.13330.2018 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).
7. Методическое пособие по назначению срока службы бетонных и железобетонных конструкций с учетом воздействия среды эксплуатации на их жизненный цикл. Москва 2019 г. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве»

Анализ потребительских предпочтений в области дизайна интерьера

Покуль Владимир Олегович, кандидат экономических наук, доцент;
Туркенич Вадим Константинович, студент
Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

В статье описана часть исследования для создания новой компании в сегменте дизайна интерьера. Основной фокус в исследовании был направлен на выявление отношения респондентов к дизайну интерьера, отношения к тому способен ли дизайнер сэкономить бюджет, отношения к типовому дизайну и их отношения к сопутствующим работам. В ходе исследования было опрошено 106 человек, из них 70 женщин и 36 мужчин. Опрос проводился в районных и домовых сообществах в социальной сети «ВКонтакте».

Ключевые слова: дизайн интерьера, ремонт, исследование, опрос, жилье, квартира, дом

По данным Росстата общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, в России ежегодно растет. Так в 2017 году она составляла 25,2 квадратных метра, а в 2019 уже 26,3. При этом также растет число квартир. Так в 2017 году число квартир составило 65,9 млн., а в 2019 уже 67,5 млн. Это свидетельствует о том, что все больше людей улучшают свои жилищные условия и соответственно растет спрос на услуги ремонта в том числе профессионального ремонта с привлечением дизайнеров интерьера [1].

Учитывая возрастающую актуальность услуг дизайна интерьера, мы провели опрос среди участников районных и домовых сообществ в социальной сети «ВКонтакте» об их отношении к дизайну интерьера, отношении к тому способен ли дизайнер сэкономить бюджет, отно-

шения к типовому дизайну и их отношения к сопутствующим работам.

Из 106 опрошенных человек было опрошено 70 женщин и 36 мужчин. Данные представлены на рисунке 1.

По возрастному признаку респонденты были разбиты на две группы: «От 18 до 30 лет» и «От 31 до 50 лет». К группе «От 18 до 30 лет» относится 52 человека, а к группе «От 31 до 50 лет» относится 54 человека. Данные представлены на рисунке 2.

Если рассматривать семейное положение респондентов, то большую часть составляют люди, которые находятся в браке. К ним относятся 67 человек. К людям, которые не женаты или не замужем относятся 39 человек. Данные представлены на рисунке 3.



Рис. 1. Состав респондентов по половому критерию

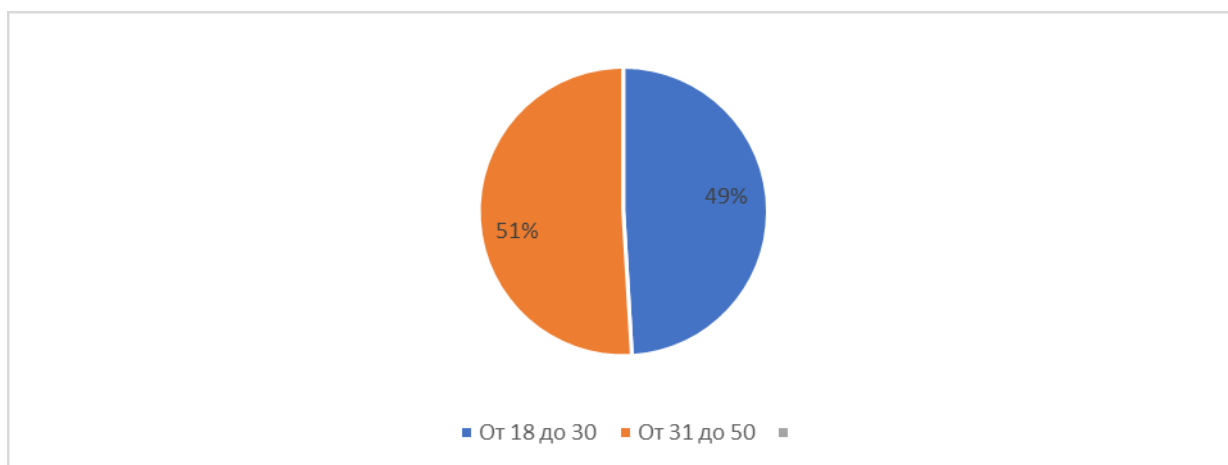


Рис. 2. Состав респондентов по критерию возраста



Рис. 3. Состав респондентов по семейному статусу

Рассмотрим женатых и замужних респондентов. Месячный доход до 30000 рублей имеют 4 пары, от 30000 до 50000-10 пар, от 50000 до 100000-31 пара, от 100000

до 150000-11 пар, от 150000 до 200000-7 пар, от 200000 и более — 4 пары. Данные представлены на рисунке 4.

