

ISSN 2782-4985

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет фундаментального образования

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы
XVIII международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

Йошкар-Ола, 21-22 апреля 2023 года

Часть 1

Электронное научное издание

Йошкар-Ола
2023

УДК 378.147.88

ББК 74.58

Н 34

Редакционная коллегия

Д. В. Иванов, член-корреспондент РАН, д-р физ.-мат. наук; профессор;

С. Г. Кудрявцев, канд. техн. наук, доцент;

Э. В. Унженина, специалист по учебно-методической работе ФФО

Научному прогрессу – творчество молодых: материалы
Н 34 XVIII международной молодежной научной конференции по естественнаучным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 21-22 апреля 2023 г.) / редкол.: Д. В. Иванов и др.: в 2 ч. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2023. Ч. 1. 401 с. URL: <https://science.volgatech.net/nm/Conferences/Young%20creations/sbornik15.pdf>

Представлены результаты научно-исследовательских работ молодых ученых, аспирантов и студентов по секциям «Прикладная математика», «Теоретическая и экспериментальная физика», «Прикладная механика», «Прикладная геометрия и компьютерная графика», «Прикладная и экологическая химия», «Материаловедение и технология машиностроения», «Эксплуатация машин и оборудования», «Энергообеспечение предприятий».

УДК 378.147.88

ББК 74.58

ISSN 2782-4985

© Поволжский государственный
технологический университет, 2023

УДК 004.94

Акилбаева Д. С.

Научный руководитель: Журавлев Е. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. Математическое моделирование имеет широкое применение в строительстве. Рассматриваются математические методы и модели организации и управления строительством. Строительные процессы рассматриваются как случайные, когда неопределенность строительного процесса будет повышаться из-за недостаточности информации о неслучайных факторах. Строительный процесс может быть описан с разной степенью точности детерминированными моделями или вероятностными.

Ключевые слова: математическое моделирование, математические методы и модели организации и управления строительством, организационно-технологическое проектирование

Математическое моделирование в строительстве ориентировано на изучение закономерностей процессов организации строительства и технологии возведения зданий и сооружений и в первую очередь организационно-технологическое проектирования (ОТП). ОТП строительного производства – трудоемкая подсистема. Требования повышения качества строительной продукции, снижения ее себестоимости и роста производительности труда, неопределенность при ее разработке являются насущной проблемой в настоящее время. Главным условием повышения эффективности ОТП, его оптимальности и технико-экономической обоснованности принятых решений выступает использование в теоретических исследованиях методов математического моделирования надежности ОТП, поточной организации работ, имитационного и вычислительного эксперимента. Объектом математического моделирования является знаковая конструкция со свойствами интересующего объекта. Цель моделирования – создание такой конструкции. Однако сама модель или способ ее получения несовершенны с научной точки зрения: постановка задачи не совсем однозначна и решение не одно.

Математические модели и методы организации и управления строительством включают в себя две составляющие:

1. математические методы оптимизации в организации и управления строительством;
2. методы количественной оценки влияния производственных факторов на результаты деятельности строительных организаций.

Строительные процессы рассматриваются как случайные, так как строительное производство подвержено ряду случайных факторов: погодные условия и др. А также неизвестность строительного процесса будет расти из-за недостаточной информации о неслучайных факторах, так как один и тот же строительный процесс может быть описан с разной степенью точности детерминированными или вероятностными моделями. Детерминированные модели являются частным случаем вероятностных, когда вероятность наступления событий равна единице.

В качестве примера рассмотрим математическое моделирование часовой производительности одноковшового грейдера, где его производительность напрямую зависит от числа циклов работы в час и емкости ковша. В математическом виде это будет:

$$P = Q \times N, \quad (1)$$

где P – часовая производительность грейдера, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q – емкость ковша, м^3 ;

N – число циклов в час, эта величина обратно пропорциональная времени цикла.

Детерминированная модель производительности P в аналитическом виде слишком упрощает процесс. На самом деле строительный процесс грейдера намного сложнее. При моделировании время цикла, прежде всего, его можно подразделить на время выполнения операции черпания грейдером, время перемещение груза, время перемещения порожнего ковша и время высыпания груза. Время перемещения ковша зависит от расстояния и скорости движения. Расстояние движения во время черпания будет меняться в зависимости от переменной высоты уступа. Расстояние перемещения грунта меняется в зависимости от изменения конфигурации забоя и перемещения отвала или его конфигурации емкости транспорта. Время высыпания зависит от степени дробления грунта, объемного веса, степени наполненности ковша, влажности и липкости грунта, исправности механизмов открывания и закрывания ковша. Скорость черпания зависит от усилия подачи ковша, которая в свою очередь зависит от характеристики грунта, напряжения питающего тока, опыта, физического состояния, мастерства оператора и исправности отдельных узлов машины. Кроме того, скорость перемещения ковша

будет зависеть от фазовых характеристик тока в данный момент и метеорологических условий. Таким образом, даже при поверхностном рассмотрении строительного процесса выполнения земляных работ грейдером можно определить более тридцати факторов, влияющих на часовую производительность грейдера. Данные факторы связаны с производительностью и между собой нелинейными зависимостями, и количественное влияние этих факторов непросто установить, потому что большинство из них трудно поддается измерению. Поэтому при расчетах производительности большинством из перечисленных здесь факторов пренебрегают. В виде исключения приближенно учитывают характеристику грунта, вводя коэффициент заполнения ковша, при этом эти тридцать факторов существуют объективно и влияют на производительность грейдера. Часто их влияние играют существенную роль, что фактические значения производительности работы грейдера будут отличаться от расчетных.

Чтобы приблизить математическую модель к действительности, необходимо использовать имеющееся количество поддающихся измерению факторов, рассматривая их как случайные величины, и тем самым перейти от детерминированной модели к вероятностной. В представленном ранее примере в качестве случайных факторов примем фактический забор грунта экскаватором, время черпания, время перемещения ковша с грузом, время перемещения порожнего ковша и время высыпания грунта.

Вывод. Как видим, математика очень эффективно решает задачу по данной теме. Необходимо помнить и главный принцип математики: «Нельзя объять бесконечное (время, пространство, информацию и т. д.), но можно досконально (на самом деле – с любой степенью точности) изучить строение материальных объектов и поведение процессов и явлений в малых областях». И строители в своей профессиональной деятельности могут и должны использовать не только вычислительный аппарат математики, но и применять её методологию, её доказательную строгость, её логику и, конечно, её своеобразную, математическую, красоту.

Список источников

1. Фоков Р. И. Выбор оптимальной организации и технологии возведения зданий. Киев: Будивельник, 1969. 192 с.
2. Спектор М. Д. Выбор оптимальных вариантов организации и технологии строительства. М.: Стройиздат, 1980. 159 с.
3. Хибухин В. П. Величкин В. З., Втюрин В. И. Математические методы планирования и управления строительством. Л.: Стройиздат, 1990. 184 с.

Александров В. А., Кулагина С. В.
Поволжский государственный технологический университет

СИММЕТРИЯ И АСИММЕТРИЯ

Аннотация. В статье представлены некоторые виды симметрии и асимметрии.

Ключевые слова: симметрия, асимметрия

Симметрия в широком смысле – соответствие, неизменность (инвариантность), проявляемые при каких-либо изменениях, преобразованиях (например: положения, энергии, информации, др.). Так, например, сферическая симметрия тела означает, что вид тела не изменится, если его вращать в пространстве на произвольные углы (сохраняя центр на месте, и если поверхность тела однородна). Двусторонняя симметрия означает, что правая и левая сторона относительно какой-либо плоскости выглядят одинаково.

Симметрия – основополагающий принцип самоорганизации материальных форм в природе и формообразования в искусстве. Отсутствие или нарушение симметрии называется асимметрией или диссимметрией.

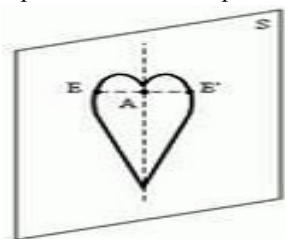
Геометрическая симметрия – это наиболее известный тип симметрии для многих людей. Геометрический объект называется симметричным, если после того как он был преобразован геометрически, он сохраняет некоторые исходные свойства. Например, круг, повернутый вокруг своего центра, будет иметь ту же форму и размер, что и исходный круг. Поэтому круг называется симметричным относительно вращения (имеет осевую симметрию).

Виды геометрических симметрий:

- зеркальная симметрия;
- осевая симметрия;
- вращательная симметрия;
- центральная симметрия;
- скользящая симметрия;
- винтовая симметрия.

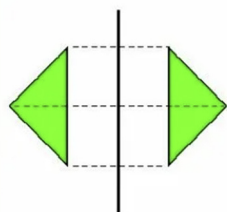
Зеркальная симметрия – это симметрия относительно плоскости, в природе она называется билатеральной симметрией. Зеркальная симметрия хорошо знакома каждому из повседневного наблюдения. Как

показывает само название, зеркальная симметрия связывает некоторый предмет и его изображение в плоском зеркале.



Геометрическое определение таково: фигура называется симметричной относительно плоскости P (зеркальная плоскость, плоскость симметрии), если каждой точке E этой фигуры соответствует такая принадлежащая той же фигуре точка F , что отрезок EF перпендикулярен к плоскости P и делится этой плоскостью пополам.

Осевая симметрия. Это симметрия относительно прямой. В данном классе две точки симметричны относительно некой прямой, если она пересекает центр отрезка, соединяющего эти две точки и является перпендикуляром к нему. Любая точка прямой симметрична сама себе. Объект симметричен относительно прямой, если все его точки имеют такие же симметричные аналоги относительно этой прямой. Она же – центр симметрии.



Вращательная симметрия, также известная в геометрии как радиальная симметрия, – это свойство, которым обладает фигура, когда она выглядит одинаково после некоторого вращения на частичный оборот. Степень вращательной симметрии объекта – это количество различных ориентаций, в которых он выглядит абсолютно одинаково при каждом вращении.

Некоторые геометрические объекты частично симметричны при повороте под определенными углами, например, квадраты, повернутые на 90° , однако единственными геометрическими объектами, которые полностью вращательно симметричны под любым углом, являются сферы, круги и другие сфероиды.

Асимметрия (греч. а – отрицательная частица и *συμμετρία* – соразмерность) – отсутствие элементов симметрии в природных или теоретических объектах. Понятие асимметрии соотносительно с понятием симметрии. Если фигура не имеет ни одного элемента симметрии, то она называется асимметричной. Явление асимметрии рассматривается как полное нарушение симметрии – отсутствие всех известных элементов

симметрии. Асимметрию следует отличать от диссимметрии, которая понимается как пониженная симметрия, отсутствие лишь некоторых ее элементов.



Список источников

1. <https://interneturok.ru/lesson/geometry/8-klass/chyotyrehugolniki/pryamougolnik-romb-i-kvadrat-osevaya-i-tsentrlnaya-simmetrii>.
2. <https://www.syl.ru/article/413570/zerkalnaya-simmetriya-opredelenie-i-primeryi>.
3. https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.48b77594-645e1065-1c02abcb-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Rotational_symmetry.
4. https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/7945/Асимметрия.

УДК 51-7

Андреев А. Б.

Научный руководитель: Журавлева И. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

КОЛИЧЕСТВО И РАЗМЕРЫ ОКОННЫХ ПРОЕМОВ В ЗДАНИИ

Аннотация. *Использование пластиковых окон дает множество преимуществ, связанных с повышенной звукоизоляцией, решением проблемы с тепло потерями, герметичностью конструкции.*

Ключевые слова: *окна, пластиковые окна, размеры, подбор*

Как правильно рассчитать размер пластикового окна? Что необходимо учитывать?

Первое, с чего начинается планировка окон, – определение размеров проема, куда планируется установка конструкции. От того, насколько корректно будут выполнены замеры, зависит успех всех дальнейших действий по монтажу. Замеры выполняют не только изнутри – необходимо снять измерения с внешней стороны. Двойные замеры проема позволят определить параметры требуемого изделия корректно, избежав возможного перекоса проема и осложнения монтажа.

Уже на стадии замеров можно сделать предварительный расчет количества раствора для штукатурных работ, которые потребуются при заделывании щелей и просветов. Правильные измерения, учет полученных размеров позволят минимизировать объем материала, а, следовательно, и расходов при установке.

Подбор конструкции правильных размеров – важный момент, от которого зависит успешное обновление помещения. В процессе подбора необходимо учитывать несколько параметров, основными из которых являются:

- качество звукоизоляции;
- уровень теплопотерь;
- подбор фурнитуры и уплотнителя;
- число стеклопакетов;
- качество используемых профилей;
- изготовитель.

Рекомендуется при выполнении замеров учитывать требования, озвученные в СНиП и ГОСТ. Это станет залогом качественного исполнения заказа. Пластиковые изделия стандартных габаритов должны соответствовать требованиям по пропуску света. Конструкция должна обеспечивать достаточный доступ света в помещение, не снижая при этом качество выполняемых функций.

Определение количества окон на проектируемом участке, определение площади оконных проемов

Давайте теперь рассмотрим пример ниже:

Количество окон: одно ленточное окно по периметру.

Длина: соответствует периметру участка с двух сторон $D=13$ метров.

Высота: у окон в здании $h=2,5$ метра.

Определяем площадь окон в здании: $S_{o.з.} = D \cdot h = 13 \cdot 2,5 = 32,5 \text{ м}^2$.

Площадь окон по расчетам: $S_{o.p.} = S_3 \cdot 0,4 = 80 \cdot 0,4 = 32 \text{ м}^2$.

Где S_3 – площадь проектируемого объекта. $S_3=80 \text{ м}^2$

0,4 – коэффициент для расчета площади окон.

Площадь окон в здании соответствует ГОСТ. [1].

Суммарная площадь световых проемов согласно выбранному типу освещения определяется по формуле:

$$\sum S_B = S_n \frac{l_{0\min}}{100 \cdot \tau_0 \cdot \tau_1 \cdot k_1},$$

где S_n – площадь пола помещения, м^2 ;

$l_{0\min}$ – нормированное минимальное значение; (коэффициент соответствующей освещенности) при боковом освещении

η_0 – световая характеристика окна

τ_0 – общий коэффициент светопропускания

τ_1 – коэффициент, учитывающий влияние отраженного света при боковом освещении

k_1 – коэффициент, учитывающий затемнение окно противостоящими зданиями

$$\sum S_B = 48 \cdot \frac{1,2 \cdot 15}{100 \cdot 2,2 \cdot 0,4 \cdot 1} = 10 \text{ м}^2.$$

Список источников

1. Размеры пластиковых окон [Электронный ресурс]. URL: <https://m-strana.ru/articles/standartnye-razmery-okon/>.
2. Количество окон в доме [Электронный ресурс]. URL: <https://okno.ru/stati/standartnye-razmery-okon/>.

УДК 514.7

Андреева А. А., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

КРИВИЗНА ПЛОСКОЙ КРИВОЙ. ЭВОЛЮТА И ЭВОЛЬВЕНТА

Аннотация. Представлено описание кривизны плоской кривой, ее эволюты и эвольвенты.

Ключевые слова: кривизна, радиус кривизны, средняя кривизна, эволюта, эвольвента

Различные кривые или одна и та же кривая в разных точках могут быть искривлены в большей или меньшей степени. Так, прямая линия совсем не имеет искривления, окружность большого радиуса имеет слабое искривление, а по мере уменьшения радиуса ее искривление растёт. На рис. 1 искривленность кривой увеличивается при движении по ней

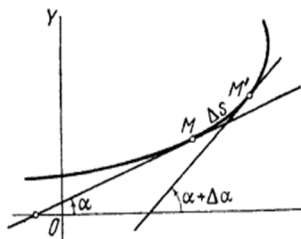


Рис. 1

слева направо. Заметим, что чем сильнее искривление кривой, тем быстрее меняет свое направление касательная к ней при переходе от точки к точке; так, прямая, являющаяся сама своей касательной, все время сохраняет постоянное направление. Поэтому за меру искривленности кривой в среднем на данном участке MM' можно принять угол поворота касательной,

$$k_{cp} = \frac{\Delta\alpha}{\Delta s},$$

взятое по модулю, называется *средней кривизной дуги MM'* .

Отсюда же нетрудно перейти к понятию *кривизны в данной точке M* . Заставим точку M' стремиться по кривой в M . Тогда *предел*, к которому стремится средняя кривизна дуги MM' , называется *кривизной кривой в точке M* . Мы будем обозначать кривизну через k .

Итак,

$$k = \lim_{M' \rightarrow M} \left| \frac{\Delta\alpha}{\Delta s} \right|.$$

Понятия средней кривизны и кривизны кривой в данной точке аналогичны понятиям средней скорости и скорости кривой в данный момент для движущейся точки. Средняя кривизна характеризует среднюю скорость изменения направления касательной на некоторой дуге, а кривизна в точке – истинную скорость изменения этого направления, приращенную к данной точке.

Средняя кривизна дуги окружности не зависит от длины и положения дуги, кривизна окружности в каждой точке также не зависит от выбора точки. Для любой прямой средняя кривизна $k_{cp} = 0$, и кривизна в точке также равна $k = 0$. Прямая представляет собой линию нулевой кривизны.

Кругом кривизны кривой в данной точке M называют круг, который:

1. касается кривой в точке M ;
2. направлен выпуклостью в ту же сторону, что и кривая;
3. имеет ту же кривизну, что и кривая в точке M .

Центром кривизны называют центр круга кривизны.

Радиусом кривизны кривой в данной точке называют радиус круга кривизны в точке.

Радиус кривизны кривой в данной точке связан с кривизной соотношением

$$k = \frac{1}{R}.$$

Если точка $M(x, y)$ перемещается вдоль данной кривой, то соответствующий ей центр кривизны $C(\xi, \eta)$ тоже описывает некоторую кривую. Если в точке M_1 данной линии кривизна отлична от нуля, то этой точке соответствует вполне определённый центр кривизны.

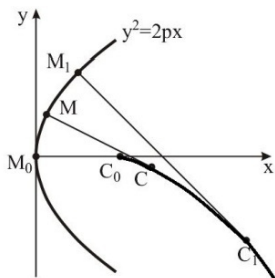


Рис. 2

Совокупность всех центров кривизны данной линии L образует некоторую новую линию L_1 , называемую эвольвентой по отношению к первой (рис. 2).

Исходная кривая по отношению к своей эвольвенте называется эвольвентой или развёрткой. Нормаль к данной кривой L является касательной к её эвольвенте L_1 .

Эвольвута касается всех нормалей к эвольвенте, следовательно, она является огибающей семейства нормалей (рис. 3). Каждая линия имеет одну эвольвенту, но каждая эвольвута имеет бесконечное множество эвольвент, составляющих семейство параллельных линий (рис. 4).

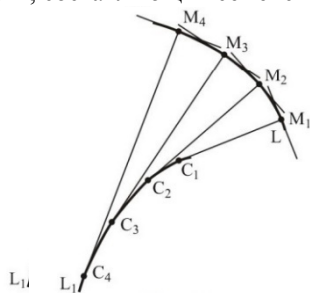


Рис. 3

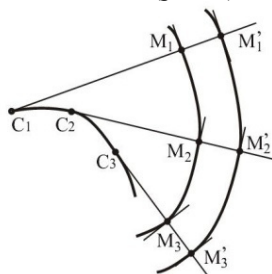


Рис. 4

Приращение длины дуги эволюты равно соответствующему приращению радиуса кривизны данной эвольвенты при условии, что радиус кривизны изменяется монотонно на некотором участке кривой $M_1 M_2$:

$$C_1 M_1 = R_1, \quad C_2 M_2 = R_2, \quad \text{тогда} \quad C_1 C_2 = R_1 - R_2.$$

Разность радиусов кривизны в двух точках эвольвенты равна дуге эволюты между соответствующими центрами кривизны.

Список источников

1. Рашевский П. К. Курс дифференциальной геометрии. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1950. 426 с.
2. Норден А. П. Краткий курс дифференциальной геометрии. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1958. 243 с.
3. Фиников С. П. Дифференциальная геометрия. М.: Издательство московского университета, 1961. 159 с.
4. Золкина Л. А., Плотникова Е. С. Кривизна и ее приложения. Екатеринбург: Редакционно-издательский отдел УГЛТУ, 2011. 32 с.

УДК 51-7

Ахтямов К. Д.

Научный руководитель: Журавлева И. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЕТРА НА ВЫСОКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ЗДАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛАХТА ЦЕНТРА

Аннотация. Расчет ветровой нагрузки для высотных сооружений на примере Лахта Центра г. Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: ветровая нагрузка, аэродинамическая нагрузка, вертикальные нагрузки

Ветровая нагрузка – это совокупность сил переменных воздушных потоков, которые приводят к возникновению направленного и касательного давления по отношению к поверхности ограждающей конструкции.

Аэродинамическая нагрузка напрямую зависит от географического положения и климатических особенностей местности. В районах, где наблюдаются значительные перепады атмосферного давления, сила ветра будет максимальна. При проектировании зданий и сооружений рас-

чѐт ветровой нагрузки ведѐтся с учѐтом двух параметров – средней составляющей и пульсационной. При этом нагрузка определяется как сумма этих двух параметров.

Величина нагрузки зависит от нескольких факторов:

- а) скорости ветра;
- б) этажности здания;
- в) конструктивных особенностей (формы) дома.

С развитием компьютерных технологий появилась возможность моделирования ветровой нагрузки, например, с помощью метода конечных элементов, применимого, в первую очередь, к грузоподъёмным установкам

В то время как скорость невозмущенного потока и мгновенные давления в различных точках поверхности плохо обтекаемых тел могут быть легко измерены, механизм взаимодействия ветра с сооружением и теоретические зависимости скорости и возмущающих нагрузок изучены ещё недостаточно.

По характеру этого взаимодействия сооружения и здания могут быть разбиты на два класса. К первому относятся линейно-протяженные сооружения типа башен, дымовых труб, антенно-мачтовых систем, опор линии электропередачи, технологического оборудования колонного типа, надземных трубопроводов и тому подобные сооружения.

В таких сооружениях характеристические размеры малы по сравнению с длиной волны или поперечными размерами вихрей, поэтому картину обтекания потоком этих элементов можно рассматривать как квазистационарную (процесс, скорость распространения которого в ограниченной системе столь велика, что за время распространения процесса вдоль всей системы её состояние не успевает заметно измениться, и изменение состояния всех частей системы происходит по одному и тому же временному закону практически без запаздывания).

Ко второму классу относятся протяжённые здания, градирни на ТЭЦ, резервуары и тому подобные пространственные сооружения. Приближенные аэродинамические передаточные функции для этих сооружений могут быть построены на основе модельных или натурных измерений пульсаций давления по поверхности сооружения либо путѐм использования упрощѐнных моделей картины обтекания сооружения турбулентным потоком.

Наиболее обоснованное решение задачи для этого класса сооружений можно получить, если заданы пространственно-временные статистические характеристики пульсации давления ветра, вычисленные по данным натурных или модельных испытаний аналогичных сооружений.

В качестве примера рассмотрим вынужденные колебания, расчётная модель которого представляет собой линейно-протяженное сооружение Лахта Центр.

Вертикальные нагрузки на здание принимались в соответствии с действующими нормами проектирования и техническими заданиями. Интересно отметить факт, что собственный вес всех конструкций башни и все постоянные нагрузки (ненесущие материалы и конструкции) составили 84% от полного нормативного веса башни 493 000 тонн (с учётом веса коробчатого фундамента). Наряду с гравитационными нагрузками при расчёте башни определяющими были ветровые нагрузки.

Общая формула расчёта создаваемых усилий на вертикальную поверхность:

$$W_m = W_0 k c . \quad (1)$$

W_m – норматив средней величины ветрового усилия на высоте h над землёй;

W_0 – норматив ветрового давления, зависящий от ветрового района; определяется согласно СНиП 2.01.07-85;

k – коэффициент пульсаций;

C – аэродинамический коэффициент, зависящий от геометрии строительного сооружения, например, для наветренных фасадов его значение составляет 0,8.