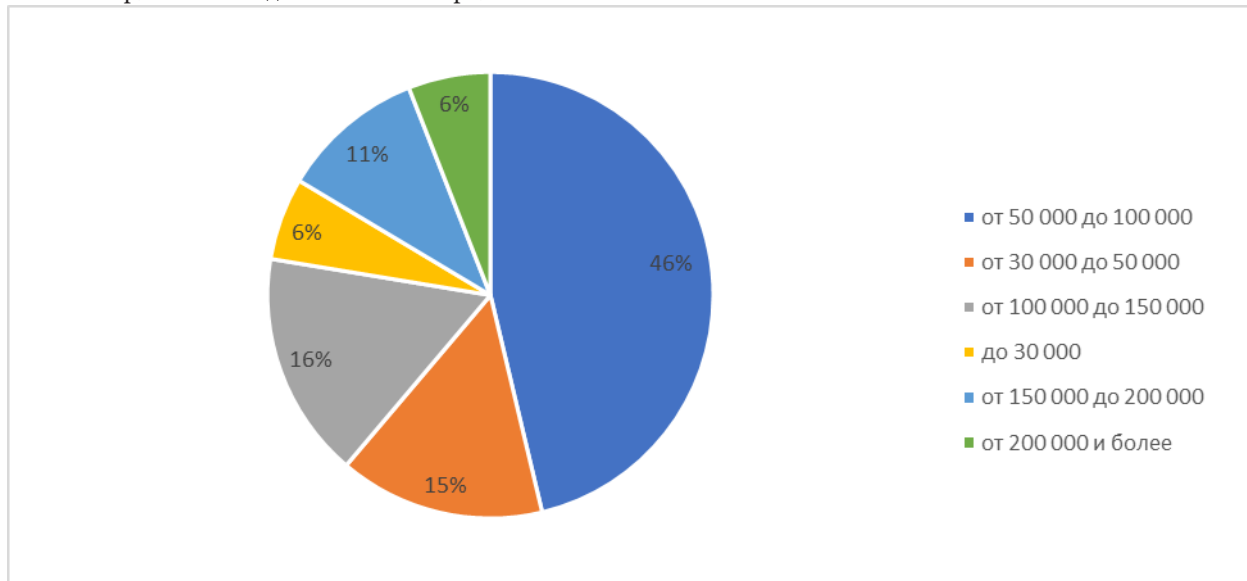


Рис. 4. Месячный доход домохозяйства

Выявим отношение семей или пар с разными доходами к важности дизайна интерьеров, их отношение к тому способен ли дизайнер сэкономить бюджет, Их отношение к типовому дизайну и их готовность к сопутствующим работам.

Рассмотрим женатых и замужних респондентов. Для простоты описания респондентов с семейными доходами до 50000 рублей отнесем к 1 группе, с доходами от 50000 до 100000 рублей отнесем ко 2 группе, а с доходами от 100000 рублей отнесем к 3 группе. Данные представлены на рисунке 5.

По результатам анализа видно, что и для каждой группы достаточно важен хороший дизайн интерьера, но чем больше доход у домохозяйства, тем больше эта важность. В 1 группе в среднем оценили важность на 4,07 балла, во 2 группе в среднем — на 4,19 балла а в 3 группе — на 4,59 балла. При этом стандартное отклонение у всех групп достаточно низкое, у 1-0,61, у 2 группы — 0,90 а у 3 группы — 0,59, что говорит о точности оценки в каждой группе.

В связи с этим можно сделать вывод, что чем больше доход у домохозяйства, тем больше важность хорошего дизайна интерьера. Это можно объяснить возрастающими потребностями и желанием создать себе комфортные условия для жизни.

Если рассматривать отношение к тому, способен ли дизайнер сэкономить бюджет на ремонт, то видно, что каждая из групп скептически относится к тому, что дизайнер способен сэкономить бюджет на ремонт. Респонденты в 1 группе оценили свою уверенность, что дизайнер способен сэкономить бюджет на 2,92 балла, во 2 группе — на 2 балла, в 3 группе — на 2,81 балла при этом у каждой из групп достаточно высокое стандартное отклонение. Так у 1 группы

стандартное отклонение составило 1,49, у 2 группы — 1,23 а у 3 группы — 1,5.

В связи с этим можно сделать вывод, что достаточно трудно оценить точное отношение каждой из групп к данному вопросу в связи с неоднозначностью реакций респондентов.