Лахта-центр имеет призматическую форму, аэродинамические коэффициенты лобового сопротивления призматических сооружений определяются по формуле:

$$c = k_\lambda c_{\lambda\infty} . \quad (2)$$

Санкт-Петербург находится в II ветровом районе, поэтому $W_0=0,3$ кПа. Общая формула расчёта создаваемых усилий на вертикальную поверхность равна:

$$W_m = 0,3 \text{ кПа} * 0,62 * 1,62 = 0,30132 \text{ кПа} = 301,32 \text{ Па} = 301,32 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} .$$

Список источников

1. Математическое (численное) моделирование ветровых нагрузок и воздействий: методическое пособие. М., 2020.
2. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293830/4293830283.htm>.
3. Савицкий Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения. М.: Стройиздат, 1972. 110 с.

Барабашева О. А.

Научный руководитель: Журавлев Е. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ

***Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема использования инновационных технологий в математическом моделировании. Описываются пути применения современных технологий и их польза.*

***Ключевые слова:** моделирование, компьютер, технологии, программирование, искусственный интеллект*

В последние десять лет новые компьютерные технологии бесперебойно помогают во всех сферах жизни, математическое моделирование не является исключением. Инновационные разработки внедряются во все отрасли моделирования, позволяя производить наиболее точные расчёты с каждым разом.

Современное развитие техники характеризуется двумя основными направлениями: автоматизация производства и компьютеризация производства:

Составление любой модели проходит несколько этапов:

1. на первом этапе выполняется условная постановка задачи. Здесь определяется объект модели, начальные условия и что должно получиться в результате.

2. дальнейший этап состоит в поиске математического описания модели или в выборе из нескольких возможных. Это самый сложный и ответственный момент в моделировании, так как в модели может присутствовать достаточно большое количество связей, частей, переменных, и выбор неправильного математического описания для любой из них может привести к полной или частичной неработоспособности модели в целом.

3. последний этап состоит в программировании, то есть в перенесении полученной математической модели в среду ЭВМ. На этом этапе выбирается конкретная среда работы, или среда языка программирования, или среда существующего приложения, или и то и другое.

Приведенное выше деление моделирования на этапы носит в известной степени условный характер, так как они могут пересекаться, дополнять друг друга.

Основываясь на приведённой выше информации [1], можно сделать вывод: математическое моделирование подразумевает применение специальных программных элементов, которые помогают в решении сложных задач.

Учет погрешности в расчётах с применением программирования очень мал. Каждодневно инженеры стараются получать более точные результаты. Неправильный расчёт влечёт за собой плохие последствия.

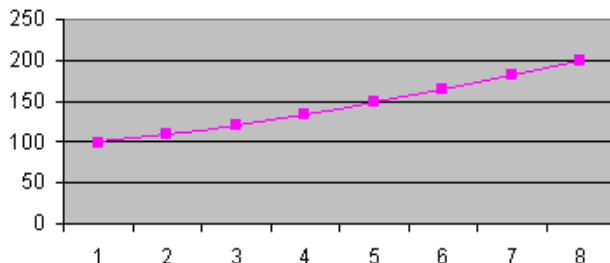
На примере математического моделирования экономической задачи можно рассмотреть процесс роста выпуска продукции:

Введём значение P , которое означает, что цена продукции фиксированная. Обозначим через $Q(t)$ количество продукции, реализованной на момент времени t . Тогда $PQ(t)$ – доход на этот момент времени. $I(t)=mPQ(t)$ – инвестиции в производство, при условии, что $0 < m < 1$. Если исходить из предположения о насыщаемости рынка, то в результате расширения производства будет получен прирост дохода, часть которого опять будет использована для расширения выпуска продукции. Это приведет к росту скорости выпуска, которая пропорциональна увеличению инвестиций, то есть $Q' = lI$, где l/l – норма акселерации. Если обозначить $k = lmP$, то $Q' = kQ(t)$. Общим решением этого дифференциального уравнения будет уравнение $Q = Cekt$, учитывая начальные параметры, получим $Q = Q_0 e^{k(t-t_0)}$. Это будет являться искомой математической моделью.

Тест модели при следующих значениях: $Q_0 = 100$ единиц товара в момент времени $t = 1$ месяц, $k = 0,1$, шаг – 1 месяц, показал работоспособность модели.

T	1	2	3	4	5	6	7	8
Q	100	111	122	135	149	165	182	201

Взяв табличные значения, можно построить следующую диаграмму:



Таким образом, можно считать, что работоспособность математической модели с применением программирования даёт очень точные значения. Применение инновационных решений для точных расчётов по-

может в будущем избежать плохих последствий моделирования. Повысит качество исполняемых целей.

Список источников

1. Новикова Е. А. Компьютерные технологии и математическое моделирование в инженерном образовании [Электронный ресурс]. URL: https://de.cdo.vlsu.ru/distantionnoe_obuchenie/publikatsii/?eid=475.
2. Колобов А. Н., Зубакова Т. М. О значении компьютерных технологий в математическом моделировании [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-znachenii-kompyuternyh-tehnologiy-i-matematicheskogo-modelirovaniya-v-obrazovanii-bakalavrov/viewer>.

УДК 519.6

Васенева А. Д., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ИНТЕРПОЛИРОВАНИЕ СПЛАЙНАМИ

Аннотация. Построение по заданной функции другой (как правило, более простой), значения которой совпадают со значениями заданной функции в некотором числе точек.

Ключевые слова: интерполяция, сплайн, кубический сплайн, полином

Интерполяция – в вычислительной математике способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений. При решении задач с научными и инженерными расчётами часто приходится оперировать наборами значений, полученных опытным путём или методом случайной выборки. Как правило, на основании этих наборов требуется построить функцию, на которую могли бы с высокой точностью попадать другие получаемые значения. Такая задача называется приближение функций. Интерполяцией называют такую разновидность приближения функций, при которой кривая построенной функции проходит точно через имеющиеся точки данных.

Сплайн – функция, область определения которой разбита на конечное число отрезков, на каждом из которых сплайн совпадает с некоторым алгебраическим полиномом (многочленом). Максимальная степень из использованных полиномов называется степенью сплайна. Разность

между степенью сплайна и получившейся гладкостью называется дефектом сплайна.

Сплайны позволяют эффективно решать задачи обработки экспериментальных зависимостей между параметрами, имеющих достаточно сложную структуру.

Широкое практическое применение нашли кубические сплайны.

Кубический сплайн – гладкая функция, область определения которой разбита на конечное число отрезков, на каждом из которых она совпадает с некоторым кубическим многочленом (полиномом).

Некоторая функция $f(x)$ задана на отрезке $[a, b]$, разбитом на части

$$[x_{i-1}, x_i], a = x_0 < x_1 < \dots < x_N = b.$$

Кубическим сплайном дефекта 1 называется функция $S(x)$, которая:

- на каждом отрезке $[x_{i-1}, x_i]$ является многочленом степени не выше третьей;
- имеет непрерывные первую и вторую производные на всём отрезке $[a, b]$;
- в точках x_i выполняется равенство

$$S(x_i) = f(x_i),$$

т. е. сплайн $S(x)$ интерполирует функцию f в точках x_i .

Для однозначного задания сплайна перечисленных условий недостаточно, для построения сплайна необходимо наложить какие-то дополнительные требования.

Естественным кубическим сплайном называется кубический сплайн, удовлетворяющий также граничным условиям вида:

$$S''(a) = S''(b) = 0.$$

Теорема: Для любой функции f и любого разбиения отрезка $[a, b]$ существует ровно один естественный сплайн $S(x)$, удовлетворяющий перечисленным выше условиям. Эта теорема является следствием более общей теоремы Шёнберга-Уитни об условиях существования интерполяционного сплайна.

Построение:

На каждом отрезке $[x_{i-1}, x_i]$ функция $S(x)$ есть полином третьей степени $S_i(x)$, коэффициенты которого надо определить. Запишем для удобства $S_i(x)$ в виде:

$$S_i(x) = a_i + b_i(x - x_i) + \frac{c_i}{2}(x - x_i)^2 + \frac{d_i}{6}(x - x_i)^3.$$

Тогда

$$S_i(x_i) = a_i, S_i'(x_i) = b_i, S_i''(x_i) = c_i.$$

Условия непрерывности всех производных до второго порядка включительно записываются в виде:

$$S_i(x_{i-1}) = S_{i-1}(x_{i-1}).$$

$$\begin{aligned} S_i'(x_{i-1}) &= S_{i-1}'(x_{i-1}). \\ S_i''(x_{i-1}) &= S_{i-1}''(x_{i-1}). \end{aligned}$$

А условия интерполяции в виде:

$$S_i(x_i) = f(x_i).$$

Обозначим:

$$h_i = x_i - x_{i-1}, f_i = f(x_i).$$

Отсюда получаем формулы для вычисления коэффициентов сплайна:

$$\begin{aligned} a_i &= f(x_i), \\ h_i c_{i-1} + 2(h_i + h_{i+1})c_i + h_{i+1}c_{i+1} &= 6 \left(\frac{f_{i+1} - f_i}{h_{i+1}} - \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i} \right), \\ d_i &= \frac{c_i - c_{i-1}}{h_i}, \\ b_i &= \frac{1}{3} h_i c_i - \frac{1}{6} h_i d_i + \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i} = \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i} + \frac{h_i(2c_i + c_{i-1})}{6}. \end{aligned}$$

Если учесть, что $c_0 = c_n = 0$, то вычисление c можно провести с помощью метода прогонки для трёхдиагональной матрицы.

Список источников

1. <http://statistica.ru/branches-maths/interpolyatsiya-splaynami-teor-osnovy/>.
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерполяция>.
3. www.wikipedia.ru/Кубический_сплайн.
4. Соболев Б. В., Месхи Б. Ч., Пешхоев И. М. Практикум по вычислительной математике. Ростов-на-Дону: Феникс, 2008.

УДК 514.172.45

Галеев Д. О., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ПРАВИЛЬНЫЕ И ПОЛУПРАВИЛЬНЫЕ МНОГОГРАННИКИ

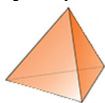
Аннотация. В статье представлены примеры и краткая информация о правильных и полуправильных многогранниках.

Ключевые слова: правильные многогранники, полуправильные многогранники

Правильный многогранник – выпуклый многогранник, все грани которого – равные правильные многоугольники, и в каждой его вершине сходится одно и то же число ребер.

Полуправильными многогранниками (иначе – телами Архимеда) называют такие выпуклые многогранники, у которых группа поворотов

вотокруг центра тяжести переводит любую грань (вершину) в любую другую грань (вершину) этого многогранника.



Правильный тетраэдр – многогранник, составленный из четырех равносторонних треугольников.



Правильный октаэдр – многогранник, составленный из восьми равносторонних треугольников.



Куб (гексаэдр) – многогранник, составленный из шести квадратов.



Правильный додекаэдр – многогранник, составленный из двенадцати правильных пятиугольников.



Правильный икосаэдр – многогранник, составленный из двадцати равносторонних треугольников.

В попытке объяснить природу всего сущего Платон посчитал пять правильных многогранников первоосновами для строения каждой из стихий:

- огонь – соотносился с тетраэдром;
- воздух – соотносился с октаэдром;
- земля – соотносилась с гексаэдром;
- вода – с икосаэдром;
- а додекаэдр – соответствовал Вселенной.



Усеченный тетраэдр можно разделить на 4 октаэдра и 6 тетраэдров.



Усечённый октаэдр можно разделить на 8 правильных шестиугольников и 6 квадратов.



Усечённый гексаэдр можно разделить на 6 восьмиугольников и 8 треугольников.



Усечённый додекаэдр составлен из 20 правильных треугольников и 12 правильных шестиугольников.



Усечённый икосаэдр многогранник, состоящий из 12 правильных пятиугольников и 20 правильных шестиугольников.



Кубооктаэдр или кубоктаэдр – полуправильный многогранник (архимедово тело) с 14 гранями, составленный из 8 правильных треугольников и 6 квадратов.



Ромбо-кубо-октаэдр – полуправильный многогранник, гранями которого являются 18 квадратов и 8 треугольников.



Ромбо-усечённый кубо-октаэдр состоит из: 12 квадратов, 8 правильных шестиугольников, 6 правильных восьмиугольников.



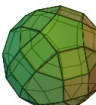
Полуправильный многогранник с 38 гранями, составленный из 6 квадратов и 32 правильных треугольников. В каждой из его 24 одинаковых вершин сходятся одна квадратная грань и четыре треугольных.



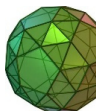
Икосододекаэдр – полуправильный многогранник (архимедово тело) с 32 гранями, составленный из 20 правильных треугольников и 12 правильных пятиугольников.



Ромбо-усечённый-икосо-додекаэдр – полуправильный многогранник с 62 гранями, составленный из 30 квадратов, 20 правильных шестиугольников и 12 правильных десятиугольников.



Трижды скрученный ромбо-икосо-додекаэдр составлен из 62 граней: 20 правильных треугольников, 30 квадратов и 12 правильных пятиугольников.



Плосконосый додекаэдр имеет 92 грани (наибольшее количество из всех архимедовых тел), 12 из них являются пятиугольниками, а остальные 80 – правильными треугольниками.

Свойства

Для Архимедовых тел характерно:

1. все грани являются правильными многоугольниками двух или более типов;
2. грани не одинаковы;
3. тело относится к одному из трёх существующих типов пространственной симметрии (тетраэдрическому, октаэдрическому или икосаэдрическому);
4. для любой пары вершин существует симметрия многогранника, переводящая одну вершину в другую;
5. все многогранные углы при вершинах совпадают.

Список источников

1. Правильные многогранники [Электронный ресурс]. URL: <https://resh.edu.ru/subject/lesson/4023/conspect/149351/>.
2. Платоновы тела [Электронный ресурс]. URL: <https://mnogogranniki.ru/platonovy-tela.html>.
3. Архимедово тело [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Архимедово_тело.
4. Геометрия [Электронный ресурс]. URL: <https://resh.edu.ru/subject/lesson/4023/conspect/149351/>.

УДК 511.1

Горбунов А. В., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

РАЗЛОЖЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИЙ В ЦЕПНЫЕ ДРОБИ

Аннотация. Актуальность данной темы состоит в том, что она интересна своим применением в разнообразных задачах.

Ключевые слова: функции, дроби, непрерывная дробь

В современной математике приближенное представление функций обычно разыскивается в виде многочленов от независимых переменных. В тех же случаях, когда нахождение таких многочленов затруднительно, обычно применяются различные численные методы.

В последнее время интерес к цепным дробям в связи с их большим теоретическим и практическим значениями.

Основоположником теории цепных дробей является Леонард Эйлер. Дальнейшие крупные результаты в этой области получены Ж. Л. Ла-

гранжем, П. Л. Чебышевым, А. А. Марковым, О. Перроном, Т. И. Стильесом, А. Я. Хинчиным.

Выражение вида

$$a_0 + \frac{b_1}{a_1 + \frac{b_2}{a_2 + \frac{b_3}{a_3 + \dots}}} = \left[a_0, \frac{b_1}{a_1}, \frac{b_2}{a_2}, \frac{b_3}{a_3}, \dots \right]$$

называется цепной или непрерывной дробью.

Дроби

$$a_0 = \frac{a_0}{1}, \frac{b_k}{a_k}$$

называются звеньями цепной дроби (1) (соответственно нулевым, первым и т. д.), а числа или функции АК и $b_k (k \geq 1)$ – членами k -го звена (частными знаменателями или числителями).

Всякая конечная цепная дробь представляет собою результат конечного числа рациональных действий над её элементами; поэтому в наших предположениях об элементах всякая конечная цепная дробь выражает собой некоторое вещественное число.

Обращение цепной дроби в обыкновенную.

Пример 1. Обратить цепную дробь в обыкновенную

$$\left[3; \frac{1}{3}, \frac{1}{1}, \frac{1}{4} \right] = 3 + \frac{1}{3 + \frac{1}{1 + \frac{1}{4}}}$$

Решение. Последовательно выполняя действия, находим:

$$1) 1 + \frac{1}{4} = \frac{5}{4} \quad 3) 3 + \frac{4}{5} = \frac{19}{5} \quad 5) 3 + \frac{5}{19} = \frac{62}{19}$$

$$2) 1 \div \frac{5}{4} = \frac{4}{5} \quad 4) 1 \div \frac{19}{5} = \frac{5}{19}$$

$$\text{Следовательно, } \left[3; \frac{1}{3}, \frac{1}{1}, \frac{1}{4} \right] = 3 \frac{5}{19}.$$

Об одном способе разложения функции в присоединенную цепную дробь.

Присоединенные цепные дроби:

$$w(z) = 1 + \frac{k_0}{1 + l_0 z} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_n z^2}{1 + l_n z}; \quad (1)$$

$$w_1(z) = 1 + l_0 z - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_n z^2}{1 + l_n z}. \quad (2)$$

Один из первых и основных методов разложения функций в цепные дроби состоит в преобразовании соответствующих степенных рядов или их соотношений в правильную с – цепную дробь.

$$f_0(a) = f(a); \delta_0(a) = f'_0(a). \quad (3)$$

Формула (3) позволяет получить разложение в присоединенную цепную дробь типа (2) для функции $f(z)$ в окрестности некоторой фиксированной точки a подобно формуле Тейлора в теории рядов.

Теорема (о сходимости цепной дроби вида (3)).

Если цепная дробь (3) равномерно сходится в ограниченной связной области D , содержащей внутри себя нулевую точку, то она внутри этой области представляет собой аналитическую функцию. Внутри всякого круга $|z| < R$, включенного в D , эта цепная дробь равна соответствующему степенному ряду.

Список источников

1. Богомолов Н. В. Сборник задач по математике. М.: Дрофа, 2009. 206 с.
2. Бухштаб А. А. Теория чисел. М.: Просвещение, 1966. 384 с.
3. Выгодский М. Я. Справочник по элементарной математике. М.: Дрофа, 2006. 509 с.
4. Журбенко Л. Н. Математика в примерах и задачах. М.: Инфра-М, 2009. 373 с.
5. Иванов О. А. Элементарная математика для школьников, студентов и преподавателей. М.: МЦНМО, 2009. 384 с.
6. Карп А. П. Задания по алгебре и началам анализа для организации итогового повторения и проведения аттестации в 11 классе. М.: Просвещение, 2005. 79 с.

УДК 519.85

Гумаров Т. И. Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФОВ В СЛОЖНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация. Данная статья рассматривает число как основное понятие математики и объясняет, почему числа являются ключевым элементом для изучения и понимания многих явлений в нашем мире. В статье рассматриваются различные области, в которых числа играют важную роль, такие как физика, экономика, биология, информатика и криптография. Кроме того, статья

описывает применение математических моделей, которые позволяют предсказывать поведение систем в различных условиях. В целом, данная статья представляет важную информацию о значимости чисел в науке и повседневной жизни, а также о том, почему математика является универсальным инструментом для анализа и понимания мира вокруг нас.

Ключевые слова: число, основное понятие, математика, физика, экономика, биология, информатика, криптография, математические модели, предсказание, системы, анализ, понимание, мир

Число – это одно из основных понятий математики, которое является фундаментом для построения большинства ее разделов и приложений. Числа используются в математике для измерения и сравнения, для определения отношений и закономерностей, для решения задач и создания моделей.

Числа можно классифицировать по различным признакам, например, по их типу (целые, рациональные, иррациональные, комплексные), по их свойствам (простые, составные, четные, нечетные) или по их позиции на числовой прямой (положительные, отрицательные, нулевые).

Одним из основных способов представления чисел является десятичная система счисления, которая основана на использовании десяти цифр (от 0 до 9) и позиционном принципе записи чисел. В этой системе каждая цифра обозначает количество единиц, десятков, сотен и т. д., в зависимости от ее позиции в числе. Например, число 1234 можно разложить на сумму произведений цифр на соответствующие степени числа 10: $11000 + 2100 + 310 + 41$.

Однако существуют и другие системы счисления, например, двоичная (основанная на использовании двух цифр – 0 и 1), восьмеричная (основанная на использовании восьми цифр – от 0 до 7) и шестнадцатеричная (основанная на использовании шестнадцати цифр – от 0 до 9 и от A до F).

Числа используются в математике для решения различных задач, например, для измерения длины, площади и объема, для определения скорости, ускорения и других физических величин, для описания законов природы и социальных явлений.

Особое значение чисел в математике имеют простые числа – числа, которые делятся нацело только на себя и на 1. Простые числа являются основой для теории чисел – раздела математики, изучающего свойства целых чисел.

Числа также используются в математических моделях, которые являются упрощенным описанием реальных явлений. Модели могут быть

представлены в виде формул, графиков, таблиц и других математических объектов, которые позволяют предсказывать поведение системы в различных условиях. Например, математические модели используются в физике для описания движения тел, в экономике – для прогнозирования развития рынков и экономики страны, в биологии – для изучения эволюции и развития организмов и т. д. Числа также играют важную роль в информатике и компьютерных науках, где они используются для представления данных и выполнения различных вычислительных операций. Кроме того, числа используются в криптографии для защиты информации и в других областях информационной безопасности.

Одним из основных достоинств математики является ее универсальность и применимость. Числа являются основным языком математики, который позволяет ей описывать и анализировать различные явления и процессы, в том числе те, которые трудно или невозможно описать словами или другими средствами.

Таким образом, число является не только основным понятием математики, но и одним из важнейших инструментов для изучения и понимания мира вокруг нас. Всякий, кто стремится понять природу закономерностей, лежащих в основе нашей вселенной, не может обойти стороной изучение чисел и их свойств.

УДК 51-7

Ефимова В. Д.

Научный руководитель: Журавлёва И. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА

Аннотация. Проектирование схемы мостового перехода.

Ключевые слова: проектирование, опора, мост, глубина, вес

При проектировании моста рассматриваем следующие этапы:

1. технико-экономическое обоснование,
2. технический проект, разрабатываемый на основании исходных данных.

Определяем отметку подошвы рельса ПР:

$$ПР = УМВ + Н, \text{ м},$$

где $УМВ$ – отметка уровня меженных вод, м;

H – заданное возвышение подошвы рельса над $УМВ$, м.

Определяем ширину промежуточной опоры b по фасаду моста на $УВВ$ и высоту опоры H_0 над $УМВ$:

$$b = (0,48 - 0,02H_0)H_0, \text{ м},$$

$$H_0 = ПП - УМВ - h_{co} + 1, \text{ м},$$

где h_{co} – строительная высота на опоре заданного пролетного строения.

Требуемое количество пролетов моста определяют по формуле:

$$N_T = \frac{L_0 + 3(ПП - УВВ + 0,5K_P \cdot h_n - h_{CO} - 0,6) - b}{L_n - b}, \text{ шт},$$

где L_0 – заданное отверстие моста, м;

$ПП$ – отметка подошвы рельса, м;

$УВВ$ – отметка уровня высоких вод, м;

K_P – коэффициент размыва русла, м;

h_n – средняя глубина воды на поймах при $УВВ$, м;

На миллиметровой бумаге вычерчиваем в масштабе 1:200 заданный профиль мостового перехода с обозначением всех отметок, расстояния, ширины русла пойм, уровень воды в геологической структуре.

Определяем глубину размыва для каждой точки перелома профиля

$$h_i = K_P \cdot hb, \text{ м},$$

где K_P – коэффициент размыва русла;

hb – глубина воды при $УВВ$.

Определяем расстояние между шкафными стенками устоев:

$$L = 0,05 + NT(L_n + 0,05), \text{ м},$$

где 0,05 м – зазор между торцами пролетных строений.

К проектированию принимаем опору с прямоугольным (в плане и профиле) частями. Заострение верховой и низовой сторон ледорезной грани в плане принимаем в пределах 90-120 градусов.

Наименьший размер подферменной плиты вдоль моста определяется по формуле:

$$C_{ПФ} = L_n - L_P + \alpha + A_{оч} + 2(C_1 + C_3),$$

а размер подферменной плиты поперек моста:

$$B_{ПФ} = B_{\phi} + B_{оч} + 2(C_1 + C_3),$$

где L_n – полная длина пролетного строения, м;

L_P – расчетный пролет, м;

α – зазор между торцами пролетных строений, равный 0,05 м;

$A_{оч}$ – размер нижней подушки опорной части вдоль моста;

C_1 – расстояние от нижней подушки опорной части до грани подферменной площадки, равное 0,15 – 0,20 м;

C_2 – расстояние от подферменной площадки до грани подферменной плиты, равное 0,15 м (при пролетах до 30 м).