Если рассматривать отношение к услуге типового дизайна интерьера, то видно, что для 1 группы типовой дизайн интерьера более интересен, они оценили свой интерес в среднем на 2,93 балла, в то время как респонденты из 2 группы в среднем оценили свой интерес на 2,74 балла, а респонденты из 3 группы — на 2,31 балла, но при этом у каждой группы достаточно большое стандартное отклонение. У 1 группы оно составило 1,68, у 2 группы — 1,38, у 3 группы — 1,35, что не позволяет однозначно судить об отношении к услуге типового дизайна интерьера для этих групп.

В связи с этим можно сделать вывод, что чем больше доход у домохозяйства тем меньше интерес к услуге типового дизайна интерьера, но достаточно большое стандартное отклонение не позволяет с уверенностью это утверждать. Такие результаты могут быть связаны с тем, что чем больше у респондента доход тем более оригинальное решение в дизайне интерьера для своего жилья он хотел бы иметь.

Если рассматривать отношение к тому готовы ли респонденты осуществлять сопутствующие ремонту работы если им будет предоставлен типовой дизайн проект, то видно, что респонденты из 1 группы больше готовы осуществлять сопутствующие работы, они оценили свою готовность на 4,2 балла в то время как респонденты из 2 группы в среднем оценили свою готовность на 3,96 балла, а респонденты из 3 группы — на 3,8. При этом у ка-

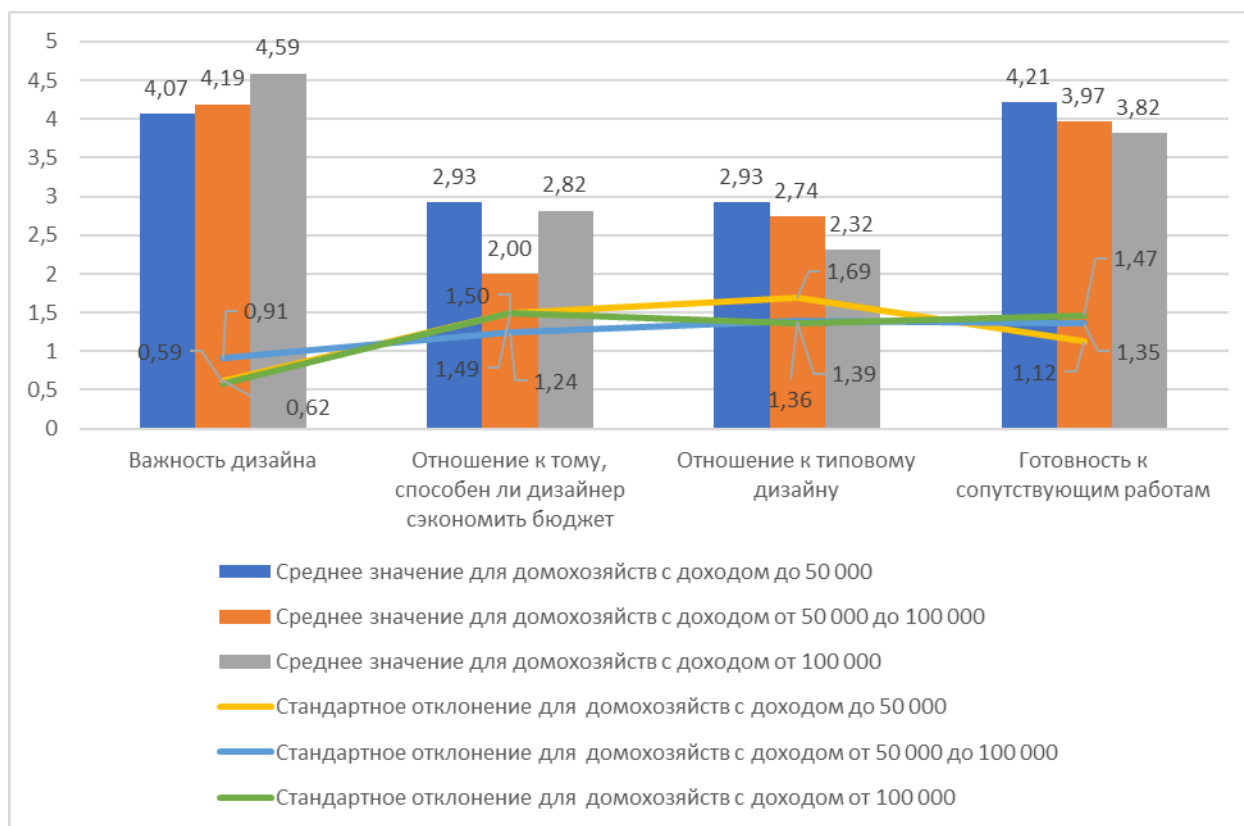


Рис. 5. Важность дизайна для 1, 2 и 3 группы, их отношение к тому, способен ли дизайнер сэкономить бюджет на ремонт, отношение к типовому дизайну и готовность к сопутствующим работам

ждой группы достаточно низкое стандартное отклонение. У 1 группы оно составляет 1,12, у 2 группы — 1,35 и у 3 группы — 1,47.

В связи с этим можно сделать вывод, что чем больше доход у респондентов, тем меньше они готовы тратить времени и сил на сопутствующие ремонту работы. Скорее всего данные результаты связаны с тем, что люди хотят иметь больше комфорта и в вопросе осуществления самого ремонта так как они могут себе это позволить.

Таким образом, проведенный анализ ответов потребителей в предпочтениях в области дизайна интерьеров выявил явную дифференциацию в ответах среди семей и пар с разными уровнями дохода и показал, что по мере увеличения семейного дохода увеличивается потребность в хорошем дизайне интерьера, а также ухудшается отношение к типовому дизайну интерьера и снижается

готовность самостоятельно проводить сопутствующие работы.

Для новых компаний в сегменте дизайна интерьера можно дать следующие рекомендации.

Во-первых, не пренебрегать услугой типового дизайна, а раскрыть ее потенциал и улучшить качество ее оказания, так как судя по поросам мнения респондентов очень разнятся и нет четкой однозначной оценки данной услуги. Раскрытие услуги типового дизайна поможет преодолеть эту неопределенность.

Во-вторых, стоит учитывать, тот факт, что независимо от семейного дохода большинство респондентов считают хороший дизайн интерьера важной частью дома. Стоит создавать больше бюджетных предложений чтобы удовлетворить спрос потенциальных клиентов с низким доходом.

Литература:

1. Основные показатели жилищных условий населения: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http:// rosstat.gov.ru/folder/13706](http://rosstat.gov.ru/folder/13706) (Дата обращения 25.04.2021)

Методология принципов формирования проектирования общественных территорий

Прудкова Анастасия Евгеньевна, студент магистратуры;
Орлова Александра Юрьевна, студент магистратуры
Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону)

Исследование теоретико-методологических подходов в аспекте формирования проектирования общественных территорий остается актуальным в сфере градостроительства и смежных областях. Структурный анализ основных системных принципов формирования проектирования общественных территорий позволил выделить преимущества и недостатки применения принципов в градостроительной деятельности, которые влияют на формирование планировочной структуры, профессионального языка проектирования общественных территорий для дальнейшего развития теоретических подходов и методологических конструктов в основе освоения и реконструкции общественных территорий.

Ключевые слова: градостроительство, градостроительная деятельность, градостроительный проект, проектирование общественных территорий, принципы формирования проектирования, взаимодействие с окружением, структуризация, иерархичность, оптимизация, преемственность, гармонизация.

Methodology of principles of formation of design of public territories

Prudkova Anastasia Evgenievna, student master's degree program;
Orlova Alexandra Yuryevna, student master's degree program
Don State Technical University (Rostov-on-don)

The study of theoretical and methodological approaches in the aspect of the formation of the design of public areas remains relevant in the field of urban planning and related areas. A structural analysis of the main systemic principles of the formation of the design of public areas made it possible to highlight the advantages and disadvantages of applying the principles in urban planning activities that affect the formation of a planning structure, a professional language for designing public areas for the further development of theoretical approaches and methodological constructs in the development and reconstruction of public areas.

Keywords: urban planning, urban planning activities, urban planning project, design of public areas, principles of design formation, interaction with the environment, structuring, hierarchy, optimization, continuity, harmonization.

На современном этапе роль и значение градостроительства возрастает и набирает научные, технические и технологические обороты в аспекте расширения и совершенствования процессов в данной области. Осуществляется активизация по внедрению накопленного громадного опыта, которое бы обеспечивало качество жизни населения, устойчивое развитие рыночных отношений в данном сегменте, реализации градостроительных проектов, направленных на благоустройство общественных территорий. Системы территориального планирования общественных территорий крупных и малых городов России определяют дальнейшее развитие обустройства территорий общественного назначения в условиях, инновационных и качественных градостроительных проектов.

Вопросу проектирования общественных территорий и механизма осуществления градостроительной деятельности в условиях интенсивного освоения общественного пространства уделяется внимание в рамках государственной политики, ученых, специалистов и практиков данной сферы, но существуют острая проблема нехватки

материальных и финансовых ресурсов для обеспечения данной научной области в полном объеме для поддержания инвестиционной привлекательности, инновационной составляющей и т.д. Градостроительные проекты не всегда находят свое предназначение и воплощение в жизнь, но остаются пространственными и методологическими предпосылками для дальнейшего изучения в градостроительной и иной деятельности.

Целостное представление и закономерное основание для проектирования общественных территорий в крупных городах играют ключевую роль в аспекте теории и практики науки градостроительства.