B_{ϕ} – расстояние между осями балок;

$B_{оч}$ – размер нижней подушки опорной части поперек моста;

C_3 – расстояние от подферменной площадки до грани подферменной плиты, равное 0,3 м при длине пролетного строения до 16,5 м и 0,5 м при большей длине.

Определение числа свай в фундаменте опоры.

К расчету принимаем опору наибольшей высоты на висячих, забивных, железобетонных сваях круглого сечения ($d=0,2$ м) заданных размеров и толщиной стенки 8-10 см. (с расчетной несущей способностью 120 тс – 1200 кН).

Погружение свай в нижний слой грунта предусматривается на глубину не менее 5-6 м. Головы свай заделываем в ростверк.

Вертикальные нагрузки на свайный ростверк складываются из:

- собственного веса частей опоры;
- давления отвеса пролетных строений;
- давления от веса мостового полотна;
- веса временной вертикальной нагрузки от подвижного состава.

Для определения веса самой опоры, её разделяют на части простой геометрической формы.

- подферменную плиту;
- тело опоры выше УВВ;
- ледорезную часть опоры;
- ростверк.

Нормативную нагрузку от веса частей опоры определяют по формуле:

$$G_{HO} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4,$$

где G_{HO} – вес опоры;

P_1 – вес подферменной плиты;

P_2 – вес части опоры выше УВВ;

P_3 – вес ледорезной части;

P_4 – вес ростверка.

Вес любой части опоры определяется как:

$$P_i = V_i \cdot 2,4,$$

где V_i – объем соответствующей части опоры.

Расчет железобетонного пролетного строения начинается с составления расчетной схемы простой балки пролетом, равным расстоянию между осями опорных частей.

Список источников

1. Строительные нормы и правила. СНиП 2.05.03-85. Мосты и трубы / Госстрой СССР. М.: ЦИТЛ Госстроя СССР, 1985. 200 с.
2. Справочник по ремонту мостов и труб на железных дорогах. М.: Транспорт, 1973. 544 с.
3. Колоколов Н. М., Копач Л. Н., Файштейн И. С. Искусственные сооружения. М.: Транспорт, 1988. 440 с.
4. Мосты и тоннели; под ред. С. А. Попова. М.: Транспорт, 1977. 526 с.
5. Содержание и реконструкция мостов; под ред. В. О. Осипова. М.: Транспорт, 1986. 327 с.

УДК 519

Загайнова В. А., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ВЕРОЯТНОСТЬ ВЫИГРЫША В ЛОТЕРЕЕ

Аннотация. Данная статья рассматривает изучение случайных событий лотереи, их применение и вычисления, роль математики в жизни людей.

Ключевые слова: лотерея, теория вероятности, вероятность события, вероятность выигрыша в числовых лотереях

Лотерея впервые появилась много веков назад. Ее создатели не предполагали, что их игра, которая была придумана для развлечения сливок высшего общества, спустя столетия будет популярна у людей XXI века.

В часы правления Петра Первого часовщик Яков Гассенус впервые организовал лотерею, а государственную – учредила своим указом Екатерина II в 1782 году. Проводились также розыгрыши государственных

лотерей в 1892 и 1914 годах. В первом случае средства направили в помощь пострадавшим от неурожая, во втором – от войны.

В первые годы основания лотереи выигрыш в этой игре составлял почти стопроцентную вероятность. По мере ее развития придумывали все больше препятствий, чтобы людям было интереснее играть, создавали специальные условия для азарта.

Вместе с этим главные разработчики лотереи хотели иметь большие деньги, поэтому именно для этого придумывали разные виды и направления сложности.

Выигрыш в лотерею – счастливая случайность. Многие люди привыкли считать, что случайности не имеют никакого отношения к науке, но это большая ошибка. Теория вероятности – это огромный раздел математики, в котором используется изучение закономерности случайных событий.

Теория вероятности – это наука, которая изучает случай и пытается каким-то образом его предсказать. Свести кажущиеся хаотичными явления к чему-то предсказуемому. К каким-то математическим формулам, которые покажут логический ответ.

Лотереи – один из очевидных примеров теории вероятности в жизни. Предугадать точную комбинацию шаров, которую выдаст лотерейный автомат, невозможно, но просчитать математическую вероятность – реально.

Вероятность выигрыша в лотерею определяется как отношение числа желаемых исходов к общему числу возможных исходов. В случае лотерей данная вероятность достаточно мала, так как обычно количество участников гораздо превышает количество доступных выигрышей. Вероятность выигрыша может изменяться в зависимости от различных факторов, таких как количество участников, количество билетов, критерии отбора победителей и многое другое.

Вероятность выигрыша в лотерею можно вычислить при помощи математических формул. Для этого необходимо знать количество возможных комбинаций чисел, которые могут быть выигрышными, и общее количество возможных комбинаций, которые могут быть нарисованы. Это можно представить в виде дроби, где числитель – количество выигрышных комбинаций, а знаменатель – общее количество возможных комбинаций. А набор цифр, с которыми удалось выиграть большую сумму: 26, 01, 40, 09, 29, 39.

Выигрышные комбинации, как правило, определяются заранее и не меняются в течение всей лотереи. Например, в лотерее 6 из 49, выкладывается список 49 чисел, и каждый участник должен выбрать шесть из них. Таким образом, количество возможных комбинаций в этой лотерее со-

ставляет 13 983 816. Если участник выбрал шесть чисел, которые совпали с заранее определенными шестью выигрышными числами, он выиграл джекпот.

Следовательно, вероятность выигрыша в лотерею 6 из 49 может быть рассчитана как $6/13\,983\,816$. Таким образом, шансы выиграть в лотерею крайне малы, но много людей играют годами в надежде на удачу.

А теперь самая интересная часть – вероятность выигрыша. Она составляет меньше одного процента.

Таким образом, математика играет важную роль в расчете вероятности выигрыша в лотерею и другие игры, и поэтому знание основ математики может помочь участникам принять более информированное решение о том, стоит ли играть.

Список источников

1. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов. М.: Юрайт, 2020. 479 с.
2. Спирина М. С., Спирин П. А. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Академия, 2007. 352 с.
3. Туганбаев А. А., Крупин В. Г. Теория вероятностей и математическая статистика. СПб.: Лань, 2011. 224 с.
4. Спирина М. С., Спирин П. А. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Академия, 2012. 352 с.

УДК 721

Закирова О. В.

Научный руководитель: Журавлев Е. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФРАКТАЛЬНЫХ СТРУКТУР В АРХИТЕКТУРЕ

Аннотация. Фрактальная теория и архитектуры жилых и общественных зданий и сооружений имеют общие принципы структурной организации. Фрактальная теория помогает раскрыть специфику формообразования архитектурных объектов, выявить новые характеристики.

Ключевые слова: архитектура, фрактальная архитектура, математические модели, фрактальные структуры

Фракталы представляют собой математические модели сложных структур, пространственное изображение которых представляется в виде сломанных, морщинистых и нечетких форм.

В центре фрактальной фигуры находится её простейший элемент – равносторонний треугольник, который получил название «фрактальный». Затем, на среднем отрезке сторон строятся равносторонние треугольники со стороной, равной $(1/3)$ от стороны исходного фрактального треугольника. В свою очередь, на средних отрезках сторон полученных треугольников, являющихся объектами-наследниками первого поколения, выстраиваются треугольники-наследники второго поколения со стороной $(1/9)$ от стороны исходного треугольника.

Фракталы делятся на группы [1]. Самые большие группы это:

1. геометрические фракталы;
2. алгебраические фракталы;
3. стохастические фракталы.

Это еще один большой класс фракталов, получающихся в случае, если в итерационном процессе случайным образом менять какие-либо его параметры.

4. природные фракталы.

Введение в научный оборот понятия «фрактал» способствовало развитию междисциплинарного подхода, основанного на методах нелинейной динамики, фрактальной геометрии и теории самоорганизации. В первом десятилетии XXI века в рамках теории архитектуры зарождается научное направление фрактальной архитектуры. Появляются публикации и иллюстрации, посвященные этой теме. Проводятся исследования и эксперименты по расчётам уровня фрактальности памятников архитектуры [2]. После появления фрактальной теории архитекторы и градостроители начинают активно применять данное направление в своей деятельности. Обзор публикаций свидетельствует о том, что фрактальная геометрия может использоваться не только для анализа, но и для проектирования.

Применение фрактальных правил построения широко распространено и в архитектуре. Фрактальная архитектура делится на два типа: искусственно созданная и естественно сложившаяся. В свою очередь, искусственно созданная фрактальная архитектура бывает интуитивной и сознательной. Под интуитивной фрактальностью подразумевается структура многих шедевров мировой архитектуры прошлого, в которых архитектор или строители неосознанно использовали фрактальные принципы. При этом фракталоподобные формы представлены в сооружениях разных эпох и народностей, отражают различные алгоритмы формообразования. Б. Мандельброт первым написал о фрактальности архитектуры, указав для сравнения форму здания Парижской оперы.

Математическая метафора в виде графика функции Вейерштрасса (рис. 1) представляется прообразом для силуэта храмов с множеством вертикальных повторяющихся элементов (силуэт Миланского собора).

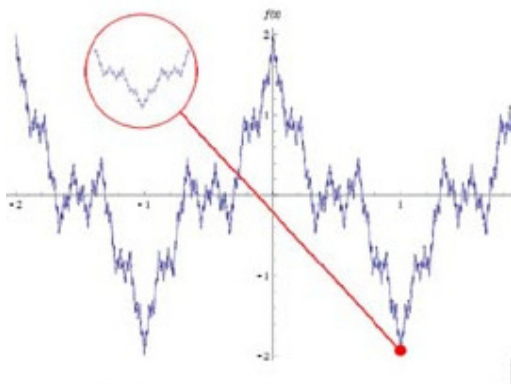


Рис. 1. Математическая метафора в виде графика функции Вейерштрасса

Расположение и размеры куполов многоглавых церквей, условно показанные в одной плоскости плана с осевой симметрией, также имеют прообразом фрактальную структуру (типа «салфетки» Серпинского с кругами). Спиралеподобные формы, отражающие один из распространенных фрактальных алгоритмов в природе, используются и в искусственной среде, включая архитектуру и дизайн (спиральный декор храма Василия Блаженного, металлические узоры оград и решеток, произведения декоративно-прикладного искусства) (рис. 2).



Рис. 2. Собор имени Василия Блаженного

Таким образом, принципы фракталоподобного формообразования в архитектуре применяются с давних времен, и хотя использование фрактальных правил построения в архитектуре далеко не всегда оказывалось математически выверенным, но в поиске и создании художественно выразительных пропорций архитекторов вели их интуиция и талант, чувство гармонии и высокий профессионализм.

Исследование фрактальных структур в архитектуре выявили, что они эффективны не только в микросреде, но используются и при градостроительстве в крупных городах: зданий, кварталов, улиц и всей городской общественной среды.

Список источников

1. Бабич В. Н. О фрактальных моделях в архитектуре / В. Н. Бабич, А. Г. Кремлев // Архитектон: известия вузов. 2010. № 30.
2. Поморов С. Б., Филиппов А. А. Фракталы и их участие в архитектурном проектировании // Ползуновский вестник. 2021. №1. С. 141.

УДК 721

Закирова О. В.

Научный руководитель: Журавлев Е. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

***Аннотация.** Изучение вопросов взаимосвязи математических методов и архитектурных приемов является достаточно актуальным и хорошо изученным. В то же время ученые находят в этом симбиозе и некоторое противоречие.*

***Ключевые слова:** архитектура, золотое сечение, числа Фибоначчи, теорема Холлидея*

С одной стороны, архитектурное проектирование – это стихийный, творческий, эмоциональный процесс, а с другой, – строительные нормы и правила достаточно формализованы и содержат определенные требования, большая часть которых основаны на математических моделях. Более того, комплексная модель интеграции математики в архитектуру учитывает триаду «архитектура-математика-философия». Эти факты

позволяют говорить о том, что в математике следует выделять отдельный раздел – архитектурная математика.

В основу архитектурной математики будут заложены такие понятия, как геометрические формы в архитектуре, золотое сечение, симметрия, пропорции.

Золотое сечение – соотношение двух величин a и b , $b > a$, когда справедливо $b/a = (a + b)/b$.

Исторически изначально «золотым сечением» называлось деление отрезка AB точкой C на две части (меньший отрезок AC и больший отрезок BC), чтобы для длин отрезков было верно равенство: $AC/BC=BC/AB$. Проще говоря, точка C являлась золотым сечением для отрезка AB . Под правилом «золотого сечения» в архитектуре и искусстве обычно понимаются композиции, содержащие пропорции, близкие к золотому сечению $3/8$ и $5/8$.

С пропорцией золотого сечения связывают астронома из Италии Фибоначчи, он вывел ряд чисел, в котором значение каждого последующего равно сумме двух предыдущих. Данную формулу применяют для расчета пропорций золотого сечения в любой отрасли, на практике чаще всего используют округленные значения $0,62$ и $0,38$ [1].

По принципу золотого сечения построены самые известные достопримечательности в мире. В России – это МГУ на Воробьевых горах, Кремлевское здание сената, Пречистенский дворец, Голицынская больница, Дом Пашкова, Исаакиевский собор, Кунсткамера, Торговый дом Эсдерс и Схейфальс и др.

Помимо простых математических моделей в архитектуре применяются и более сложные – многопараметрические, которые позволяют провести оптимизацию как по эстетическим, так и по техническим характеристикам. Примером применения технологии математического дизайна при создании эскизных архитектурных проектов может служить реализация призового эскизного предложения реконструкции телевизионной башни г. Екатеринбург.

При создании математической модели башни ее форма ищется в виде кинематической поверхности заметания, образованной вертикальным движением непрерывного изменяющегося фигурного каркаса. Фигурный каркас, задающий форму горизонтального сечения башни, при этом плавно переходит в окружность при достижении заданной высоты. Образующая кривая (каркас) в математической модели задается уравнением «розы» (кривой Гвидо Гранди), а профиль башни формирует кубическая парабола.

Предусмотренное математической моделью применение торсионного преобразования позволяет выполнить необходимую коррекцию с целью достижения большей архитектурной выразительности «Глобального маяка» [2].

Конструктивными параметрами «Глобального маяка» являются:

1. высота;
2. максимальный радиус;
3. количество граней;
4. амплитуда волны фигурного профиля в основании;
5. радиус верхнего среза;
6. высота до горловины;
7. радиус горловины;
8. угол наклона касательной к образующей в основании башни;
9. высота перехода от фигурного сечения к круглому;
10. погонный угол закручивания маяка вокруг вертикальной оси.

Введенные десять параметров позволяют создать зрительный образ изящной конструкции, бережно наследующей (поглощающей) образ бывшей телебашни, удовлетворяющий необходимым эстетическим (образ маяка) и техническим (площадь помещений 70 000 м²) требованиям. Использование полиномиальных образующих при формировании профилей высотных зданий обладает большим преимуществом в силу простоты соответствующих аналитических выражений и достаточным числом входящих в них параметров для реализации большего многообразия архитектурных форм.



Телевизионная башня г. Екатеринбурга

Таким образом, следование законам математики, в частности теоремы Холлидея о минимуме среднеквадратичной кривизны кубического сплайна со свободными концами, позволяет создать психологически и эстетически естественные формы, интуитивно воспринимаемые как гармоничные и выразительные.

Список источников

1. Никонова Е. Р., Никонов И. В. Математическое моделирование в архитектуре и градостроительстве // ПНиО. 2014. №2 (8). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematiceskoe-modelirovanie-v-arhitekture-i-gradostroitelstve>.
2. Жилин С. С., Мисюра Н. Е., Митюшов Е. А. Применение математического моделирования в архитектурном проектировании высотных зданий // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2014. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-matematicheskogo-modelirovaniya-v-arhitekturnom-proektirovanii-vysotnyh-zdaniy>.

УДК 51

Казанкина А. С., Мустафина С. С.

Поволожский государственный технологический университет.

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ

Аннотация. *Рассматривается история возникновения комплексных чисел.*

Ключевые слова: *комплексные числа, мнимые числа, мнимая часть, действительная часть*

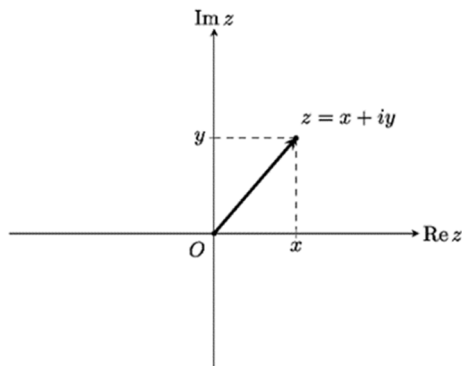
Комплексные числа – это числа, состоящие из мнимой и действительной части. Комплексные числа позволяют решать все полиномиальные уравнения, даже те, которые не имеют решений в действительных числах. Тысячелетия математики не догадывались о существовании даже отрицательного решения, так как они привыкли работать с реальным материальным миром. Что касалось кубических уравнений, то в XV веке Лука Пачоли – итальянский математик – публикует трактат «Сумма арифметики», один из разделов которого посвящён кубическим уравнениям.

На поиски общего решения для такого вида уравнений человечество потратило как минимум 4000 лет, и все древние цивилизации: Вавилон,

Греция, Китай, Индия, Египет, Персия – потерпели в поисках неудачу. В математике того времени отрицательных чисел просто не существовало. Отрицательных ответов или коэффициентов быть не могло. Для квадратных уравнений на то время существовало шесть вариантов формул, построенных таким образом, чтобы коэффициенты всегда оставались положительными. Вернёмся к кубическим уравнениям: в XI веке Омар Хайям – персидский философ и математик рассмотрел 19 различных кубических уравнений, но ему так и не удалось получить общее решение. Лишь 400 лет спустя, в 1510 году, в Италии Сципион Дель Ферро, итальянский математик, находит решение для приведённых кубических уравнений. 20 лет Ферро никому не рассказывал о своём открытии, и только перед смертью в 1526 году он раскрывает секрет решения своему ученику Антонио Фиори. Антонио вызывает на математическую дуэль Никкола Тарталья – итальянского математика-самоучку. В ходе дуэли Антонио проигрывает сопернику. Никола взял за основу геометрический подход и перенёс его в три измерения. Секрет решения Никола раскрыл в Милане итальянскому математику и инженеру Джероламо Кардано, у которого была цель – найти решение для кубического уравнения.

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0.$$

За решение такого уравнения берётся сам Франсуа Виет, французский математик. Далее широко известный Рене Декарт (французский философ и математик) вводит определение «мнимые числа». Мнимое число – это комплексное число, которое может быть записано как действительное число, умноженное на мнимую единицу i (Леонард Эйлер вводит латинскую «ай» для обозначения $\sqrt{-1}$). Фундаментальная теорема алгебры утверждает, что каждое полиномиальное уравнение с вещественными или комплексными коэффициентами имеет решение, являющееся комплексным числом. Так, кубические уравнения привели к появлению нового вида чисел. Всякая комплексная функция может рассматриваться как преобразование одной комплексной плоскости в другую. Прямая мнимых чисел находится перпендикулярно прямой действительных чисел, они образуют комплексную плоскость. (рисунок) Если мы каждый раз будем умножать на i , и, поворачиваясь на 90° по графику, по комплексной плоскости будем бесконечно двигаться по кругу. Многие сложные задачи теории чисел и вещественного математического анализа (например, вычисление сложных или несобственных интегралов) удалось решить только с помощью средств комплексного анализа.



Комплексная плоскость

Уникальные свойства комплексных чисел и функций нашли широкое применение для решения многих практических задач в различных областях математики, физики и техники: в обработке сигналов, теории управления, электромагнетизме, теории колебаний, теории упругости и многих других. Мощным инструментом для открытий в теории чисел оказались, например, гауссовы числа вида $a + ib$, где a ; b – целые числа. Для исследования распределения простых чисел понадобилась комплексная дзета-функция Римана.

Нередко проблемы вещественного анализа проясняются при их комплексном обобщении. Классический пример – разложение в ряд Тейлора. Этот ряд сходится только в интервале $(-1; 1)$. Положение проясняется при переходе к функции комплексного переменного у которой обнаруживаются две особые точки: полюса. Соответственно, эту функцию можно разложить в ряд только в круге единичного радиуса.

При решении линейных дифференциальных уравнений важно сначала найти все комплексные корни характеристического многочлена, а затем попытаться решить систему в терминах базовых экспонент. В разностных уравнениях используются для аналогичной цели комплексные корни характеристического уравнения системы разностных уравнений.

С помощью теории вычетов, являющейся частью комплексного анализа, вычисляются многие сложные интегралы по замкнутым контурам. Исследование функции часто связано с анализом её частотного спектра с помощью комплексного преобразования Фурье или Лапласа. Гладкая (аналитическая) функция обладает двумя особенностями: если в заданной точке производная не равна нулю, то коэффициент растяже-

ния/сжатия при этом преобразовании одинаков по всем направлениям, угол поворота также постоянен (конформное отображение).

Основой квантовой механики является понятие комплексной волновой функции, для описания динамики квантовой системы используются дифференциальные уравнения с комплексными коэффициентами типа уравнения Шрёдингера. Поскольку переменный ток есть колебательный процесс, его удобно описывать и исследовать с применением комплексных чисел. Вводятся также понятия импеданса, или комплексного сопротивления, для реактивных элементов электрической цепи, таких как ёмкость и индуктивность, – это помогает рассчитать токи в цепи.

Комплексные числа имеют большую историю и их открытие позволило решить многие задачи не только на тот момент, но и в современной математике.

Список источников

1. <https://www.youtube.com/watch?v=xJR8oL7UtQY>.
2. http://www.phys.nsu.ru/evseev/complex2017/lectures/02/complex_plane.html.
3. <https://www.youtube.com/watch?v=DdtC6xo5A5A>.

УДК 51-7

Казанцева А. С.

Научный руководитель: Журавлева И. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СТОЛБЧАТОГО ФУНДАМЕНТА МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

***Аннотация.** В статье рассматриваются принципы проектирования столбчатого фундамента.*

***Ключевые слова:** строительство, столбчатый фундамент, мелкое заложение, оценка грунта, число пластичности, показатель текучести, коэффициент пористости, степень влажности, подошва фундамента*

Целью работы является ознакомление с принципами проектирования оснований и фундаментов. Тематика проектирования отвечает

учебным задачам подготовки инженеров и связана с решением практических вопросов – выполнением проектов фундаментов сооружений.

Для фундаментов мелкого заложения проводятся расчеты: определение физико-механических свойств грунтов, оценка грунтовых условий строительной площадки, расчет размеров и выбор вариантов фундаментов, расчет оснований по деформациям, расчет осадки.

Основным обстоятельством, осложняющим устройство оснований и фундаментов, является тот факт, что прочность грунтов в сотни раз меньше, а деформативность – в тысячи раз больше прочности и деформативности материалов, из которых возводятся здания и сооружения. Неправильная оценка физико-механических свойств оснований может привести к неравномерным осадкам фундаментов, что вызовет появление дополнительных усилий в конструкциях зданий. Это может нарушить эксплуатационную пригодность сооружения, а при достижении значительных величин – привести к полному разрушению.

Исходя из вышесказанного данная работа актуальна для инженеров-строителей.

Классификация и оценка состояния грунтов производится в результате сопоставления их физических и механических характеристик с классификационными, приведенными в нормативных документах. Такое сопоставление позволяет оценить свойства грунтов и выявить возможность их использования в основании сооружения.

Число пластичности: $I_p = \omega_l - \omega_p$. Используется для классификации пылевато-глинистых грунтов.

Показатель текучести (консистенции): $I_L = \frac{w - \omega_p}{I_p}$. Оценивает глинистые грунты.

Коэффициент пористости: $e = \frac{\rho_s}{\rho} \cdot (1 + \omega) - 1$. Используется для оценки плотности сложения песков.

$$\text{Степень влажности: } S_R = \frac{\varpi \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w},$$

где γ_w – удельный вес воды ($\gamma_w = 10$ (кН/м³)). По этому показателю классифицируются крупнообломочные и песчаные грунты, а также некоторые пылевато-глинистые грунты.

В качестве несущего пласта нужно использовать песок средней крупности, проходя слабые, непригодные почвенный слой и ил с содер-

жанием растительных остатков. Также мы проходим глину, которая может быть использована в качестве основания, но это не рационально, т. к. она располагается на небольшой глубине, а сверху и снизу неё располагаются слабые грунты.

Глубина заложения фундамента назначается с учетом его высоты, которая должна быть достаточной из условия прочности. При наличии подвала минимальная глубина заложения подошвы фундамента от уровня планировки определяется по формуле: $d = d_g + h_s + h_{sr}$.

Площадь подошвы фундамента A_f определяется по формуле:

$$A = N / (R - \gamma_m d).$$

R – условное расчетное сопротивление грунта под подошвой фундамента;

d_f – глубина заложения фундамента;

$\beta \cdot \gamma = \gamma_m$ – средний удельный вес материала фундамента и грунта, расположенного на его обрезах.

Фундаменты являются подземной или заглубленной частью конструкции здания или сооружения, через которую нагрузки от сооружения передаются на грунты основания. Нормальная эксплуатация здания или сооружения может быть обеспечена только при надежной работе его основания и фундаментов. Проектирование и устройство оснований и фундаментов представляет собой комплексную задачу, решение которой всегда должно основываться на совместном рассмотрении трех факторов: что строится (сооружение), на чем строится (основание) и как строится (производство работ). При правильно выбранных расчетных схемах и характеристиках грунтов запроектированные на основе расчетов основания фундаменты обеспечивают нормальную эксплуатацию зданий и сооружений.

Список источников

1. Федулов В. К., Артемова Л. Ю. Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений. М.: МАДИ, 2015. 84 с.
2. Борозенец Л. М., Шполтаков В. И. Расчет и проектирование фундаментов. ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», 2015. 101 с.
3. Берлинов М. В. Основания и фундаменты. СПб.: Лань, 2011. 317 с.
4. Ухов С. Б., Семенов В. В., Знаменский В. В., Тер-Мартirosян З. Г., Чернышев С. Н. Механика грунтов, основания и фундаменты. М., 2007. 568 с.

Карданов А. В., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

МЕТОДЫ СПУСКА

Аннотация. Методы спуска – это класс алгоритмов оптимизации, используемых для нахождения локального минимума (максимума) функции. Эти методы широко применяются в различных областях, включая машинное обучение, искусственный интеллект и физику.

Ключевые слова: методы спуска, оптимизация, градиентный спуск, стохастический градиентный спуск, ускоренные градиенты Нестерова, метод Adam

1. Метод градиентного спуска

Градиентный спуск является простым и эффективным методом оптимизации. Он использует градиент функции, чтобы определить направление, в котором следует изменить параметры модели, чтобы уменьшить значение функции потерь. Формулы:

$$\Delta\theta = -\eta\nabla_{\theta}J(\theta),$$
$$\theta = \theta + \Delta\theta = \theta - \eta\nabla_{\theta}J(\theta),$$

где θ – параметры сети, $J(\theta)$ – целевая функция или функция потерь в случае машинного обучения, а η – скорость обучения.

Стандартный градиентный спуск может иметь проблемы с выбросами и может сходиться медленно в некоторых случаях. В таких ситуациях может быть более эффективным использование других методов спуска.

2. Стохастический градиентный спуск

Стандартный градиентный спуск требует вычисления градиента функции потерь на всех данных, что может быть очень ресурсоемким, особенно для больших наборов данных. Стохастический градиентный спуск (SGD) является методом, который использует только часть данных для обновления параметров модели. В SGD используется случайная выборка из набора данных на каждой итерации. Формула для обновления параметров модели в SGD выглядит следующим образом:

$$\theta_{new} = \theta_{old} - \alpha\nabla J(\theta_{old}; x_i, y_i),$$

где (x_i, y_i) – случайный пример из набора данных, α – скорость обучения, $\nabla J(\theta_{old}; x_i, y_i)$ – градиент функции потерь на примере (x_i, y_i) .

SGD быстрее сходится, чем стандартный градиентный спуск, но может иметь проблемы с выбросами и может сходиться к менее опти-

мальному результату. Существуют различные модификации SGD, которые улучшают его свойства, например, Mini-batch SGD и Momentum SGD.

3. Ускоренные градиенты Нестерова

Метод Ускоренные градиенты Нестерова (NAG) является улучшением SGD. Он использует информацию о будущих значениях градиента для определения следующего шага обновления параметров модели. Формула для обновления параметров модели в NAG выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} v_t &= \gamma v_{t-1} + \eta \nabla_{\theta} J(\theta - \gamma v_{t-1}), \\ \theta &= \theta - v_t, \end{aligned}$$

где v_t – скользящее среднее градиента, γ – коэффициент затухания, η – скорость обучения, $(\theta - \gamma v_{t-1})$ – приближенное представление о следующем положении параметров.

NAG улучшает сходимость SGD, особенно в задачах с высокими градиентами.

4. Метод Adam

Adam (Адаптивная оценка момента) – это алгоритм адаптивной оптимизации, который был создан специально для глубокого обучения нейронной сети. Его можно рассматривать как слияние стохастического градиентного спуска на основе импульса и RMSProp. Он масштабирует скорость обучения, используя квадратные градиенты, похожие на RMSProp, и усиливает импульс, используя скользящее среднее градиента, а не сам градиент, аналогично SGD с импульсом.

Для оценки импульса Adam использует экспоненциальные скользящие средние, вычисленные на основе градиентов, оцененных в текущем мини-пакете. Математически это можно записать как:

$$\begin{aligned} m_t &= \beta_1 m_{t-1} + (1 - \beta_1) g_t, \\ v_t &= \beta_2 v_{t-1} + (1 - \beta_2) g_t^2, \end{aligned}$$

где m и v – скользящие средние, а g – значение градиента. Бета-версии – это гиперпараметры, хорошие значения по умолчанию которых, равны 0,9 и 0,999 соответственно.

Теперь, поскольку ожидаемые значения моментов и значение градиента должны быть равны друг другу, мы берем среднее значение моментов, например:

$$\begin{aligned} \hat{m}_t &= \frac{m_t}{1 - \beta_1^t}, \\ \hat{v}_t &= \frac{v_t}{1 - \beta_2^t}. \end{aligned}$$

Используя всю эту информацию, Adam обновляет веса, применяя следующую формулу:

$$w_t = w_{t-1} - \eta \frac{\hat{m}_t}{\sqrt{\hat{v}_t + \varepsilon}},$$

где w – вес, η – скорость обучения, а ε – бесконечно малое значение, обычно 10^{-8} , которое мы используем, чтобы избежать деления на ноль.

Adam показывает хорошие результаты на различных задачах и обладает быстрой скоростью сходимости, однако может иметь проблемы с переобучением на небольших выборках.

Список источников

1. <https://www.geeksforgeeks.org/adam-optimizer-in-tensorflow/>.
2. <https://www.ruder.io/optimizing-gradient-descent/>.
3. <https://habr.com/ru/articles/318970/>.

УДК 51

Кашков А. В., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ПРИРОДА МАТЕМАТИЧЕСКИХ АБСТРАКЦИЙ

Аннотация. *Актуальность исследования состоит в том, что в современном мире абстракций широко используются в различных науках.*

Ключевые слова: *абстракция, число, комплексные числа*

Природа математических абстракций является одним из ключевых вопросов математической философии. Математические абстракции представляют собой идеи или концепции, которые не имеют отношения к конкретным объектам в реальном мире, но могут быть использованы для описания и анализа этих объектов.

В отличие от физических теорий, которые основываются на наблюдениях и экспериментах, математические абстракции базируются на логических выводах и доказательствах. Они могут быть использованы для создания моделей, которые позволяют предсказывать и объяснять поведение объектов в реальном мире, например, для описания таких вещей, как движение тел, распределение энергии или электромагнитные поля.

Одной из ключевых особенностей математических абстракций является их универсальность. Они могут быть применены к различным областям знания, включая физику, экономику, биологию и т. д. Это делает их

незаменимыми инструментами для научных исследований и повышения нашего понимания мира.

Однако существует дискуссия относительно того, существуют ли математические абстракции в реальном мире или они существуют только в нашем уме. Некоторые философы-математики считают, что математические абстракции являются реальными объектами, которые существуют независимо от нашего восприятия, в то время как другие считают, что они существуют только в контексте нашего умственного восприятия.

Специфика математических абстракций

Математические абстракции имеют свою специфику, которая отличает их от других абстракций. Вот некоторые из особенностей математических абстракций:

1. создание новых объектов: математические абстракции позволяют создавать новые объекты, которые не существуют в реальном мире. Например, комплексные числа, которые состоят из действительной и мнимой частей, были созданы для решения уравнений, которые невозможно было решить с помощью обычных чисел.

2. логическая последовательность: математические абстракции основаны на логических выводах и доказательствах, что отличает их от других абстракций, которые могут быть основаны на интуиции, эмоциях и т. д. Это позволяет математикам создавать точные и надежные модели.

3. универсальность: математические абстракции могут быть применены к различным областям знания, включая физику, экономику, биологию и т. д. Это делает их незаменимыми инструментами для научных исследований и повышения нашего понимания мира.

4. абстракция от конкретных объектов: математические абстракции являются идеями или концепциями, которые не имеют отношения к конкретным объектам в реальном мире. Например, граф может быть использован для описания социальных сетей, но сам граф не имеет никакого отношения к реальным людям и связям между ними.

5. обобщение: математические абстракции позволяют обобщать свойства и характеристики различных объектов и явлений. Например, функция может быть использована для описания различных явлений, таких как температура, скорость, ускорение и т. д.

В целом, специфика математических абстракций заключается в их универсальности, логической последовательности и возможности создавать новые объекты и обобщать свойства различных явлений. Эти особенности делают математические абстракции незаменимыми инструментами для науки и инженерии.

Абстракция отождествление и понятие числа.

Абстракция отождествление – это процесс, при котором мы игнорируем различия между объектами и сосредотачиваемся только на их общих свойствах. Например, мы можем отождествить различные типы фруктов, сосредоточившись только на их общих свойствах, таких как форма, цвет и вкус.

По мнению известного ученого Г. Фрёге, число есть не что иное, как общее свойство класса эквивалентных множеств – совокупностей предметов независимо от их качественной определенности и природы. Важно, что сравниваемые множества обладали изоморфизмом, когда каждому члену одного соответствует единственный член другого. Понятие числа – это одна из самых фундаментальных математических абстракций. Число – это абстрактное понятие, которое представляет собой количество или меру чего-либо. Например, число может представлять количество яблок на дереве или расстояние между двумя точками.

Числа могут быть использованы для описания и анализа различных объектов и явлений в реальном мире. Они могут быть использованы для измерения, подсчета, сравнения и много чего еще. В математике числа могут быть представлены различными способами, такими как десятичные дроби, дроби, проценты, десятичные числа, комплексные числа и т. д.

Понятие числа также имеет свою специфику. Числа являются абстракциями от реальных объектов, и они не имеют никакого отношения к конкретным объектам в реальном мире. Кроме того, числа могут быть использованы для создания математических моделей, которые позволяют предсказывать и объяснять поведение объектов в реальном мире. Эта абстракция использовалась Карлом Марксом в научной теории стоимости.

Итак, математика – своеобразный, формальный способ теоретического описания действительности, область знания, имеющая особый статус в системе наук; с ее помощью можно, в принципе, описать любой процесс объективной действительности. Для математики более характерен метод, чем предмет, в качестве же своих объектов она рассматривает пространственные формы и количественные отношения действительности, точнее, идеализированные объекты, начиная с натурального числа и фигуры и кончая своеобразными структурами.

Список источников

1. Жуков Н. Б. Специфика математических абстракций. Минск, 1986.
2. Бурбаки Н. Очерки по истории математики. М.: Иностранная литература, 1963. 292 с.

Коновнина Е. Д., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА В ПЛАНИМЕТРИИ

Аннотация. В данной работе излагаются основы метода комплексных чисел в применении к задачам элементарной геометрии на плоскости.

Ключевые слова: параллельность и перпендикулярность, коллинеарность трех точек, углы и площади, прямая и окружность

Параллельность и перпендикулярность. Коллинеарность трех точек
Критерий коллинеарности точек А, В, О: для того, чтобы точки А(а) и В(в) были коллинеарны с начальной точкой О, необходимо и достаточно, чтобы частное $\frac{a}{b}$ было действительным числом, т. е.

$$\frac{a}{b} = \frac{\bar{a}}{\bar{b}}, \text{ или } a\bar{b} = \bar{a}b. \quad (1)$$

(Критерий (1) эквивалентен: $a = kb, k \neq 0, k = \bar{k}$).

Теперь возьмем точки А(а), В(в), С(с), D(d).

Определение: векторы коллинеарны тогда и только тогда, когда точки, определяемые комплексными числами $a-b$ и $c-d$, коллинеарны с началом О. На основании (1) имеем:

$$\overrightarrow{AB} \parallel \overrightarrow{CD} \leftrightarrow (a-b)(\bar{c}-\bar{d}) = (\bar{a}-\bar{b})(c-d). \quad (2)$$

В частности, когда точки А, В, С, D принадлежат единичной окружности $z\bar{z} = 1$, то

$$\bar{a} = \frac{1}{a}, \quad \bar{b} = \frac{1}{b}, \quad \bar{c} = \frac{1}{c}, \quad \bar{d} = \frac{1}{d},$$

и поэтому условие (2) принимает следующий вид:

$$\overrightarrow{AB} \parallel \overrightarrow{CD} \leftrightarrow ab = cd.$$

Отрезки АВ и CD перпендикулярны тогда и только тогда, когда векторы точек с комплексными координатами $a-b$ и $c-d$ перпендикулярны:

$$AB \perp CD \leftrightarrow (a-b)(\bar{c}-\bar{d}) + (\bar{a}-\bar{b})(c-d) = 0.$$

Углы и площади

Углы между векторами:

$$\sin(\angle \overrightarrow{AB} \wedge \overrightarrow{CD}) = \frac{(d-c)(\bar{b}-\bar{a}) - (\bar{d}-\bar{c})(b-a)}{2i|d-c| \cdot |b-a|},$$

$$\cos(\overrightarrow{AB} \wedge \overrightarrow{CD}) = \frac{(d-c)(\bar{b}-\bar{a}) + (\bar{d}-\bar{c})(b-a)}{2|d-c| \cdot |b-a|}.$$

Формула для площади S положительно ориентированного треугольника ABC :

$$S = \frac{i}{4} (a(\bar{b}-\bar{c}) + b(\bar{c}-\bar{a}) + c(\bar{a}-\bar{b})).$$

Для площади S положительно ориентированного четырехугольника $ABCD$ имеем:

$$S = \frac{1}{4i} ((d-b)(\bar{c}-\bar{a}) - (c-a)(\bar{d}-\bar{b})).$$

Прямая и окружность на плоскости комплексных чисел

Уравнение прямой

$$az + b\bar{z} + c = 0.$$

Пусть коэффициенты a и b не обращаются в нуль одновременно. Приходим к уравнению:

$$(a\bar{a} - b\bar{b})z = b\bar{c} - \bar{a}c,$$

которое:

1. имеет единственное решение при $a\bar{a} \neq b\bar{b}$;
2. имеет бесконечное множество решений при $a\bar{a} = b\bar{b}$, $b\bar{c} = \bar{a}c$.

Отсюда получаем, что уравнение прямой определяет:

1. единственную точку при $a\bar{a} \neq b\bar{b}$;
2. прямую при $a\bar{a} = b\bar{b}$, $b\bar{c} = \bar{a}c$;
3. пустое множество при $a\bar{a} = b\bar{b}$, $b\bar{c} \neq \bar{a}c$.

Общее уравнение окружности в сопряжённых комплексных координатах.

Окружность с центром $S(s)$ и радиусом R имеет уравнение

$$(z-s)(\bar{z}-\bar{s}) = R^2, \quad (3)$$

где z – координата переменной точки окружности.

$$(z+b)(\bar{z}+a) = ab-c. \quad (4)$$

Сравнивая уравнение (1) с уравнением (2), приходим к выводу, что уравнения (3) и (2) задают окружность тогда и только тогда, когда $a = \bar{b}$ и $ab-c$ – действительное число.

Отсюда $ab-c = a\bar{a}-c$, а значит, c должно быть действительным числом.

Тогда, уравнение окружности с $s = -b$ и радиусом $R = \sqrt{b\bar{b}-c}$:

$$z\bar{z} + \bar{b}z + b\bar{z} + c = 0, c = 0, b\bar{b} > c.$$

Заключение

Многие задачи элементарной геометрии можно изящно и просто решать при помощи комплексных чисел.

Список источников

1. Скопец З. А. Геометрические миниатюры. М.: Просвещение, 1990. 224 с.
2. Волковский Л. И. Сборник задач по теории функций комплексного переменного: учебное пособие. 4-е изд., испр. М.: Физматлит, 2002. 312 с.

УДК 51-74

Конышева О. П.

Научный руководитель: Журавлев Е. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОЗДАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ФОРМ

***Аннотация.** В статье представлены аспекты применения математики в создании пространственных трехмерных форм, а именно в параметрическом проектировании.*

***Ключевые слова:** математика, параметрическое проектирование, золотое сечение, интерполяция, сплайны*

В настоящее время идеи архитектурного проектирования, полученные во взаимодействии с алгоритмами и вычислительными подходами, открывают новый взгляд на взаимодействие математики и архитектуры. Основное внимание в статье направлено на инновационные проекты параметрической архитектуры, при проектировании которых применялись знания и методы современной математики.

Сам термин «параметрическое» зародился в среде, далёкой от архитектуры, среди математиков, физиков и др. В 1839 году термин употребляли в контексте метода описания *формы кристаллов*. Так называемое «параметрическое представление» – это способ представления переменных через дополнительную величину – параметр. Например, в отличие от классического уравнения в параметрическое уравнение окружности вводится дополнительный параметр t , где x и y определяют координаты точки на окружности при изменении параметра. Параметрическими уравнениями также описываются кривые, плоскости и более сложные формы, например, поверхности двоякой кривизны.

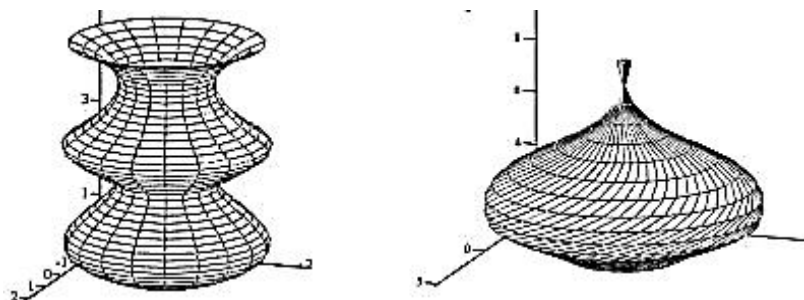
Решение проблемы разработки объектов архитектуры будущего лежит в плоскости параметрического проектирования – направления, по-

явившегося в архитектуре сравнительно недавно, но стремительно набирающего обороты. *Параметрическое проектирование* – это объемное проектирование, основанное на создании математической модели, позволяющей вносить изменения в параметры объекта и соотношения между ними, общего алгоритма, служащего базовым шаблоном для создания конкретного объекта [1]. Параметризм позволяет отображать в единой модели все происходящие в процессе проектирования изменения, касающиеся геометрии, функции и др. Каждая активная переменная побуждает систему к изменению и, таким образом, ведет к возникновению вариаций без потери общей согласованности и целостности модели.

Формирование поверхности сложной формы выполняется посредством линейных уравнений, сплайнов, алгебраических кривых, геометрической комбинаторики, обработки средствами аппроксимации, компьютерной визуализации.

Золотое сечение является неким началом параметрического мышления. Смысл параметрической архитектуры заключается в определении элементов, которые влияют на форму и создание отношений между ними, используя математические функции. С математической точки зрения, золотое сечение является очень простой записью отношения между размерами элементов здания [2].

Безграничные возможности в формообразовании доступны благодаря сплайновым линиям, узлам сплайна, посредством метода интерполяции полинома Лагранжа и Ньютона, чередующихся сплайнов (рисунок), алгебраических кривых третьей и четвертой степени.



Поверхность вращения с образующими в виде чередующихся сплайнов

Связь фракталов с архитектурой дает четкое указание на параметризацию. Фракталы представляют собой вдохновленные природой алгоритмические записи сложного языка математики. Они позволяют взаи-

моделировать простой записи геометрии и современным параметрическим элементам. Фрактальные конструкции использованы в параметрических проектах Lindenmayer System, где предложена математическая модель разнообразных природных структур. Основная идея состоит в перезаписи элементов строки и представляет собой двумерные и трехмерные фракталы, повторяющиеся модели разнообразных структур. Параметрические эксперименты скульптурной пластики нашли отражение в таких проектах, как небоскреб Sunrise Tower в Куала-Лумпуре (Малайзия, Zaha Hadid Architects), Государственный Музей Луизианы в Натчиточесе (США, Trahan Architects) и др.

Использование алгоритмов кинематического моделирования поверхностей однополостных гиперболоидов и гиперболических параболоидов с использованием операции переноса их прямолинейных образующих дает возможность выполнить расчеты для изготовления строительных конструкций. Широкое применение сетчатых оболочек еще в 70-е годы XX века архитекторами Хьюго Херинг и Фрай Отто стало примером возможности создания криволинейных форм. Успешно рекомендовали себя сетчатые оболочки и в проектах Нормана Фостера.

Вывод. На протяжении многих лет математика меняет свое влияние на архитектуру. Еще с древних времен люди научились использовать математику в качестве вдохновения для создания различных архитектурных объектов. Направление, в котором сейчас сочетаются элементы математики и архитектуры, имеют много преимуществ и дают широкий спектр возможностей. Такие возможности включают в себя достижения оптимальных форм, полное использование новых технологий и инновационных подходов к проектированию.

Список источников

1. Варчук С. Б. О приближении кривых, заданных в параметрическом виде, при помощи сплайн-кривых // Украинский математический журнал. 1983. № 3(35). С. 352-355.
2. Сапрыкина Н. А., Сапрыкин И. А. «Безбумажная» архитектура в области высокой реальности // АМИТ. 2012. №5. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezbumazhnaya-arhitektura-v-kontekste-virtualnoy-realnosti>.
3. Livio M. The Golden Ratio: The Story of Phi, The World's Most Astonishing Number / M. Livio. Broadway Books. 2002. 299 p.
4. Гоголкина О. В. Особенности формирования конструкций в параметрической архитектуре // Architecture and Modern Information Technologies. 2018. №1(42). С. 355-363 [Электронный ресурс]. URL: <http://marhi.ru/AMIT/2018/1/kvart18/25/gogolkina/index.php>.

Коптелова К. А., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ПРОБЛЕМА ЧЕТЫРЕХ КРАСОК

Аннотация. В статье рассмотрена проблема 4-х красок, возникновение гипотезы, доказательства и суть сложности задачи.

Ключевые слова: топологические поверхности, минимальный контрпример, гипотеза четырех красок, трехмерные карты, неизбежный набор

В 1852 году при раскрашивании карты Британии студент Френсис Гутри выдвинул гипотезу: что любую карту можно раскрасить четырьмя цветами, при условии, чтобы никакие две смежные области не оказались окрашенными в один и тот же цвет. Проблема возникла в том, чтобы решить, верна ли гипотеза.

Только после смерти Де Моргана в 1871 году был достигнут какой-либо прогресс в решении проблемы четырех цветов. 13 июня 1878 года на заседании Лондонского математического общества Артур Кейли заинтересовался, решена ли проблема, и вскоре после этого он написал короткую статью для Королевского географического общества, в которой он попытался простыми словами объяснить, в чем заключаются трудности.

После популяризации гипотезы с помощью статьи Кейл в истории математики было множество попыток доказать это предположение, но эти так называемые доказательства оказались ошибочными. Были приняты доказательства того, что карту можно раскрасить, используя больше цветов, чем четыре, например, шесть или пять, но доказательство того, что требуется только четыре цвета, не было успешно выполнено до 1977 года.