Повышенное внимание ученых и проектировщиков к этому аспекту градостроительной деятельности объясняется ключевой ролью общественных пространств в формировании планировочной структуры и архитектурно-художественного образа города [3]. Довольно обширный вклад в создание мира архитектуры и профессионального языка проектирования общественных пространств городов внесли такие известные советские архитекторы-градостроители, как В.Н. Семенов [6],

А. В. Бунин [2], Т. Ф. Саваренская [7], А. В. Иконников [8], З. Н. Яргина, Я. В. Косицкий [9], И. М. Смоляр [5] и другие.

В. П. Букин и В. А. Пискунов [1] (1982 г.) в своей научной работе излагали возможные перспективы развития городов России до 2000 года, что в целом говорит о масштабности и значении науки градостроительства с советских времен. На современном этапе хотелось бы обратить внимание на научный вклад О. М. Рой [4] (2019 г.), который в своей научной работе раскрывает основные способы освоения и реконструкции общественных территорий выделяя важные принципы формирования проектирования с учетом выделения свойств и функций пространств в условиях настоящей действительности;

определяет значение и необходимость разработки мастер-плана, как основы градостроительного проекта по освоению и формированию общественных территорий; обозначает роль девелопмента в развитии общественных территорий и возможная алгоритмизация в содержании их освоения.

Анализ и обобщение богатого теоретического и практического опыта отечественного градостроительства XX и начала XXI в. позволяет выделить в методологии исследований шесть основных системных принципов формирования проектирования общественных территорий в генпланах городов [3] Российской Федерации, которые структурируя представили в Таблице 1.

Таблица 1. Структуризация сильных и слабых сторон основных системных принципов формирования проектирования общественных территорий

Системные принципы формирования проектирования общественных территорий	Содержательная характеристика	Сильные стороны	Слабые стороны
1. Взаимодействие с окружением	Функциональная и композиционная взаимосвязь с компонентами природного ландшафта и другими видами архитектурных пространств. Взаимодействие внутригородской и внешней по отношению к городу систем архитектурных и природно-ландшафтных пространств общественного значения	— определение и проектирование зон совместных интересов (территорий партнерства); — учет существующих (разработка) новых концепций (стратегий) формирования локальных систем расселения «больших» городов, пространственных кластеров	— отсутствие связи внутренней и внешней системы архитектурных и природно-ландшафтных пространств; — не обеспечивает межмуниципальное сотрудничество в развитии общественных пространств
2. Структуризация	Формирование общественных пространств социальной, производственной, рекреационно-ландшафтной, транспортной и историко-культурной инфраструктуры. Выделение каркаса общественных пространств с повышенной функциональной активностью населения	Разработка общественных пространств инфраструктур и каркаса.	По Градостроительному кодексу РФ пространство не является объектом проектирования. Отсюда в некоторых генпланах общественные слабо структурированы (не выделен их каркас)
3. Иерархичность	Выделение общественных пространств центра города, главных и второстепенных улиц и площадей, значимых общественных узлов	— выделение главных и второстепенных общественных пространств с учетом достижения определенной миссии города; — повышение уровня информативности градостроительной документации — ориентация в пространстве	— в некоторых генпланах иерархия не установлена; — труднодоступность в определении местоположение центра города, главных улиц и площадей; — слабый уровень информативности градостроительной документации; — слабая ориентация в пространстве

4. Оптимизация	Организация в основе показателей их формирования и развития с учетом индивидуальных особенностей города, стратегических планов и программ	— установление наряду с выполнением нормативных требований системы градостроительных показателей реализации стратегических планов	— при отсутствии градостроительных стратегий и разделов, планов и программ социально-экономического развития поселений проектирование осуществляется только на основе норм и правил, установленных на федеральном и региональном уровне; — выполнение нормативных показателей, без учета оптимальных
5. Преемственность	Развитие ценных градостроительных традиций, сохранение и использование историко-культурного наследия в функциональной и композиционной организации общественных пространств	— введение новелл в Градостроительный кодекс РФ, которые будут учитываться на законодательном уровне; — инновационное развитие экономики и градостроительства регионов	— недостаточное использование историко-культурного потенциала и традиций в организации общественных территорий
6. Гармонизация	Композиционная организация с учетом создания системы архитектурных и архитектурно-ландшафтных ансамблей города, формирования его индивидуального архитектурно-художественного образа	— разработка концептуально-художественного замысла и стилистических решений композиционной организации общественных пространств для улучшения эстетических качеств и повышения инвестиционной привлекательности; — обеспечение сопровождение генпланов объемно-пространственными и архитектурно-художественными моделями, компьютерной визуализацией, восстановление композиционного языка в проектировании	— в генпланах часто отсутствует творческий замысел формирования композиции общественных пространств, ансамблевого построения города в целом; — недостаточно решаются задачи по упорядочению пространств промышленных предприятий и созданию непрерывных систем, открытых озелененных пространств