В 1977 году доказательство гипотезы четырех красок было наконец получено К. Аппелем и У. Хакеном и опубликовано в двух статьях. Значительную часть рутинных проверок выполнил компьютер, чему и послужило недоверие к данному доказательству среди математиков, так как данный способ нельзя было проверить вручную. Это была первая крупная математическая теорема, доказанная с помощью компьютера. Первым шагом доказательства была демонстрация того, что су-

существует определенный набор карт 1936 года, ни одна из которых не может содержать меньшую карту, которая опровергла бы теорему. Аппель и Хакен использовали специальную компьютерную программу, чтобы доказать это свойство для каждой из карт 1936 года.

В итоге было выдвинуто, что ключом к продвижению вперед в решении проблемы четырех цветов было преобразование теоремы из универсального утверждения в экзистенциальное утверждение. Вместо того, чтобы подумать: можно ли раскрасить каждую карту только четырьмя цветами, математики задались вопросом, существует ли небольшая карта, для которой требуется пять цветов. Если бы теорема о четырех цветах была неверна, существовала бы карта с наименьшим количеством областей, для которой требуется пять цветов.

Нил Робертсон, Дэниел П. Сандерс, Пол Сеймур и Робин Томас в 1996-1998 годах совместно с другими математиками нашли более эффективный метод, который также использовал компьютер, но следовал траектории, в чем-то схожей с доказательством Аппеля и Хакена. Новая группа выяснила, что существует набор из 633 так называемых конфигураций – расположение областей на карте.

В результате чего были выведены и такие понятия как *неизбежный набор* – набор конфигураций, такой, что каждая карта содержит по крайней мере одну из конфигураций из неизбежного набора; поэтому неизбежно, что каждая карта содержит расположение из неизбежного набора. И если карта содержит приводимую конфигурацию, тогда карта может быть уменьшена до карты с меньшим количеством областей, так что, если меньшая карта может быть окрашена в четыре цвета, то и большая карта может быть окрашена в четыре цвета.

Это означает, что если минимальный контрпример содержит приводимую конфигурацию, то его уменьшенная карта также не может быть окрашена четырьмя цветами. Но уменьшенная карта имеет меньше областей, чем исходная карта, поэтому должно быть, что минимальный контрпример не может содержать приводимую конфигурацию. В начале 1900-х годов американские математики переформулировали проблему четырех цветов, чтобы найти неизбежный набор приводимых конфигураций. Это докажет, что минимального контрпримера в основном доказательстве Аппеля-Хакена не существует.

На данный момент проблема четырех красок остается загадкой для математиков, что пытаются решить эту непростую задачу. В 2005 году Д. Гонтир лишь подтвердил основное доказательство теоремы о 4-х красках с помощью специализированного компьютерного обеспечения. В этом и остается главная проблема всей основной гипотезы, математического решения данной задачи на данный момент как и не было, так и нет.

Аналогичные задачи для других поверхностей оказались значительно проще. Для всех замкнутых поверхностей, кроме сферы и бутылки Клейна, необходимое число красок может быть вычислено через эйлерову характеристику «Проблема четырёх красок» по формуле, предложенной в 1890 году Перси Джоном Хивудом и окончательно доказанной на протяжении 1952-1968 годов группой математиков с наибольшим вкладом Герхарда Рингеля и Теда Янгса.

$$\rho = \frac{7 + \sqrt{49 - 24X}}{2}.$$

Для бутылки Клейна число равно 6 (а не 7, как по формуле) – это показал П. Франклин в 1934 году, а для сферы – 4.

Для односторонних поверхностей формула для решения является следующей

$$\rho = \frac{7 + \sqrt{1 - 48g}}{2}.$$

В старших размерностях разумного обобщения задачи не существует, так как легко придумать уже трехмерную карту с произвольным числом областей, которые все друг друга касаются.

Но если же мы поверхность сделаем топологической, решение заходит в тупик и не имеет заключения, что является загадкой и по сей день.

Список источников

1. <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/1062.html>.
2. <https://school-science.ru/5/7/34582>.
3. <https://samidavies.wordpress.com/2016/07/11/the-four-color-problem/>.
4. <https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/four-color-problem>.
5. <https://thomas.math.gatech.edu/FC/fourcolor.html>.

Коптелова К. А., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

СЛУЧАЙНЫЕ БЛУЖДЕНИЯ В ДИСКРЕТНОМ ВРЕМЕНИ

Аннотация. В статье рассмотрено такое явление, как случайное блуждание в дискретном времени, его происхождение, виды и применение в повседневной жизни.

Ключевые слова: случайное блуждание, броуновское движение, одномерное движение, цепь Макарова, двумерное движение

Яркий пример полезного взаимодействия, взаимного обогащения математики и других наук – теория случайных блужданий.

Случайное блуждание – математическая модель процесса случайных изменений – шагов в дискретные моменты времени. При этом предполагается, что изменение на каждом шаге не зависит от предыдущих и от времени. В силу простоты анализа эта модель часто используется в разных сферах в математике, экономике, физике, но, как правило, такая модель является существенным упрощением реального процесса.

Термин «случайное блуждание» возник для описания броуновского движения, названного по имени английского математика Роберта Броуна (1773-1855), впервые описавшего его в 1827 г. Новаторски использовавший микроскоп, Броун обнаружил явление беспорядочного движения микроскопических частиц в полостях зёрен пыльцы. Изначально надевавшийся, что он открыл «источник жизни», в результате продолжительных исследований Броун пришёл к иному выводу: природа такого движения – физическая, а не биологическая. Именно это физическое движение и было названо броуновским.

В настоящее время случайное блуждание различают на одномерное, многомерное.

Одномерное дискретное блуждание – случайный процесс с дискретным временем, имеющий вид

$$Y_n = Y_0 + \sum_{i=1}^n X_i.$$

Примером одномерного случайного блуждания является *блуждание по прямой*. Объект стоит в точке. Его шаг может быть совершен либо вперед, либо назад с равной вероятностью.

Между тем одномерное дискретное случайное блуждание является также цепью Маркова с целыми состояниями, чьё начальное распределение задаётся функцией вероятности случайной величины X_0 , а матрица переходных вероятностей представляет собой конкатенацию векторов вероятности перехода. В матрице все члены являются положительными или равны нулю, сумма членов на прямой равна 1. Степени матрицы перехода являются стохастическими матрицами.

Сама по себе *цепь Маркова* является дискретной последовательностью состояний, каждое из которых берётся из дискретного пространства состояний (конечного или бесконечного), удовлетворяющее марковскому свойству.

Представление цепей Маркова обычно реализуют в виде определенного графа, а именно графа, связанного с марковским процессом, состоящим из точек, представляющих состояния процесса конечного множества, и дуг, соответствующих возможным переходам.

Стоит отметить, что в результате разбиения цепи Маркова на классы эквивалентности, при котором все состояния класса взаимодействуют друг с другом, граф становится приводящим.

Классы эквивалентности, с помощью которых и идет разбиение цепи, являются следующими:

- переходный класс;
- рекуррентный класс (постоянный). В случае, когда состоит из одного состояния, его называют *впитывающим*.

Если разбиение на классы эквивалентности индуцирует только один рекуррентный класс, цепь Маркова называется неприводимой. Цепь Маркова имеет по крайней мере один рекуррентный класс.

Более сложным является блуждание в многомерном пространстве. При двумерном случайном блуждании на прямоугольной решетке на каждом шаге по времени осуществляется движение случайным образом равновероятно в одном из четырех возможных направлений: на север, юг, восток или запад. Движение начинается из начальной точки H , обычно совпадающей с началом координат, и заканчивается через M шагов в точке K .

Решетки могут иметь и другую форму. Например, встречаются задачи случайного блуждания на треугольной решетке. При таком блуждании на каждом шаге движение осуществляется равновероятно в одном из шести возможных направлений.

Случайное блуждание в 3 или более измерениях относится к категории переходных процессов. Огромное количество вариантов перемещения объекта на каждом шаге делает невозможным возврат в исходное положение.

Существует множество применений случайного блуждания как в математике, химии, физике, так и в экономике, IT-сферах, например как:

- в финансовой экономике, «гипотеза случайного блуждания»;
- в физике полимеров случайное блуждание описывает идеальную цепочку – простейшую модель для изучения полимеров;
- в компьютерных науках случайные блуждания используются для оценки размера сети Интернет;
- в исследованиях головного мозга, случайные блуждания используются для моделирования каскадов возбуждения нейронов;
- случайные блуждания часто используются для семпелирования массивных онлайн графов, таких как социальные сети.

С использованием случайных блужданий возможна организация траектории движения в пространстве параметров оптимизируемой целевой функции, что применяется при решении задач оптимизации. В силу простоты анализа модель применяют для существенного упрощения реального процесса в разных сферах деятельности человека.

Список источников

1. <https://book.etudes.ru/articles/randomwalk/>.
2. <https://intellect.icu/sluchajnoe-bluzhdanie-kak-primer-sluchajnykh-protsessov-2910>.
3. <http://poivs.tsput.ru/ru/Math/ProbabilityAndStatistics/ProbabilityTheory/RandomProcesses/RandomWalk>.
4. <https://teach-in.ru/file/synopsis/pdf/theory-of-random-processes-seminars-serdobolskaya-M1.pdf>.

Косарева Е. А.

Научный руководитель: Журавлёва И. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОБОЛОЧКИ

Аннотация. В данной статье мы рассмотрим виды оболочек и их преимущества в строительстве.

Ключевые слова: строительство, оболочки, виды оболочек

Тонкостенные оболочки являются одним из видов пространственных конструкций и используются в строительстве зданий и сооружений с помещениями больших площадей (ангаров, стадионов, рынков и т. п.). Тонкостенная оболочка представляет собой изогнутую поверхность, которая при минимальной толщине и соответственно минимальной массе и расходе материала обладает очень большой несущей способностью, потому что благодаря криволинейной форме действует как пространственная несущая конструкция.

Простой опыт с листом бумаги показывает, что очень тонкая изогнутая пластинка приобретает благодаря криволинейной форме большую сопротивляемость внешним силам, чем та же пластинка плоской формы. Жесткие оболочки могут возводиться над зданиями любой конфигурации в плане: прямоугольной, квадратной, круглой, овальной и т. п. Даже весьма сложные по конфигурации конструкции могут быть разделены на ряд однотипных элементов. На заводах строительных деталей создаются отдельные технологические линии для изготовления отдельных элементов конструкций. Разработанные методы монтажа позволяют возводить оболочки и купола с помощью инвентарных опорных башен или вообще без вспомогательных лесов, что существенно сокращает сроки возведения покрытий и удешевляет монтажные работы. По конструктивным схемам жесткие оболочки делятся на оболочки положительной и отрицательной кривизны, зонтичные оболочки, своды и купола. Оболочки выполняются из железобетона, армоцемента, металла, дерева, пластмасс и других материалов, хорошо воспринимающих сжимающие усилия. Оболочки имеют и еще ряд преимуществ:

- в покрытии они выполняют одновременно две функции: несущей конструкции и кровли;
- они огнестойки, что во многих случаях ставит их в более выгодное положение даже при равных экономических условиях;
- они не имеют себе равных по разнообразию и оригинальности форм в истории архитектуры;
- по сравнению с прежними сводчатыми и купольными конструкциями, во много раз превосходили их по масштабам перекрываемых пролетов. [1].

Многоволновые оболочки (волнистые) – несколько параллельных оболочек (или складок), монолитно связанных между собой общими бортовыми элементами, имеющих в продольном разрезе волнистое очертание.

Волнистые оболочки широко применяются благодаря их архитектурной выразительности и хорошим экономическим показателям. Наиболее часто применяют двухконсольные оболочки (тип «бабочка») различных геометрических форм для перекрытий ж/д платформ.

Цилиндрические оболочки состоят:

- из тонкой гладкой или ребристой плиты, изогнутой по цилиндрической поверхности, собственно оболочки;
- бортовых элементов, окаймляющих оболочку вдоль крайних образующих;
- поперечных сквозных или сплошных диафрагм, поддерживаемых колоннами или стенами.

Сборные и сборно-монолитные оболочки

При конструировании сборных оболочек возникает задача придания конструкции (после ее монтажа) высокой статической эффективности. Статическая жесткость достигается замоноличиванием отдельных узлов и стыков.

Тонкостенные сборные бетонные элементы образуют после сборки поверхность, приближающуюся к идеальной форме оболочки. При этом следует избегать сложных геометрических форм и сопряжений, повышающих трудоемкость конструкции.

В конечном счете система отдельных изолированных плит должна быть превращена в единый совместно работающий элемент пространственной конструкции – оболочку.

Стоимость сборных оболочек выше стоимости монолитных, возводимых индустриальными методами.

К конструкциям сборных и сборно-монолитных оболочек, помимо цилиндрических относят железобетонные оболочки двоякой кривизны (положительной-гауссовой и отрицательной). Они во многих случаях экономичнее цилиндрических.

Оболочки двоякой кривизны (положительной, отрицательной)

Покрытия с оболочками положительной кривизны на прямоугольном (квадратном) плане являются весьма прогрессивными конструкциями. По расходу материалов они экономичны, допускают редкое размещение опор, благодаря чему создаются благоприятные условия для эксплуатации помещений производственного и общественного назначения. Диапазон пролетов таких конструкций – от 12 до 120 м. Оболочки могут быть одиночными или многоволновыми в одном или обоих направлениях. Покрытия этого типа возводят, преимущественно, в железобетоне, реже деревянными.

К оболочкам отрицательной кривизны относятся гиперболический параболоид (гипар) и однополостной гиперболоид вращения, важнейшим свойством которых является линейчатость поверхности. Гипары получили распространение благодаря архитектурным и конструктивным особенностям форм, большой жесткости и несущей способности, хорошим экономическим и эксплуатационным качествам, возможности формообразования различных систем, используемых при проектировании объемно-пространственных композиций зданий. Такие оболочки применяют для покрытий общественных, производственных зданий, панелей стен и в малых архитектурных формах. Размеры перекрытия находятся в пределах от 10 до 70 м, достигая иногда 100 м.

Выводы:

1. из всех пространственных конструкций обычно более экономичны оболочки положительной гауссовой кривизны;
2. типовые оболочки целесообразно применять для зданий, в которых большой шаг колонн обусловлен технологическими особенностями производства. [2].

Список источников

1. Оболочки [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.ru/9_86072_obolochki.html.
2. СП 52-117-2008 Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий. Ч. 1. Методы расчета и конструирование [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200067558/titles/A960NM>.

Крылова А. С., Кулагина С. В.
Поволжский государственный технологический университет

ПО СЛЕДАМ ШЕРЛОКА ХОЛМСА. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Аннотация. *Актуальность методов решения логических задач состоит в том, что вся наша жизнь – непрерывное решение больших и маленьких логических проблем.*

Ключевые слова: *логика, методы, дедукция, индукция, таблицы, граф, круги Эйлера*

Гипотеза: использовать логическое мышление можно как средство развития умственных способностей.

Логика – это наука, изучающая законы как правильного, так и нестандартного мышления. Главной задачей логики является определение правильности рассуждений на основе известных данных, чтобы прийти к заключению истины.

Основоположителем логики, как науки, является Аристотель (др.-греч. Ἀριστοτέλης) (384 до н. э., Стагир – 322 до н. э., Халкидики) – древнегреческий философ и ученый. Именно он впервые разработал теорию дедукции, т. е. теорию логического вывода и сам стиль научного мышления.

Основателем математической логики считают Готфрида Вильгельма Лейбница – немецкого математика и философа. Он сформулировал основу исчислений высказываний и предположил, что можно найти специальные методы решения логических задач.

Логические задачи в математике составляют огромный класс нестандартных задач, которые нужно решать путём рассуждений, при этом часть условий задачи может быть ложной.

Основные методы решения логических задач

1. метод таблиц. Суть метода состоит в том, что условия задачи и полученные результаты записываются в виде таблицы. Если выводы ложны, то ставится знак «-», если истинны, то «+».

2. метод рассуждения. Самый примитивный способ решения простых логических задач – метод рассуждения. Его суть заключается в последовательных рассуждениях с использованием всех известных

условий задачи. Таким образом, мы постепенно приходим к выводу, который и будет являться ответом задачи.

3. метод алгебры высказываний. Алгебра высказываний изучает способы построения и закономерности высказываний. Но её цель – оценка истинности. Именно это и является определяющим свойством высказывания. Оно не может быть одновременно и истинным, и ложным.

4. метод графов. Граф – это схема, в которой вершинами являются объекты, а связь между ними представляются в виде линий со стрелочками.

5. метод математического бильярда. Метод идет от основ игры в бильярд. Тут решаются сразу несколько вопросов: куда катится шар, какова его траектория и угол удара. Из-за поисков ответов на эти вопросы и появился метод математического бильярда или теория траекторий. Таким методом можно решать задачи на взвешивание и переливание жидкостей.

6. метод кругов Эйлера. Круги Эйлера – задачи на пересечение или объединение множеств. Это новый тип задач, в которых требуется найти некоторое пересечение множеств или их объединение, соблюдая условия задачи. Такой метод значительно упрощает рассуждения при решении некоторых задач.

Дедукция – это рассуждение, при котором имеющиеся посылки (утверждения) становятся основой для вывода заключения.

На заметку: Шерлок Холмс не использовал только дедуктивный метод. В большинстве случаев он строил свои выводы, используя модель индуктивных рассуждений.

Дедуктивный метод Шерлока Холмса состоит из двух частей:

1. на основе всех фактов и уликов строится полная картина преступления;
2. отталкиваясь от полученной картины преступления, разыскивается единственно соответствующий ей обвиняемый.

При составлении картины преступления Шерлок использует логику, которая позволяет по малозначимым деталям восстановить картину так, как если бы он видел происшествие своими глазами. Ключевые моменты метода – наблюдательность и экспертные знания во многих областях науки, которые часто относятся к криминалистике.

Почему метод Холмса называется дедуктивным? Ведь дедукция – это умозаключение от общего к частному. В то время как Холмс в нашем понимании занимается чем-то вроде бы противоположным, а именно от грязи на ботинках, пепла сигар и т. д. восходит к общим умозаключениям о ситуации. То есть имеет место скорее индукция, чем дедукция. На са-

мом деле никакого противоречия нет. Индукция и дедукция – это взаимосвязанные, дополняющие друг друга методы умозаключения.

Другими словами, дедуктивный метод Шерлока Холмса – это исторический метод.

В заключение хочу процитировать слова гениального сыщика Шерлока Холмса: «Всякая жизнь – это огромная цепь причин и следствий, и природу ее мы можем познать по одному звену. Искусство делать выводы и анализировать, как и все прочие искусства, постигается долгим и кропотливым трудом. Но жизнь слишком коротка, и поэтому ни один смертный не сможет достичь полного совершенства в данной области...».

Список источников

1. Олехник С. Н., Нестеренко Ю. В., Потапов М. К. Старинные занимательные задачи. М.: Дрофа, 2006. 173 с.

УДК 519.2

Куклин Д. А., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ОШИБКА ВЫЖИВШЕГО

***Аннотация.** Представлено описание ошибки выжившего, то, как она влияет и искажает восприятие человека.*

***Ключевые слова:** ошибка выжившего, парадокс доступности информации*

Ложные выводы, построенные только на известных фактах, называют ошибкой выжившего. Она не имеет ничего общего с советами, как выживать в тех или иных условиях. Такое заблуждение возникает тогда, когда учитывается очевидное, но пренебрегается неизвестным. Мозг человека устроен таким образом, что в условиях избытка информации или ее недостатка, а также при необходимости принимать быстрые решения реагирует на задачи наиболее энергоемким образом. То есть систематическая ошибка выжившего не связана с интеллектом и эрудицией, это побочный эффект психических процессов.

Ошибка выжившего – это распространенное когнитивное искажение, в основе которого лежит непонимание причины и следствия. Человек находит закономерность в наборе данных, но не учитывает вероятность простого совпадения. Например, то, что некоторые основатели

известных компаний бросили учебу в университете и стали успешны, является совпадением, поскольку не обязательно этот факт привел их к такому результату.

Хрестоматийным примером «ошибки выжившего» является открытие математика Абрахама Вальда во время Второй мировой войны.

Американские военные решили выяснить, как уменьшить потери авиации. Покрыть весь самолет броней было невозможно, поскольку он стал бы тяжелым. Поэтому военным предстояло определить, какие части техники нужно защитить в первую очередь. Специальная комиссия проанализировала пробойны на вернувшихся с рейдов самолетов и решила, что покрыть броней нужно крылья, так как по статистическим данным они получили большее количество повреждений.

Венгерский математик Абрахам Вальд не согласился с таким выводом. Он был уверен, что, поскольку исследуемые самолеты смогли вернуться, их поврежденные части являются сильными местами. Он настаивал на бронировании двигателя, где повреждений не было вообще. Вальд был уверен, что из-за отсутствия пробойн в двигателе эти самолеты смогли прилететь на базу. То есть математик учитывал не только успешный опыт «выживших», вернувшихся самолетов, но и неудачный, который оставался для исследовательской группы скрытым. Такое когнитивное искажение в теории Абрахама Вальда получило термин «ошибки выжившего».

Если где-то произошло крушение самолета или врачи совершили ошибку, которая привела к летальному исходу, то в СМИ появляется статья об этом. Хотя, по статистике, большинство самолетов успешно приземляется, а врачи чаще совершают правильные действия, инфоповодами становятся в основном негативные сюжеты. Из-за такого перекоса у некоторых людей складывается впечатление, что летать опасно, а все врачи некомпетентны.

Убеждение в том, что дельфины спасают людей, – еще один пример «ошибки выжившего». Известны случаи, когда они действительно помогали тонущим добраться до берега. Такие истории попадают в СМИ и создают впечатление, что дельфины – спасатели. На самом деле эти млекопитающие могут проявлять агрессивное поведение по отношению к людям, наносить серьезные травмы и даже топить. Те, кому повезло, рассказывают о чудесном спасении, а те, кто стал жертвой дельфинов, по очевидным причинам не расскажут ничего.

«Ошибка выжившего» обнаруживается и в медицинских исследованиях. Например, когда ученые определяют показатели выживаемости для какого-либо заболевания, в статистику попадают только те пациенты, которым успели поставить диагноз. Те пациенты, которые умирают

до постановки диагноза, не попадают в выборку. Это приводит к искажению реальных результатов.

Яркий пример «ошибки выжившего» – культ историй успеха. Многие черпают вдохновение из рассказов о предпринимателях-миллиардерах и при этом неверно понимают причины и следствие. Например: «Стив Джобс бросил колледж и стал миллионером. Значит, секрет успеха – это уйти из университета и посвятить все время своей идее». На деле это не работает, и миллиардеры без высшего образования встречаются реже, чем кажется: из 362 самых богатых людей Америки только 12,2% бросили университет.

Те, кто стремится повторить историю успеха компании или конкретного человека, часто игнорируют роль времени, удачи, связей и социально-экономического фона. Многие из известных предпринимателей добились успеха, несмотря на свой необычный выбор, а не благодаря ему.

Систематическая ошибка выжившего нередко влекла за собой серьезные последствия, включая аварии на крупных производствах. Чтобы не стать жертвой заблуждений, нужно прежде всего спросить себя, каких фактов не хватает. Сначала постарайтесь определить, субъективное ли мнение перед вами или конкретный факт. Найдите данные, которые могут подтвердить это суждение. Чем больше источников – тем лучше. Используйте системный подход, не пренебрегайте деталями. Обратите внимание на другие точки зрения касательно этой проблемы. Поищите статистику неудачных случаев или проанализируйте, не стал ли этот успех случайным.

Не повторяйте рекомендации «выживших». Разузнайте больше о неудачном опыте. Разбирая поражения других, вы сможете понять, чего делать не стоит и как избежать неудачи.

Парадокс доступности информации – когнитивная ошибка, приводящая к асимметрии при принятии решений. Однако в отличие от ошибки выжившего, в данном случае к ложным выводам приводят внешние причины.

Парадокс доступности информации заключается в том, что мы склонны считать гораздо более вероятным то событие, о котором есть больше информации или сведения, о котором более доступны.