Структурирование основных системных принципов формирования проектирования общественных территорий (Таблица 1) по выделению характерных особенностей, сильных и слабых сторон показывает достаточно слаженную систему принципов, которые с учетом преимуществ и недостатков определяют возможности и основания для эффективного взаимодействия проектировщика и заинтересованных лиц при проектировании общественных территорий. Выявленные слабые стороны характеризуют проблемное поле для развития общественных территорий с учетом новых тенденций и действующего механизма моделирования и проектирования данных территорий на региональном уровне, что становится очевидным для дальнейших теоретико-методологических и методических исследований в области градостроительства.

В основе Таблицы 1 и специальных источников по градостроительству, архитектуре, считаем достаточно ва-

лидным применение (добавление) седьмого принципа «инновационность», который в перспективе является возможным доработать в понятийно-категориальном аппарате, как принципа, освобождающего от устаревших методических и иных пособий и расширяющего пути для раскрытия новых теоретико-методологических и инновационно-технологических подходов в деятельности проектировщика направленных на создание эффективной модели или этапов моделирования в основе инновационных конструктов с учетом влияния факторов внешней и внутренней среды, законодательных новелл и других значимых компонент. Так как с каждым годом усиливаются инновационно-стратегические подходы к проектированию общественных территорий, то возникает необходимость нахождения новых путей развития инновационного градостроительства системы территориального планирования общественных территорий крупных и малых городов Российской Федерации.

Литература:

1. Букин, В. П., Пискунов В. А. Свердловск. Перспективы развития до 2000 года. Свердловск, 1982.
2. Бунин, А. В., Саваренская Т. Ф. История градостроительного искусства. М., 1953.
3. Колясников, В. А., Мацкова М. В. Принципы проектирования общественных пространств в генеральных планах городов России/Градостроительство. Академический Вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН, № 3. — 2014. — с. 18.
4. Рой, О. М. Основы градостроительства и территориального планирования: Учебник и практикум для вузов/О. М. Рой. — 2-е изд., испр. И доп. — Москва: Изд-во Юрайт, 2019. — 249 с. — (Высшее образование).
5. Смоляр, И. М. Экологические основы архитектурного проектирования. М., 2010.
6. Семенов, В. Н. Благоустройство городов. М., 2003.
7. Саваренская, Т. Ф. История градостроительного искусства. М., 1984.
8. Иконников, А. В. Искусство, среда, время. Эстетическая организация городской среды. М., 1985.
9. Яргина, З. Н., Косицкий Я. В., Владимиров В. В. Основы теории градостроительства: учебник для вузов. Специальность «Архитектура». М., 1986.

Программное обеспечение моделирования в условиях подтопления территории (для Зеленого острова Ростовской области)

Прудкова Анастасия Евгеньевна, студент магистратуры;
Орлова Александра Юрьевна, студент магистратуры
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

В данной статье раскрыли необходимость применения цифровых платформ в основе использования программных комплексов (ПО «MIKE», «Topo to raster» в ArcGIS 10) в условиях подтопления территории. Программное обеспечение «MIKE» в процессе моделирования подтопления территории Зеленого острова Ростовской области обеспечивает эффективный и оптимальный процесс моделирования зон подтоплений при наводках, прорывах плотин и дамб обвалования, штормовых нагонных наводнений; использование двумерного моделирования пойменных участков, подтапливаемых побережий. Программное обеспечение в основе ИТ-инструмента «Topo to raster» в ArcGIS 10 обеспечивает построение и оформление чертежей зон подтоплений территории Зеленого острова Ростовской области. Оценка представленного программного обеспечения определяет, что в условиях развития цифровой платформы и актуальности проблем подтопляемых территорий Ростовской области представленный программный комплекс является эффективным и рациональным ИТ-инструментом для моделирования в условиях подтопления территории Зеленого острова Ростовской области.

Ключевые слова: моделирование, технологии, программное обеспечение, программный комплекс «MIKE», программный комплекс «Topo to raster» в ArcGIS 10, модель Рельефа, подтопляемые территории, зоны подтопления, полигоны, tin-модель, растр, Зеленый остров, Ростовская область.

Simulation software under heating of the territory (for the Green Island of the Rostov region)

Prudkova Anastasia Evgenievna, student master's degree program;
Orlova Alexandra Yurievna, student master's degree program
Don State Technical University (Rostov-on-don)

This article revealed the need to use digital platforms in the basis of the use of software systems (software «MIKE», «Topo to raster» in ArcGIS 10) in a flooded area. The software «MIKE» in the process of modeling the flooding of the territory of the Green Island of the Rostov region, provides an effective and optimal process for modeling flooding zones during floods, breaks of dams and embankments, storm surge floods; use of two-dimensional modeling of floodplain areas, flooded coasts. The software at the heart of the IT tool «Topo to raster» in ArcGIS 10 provides the construction and execution of drawings of flood zones in the territory of the Green Island of the Rostov region. The assessment of the presented software determines that in the context of the development of a digital platform and

the relevance of the problems of flooded areas of the Rostov region, the presented software package is an effective and rational IT tool for modeling in conditions of flooding of the territory of the Green Island of the Rostov region.

Keywords: modeling, technologies, software, software package «MIKE», software package «Topo to raster» in ArcGIS 10, Relief model, flooded areas, polygons, tin-model, raster, Green Island, Rostov region.

В условиях трансформации и интеграции экономических систем в цифровое пространство расширяют горизонты технологических прорывов и внедрения новаций в область градостроительства, архитектуры, дизайна и проектирования. Строительство в Ростовской области зачастую ведется в сложных инженерно-геологических условиях, характеризующихся наличием просадочных грунтов I или II типа. Для обеспечения эксплуатационной надежности зданий и сооружений на таких грунтах, согласно действующим нормам, требуется разрабатывать и реализовывать проекты усиления (упрочнения, закрепления) грунтовых оснований [2, 3, 6, 7]. Высокие планы согласно документа «Стратегия развития 2035» в Ростове-на-Дону на Зеленом острове планируется реализовать два проекта — восточный обход города со строительством на остров и телебашню. С этой целью обход и съезд планируется сделать для формирования дополнительной транспортной связи с левобережной зоной (областной и местный бюджет составит — 2,5 млрд. руб.), а само строительство определено на 2027-2030 года. Эксперты, геодезисты, представители общественности склоняются к единому мнению, что территория непростая, много проблем, так как это место для скопления субкультур, и несанкционированные свалки, и опасные заброшенные постройки на территории, и сама коммуникация между островом и городом. Зеленый остров — это рекреационная зона со своим потенциалом развития, которая должна быть освоена в условиях кропотливой работы архитекторов, и строителей, чтобы с учетом всех особенностей создать благоприятную общественную территорию [5]. Проведение инженерно-изыскательных работ по определению границ зон затопления (подтопления) в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 18.04.2014 № 360 «Об определении границ зон затопления (подтопления)» [1] в рамках применяемых технологий и методических расчетов необходимо проводить в отношении территорий прилегающих к устьевым участкам водотоков, затапливаемых в результате нагонных явлений расчетной обеспеченности; территорий, прилегающих к естественным водоемам, затапливаемых при уровнях воды однопроцентной обеспеченности; территорий, прилегающих к водохранилищам, затапливаемых при уровнях воды, соответствующих форсированному подпорному уровню воды водохранилищ и т. д.

Зеленый остров расположен в нижнем течении реки Дон, длина которого 4 км и ширина 1,5 км, который покрыт древесной и луговой растительностью. Протяженность водного объекта Дон с типом х. Калинин (8,24) км; г. Цимлянск (4,2) км; г. Волгодонск (8) км [4]. Технология

работ при проведении инженерно-гидрологических изысканий на этапах проектирования включает: обследование и рекогносцировка участка реки Дон; определение координат и отметок высок урезом и дна реки; выявление и обмер гидротехнических сооружений на реке; построение и расчеты морфологических створов на реке (проведение гидрологических расчетов и определение границ зон вероятностных затоплений).

В настоящее время для моделирования подтопления территории Зеленого острова, находящегося в нижнем течении реки Дон, предлагается использовать специальное программное обеспечение «MIKE» для детального процесса моделирования зон затоплений при паводках, прорывах плотин и дамб обвалования, штормовых нагонных наводнений. Программный комплекс «MIKE» позволяет при необходимости двумерного моделирования пойменных участков, затапливаемых и подтапливаемых бережий и синхронного одномерного моделирования речной сети Дон.

Преимущества инструментария программного комплекса «MIKE» позволяют совершенствовать ИТ-процессы на этапах проектирования и моделирования [4]: а) добавлять пойменные участки прибрежные озера и водохранилища; плановую информацию к существующей модели; б) на разных этапах заменять существующую квазидвумерную модель разветвленной речной сети реальной плановой модельной областью; в) повторно использовать модельные области для описания дополнительных мест гидравлического взаимодействия руслового и пойменного потоков; г) осуществлять процесс подготовки модельных данных и анализ результатов расчетов в единой «бесшовной» ИТ-среде (ПК), при этом сохраняя привычные особенности интерфейсов.