Классическим примером использования данного парадокса является манипулирование общественным мнением через СМИ. Чем чаще встречается информация об оценке того или иного события, тем более «правдоподобной» эта оценка кажется. Так, например, исследования показывают, что большинство людей считает, что количество убийств больше, чем самоубийств. На самом деле статистика утверждает, что самоубийства встречаются в два раза чаще, однако, слышим мы о них гораздо реже.

Список источников

1. Хабр [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/443790/>.
2. Форбс [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forbes.ru/forbeslife/458689-osibka-vyzivsego-kak-ne-stat-zertvoj-vyvodov-zabluzdenij>.
3. РБК [Электронный ресурс]. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/social/614b1ae49a794765f427679c>.

УДК 51-7

Ляшко Д. В.

Научный руководитель: Журавлёва И. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФНП В 3D-МОДЕЛИРОВАНИИ

Аннотация. В статье рассмотрено использование ФНП в 3D-графике.

Ключевые слова: 3D-графика, ФНП

Высшая математика охватывает множество продвинутых тем, которые имеют применение в программировании. Одним из примеров использования ФНП в программировании является создание 3D-графики. Далее рассмотрим пример их использования в программировании.

Трёхмерная геометрия человеческого лица требуется для 3D-распознавания лиц, имитации хирургии лица, анимации лица и т. д. Задача при разработке модели лица состоит в том, чтобы ее можно было эффективно использовать для конкретной цели, для которой создается геометрия.

Поверхности, основанные на ДУ в частных производных (PDE), недавно стали мощным инструментом для моделирования геометрических форм. Используя эту методологию, поверхность генерируется как решение PDE с использованием набора граничных условий. В геометрическом проектировании принято определять кривые и поверхности с помощью параметрического представления. Так, поверхности определяются в терминах двух параметров U и V таким образом, что любая точка на поверхности X задается выражением вида: $X = X(u, v)$.

По вышеприведенной формулировке поверхность PDE – это параметрический участок поверхности $X(u, v)$, определяемый как функция

двух параметров u и v на конечной области $\Omega \in R^2$. Эта поверхность $X(u, v)$ рассматривается как решение PDE вида,

$$\frac{\partial^4 X}{\partial u^4} + 2 \frac{\partial^4 X}{\partial u^2 \partial v^2} + \frac{\partial^4 X}{\partial v^4} = 0. \quad (1)$$

Уравнение представляет собой эллиптическую PDE четвертого порядка, основанную на уравнении Лапласа. Для решения уравнения необходимы четыре граничных условия, которые мы принимаем в форме пространственных кривых. Для адаптивного использования в программировании мы используем аналитическую схему решения. Мы предполагаем периодичность в решении, так что Ω принимается за конечную область, определенную как $\{ \Omega \leq u \leq 10; 0 \leq v \leq 20\pi \}$ такую, что $X(0, v) = P_0(v)$, $X(s, v) = P_s(v)$, $X(t, v) = P_t(v)$, $X(1, v) = P_1(v)$, где $P_0(v)$ и $P_1(v)$ определяют края поверхности при $u = 0$ и $u = 1$ соответственно. Условия $P_s(v)$ и $P_t(v)$ определяют некоторые промежуточные положения в данных, которые необходимо аппроксимировать. При такой формулировке аналитическое решение уравнения может быть записано в виде $X(u, v) = X(u) * \cos(nv) + X(u) * \sin(nv) + R(u, v)$, где n – целое число. Форма $X(u)$ при соблюдении общих граничных условий имеет вид

$$X(u, v) = c_1 e^{nu} + c_2 u e^{nu} + c_3 e^{-nu} + c_4 u e^{-nu}.$$

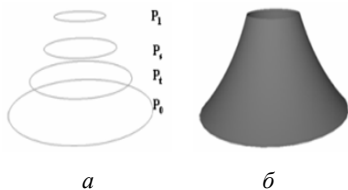


Рис. 1

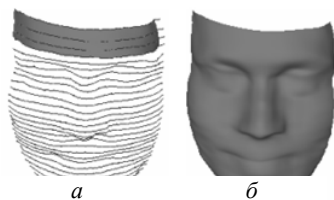


Рис. 2

В качестве примера рассмотрим кривые, которые определяют необходимые условия для решения PDE, заданного уравнением (1). На рис. 1б показана форма участка поверхности, полученного в результате решения уравнения (1) с учетом условий, показанных на рис. 1а. Полученная поверхность, показанная на рис. 1б, содержит все кривые, показанные на рис. 1а, так как PDE обеспечивает плавную интерполяцию граничных кривых.

Подход основан на рассмотрении человеческого лица как набора участков поверхностей (сегментов), каждый из которых определяется в терминах 4 кривых в трехмерном пространстве. Эти кривые затем служат нам в качестве граничных условий для решения уравнения (1). Рис. 2 иллюстрирует подход к определению граничных условий для решения уравнения (1) с целью создания трех-

мерной поверхности лица человека. Около 28 кривых поперечного сечения по всему лицу является достаточным количеством для создания поверхности лица. После определения соответствующего количества кривых для каждого двух соседних участков поверхности (например, между лбом и глазами) берутся серии кривых, которые образуют необходимые граничные условия для генерации гладкой поверхности, соответствующей лицу.

В рамках представленной здесь работы была разработана стандартная программная платформа, основанная на Visual C++ в сочетании с OpenGL, что обеспечило стандартный пользовательский интерфейс. Он позволяет пользователю взаимодействовать с системой и выделять определенные черты лица. Используя этот интерактивный интерфейс, мы нормализуем

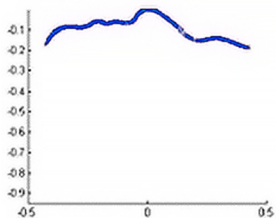


Рис. 4

и выравниваем данные в декартовых координатах и определяем ряд плоскостей, которые параллельны профилю симметрии, проходящему через кончик носа лица. Таким образом, с помощью этой техники из данных о лице автоматически извлекается порядок профильных кривых. На рис. 3 показан профиль симметрии сканированного изображения с более чем 300 точками кривой. Плотность изображения лица варьируется от 12 000 вершин до 51 000 вершин, поэтому размер файла данных скан моделей варьируется от 700 КБ до 1,5 МБ. На рис. 4 показаны различные сканы лица с различной плотностью а, б и в, а на рисунке 4 г, д, е, – соответствующие реконструированные лица PDE.

Этот пример наглядно показывает подход к моделированию геометрии на основе PDE, который может быть использован для эффективного представления и генерации геометрии человеческих лиц. Для реконструкции заданного набора данных о лице требуется минимум входных данных, а это значит, мы можем достичь значительной экономии размера файлов 3D геометрии, сохраняя точность геометрии. PDE-представление геометрии лица обеспечивает гибкость в уровне точности геометрии, связанной с конкретным применением.

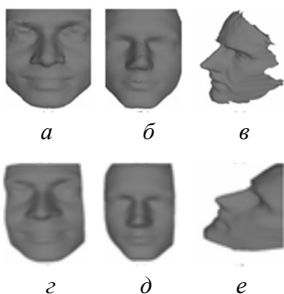


Рис. 3

Список источников

1. OSMAN, Abdusslam. (2014). 3D modelling using partial differential equations (PDEs). Doctoral, Sheffield Hallam University (United Kingdom). URL: https://www.researchgate.net/publication/332028754_3D_modelling_using_partial_differential_equations_PDEs.
2. Sheng Y., Sourin A., Castro G. G., Ugail H. A PDE method for patchwise approximation of large polygon meshes. Vis. Comput. 2010, 26, 975–984. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00371-010-0456-8>.
3. Wang S. B., Xiang N., Xia, Y., You L. H., Zhang J. J. Real-time surface manipulation with C1 continuity through simple and efficient physics-based deformations. Vis. Comput. 2021, 37, 2741-2753. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00371-021-02169-4>.
4. Chaudhry E., Bian S. J., Ugail H., Jin X., You L. H., Zhang J. J. Dynamic skin deformation using finite difference solutions for character animation. Comput. Graph. 2015, 46, 294-305. URL: http://eprints.bournemouth.ac.uk/22753/1/SMI_DynamicSkinDeformation_1.pdf.

УДК 539.376

Макарова П. П.

Научный руководитель: Журавлев Е. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

МЕТОД ВЕРОЯТНОСТНОГО РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Рассмотрен специальный раздел математики, целью которого является выявление и изучение закономерностей, которые происходят в случайных явлениях – теорию вероятностей в строительстве.

Ключевые слова: теория вероятности, строительство, нагрузки, несущая способность

Математика сегодня применяется в науке, технике, архитектуре, строительстве и т. д. Для доказательства необходимости использования математики в строительстве рассматриваем использование математических аксиом и формул именно с точки зрения нужд строительного дела.

Безусловно, строительные задачи могут отличаться по степени сложности расчетов. Прочностные расчеты, определяющие степень выносливости несущих конструкций, относятся к сложнейшим вычислениям. Также при проектировании строительных конструкций представ-

ляется весьма важным установить соответствие расчетной модели действительной работе конструкций в эксплуатации и правильно учитывать изменчивость случайных факторов.

Целью работы является рассмотрение специального раздела математики, выявление и изучение закономерностей, которые происходят в случайных явлениях – теорию вероятностей в строительстве.

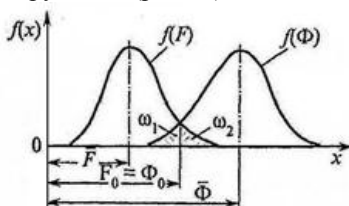
Расчет строительных конструкций обычно начинают с анализа структурной схемы сооружения, распределений несущей способности и внешних воздействий. Отсутствие отказов характеризуем тем, что усилия от нагрузок F не превышают несущую способность Φ , т. е.

$$\Phi - F \geq 0; \Phi/F \geq 1. \quad (1)$$

В силу случайной природы прочности и нагрузок условие (1) не может быть выполнено абсолютно точно; оно соблюдается с некоторой вероятностью, достаточно близкой к единице, в течение срока службы сооружения. По мере развития теории надежности предлагались различные методы расчета надежности строительных конструкций. Рассмотрим один из них.

Метод Н. С. Стрелецкого. Им впервые исследовались совместно вероятностные распределения нагрузки и несущей способности.

Пусть кривая распределения прочности характеризуется математическим ожиданием $\bar{\Phi}$ и среднеквадратичным отклонением $\hat{\Phi}$, а кривая распределения усилия от нагрузки – соответственное $\bar{F}$ и $\hat{F}$. Эти кривые пересекаются в одной точке, соответствующей несущей способности Φ_0 и усилию от нагрузки F_0 (рис. 1.)



К определению «гарантии неразрушимости»

Значения $\Phi_0 = F_q$ зависят от общего коэффициента запаса и могут быть приняты за расчетные. Для оценки безопасной работы конструкции Н. С. Стрелецкий ввел понятие «гарантия неразрушимости» и дал простой способ ее определения:

$$\Gamma = 1 - \omega_1 \omega_2, \quad (2)$$

где Γ – гарантия неразрушимости (вероятность безотказной работы);

ω_1 – вероятность того, что прочность конструкции получит заниженные значения $\Phi < \Phi_0$; ω_2 – вероятность того, что нагрузка получит завышенное значение, т. е. $F > F_0$;

$\omega_1\omega_2$ – вероятность одновременного появления этих событий (вероятность отказа).

В такой трактовке отказ происходит при одновременном появлении двух событий: снижения несущей способности ниже расчетной и превышения нагрузками расчетной величины.

Вычисляем вероятности ω_1 и ω_2 , если известны законы распределения нагрузки и несущей способности. Они равны площадям криволинейных треугольников, заключенных между осью абсцисс и отрезками кривых в диапазоне от $-\infty$ до Φ_0 для распределения несущей способности и от F_0 до $+\infty$ для распределения нагрузок:

$$\omega_1 = \int_{-\infty}^{\Phi_0} f(\Phi) d\Phi, \quad \omega_2 = \int_{F_0}^{\infty} f(F) dF. \quad (3)$$

На практике для вычисления ω_1 и ω_2 используем таблицы интеграла вероятностей.

Однако гарантия неразрушимости служит примерной и завышенной оценкой вероятности безотказной работы, так как не учитывает все возможные сочетания нагрузок и несущей способности. Впоследствии была дана двусторонняя оценка для вероятности отказа $Q=1-I$:

$$\omega_1\omega_2 < Q < \omega_1 + \omega_2 - \omega_1\omega_2, \quad (4)$$

если обе кривые распределения имеют по одному максимуму.

Пример расчета по методу Н. С. Стрелецкого:

Оценить вероятность отказа изгибаемой балки при следующих исходных данных: $\bar{\Phi} = 280$ кНм, $\hat{\Phi} = 20$ кНм, $\bar{F} = 180$ кНм, $F = 20$ кНм. Пересечение двух распределений находится в точке $\Phi_0 = F_0 = 240$ кНм; распределения Φ и F нормальные.

Вычисляем вероятности ω_1 и ω_2 , используя функции Лапласа:

$$U_{\Phi} = \frac{\bar{\Phi} - \Phi_0}{\hat{\Phi}} = \frac{280 - 240}{20} = 2, \quad U_F = \frac{F_0 - \bar{F}}{\hat{F}} = \frac{240 - 180}{20} = 3.$$

Зная U_{Φ} и U_F , по таблицам интеграла вероятностей находим, что

$$\omega_1 = 0,0228.$$

$$\omega_2 = 0,00135.$$

Двусторонние оценки вероятности отказа

$$\omega_1\omega_2 = 0,0228 \times 0,00135 = 0,00003,$$

$$\omega_1 + \omega_2 - \omega_1\omega_2 = 0,0228 + 0,00135 - 0,00003 = 0,02412.$$

Получаем:

$$0,00003 < Q < 0,02412.$$

Вычисляем по формуле (2) и получаем двусторонние оценки для гарантии неразрушимости:

$$0,97588 < \Gamma < 0,99997.$$

Вывод. Как видим, математика очень эффективно решает задачи, связанные с расчетом строительных конструкций. Вероятностный подход к расчету надежности и долговечности конструкций зданий и сооружений позволяет строителю учесть случайный характер свойств конструктивного элемента и воздействующих на конструктивный элемент факторов.

Список источников

1. Саматов Н. М. Строительная математика. М.: Высшая школа, 1975. 451 с.
2. Шведов А. С. Теория вероятностей и математическая статистика: промежуточный уровень: учеб. пособие; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2016. 280 с.
3. Чирков В. П. Прикладные методы теории надёжности в расчётах строительных конструкций. учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта. М.: Маршрут, 2006. 618 с.

УДК 511.11

Масленников П. Н., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА И ТРИГОНОМЕТРИЯ

Аннотация. В статье предоставлены методы решения некоторых тригонометрических уравнений.

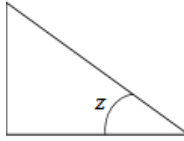
Ключевые слова: комплексные числа, тригонометрия

Комплексное число – это выражение вида $a + bi$, где a, b – действительные числа, а i – так называемая мнимая единица, символ, квадрат которого равен -1 , то есть $i^2 = -1$. Число a называется действительной частью, а число b – мнимой частью комплексного числа $z = a + bi$. Если $b = 0$, то вместо $a + 0i$ пишут просто a . Видно, что действительные числа – это частный случай комплексных чисел.

Тригонометрия – математическая дисциплина, изучающая зависимости между углами и сторонами треугольников и тригонометрические функции.

В действительных числах не существует треугольника, у которого синус или косинус угла был бы больше 1, но во мнимых числах мы можем найти такой угол.

Пример:



$$\cos(z)=2.$$

Для решения такого уравнения потребуется формула Эйлера:

$$e^{iz} = \cos z + i \sin z. \quad (1)$$

Из (1) справедливо равенство:

$$e^{-iz} = \cos z - i \sin z. \quad (2)$$

Выражаем косинус и синус путём сложения и вычитания соответственно из (1) и (2):

$$\cos z = \frac{e^{iz} + e^{-iz}}{2}. \quad (3)$$

Для дальнейшего решения нам потребуется логарифм от комплексного числа z , из которого выразим z и воспользуемся формулой Эйлера:

$$\ln z = a + bi \rightarrow z = e^{a+bi} = e^a \cdot e^{bi} = e^a (\cos b + i \sin b). \quad (4)$$

Из равенства (4) найдём модуль комплексного числа z и его аргумент:

$$|z| = e^a, \quad (5)$$

$$\text{Arg}(z) = b.$$

Выразим a из равенства (5) и подставим в равенство (4):

$$\ln z = \ln |z| + i \text{Arg}(z). \quad (6)$$

Теперь, пользуясь формулой (3), решим пример:

$$\cos z = 2 \leftrightarrow \frac{e^{iz} + e^{-iz}}{2} = 2.$$

$$e^{iz} + e^{-iz} = 4.$$

$$\frac{e^{2iz} + 1}{e^{iz}} = 4.$$

$$e^{2iz} - 4e^{iz} + 1 = 0.$$

$$e^{iz} = \frac{4 \pm \sqrt{4^2 - 4 \cdot 1 \cdot 1}}{2} \rightarrow e^{iz} = 2 \pm \sqrt{3}.$$

$$iz = \ln(2 \pm \sqrt{3}) = \ln|2 \pm \sqrt{3}| + i \text{Arg}(2 \pm \sqrt{3}). \quad (\text{из равенства (6)})$$

$$\text{Arg}(2 \pm \sqrt{3}) = 0 + 2\pi k \quad (k \in \mathbb{Z}).$$

$$iz = \ln|2 \pm \sqrt{3}| + i \cdot 2\pi k.$$

$$z = 2\pi k - i \cdot \ln|2 \pm \sqrt{3}|.$$

Список источников

1. Hmath [Электронный ресурс]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=CfTLXeU4_Pc.
2. Элементы [Электронный ресурс]. URL: https://elementy.ru/posters/fractals/complex_numbers.
3. Энциклопедия Кругосвет Универсальная научно-популярная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: <https://www.krugosvet.ru/enc/matematika/trigonometriya>.

УДК 621.736

Николаева Е. Е., Кулагина С. В.

Поволожский государственный технологический университет

МЕТОДЫ ХУКА – ДЖИВСА

Аннотация. *Представлено описание решения уравнений методом Хука-Дживса.*

Ключевые слова: *метод Хука-Дживса, математика, учебная деятельность*

Метод Хука – Дживса (англ. Hooke – Jeeves, Pattern search), также известный как метод конфигураций – как и алгоритм Нелдера – Мида, служит для поиска безусловного локального экстремума функции и относится к прямым методам, то есть опирается непосредственно на значения функции. Алгоритм делится на две фазы: исследующий поиск и поиск по образцу.

На начальном этапе задаётся стартовая точка (обозначим её 1) и шаги h_i по координатам. Затем замораживаем значения всех координат, кроме 1-й, вычисляем значения функции в точках x_0+h_0 и x_0-h_0 (где x_0 – первая координата точки, а h_0 – соответственно значение шага по этой координате) и переходим в точку с наименьшим значением функции. В этой точке замораживаем значения всех координат кроме 2-й, вычисляем значения функции в точках x_1+h_1 и x_1-h_1 , переходим в точку с наименьшим значением функции и т. д. для всех координат. В случае, если для какой-нибудь координаты значение в исходной точке меньше, чем значения для обоих направлений шага, то шаг по этой координате уменьшается. Когда шаги по всем координатам h_i станут меньше соответствующих значений e_i , алгоритм завершается, и точка 1 признаётся точкой минимума.

Иллюстрация первого этапа для двух координат (рис. 1):

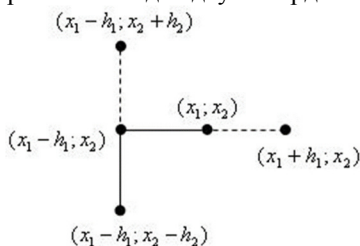


Рис. 1

Таким образом, проведя исследующий поиск по всем координатам, мы получим новую точку с наименьшим значением функции в окрестности (обозначим её 2). Теперь можно осуществлять переход ко 2 фазе алгоритма.

На этапе поиска по образцу откладывается точка 3 в направлении от 1 к 2 на том же расстоянии. Её координаты получаются по формуле

$$\overline{x_3} = \overline{x_1} + \lambda(\overline{x_2} - \overline{x_1}),$$

где x_i – точка с номером i , λ – параметр алгоритма, обычно выбирающийся равным 2. Затем в новой точке 3 проводится исследующий поиск, как на 1 фазе алгоритма, за исключением того, что шаг на этой фазе не уменьшается. Если на этой фазе в результате исследующего поиска удалось получить точку 4, отличную от точки 3, то точку 2 переобозначим на 1, а 4 на 2 и повторим поиск по образцу. В случае если не удаётся найти точку 4, отличную от точки 3, то точку 2 переобозначим на точку 1 и повторим 1-ю фазу алгоритма – исследующий поиск.

Иллюстрация второго этапа для двух координат (рис. 2):

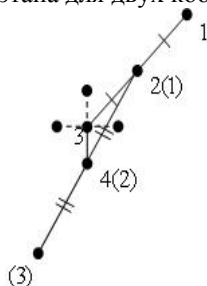


Рис. 2

В скобках отмечены имена точек после переобозначения. На иллюстрации хорошо заметно, как алгоритм корректирует своё направление в зависимости от найденных значений функции.

Из примера следует, что метод Хука – Дживса характеризуется несложной стратегией поиска, относительной простотой вычислений и невысоким уровнем требований к объему памяти ЭВМ, который оказывается даже ниже, чем в случае использования метода поиска по симплексу. Благодаря этому алгоритм Хука – Дживса находит широкое применение во всех областях инженерной практики; особенно эффективны его варианты с использованием штрафных функций. Однако необходимо отметить, что основанный на циклическом движении по координатам алгоритм в ряде случаев может заканчивать работу преждевременно, а при наличии значительных нелинейных эффектов выражается в последовательность исследующих поисков без перехода к ускоряющемуся поиску по образцу.

Список источников

1. Банди Б. Методы оптимизации. пер. с англ. О. В. Шихеевой; под ред. В. А. Волинского. М.: Радио и связь, 1988. 127 с.

УДК 51-7

Ожиганов А. А.

Научный руководитель: Журавлева И. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СТРОИТЕЛЬСТВО ДЕРЕВЯННОГО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ

***Аннотация.** Проектирование моста представляет собой творческий процесс, результаты которого зависят не только от уровня профессиональной подготовки инженера, но и от его индивидуальных вкусов, а также общей культуры.*

***Ключевые слова:** проектирование, мост, расчеты, конструкции, опоры, пролеты, нагрузка*

Деревянный мост – это конструкция, которая состоит из элементов на основе древесины. Такие сооружения традиционно использовались для переправ, когда технологии только начинали свое развитие. Сове-

менные мосты из этого материала набирают популярность благодаря своей легкости и экологичности.

Древесина является одним из первых типов сырья для строительства. Ее начали использовать много столетий назад для сооружения домов и архитектурных объектов. Среди преимуществ материала – его гибкость, способность выдерживать значительные нагрузки, небольшой вес, простота в обработке и доступность сырья для изготовления. Конечно, деревянные конструкции далеко не всегда будут подходящим решением, особенно в условиях большого города. Но если речь идет о небольших переправах с редким движением – такие мосты станут прекрасным выбором. Дешевизна материала и его безопасность для окружающей среды являются важным фактором для возрождения деревянного мостостроения. [1].

На сегодняшний день все проектные работы по сооружению мостов, как правило, выполняют в 2 этапа. На первом этапе разрабатывают технико-экономическое обоснование необходимости и целесообразности строительства моста с выбором варианта сооружения. На втором этапе по выбранному варианту составляют детальный технический проект и рабочие чертежи в количестве, обеспечивающем надлежащее изготовление всех частей конструкции.

Процесс проектирования требует поэтапного разрешения ряда частных задач, каждая из которых по своему характеру не может быть решена однозначно. Поэтому проектирование моста представляет собой творческий процесс, результаты которого зависят не только от уровня профессиональной подготовки инженера, но и от его индивидуальных вкусов, а также общей культуры.

Деревянные мосты представлены следующими основными видами.