При помощи программного комплекса «MIKE» является возможным осуществлять камеральную обработку полученных результатов подтопляемых территорий с построением табличных форм и графиков. Графическое сопровождение позволяет структурировать и синхронизировать этапы технологического моделирования зон затоплений и подтоплений территорий с учетом влияния различного рода и типа факторов.

Методика построения и оформление чертежей зон затоплений и подтоплений территории Зеленого острова возможно использовать ИТ-инструмент «Topo to raster» в ArcGIS 10. В качестве основной исходной основы содержится цифровая модель рельефа формат «tif» (Таблица 1), которая получается в результате обработки материалов аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов.

Таблица 1. Краткое описание некоторых алгоритмов цифровой модели рельефа

Модель рельефа	Краткое описание
1. Растр (в пикселях)	Координаты (x, y, z (0) *
2. Для построения зон подтопления	Пять значений уровней подтопления для каждого затопления в каждом используемом створе (5, 10, 20,50 и 100 м). Каждое значение соответствует своему расстоянию от зоны соответствующего затопления (5, 10, 20,50 и 100 м). Для каждого створа координаты x и y через точки которых проводятся перпендикулярные речной долине линии створов, чтобы их края образовывали такой многоугольник внутри которого окажутся все подтапливаемые пространства (затопляемые). Для значения створ подтопления строится собственный створ

Примечание: *в данном растре для водных поверхностей значение z — программным путем заменяется на значение 0.

Алгоритм последовательности действий программной обработки исходных данных при построении зон подтопления включает [4]: а) построение буферных полигонов 5, 10, 20, 50 и 100 метров вокруг полигонов затопления соответствующей вероятности; конвертация контуров построенных полигонов в линии; б) построение tin-моделей по створам для 5, 10, 20, 50, 100 м; в) интерполяция линий контуров по соответствующим tin-моделям; г) построение поверхности подземных вод путем построения tin-модели по интерполированным линиям контуров; д) конвертация полученной tin-модели в растр; е) расчет разности между поверхностью и растром; ж) выделение со значениями ниже 0,3, 2,0 и 3,0; з) конвертация выделенных классов в полигоны; и) агрегация полигонов; к) сглаживание полигонов. Полученные полигоны возможно исправить, к примеру, в пределах зоны подтопления меньшей вероятности полностью помещались зоны большей вероятностью.

Оценка представленного программного обеспечения определяет, что в условиях развития цифровой плат-

формы и актуальности проблем подтопляемых территорий представленный программный комплекс является эффективным и рациональным ИТ-инструментом для проектирования и моделирования в условиях подтопления территорий Зеленого острова, так как дает возможность оценить и исследовать в полном объеме характер гидрологического режима общественной территории в периоды подтопления территории, который по своему предназначению является правильным и оптимальным решением для обеспечения исполнения градостроительных регламентов территорий; выделения части территорий, попадающих в зоны подтопления; является полноформатной ИТ-системой содержащей промежуточную и финальную документацию для получения итогового результата; снабжает процесс моделирования быстрым поиском и визуализацией необходимой и точной информацией по границам зон подтопления территории, учитывая зоны затопления Зеленого острова в Ростовской области.

Литература:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 18.04.2014 № 360 «Об определении границ зон затопления (подтопления)», СПС, КонсультантПлюс, 2020.
2. Мартыненко, И. А., Прокопова М. В., Капралова И. А. Реконструкция зданий, сооружений и застройки. — Ростов н/Д.: РГУПС, 2017. — 221 с.
3. Черный, А. Т. Исследование и разработка эффективных методов контроля качества силикатизации лессовых грунтов: дис. канд. техн. наук:05.23.02. Ростов-на-Дону, 1981. 198 с.
4. Описание применяемых технологий, методик расчетов и других особенностей работ, использованных при выполнении государственного контракта № Ф. 2019.155699. Презентация ООО Управляющая компания ДонГИС.
5. Источник обращения: https://rostov.aif.ru/society/jkh/planami_po_razvitiyu_zelyonogo_ostrova_podelilis_v_rostove-na-donu?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop. 2020.
6. Prokopov, A., Prokopova M., Rubtsova Ya. The experience of strengthening subsidence of the soil under the existing building in the city of Rostov-on-Don // MATEC Web of Conferences. Vol. 106. 2017. URL: doi.org/10.1051/mateconf/201710602001.
7. Dolzhikov, P., Prokopov A., Akopyan V. Foundation Deformations Modeling in Underworking and Hydroactivated Rocks// Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol 692. 2018. URL: doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_69.

Молодой ученый

Международный научный журнал
№ 21 (363) / 2021

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова
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»

Номер подписан в печать 02.06.2021. Дата выхода в свет: 09.06.2021.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.