1. Мост с самонесущей проездной поверхностью. У такого деревянного моста имеются балки, которые размещены под его настилом. Это позволяет защитить основание от осадков и воздействия окружающей среды. Дополняет подобную конструкцию наклонное покрытие со специальной мембраной или металлом. Деревянные мосты крытого типа обычно представляют собой ферменные сооружения, где проезжая часть поддерживается нижней стрелой фермы, а крыша – верхней стрелой. Такие конструкции особенно подходят для легкового транспорта и могут иметь пролеты до 100 метров.

2. Деревянные композитные мосты представляют собой новую строительную технологию. В них деревянные балки и бетонные настилы соединяются специальными «клеящими» материалами, образуя функциональную конструкцию. Основной тип – это плоская панель, в

которой продольные планки или ламинированные балки перфорированы стальными поперечными связями для создания единой однородной панели. Сооружения обладают большой несущей способностью. Несущая конструкция арочных мостов – это клееный брус в виде арки. Пролет сооружений может достигать 100 метров. Деревянные арочные мосты являются визуально привлекательным типом для длинных пролетов (более 25 м), а благодаря своим хорошим несущим свойствам эффективно служат в качестве опор для надстроек.

3. Особенность коробчато-балочных деревянных мостов – наличие полых балок, выполненных в виде короба. Элементы склеены между собой и образуют внутри полость, в которой можно разместить дополнительные детали и инженерные коммуникации. [2].

Расчёт строительства моста ведётся по методу предельных состояний. Предельное состояние – это такое состояние, когда сооружение или его основание под влиянием силовых воздействий перестаёт удовлетворять условиям эксплуатации или затрудняется его эксплуатация. Существует две группы предельных состояний:

1. предельное состояние, при котором эксплуатация сооружения должна быть прекращена. Соответствующие этой группе расчёты деревянного моста:

- расчёт на прочность (σ , τ , M , N , Q) – расчёт на однократное воздействие нагрузки;
- расчёт на общую устойчивость формы;
- расчёт на местную устойчивость формы;
- расчёт на устойчивость положения конструкции – против опрокидывания или сдвига.

2. предельное состояние, при котором эксплуатация возможна, но с ограничениями (скорости, веса и др.). К ней относят (для деревянных мостов) расчёты по величине продольного прогиба.

Определение усилий и моментов.

При расчёте конструкций деревянных мостов допускаются:

- усилия в элементах и соединениях определять, предполагая упругую работу материала;
- пространственную конструкцию расчленять на отдельные плоские системы и рассчитывать их на прочность без учёта податливости элементов;
- узловые соединения элементов сквозных конструкций принимать при расчётах шарнирные;
- не учитывать напряжения и деформации от изменения температуры, а также возникающие при усушке и разбухании древесины;

– считать, что укосины, диагональные связи и раскосы не участвуют в восприятии вертикальных усилий, передаваемых насадками на стойки.

Расчет опоры на устойчивость против опрокидывания выполняется отдельно на нагрузки, действующие поперек и вдоль оси моста.

Проверку опоры на устойчивость против опрокидывания в поперечном направлении производят на воздействие ветровых нагрузок и горизонтальной нагрузки от ударов подвижного состава, которые совместно не учитывают.

Расчет на устойчивость выполняют для двух случаев загрузки: с поездом на мосту и без него. Подвижную временную вертикальную нагрузку принимают как порожний подвижной состав, воздействие от которого определяют в соответствии с нормами. [3].

Список источников

1. Проектирование деревянных и железобетонных мостов: учеб. для вузов; под ред. А. А. Петропавловского. М.: Транспорт, 1978. 359 с.
2. Гибшман Е. Е. Проектирование деревянных мостов: учеб. для вузов. М.: Транспорт, 1976. 272 с.
3. Топеха А. А. Расчет деревянных балочных железнодорожных мостов: учеб. пособие. Хабаровск: изд-во ДВГУПС, 2004. 100 с.

УДК 514.12

Пакеев Д. А., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ТРИ ЗНАМЕНИТЫЕ КЛАССИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ДРЕВНОСТИ

Аннотация. Данная статья повествует о трех классических задачах древности. В основном, задачи затрагивают разделы планиметрии и стереометрии евклидовой геометрии. Три задачи, решение которых ищут до сих пор. Возможные решения предложены в статье.

Ключевые слова: задачи древности, знаменитые задачи, геометрические задачи, математика, геометрия

Задача о квадратуре круга

Задача квадратуры круга заключается в том, чтобы построить квадрат, площадь которого равна площади данного круга, используя только циркуль и линейку.

Платон утверждает, что круг не может быть построен с помощью циркуля и линейки, которые могут быть перенесены не более чем 35 раз. Эту теорию также изложил английский математик Самуэль Рид в своей работе «Математические теории, изложенные на пальцах», опубликованной в 1762 году. Это означает, что Платон считал необходимым использовать при решении задачи только элементарный инструмент, но не мог найти выход из решения.

Теория про квадратуру круга немного поменялась в эпоху Ренессанса. Итальянский учёный Никколо Фонтана в 1540 году пытался применять переменные и суммирование (что понимается как интегрирование в современной математике), чтобы находить площадь круга, но и его способ решения оказался неполным.

В XVII веке математик Джон Уоллис разработал новый метод решения, но он тоже не был окончательным. В XIX веке Нильс Абель доказал, что не существует решения этой задачи в алгебраических терминах, используя только циркуль и линейку.

Однако с развитием математического аппарата квадратура круга решается с помощью интегрирования. Математическая формула для вычисления площади круга известна и является одной из самых базовых формул в геометрии – $S = \pi r^2$, где S – площадь круга, r – радиус круга, π – математическая константа, приблизительно равная 3,14159...

Известно, что квадратура круга нерешаема в терминах алгебраических функций, и это было доказано в XIX.

Задача о трисекции угла

Вторая задача древности – трисекция угла, заключается в том, чтобы разделить данный угол на три равных части, используя только циркуль и линейку. Эта задача также возникла в древней Греции и была связана с вопросом о том, можно ли построить угломер, который позволял бы точно измерять углы.

Сначала, как и в случае с квадратурой круга, математики XVIII и XIX веков доказали, что трисекция угла невозможна с помощью циркуля и линейки во всеобщем случае.

Однако геометрия конструкций, вопросы которой касаются построения геометрических объектов с использованием определенных инструментов, имеет существенное отличие от таковых в теории чисел. Поэтому существует ряд частных случаев углов, которые можно расчленить с помощью циркуля и линейки на три равных участка. Одним из примеров такого угла является 60-градусный угол, при решении задачи трисекции которого нужно нарисовать правильный шестиугольник.

Существует целый ряд геометрических конструкций и теорем, которые позволяют приблизительно делить угол на три равных части, ис-

пользуя построения с помощью дополнительных средств. Например, трисекция угла при помощи невсиса.

Однако построение угла на три равных части все еще остаётся одной из нерешенных задач математики.

Задача об удвоении куба

Третья задача древности – удвоение куба. Эта задача состояла в том, чтобы построить куб, объем которого в два раза больше объема заданного куба, используя только циркуль и линейку. Впервые проблема возникла при попытке решения задачи увеличения объема куба. Было доказано, что если начальный объем куба равен 1, то для перехода к кубу с объемом 2 необходимо построить отрезок длиной, который был бы равен $\sqrt[3]{2}$. Так как величина $\sqrt[3]{2}$ является иррациональным числом, то задача удвоения куба построением отрезка, длина которого равна $\sqrt[3]{2}$, не может быть решена с помощью циркуля и линейки.

Удвоение куба неразрешимо с помощью циркуля и линейки, однако его можно осуществить, используя некоторые дополнительные инструменты:

1. удвоение куба возможно осуществить построением с помощью плоского оригами;
2. удвоение куба возможно осуществить с помощью невсиса.

Несмотря на невозможность решения задачи удвоения куба, изучение данной проблемы привело к ряду новых математических открытий и теорий, включая построение правильного 52-угольника методом комплексных чисел, открытие понятия поля иррациональных чисел и создание новых отраслей алгебраической геометрии и теории групп.

В настоящее время задача удвоения куба решается несколькими способами, не требующими использования только циркуля и линейки. Один из таких способов – использование теории чисел. Другим способом является построение необходимых объектов с использованием комбинации циркуля, линейки и других геометрических инструментов, например, конических сечений.

В 1837 году Пьер Ванцель доказал, что эти задачи не могут быть решены с помощью циркуля и линейки. Несмотря на это, эти задачи продолжают привлекать внимание исследователей и студентов по всему миру.

Список источников

1. Белозеров С. Е. Пять знаменитых задач древности. История и современная теория. Ростов-на-Дону: изд-во Ростовского университета, 1975. 320 с.
2. Щетников А. И. Как были найдены некоторые решения трёх классических задач древности? // Математическое образование. 2008. № 4 (48). С. 3-15.

Пахомова М. М.

Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ПЛОЩАДИ ПОДОШВЫ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ФУНДАМЕНТА

Аннотация. В статье рассматриваются расчеты для определения площади ленточного фундамента.

Ключевые слова: грунт, фундамент, площадь

Основа любого дома – это фундамент. Чтобы дом можно было долго эксплуатировать, необходимо серьезно отнестись к строительству фундамента. Сначала проводятся геологические изыскания, т. е. изучение слоев грунта на площадке предполагаемого строительства, определение уровня грунтовых вод, определение физико-математических характеристик. Данные геологических исследований помогают определить тип фундамента и глубину заложения. После анализа полученной информации и выбора оптимальной глубины заложения и фундамента проводятся расчеты, похожие на те, что представлены ниже.

Сначала определяют расчетное сопротивление грунта с целью ограничения абсолютных и относительных перемещений пределов, при которых гарантируется нормальная эксплуатация сооружения и не снижается его долговечность.

Зависимость «нагрузка-осадка» для фундаментов мелкого заложения можно считать линейной только до определенного предела давления на основание. В качестве такого предела принимается расчетное сопротивление грунтов основания R . При расчете деформаций основания среднее давление под подошвой фундамента (от нагрузок для расчета оснований по деформациям) не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания R , кПа, определяемого по формуле:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \left[M_{\gamma} \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II} \right] \\ \{ XE'' R = \gamma'' c_1 \cdot \gamma c_2'' / k [M_{\gamma} \cdot k \cdot z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot [(\gamma')_{II} + 1] + \\ + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot [(\gamma')_{II} + 1] + M_c \cdot c_{II}] \}, \quad (1)$$

где γ_{c1} и γ_{c2} – коэффициенты условий работы; k – коэффициент, принимаемый: $k = 1$, если прочностные характеристики грунта (c и ϕ) определены непосредственными испытаниями, и $k = 1,1$, если указанные характеристики приняты по таблицам; M_{γ} , M_q и M_c – коэффициенты; k_z –

коэффициент, принимаемый: $k_z = 1$ при $b < 10$ м, $k_z = z_0/b + 0,2$ при $b \geq 10$ м (здесь b – ширина подошвы фундамента, м; $z_0 = 8$ м); γ_{II} – расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), кН/м³; γ'_{II} – то же, залегающих выше подошвы; c_{II} – расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа; d_1 – глубина заложения фундаментов бесподвальных сооружений или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, определяемая по формуле:

$$d_1 = h_s + \frac{h_{cf} \cdot \gamma_{cf}}{\gamma'_{II}}. \quad (2)$$

Здесь h_s – толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала, м; h_{cf} – толщина конструкции пола подвала, м; γ_{cf} – расчетное значение удельного веса материала пола подвала, кН/м³.

Условие. Определим расчетное сопротивление грунта для фундамента шириной $b = 1,5$ м, имеющего глубину заложения $d = 1$ м. Отношение длины его к высоте $L/H = 1,3$ (высота дома 6 м, длина и ширина сооружения около 8 м). Здание имеет подвал шириной $B = 15$ м и глубиной $d_b = 2$ м. Толщина слоя грунта от подошвы фундамента до пола подвала $h_s = 0,4$ м, толщина бетонного пола подвала $h_{cf} = 0,25$ м, удельный вес бетона $\gamma_{cf} = 25$ кН/м³. Площадка сложена песками мелкими средней плотности маловлажными. Удельный вес грунта, расположенного выше подошвы, $\gamma'_{II} = 17$ кН/м³, удельный вес грунта ниже подошвы $\gamma_{II} = 18$ кН/м³, коэффициент пористости $e = 0,74$, $\varphi_n = \varphi_{II} = 32$, $c_n = c_{II} = 2$ кПа, $E = 28$ МПа.

Расчет 1. Для песка мелкого маловлажного и здания жесткой конструктивной схемы при $L/H = 1,3$: $\gamma_{c1} = 1,3$ и $\gamma_{c2} = 1,3$; при $\varphi_{II} = 32^\circ$, $M_\gamma = 1,34$; $M_q = 6,34$ и $M_c = 8,55$. Поскольку значения прочностных характеристик грунта приняты по справочным таблицам, $k = 1,1$. При $b = 1,5$ м < 10 м, $k_z = 1$.

$$d_1 = 0,4 + 0,25 \cdot \frac{25}{17} \approx 0,8 \text{ м},$$

$$R = \frac{1,3 \cdot 1,3}{1,1} [1,34 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 18 + 6,34 \cdot 0,8 \cdot 17 + (6,34 - 1) \cdot 2 \cdot 17 + 8,55 \cdot 2] = 493 \text{ кПа}.$$

Используя полученные данные, сможем вычислить площадь подошвы фундамента. От этой величины зависит расход материала на строительство основания дома, а также длительность мероприятия. Площадь подошвы фундамента определяется исходя из такого показателя, как

расчетное сопротивление грунта R , а также нагрузки на фундамент дома, которую мы найдем сейчас.

Чтобы вычислить нагрузку на фундамент дома потребуется узнать полную массу дома, снеговую нагрузку на крышу и давление ветра.

Используя уже имеющиеся условия, посчитаем массу дома. У нашего дома высота потолков стандартная 2,5 м, стены дома – кирпичные, кровля из листовой стали, перекрытия по деревянным балкам с утеплителем.

Расчет 2. Периметр дома при длине всех стен 8 м равен 32 м. Площадь стен при высоте потолка 2,5 м равна 80 м². Площади цокольного и чердачного перекрытий равны 64 м². Площадь кровли при ширине скатов 5,5 м и длине 9 м равна 99 м². Чтобы вычислить массы, используем данные из ГОСТов:

Масса стен: $m_c = 80 \cdot 270 = 21600$ кг;

Масса перекрытий: $m_p = 64 \cdot 100 + 64 \cdot 100 = 12\,800$ кг;

Масса кровли: $m_k = 99 \cdot (30 + 50) = 7\,920$ кг;

Временные нагрузки: $m_v = 99 \cdot 100 = 9\,900$ кг;

$F = m_c + m_p + m_k + m_v = 52\,220$ кг.

Площадь подошвы фундамента рассчитывается по формуле:

$$S > \frac{k_n \cdot F}{R \cdot \gamma_{cl}},$$

где k_n – коэффициент надежности, равный 1,2.

Расчет 3. $F = 52\,220$ кг, $R = 493$ кПа, $\gamma_{cl} = 1,3$:

$$S > \frac{1,2 \cdot 52220}{493 \cdot 1,3}, \quad S > 97 \text{ м}^2.$$

При полученном результате оказываемое весом здания удельное давление будет меньше, чем сопротивление грунта подошве фундамента.

Использование при строительстве фундамента формул, представленных выше, позволяет возводить здания с наибольшим сроком эксплуатации. Данные расчеты помогут предотвратить осадку здания, из-за которой фундамент дома может разрушиться. Также с помощью этих расчетов можно определить расход материала, что тоже немаловажно при строительных работах.

Список источников

1. Берлинов М. В. Основания и фундаменты: учебник для вузов. 8-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 320 с
2. Берлинов М. В., Ягунов Б. А. Расчет оснований и фундаментов: учебное пособие. 3-е изд., испр. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 272 с.

Попов Д. С., Салихова Л. М.

Поволжский государственный технологический университет

ДЕКАРТ И ЕГО МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ТРУДЫ

Аннотация. В данной статье рассматривается жизнь и научная деятельность Рене Декарта, известного французского ученого и философа, чьи математические труды внесли значительный вклад в развитие математики XVII века. В статье освещаются ключевые аспекты Декартовой философии и его методологии, которые привели к созданию аналитической геометрии и других важных математических концепций.

Ключевые слова: Рене Декарт, математика, аналитическая геометрия, методология, философия

Рене Декарт – один из наиболее известных французских ученых XVII века, чьи идеи и труды имели огромное влияние на развитие не только математики, но и науки в целом. Одним из важнейших достижений Декарта было создание аналитической геометрии, которая существенно расширила возможности математического анализа и решения геометрических задач. В данной статье мы рассмотрим жизнь и деятельность Рене Декарта, его методологию и вклад в развитие математики.

Декартова математическая теория основана на его философской концепции, в которой человек ищет истину и знание, используя свой разум и логическое мышление. Декарт утверждал, что математика должна быть основана на точном и строгом доказательстве, а не на интуиции или эмпирических наблюдениях. Это привело к созданию аналитической геометрии, которая является сочетанием алгебры и геометрии и позволяет решать геометрические задачи с помощью алгебраических методов.

Математические труды Рене Декарта имеют глубокий философский смысл и влияют на многие области науки. Декарт считал, что математика – это инструмент, который может быть использован для решения широкого круга проблем в других областях. Он разработал аналитическую геометрию, которая позволяет описывать геометрические фигуры с помощью алгебры.

Декарт был одним из первых математиков, который применил аналитическую геометрию для решения задач теории вероятностей и

комбинаторики. В своих трудах по этой теме он занимался вычислением вероятности различных комбинаций, используемых в играх и лотереях.

В своей книге «Рассуждения о методе» Декарт рассуждал о том, как использовать математический анализ для выявления оптимальных стратегий в играх. Он показал, что при анализе игры необходимо учитывать вероятности различных исходов и выбирать наиболее вероятный или наиболее выгодный из них.

Декарт также интересовался комбинаторикой – наукой о том, какие комбинации объектов могут быть созданы в заданных условиях. Он изучал различные комбинации игровых костей, карт и других игровых материалов и использовал свои знания для определения вероятностей различных исходов.

Кроме того, Декарт внес вклад в развитие теории вероятностей, опубликовав труд «Геометрия», в котором он представил математическую модель, которая позволяла вычислять вероятность наступления определенных событий.

В целом, Декарт сделал значительный вклад в развитие теории вероятностей и комбинаторики, применяя свои знания в аналитической геометрии и математическом анализе для решения задач в этих областях. Его работы оказали большое влияние на последующее развитие математики и науки в целом.

Таким образом, можно сделать вывод, что Декарт был одним из величайших математиков всех времен, чей вклад в развитие математических наук остается значительным и актуальным до сих пор. Его работы в области алгебры, геометрии, теории вероятностей и комбинаторики стали фундаментом для многих последующих исследований и разработок, а его методы и подходы к решению математических задач оказали значительное влияние на развитие науки в целом. Декарт был не только выдающимся математиком, но и философом, чьи идеи и концепции оказали огромное влияние на развитие западной культуры.

Список источников

1. Декарт Р. Геометрия. С приложением избранных работ П. Ферма и переписки Декарта. М.: Либроком, 2018. 296 с.
2. Бессмертие философских идей Декарта. М.: ИЛ, 2019. 105 с.
3. Яновская С. А. О роли математической строгости в творческом развитии математики и специально о «Геометрии» Декарта // Историко-математические исследования. 1966. Вып. 17. С. 151-184.

Попова Д. С.

Научный руководитель: Журавлева И. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИКИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ КРЫМСКОГО МОСТА

Аннотация. В данной статье мы рассмотрим виды оболочек и их преимущества в строительстве.

Ключевые слова: Крымский мост, математика, несущая способность, допустимая нагрузка

Известно, что у Крымского моста 596 колонн. Дорожные участки «Почты Крыма» имеют длину 55 и 63 метра. Центральный пролет (центральная арка) составляет 227 метров (учитывая мост в районе арок автоматического и железнодорожного моста, ближайшие стойки находятся на расстоянии 227 метров). Также центральная арка имеет высоту 35 метров.

Несущая способность W элемента моста может быть выражена как разность между его несущей способностью C и действием постоянных и других временных нагрузок D :

$$W = C - D.$$

Существует несколько методов определения грузоподъёмности моста. Одним из более «грубых» методов является формула приближённого определения грузоподъёмности:

$$G = \frac{0,0006 \cdot d^3 \cdot n}{l - \frac{L}{2}},$$

где G – грузоподъёмность моста, d – диаметр прогонов (см), n – количество прогонов, l – длина пролёта моста (м), L – длина опорной поверхности (м).

Гуляя по городу, мы часто видим дугообразные конструкции. Архитекторы используют параболическую форму в проектировании арок, мостов, куполов, потолков. Во-первых, именно такая форма придает эстетичный вид, во-вторых, параболическим конструкциям присуща прочность, потому что сила, создаваемая нагрузкой на мост или арку, не толкает вниз, а распределяется вдоль дуги, то есть эти строения под-

держивают сами себя. В куполах всех храмов и церквей используется этот же принцип. Крымский мост является арочным, т. к. является мостом с пролётными конструкциями, основными несущими конструкциями которого служат арки.

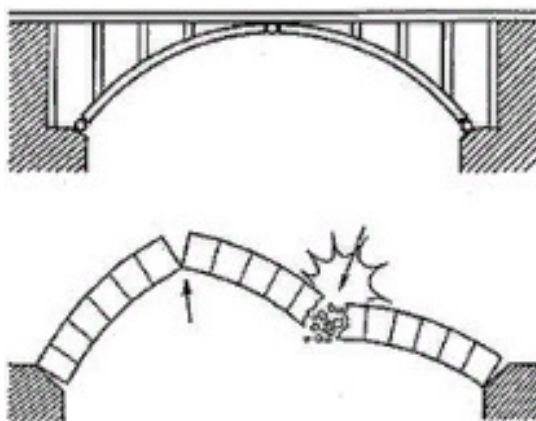
Основные размеры элементов арочных мостов – высота и ширина балок, толщина плиты, высота и ширина арок, количество арматуры и т. п. – окончательно устанавливаются на основании расчета сооружения в соответствии с действующими на сооружение нагрузками и качеством материалов, из которых строится мост.

Выбор толщины арки затруднителен вследствие большого разнообразия факторов, влияющих на этот выбор, таких как величина нагрузки, марка бетона и т. д. Примерно можно принимать, что $d = 145 \div 150L$, где d – толщина арки, L – расчётный пролёт арки.

Также для строения моста необходимо рассчитать максимально возможную нагрузку на конструкцию. Для этого используется формула Журавского:

$$\tau = \frac{Q \cdot S_x^{omc.}}{I_x^b},$$

где τ – касательное напряжение в рассматриваемом слое поперечного сечения, Q – поперечная сила, b – ширина рассматриваемого волокна, $S_x^{omc.}$ – статический момент «отсечённой площади» сечения (лежащей дальше от нейтральной линии, чем рассматриваемый слой волокна), I_x – момент инерции всего сечения относительно нейтральной оси. Кстати, если Вы хотите разрушить мост, из добрых или злых побуждений, – взрывчатку лучше всего подложить в месте, отстоящем примерно на



треть пролёта арки. Для того, чтобы добраться до верхней поверхности арки, обычно необходимо сначала сделать подкоп со стороны проезжей части моста. Но земляные работы всегда требуют времени, вот почему так часто срывались планы взорвать мост вслед за отступающей армией.

Рассмотрим подробнее геометрию арочного моста. Величинами, характеризующими арку, являются ширина пролёта и высота подъёма арки. У стандартной круглой арки ширина пролёта равна двум радиусам, а высота – одному радиусу.

Существуют различные способы расчёта арки. Рассмотрим несколько.

1. эмпирический способ. Подготовив бумагу и циркуль, чертим на листе прямоугольник с учётом масштаба и проводим ось симметрии. После этого ось циркуля необходимо изменить, поставив ножку с иглой непосредственно на ось симметрии. Далее нужно начертить несколько дуг и, остановив свой выбор на наиболее оптимальной, остальные убрать с помощью ластика.

2. математический способ. Чтобы осуществить математический расчёт радиуса окружности арки, воспользуемся теоремой Пифагора:

$$\begin{aligned}r^2 &= l^2 + (r - h)^2, \\r^2 &= l^2 + r^2 - 2rh + h^2, \\l^2 - 2rh + h^2 &= 0, \\l^2 + h^2 &= 2rh, \\r &= \frac{l^2 + h^2}{2h}.\end{aligned}$$

Это формула для вычисления радиуса окружности арки. Существуют и другие способы расчёта.

Список источников

1. Проектная рабочая документация СГМ/15-21-РД-А-ОС1 (ч. 1) «Организация содержания автодорожного транспортного перехода» // Строительство транспортного перехода через Керченский пролив. М., 2018. 242 с.
2. Презентация ФКУ «Управление федеральных автомобильных дорог «Тамань» Федерального дорожного агентства» при поддержке Министерства транспорта РФ. Строительство моста через Керченский пролив. 30 сл.

Роев С. А., Мустафина С. С.

Поволжский государственный технологический университет

МАТЕМАТИКА В ЭЛЕКТРОНИКЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Аннотация. В статье представлена связь математики с электроникой, электронной техникой.

Ключевые слова: электроника, электротехника, геометрия, вероятность, комплексная переменная, линейная алгебра, дифференциальное уравнение, преобразование Фурье, тригонометрия

Существует множество областей, где математика играет ключевую роль в разработке и проектировании электронных и электротехнических устройств. Один из главных примеров – это теория сигналов и систем, которая является основой для создания различных устройств обработки сигналов, таких как фильтры, модуляторы, демодуляторы и другие.

Также математика необходима для решения задачи расчета и моделирования электромагнитных полей и волн, что позволяет предсказывать поведение электрических и магнитных полей в пространстве и разрабатывать устройства, которые будут работать в этих условиях. Так, например, при проектировании антенн используются математические методы, позволяющие определить форму и размеры антенны, чтобы она работала с максимальной эффективностью.

Кроме того, математические методы применяются в электронике и электротехнике для разработки и анализа схем управления и автоматического регулирования. Например, методы теории управления и теории автоматического управления, которые позволяют проектировать системы управления, регулирования и стабилизации.

Математика – это инструмент, который применяется для решения инженерных задач. Инженерия невозможна без математики. Знание интегрального и дифференциального исчисления в этой области наиболее важно. От теории цепей до систем управления, от термодинамики до микропроцессоров, цифровой обработки сигналов, линейных систем управления, техники высокого напряжения, робототехники, связи – все они основаны на этом столпе.

В области генераторов напряжения расчет тока, мощности, КПД, цепей RLC и других полезных величин в значительной степени зависит от знания тригонометрических тождеств. Линейная алгебра широко используется в цифровой обработке сигналов, системах связи, кодирова-

нии с контролем ошибок, анализе цепей, схемах робототехники и энергосистемах. Обыкновенные, линейные, нелинейные, дифференциальные уравнения в частных производных играют очень важную роль в электротехнике, например, в основных электрических машинах, энергосистемах, антеннах, а также в обработке изображений.

Преобразования Фурье помогают нам с нашей обработкой сигналов, теплопередачей, системами питания и системой управления. В электромагнетизме мы используем знания векторной алгебры. Если мы хотим найти вероятность сигналов и событий в телекоммуникационных системах и случайных событиях, мы должны знать о вероятности и статистике. Для понимания геометрических структур при проектировании силовых систем планирующего управления и полетных систем и в робототехнике нам нужна помощь геометрии. Рассмотрим подробнее математические инструменты, используемые в электронике.

Дифференциальное и интегральное исчисление в электротехнике используются для описания динамики электрических цепей. Дифференциальное исчисление изучает понятия производной и дифференциала и способы их применения к исследованию функций. Интегральное исчисление используется для расчета переходных процессов в электрических цепях линейного вида.

Геометрия играет важную роль в электротехнике. Геометрия используется при проектировании и производстве электрических цепей, электрических систем, при планировании систем управления и полета. Геометрия используется при проектировании и производстве электрических цепей.

Векторный анализ является важным инструментом в электронике, поскольку многие физические величины: электрическое поле, магнитное поле, напряжение, ток и многие другие величины, связанные с электроникой, могут быть представлены в виде векторов. Один из основных инструментов векторного анализа – это векторный градиент, который используется для вычисления изменения векторных полей. Векторный градиент также позволяет определить направление и интенсивность потока энергии в электрических и магнитных полях. Другой важный инструмент векторного анализа, используемый в электронике, – это криволинейный интеграл, который используется для расчета работы, совершаемой электрическим или магнитным полем при перемещении заряда или магнитной частицы по кривой. Кроме того, векторный анализ играет важную роль в теории электромагнитных волн, которые широко используются в радиотехнике, телекоммуникациях и других областях электроники. Векторные уравнения Максвелла, которые описывают электромагнитные волны, основаны на векторном анализе.

Теория вероятностей дает инструменты для разьяснения, моделирования, анализа и проектирования технологий, созданных электроникой. Она изучает случайные события и случайные величины. В электронике теория вероятности используется для описания случайных процессов. Например, теория вероятности используется для описания шумов.

Комплексный анализ используется в электронике в двух основных областях: обработка сигналов и теория управления. В обработке сигналов комплексный анализ используется в системах связи: широкополосная связь, Wi-Fi, спутниковая связь, сжатие видео и аудио изображений, фильтрация (реконструкция) сигнала.

При работе с сигналами преобразование Фурье очень полезно для преобразования сигналов, основанных на времени, в их эквиваленты, основанные на частоте. Преобразование Фурье используется в электронике для анализа и обработки сигналов. Преобразование Фурье позволяет разложить сигнал на гармонические составляющие, что позволяет анализировать сигналы и удалять шумы.

Линейная алгебра занимается исследованием решений систем уравнений, определителей и векторных пространств, включая функциональные пространства, линейные преобразования, собственные значения, собственные векторы и квадратичные формы. Для большинства программ по электронике требуются курсы линейной алгебры.

Дифференциальные уравнения также необходимы для некоторых программ по электронике: для описания динамических процессов в электрических цепях. Например, дифференциальные уравнения используются для расчета переходных процессов в электрических цепях линейного вида, а также для расчета параметров переменного тока.

Тригонометрия используется в электротехнике для расчета параметров переменного тока. Например, тригонометрические функции используются для расчета амплитуды и фазы синусоидального сигнала. Также тригонометрия используется для расчета переходных процессов в электрических цепях линейного вида.

Большая часть электротехники – это математика. Надо отметить, что математика является неотъемлемой частью развития электроники и электротехники, и ее применение является ключевым для создания новых технологий и устройств, которые будут использоваться в будущем.

Список источников

1. Аркадьев В. Н. Математические методы в электронике. М.: Высшая школа, 1988.
2. Гуревич Б. И. Теория цепей и сигналов. М.: Наука, 1978.
3. Милнор Дж. Дифференцируемые структуры. М.: Мир, 1971.
4. Шабат Б. В. Введение в комплексный анализ. М.: Наука, 1976.

Рябинина Е. С., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ПРИНЦЕССА МАТЕМАТИКИ СОФЬЯ ВАСИЛЬЕВНА КОВАЛЕВСКАЯ

Аннотация. В статье дана биография женщины-учёной Софьи Ковалевской, которая несмотря на запреты высшего общества достигла невероятных успехов в науке. Открыла дорогу многим женщинам в науку, доказала, что девушки могут не только заниматься домашним хозяйством, но и делать открытия, быть на одном уровне с мужчинами.

Ключевые слова: университет близ Кенигсберга, премия Бордена, вращение твердого тела вокруг статичной точки

Софья Васильевна Ковалевская (1850-1891), российский математик и механик, иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук. Первая в Российской империи и Северной Европе женщина-профессор и первая в мире женщина – профессор математики. Автор повести «Нигилистка» и книги «Воспоминания детства». Софья Васильевна Ковалевская родилась в Москве 15 января 1850 года в семье генерала Василия Васильевича Корвин-Круковского. Её мать, Елизавета Фёдоровна, была дочерью почётного члена Петербургской Академии Наук – геодезиста Ф. Ф. Шуберта и внучкой знаменитого астролога и математика Ф. И. Шуберта.

Отец Софьи Васильевны поддерживал дружеские отношения с профессором Николаем Никаноровичем Тыртовым, который и заметил, что девочка обладает гениальными способностями к математике. Именно профессор Тыртов способствовал первым шагам Софьи Ковалевской в науке. Когда ей было около четырнадцати лет, он подарил ее отцу свой знаменитый учебник «Элементарный курс физики». Он горячо расхваливал девочку отцу и посоветовал вплотную заняться ее математическим образованием. Однако отец Софьи Васильевны был непреклонен: главное призвание женщины – семья и дети, а не наука (в те времена высшее образование девушка могла получить только с разрешения родителей или за границей, а отец даже слышать об этом не хотел).

Именно поэтому Софья решилась на отчаянный поступок, а именно вышла фиктивно замуж за Владимира Онуфриевича Ковалевского, геолога, палеонтолога, основателя эволюционной палеонтологии, доктора философии.

В 1870 году Ковалевские переехали в Берлин, где девушка решает поступить в университет близ Кенигсберга и заниматься у немецкого математика Карла Вейерштрасса. Однако для женщин этот вуз был недоступен. Ковалевская попросила педагога давать ей частные уроки. Но тот ей отказал, тогда, решив очень сложные задачи и удивив тем самым профессора, он согласился на ее обучение. Все свои работы она приносила преподавателю, ему оставалось только поставить свою рецензию. Софья хотела стать преподавателем, но научное общество не допускало ее в вуз. Ковалевская настолько разочаровалась, что бросила математику на целых 6 лет, в это время она занималась литературой, публицистикой, выступала с докладами. Спустя некоторое время после рождения дочери Софья пыталась добиться разрешения и сдать экзамены на магистра, но ей везде отказывали.

Фиктивный брак, тем временем, обрывает настоящими чувствами, и в 1878 году у пары рождается дочь.

После получения ученой степени она вместе с мужем возвращается в Россию, в которой, со времен их отъезда, ничего не изменилось: девушкам все так же запрещалось заниматься наукой в той мере, в какой хотела Ковалевская.

Казалось бы, такое событие, как рождение ребенка, должно было еще больше сплотить семью. Однако в отношениях супругов начался разлад. Но никак не из-за новорожденной дочери, а вследствие разных взглядов на жизнь. Какое-то время им даже пришлось пожить раздельно. Софья со своей дочерью отправилась в Берлин, а ее муж уехал в Одессу. В 1883 году Владимир Ковалевский покончил жизнь самоубийством.

В январе 1884 года Ковалевскую приглашают прочитать лекцию в Стокгольмском университете. А уже в июне того же года ее назначили на должность профессора сроком на 5 лет.

С тех пор Софья могла со спокойной душой углубиться в исследовательскую деятельность. На ее пути встала одна из сложнейших задач того времени, связанная с вращением твердого тела вокруг стационарной точки. Ковалевская полагала, что если решение задачи будет найдено, то она сможет войти в число лучших мировых ученых. Одна-

ко решение задачи, по ее расчетам, требовало не менее 5 лет упорной работы.

Если кратко затрагивать суть задачи, то решение будет правильным в том случае, если находится 4-й интеграл. Дело в том, что пара ученых уже справлялись с этим, однако Ковалевской удалось найти третий способ решения этой сложнейшей задачи. За это достижение в 1888 году Ковалевская удостоилась премии Бордена, обладателями которой за 50 лет ее существования стали лишь с десяток ученых. После такого успеха Софья продолжила изучать тему вращения тел и впоследствии получила еще одну награду от Шведской академии.

Несмотря на этот прорыв в науке, Ковалевской так и не суждено было работать в России. Попытки вернуться на родину не увенчались успехом. Сей факт ее очень огорчил и еще больше подорвал ее и без того хрупкое здоровье. Таким образом, знаменитый ученый вернулась в столицу Швеции, где в возрасте 41 года она скончалась.

Софья Ковалевская – удивительная и по-настоящему талантливая женщина, которая, несмотря на все запреты и сомнения со стороны высшего общества, стремилась к своей мечте и проложила путь женщинам в науку, доказала, что не только мужчины могут понимать и открывать математику. Непростая судьба выдающегося ученого Софьи Ковалевской является безусловным примером для талантливых девушек не только в России, но и во всем мире.

Список источников

1. <https://library.vladimir.ru/news/princessa-russkoj-matematiki-sofya-kovalevskaya.html>.
2. <https://urok.1sept.ru/articles/311274>.
3. Глейзер Г. И. История математики в школе, 7-8 классы: пособие для учителя. Каунас: Швиеса, 1986. 220 с.
4. Кочина П. Я., Зенкевич Н. Г. С. В. Ковалевская: книга для учащихся. М.: Просвещение, 1986. 77 с.
5. Кочина П. Я. Софья Васильевна Ковалевская, 1850-1891; АН СССР. М.: Наука, 1981. 312 с.
7. <https://cyberleninka.ru/article/n/sofya-kovalevskaya-poet-ot-matematiki/viewer>.

Сапожникова А. И., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ТЕОРЕМЫ ТОЧЕЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. В статье представлены исследования предельных теорем для точечных процессов, что собой представляют точечные процессы, мера ожидания, функционал Лапласа. Также в статье присутствует пример точечного процесса.

Ключевые слова: точечные процессы, статистика, теория вероятности

В статистике и теории вероятности точечный процесс, или же точечное поле, представляет собой набор математических точек, случайно расположенных в некотором базовом математическом пространстве, таком как вещественная линия, декартова плоскость или более абстрактные пространства. Точечные процессы могут использоваться как математические модели явлений или объектов, представленных как точки в некотором типе пространства.

Точечные процессы – хорошо изученные объекты в теории вероятности и предмет мощных инструментов в статистике для моделирования и анализа пространственных данных, которые представляют интерес в таких разнообразных дисциплинах, как лесное хозяйство, экология растений, эпидемиология, география, сейсмология, материаловедение, астрономия, телекоммуникации, вычислительная нейробиология, экономика и другие.

Каждый экземпляр (или событие) точечного процесса ξ можно представить как $\xi = \sum_{i=1}^n \delta x_i$ где δ – Мера Дирака, n является целочисленной случайной величиной и x_i – случайные элементы S .

Наиболее распространенный пример для пространства состояний S – евклидово пространство p^n , или их подмножество, где особенно интересный частный случай представлен действительной полупрямой $[0, \infty)$. Однако точечные процессы не ограничиваются этими примерами и могут, среди прочего, также использоваться, если точки сами являются компактными подмножествами p^n , в таком случае ξ обычно называют процесс частиц.

Мера ожидания ξ (также известна как средняя мера) точечного процесса ξ является мерой на S , который присваивает каждому борелевскому подмножеству B из S ожидаемое количество баллов ξ в B .

$$E \xi(B) := E(\xi(B)).$$

В Функционал Лапласа $\psi_N(f)$ точечного процесса N есть карта из множества всех положительнозначных функций на пространстве состояний N , к $[0, \infty)$ определяется следующим образом:

$$\psi_N(f) = E[\exp(-N(f))].$$

Они играют ту же роль, что и характеристические функции за случайная переменная. Одна важная теорема гласит: два точечных процесса имеют одинаковый закон, если их функционалы Лапласа равны.

Момент измерения. B n -я степень точечного процесса, ξ^n , определяется в пространстве продукта S^n следующее:

$$\xi^n(A_1 \times \dots \times A_n) = \prod_{i=1}^n \xi(A_i).$$

Совместные интенсивности не всегда существуют для точечных процессов. При условии моменты из случайной переменной. Для определения случайной величины во многих случаях аналогичный результат следует ожидать для совместной интенсивности. Действительно, это было показано во многих случаях.

Точечный процесс $\xi \subset \mathbb{R}^d$, как говорят, стационарный, если $\xi + x := \sum_{i=1}^N \delta_{x_i+x}$ имеет то же распределение, что и ξ для всех $x \in \mathbb{R}^d$. Для стационарного точечного процесса средняя мера $E\xi(\cdot) = \lambda \|\cdot\|$ для некоторой постоянной $\lambda \geq 0$ и где $\|\cdot\|$ обозначает меру Лебега. Этот λ называется интенсивность точечного процесса. Стационарный точечный процесс на $\mathbb{R}^d$ почти наверняка имеет либо 0, либо бесконечное количество очков.

Самый простой и распространенный пример точечного процесса – это точечный процесс Пуассона, который является пространственным обобщением Пуассоновский процесс. Пуассоновский (счетный) процесс на прямой может характеризоваться двумя свойствами: количество точек (или событий) в непересекающихся интервалах независимы и имеют распределение Пуассона. Точечный процесс Пуассона также можно определить с помощью этих двух свойств. А именно мы говорим, что точечный процесс x_i является точечным процессом Пуассона, если выполняются следующие два условия:

1. $\xi(B_1), \dots, \xi(B_n)$ независимы для непересекающихся подмножеств $B_1, \dots, B_n$.
2. для любого ограниченного подмножества B , $\xi(B)$ имеет распределение Пуассона с параметром $\lambda \|B\|$, куда $\|\cdot\|$ обозначает Мера Лебега.

Эти два условия можно объединить вместе и записать следующим образом: для любых непересекающихся ограниченных подмножеств $B_1, \dots, B_n$ и неотрицательные целые числа $k_1, \dots, k_n$ у нас есть это

$$\Pr[\xi(B_i) = k_i, 1 \leq i \leq n] = \prod_i e^{-\lambda \|B_i\|} \frac{(\lambda \|B_i\|)^{k_i}}{k_i!}.$$

Постоянная λ называется интенсивностью точечного процесса Пуассона. Отметим, что точечный процесс Пуассона характеризуется одним параметром λ . Это простой стационарный точечный процесс, точнее говоря, вышеупомянутый точечный процесс называется однородным точечным процессом Пуассона. Ан, неоднородный пуассоновский процесс, определяется, как указано выше, но путем замены $\lambda \|B\|$ с $\int_B \lambda(x) dx$, где λ – неотрицательная функция на $\mathbb{R}^d$.

Точечные процессы на реальной полуоси

Исторически первые точечные процессы, которые были изучены, имели действительную половинную линию $p^+ = [0, \infty)$ как их пространство состояний, которое в этом контексте обычно интерпретируется как время. Эти исследования были мотивированы желанием моделировать телекоммуникационные системы, в которых точки представляют события во времени, такие как звонки на телефонную станцию.

Точечные процессы на p^+ обычно описываются последовательностью их (случайных) периодов времени между событиями ($T_1, T_2, \dots$), из которой фактическая последовательность (Икс1, Икс2, ...) времен событий можно получить как $X_k = \sum_{j=1}^k T_j$ для $k \geq 1$. Если времена между событиями независимы и одинаково распределены, полученный точечный процесс называется процесс обновления.

Список источников

1. Точечный процесс [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/336Zuv>.
2. Точечный процесс [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/336Zv4>.
3. Предельные теоремы для точечных процессов [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/QhbgH>.

Сибгатуллин Р. Р., Салихова Л. М.
Поволжский государственный технологический университет

МАТЕМАТИК ЭЙЛЕР И ЕГО НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

Аннотация. Данная научная статья посвящена анализу и значимости научных трудов выдающегося математика Леонарда Эйлера. В статье рассматриваются его наиболее значимые исследования в различных областях математики, таких как теория чисел, анализ, геометрия, механика и другие. Основной целью статьи является выявление вклада Эйлера в развитие математики и обзор его методологии и результатов.

Ключевые слова: Эйлер, научные труды, теория чисел, анализ, геометрия, механика

Леонард Эйлер – один из самых выдающихся математиков всех времен. Он внес огромный вклад в различные области математики, включая теорию чисел, анализ, геометрию, механику и другие. В данной статье мы проведем анализ его научных трудов и определим их значимость для развития математики.

Леонард Эйлер родился в 1707 году в Швейцарии. В своей молодости он проявлял большой интерес к математике и в 1727 году получил докторскую степень в университете Базеля за свою работу по теории музыки. После этого был приглашен на работу в Петербургскую академию наук в России. В Петербурге он работал более 20 лет, за которые успел написать множество научных трудов по различным областям математики и физики.

Одним из первых важных результатов, полученных Леонардом Эйлером, было решение известной математической проблемы, называемой проблемой Базеля. Проблема заключалась в нахождении суммы бесконечного ряда, состоящего из обратных квадратов натуральных чисел. Этот ряд расходится, т. е. его сумма бесконечна. Эйлер смог доказать, что сумма этого ряда равна примерно 1,644934, названной константа Эйлера-Маскерони.

В разделе, посвященном теории чисел, мы рассмотрим работу Эйлера «Эйлеровы числа». В этой работе он ввел понятие функции Эйлера и сформулировал теорему о числах, которые являются суммой квадратов двух целых чисел. Эти результаты являются важными для многих областей математики, включая теорию алгебраических чисел и теорию форм.

В области анализа Эйлер внес огромный вклад в развитие дифференциального и интегрального исчисления. Он разработал новые методы решения дифференциальных уравнений, включая методы решения линейных и нелинейных уравнений первого и второго порядков.

Эйлер был также одним из первых математиков, которые внесли значительный вклад в развитие теории графов. Он создал терминологию, которая используется в настоящее время, такую как «граф», «вершина» и «ребро», и доказал множество теорем, связанных с теорией графов.

В своей работе Эйлер также изучал множество других математических областей, включая алгебру, анализ, теорию чисел и механику. Он доказал множество важных теорем, включая теорему Эйлера о числах и формулу Эйлера для полиэдров. Эйлер также сделал значительный вклад в физику.

Эйлер показал, что любое число можно представить в виде суммы не более чем четырех квадратов простых чисел. Кроме того, он продемонстрировал свою способность находить числовые закономерности в самых разных областях математики.

Одним из наиболее известных достижений Эйлера является формула Эйлера, связывающая пять наиболее фундаментальных чисел в математике: e (число Эйлера), i (мнимая единица), π (число π), 1 (единица) и 0 (ноль). Эта формула знаменита своей простотой и красотой, а также своей важностью в многих областях математики и физики: $e^{i\pi} + 1 = 0$.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в своих научных трудах Эйлер сделал огромный вклад в различные области математики, от теории чисел до геометрии и математической физики. Его методы и идеи продолжают использоваться и развиваться в настоящее время, и его работы остаются неизменно важными для математиков и ученых по всему миру.

Список источников

1. Эйлер Л. Избранные картографические статьи. Под редакцией и вступительной статьей Г. В. Багратуни. Перевод с немецкого Н. Ф. Булаевского, под общей редакцией С. С. Судакова. М.: Геодезиздат, 1959. С. 5-20.
2. Игнатушина И. В. Развитие идей Л. Эйлера по дифференциальной геометрии в работах Г. Монжа и его учеников // Вестник Елецкого государственного университета им. И. А. Бунина. 2015. Вып. 36. С. 31-39.
3. Эйлер Л. О разных способах счисления и их связи вообще // Игнатьев Е. И. Математическая хрестоматия. Кн. 2. М.: Типография Т-ва И.Д. Сытина, 1915. С. 23-34.

Сильдяйкин И. В., Салихова Л. М.
Поволжский государственный технологический университет

НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ ЛОБАЧЕВСКИЙ

Аннотация. *Н. И. Лобачевский – создатель неевклидовой геометрии, основанной на тех же основных посылах, что и обычная евклидова геометрия, за исключением аксиомы о параллельных прямых., которая заменяется на аксиому о параллельных Лобачевского.*

Ключевые слова: *Лобачевский, геометрия Лобачевского, гиперболическая геометрия*

Николай Иванович Лобачевский – русский математик, создатель неевклидовой геометрии, деятель университетского образования и народного просвещения. Родился 20 октября 1792 года, в Нижнем Новгороде в семье чиновника-геодезиста Ивана Максимовича Лобачевского и его жены Прасковьи Александровны Лобачевской. Вскоре семья переехала в Казань.

Прасковья Александровна Лобачевская была умной, сильной, амбициозной женщиной. В 25 лет она осталась вдовой без средств к существованию, с тремя сыновьями на руках. Старшему было шесть лет. В этих сложных обстоятельствах мать проявила совершенно исключительное самообладание и решительность.

В 1802 году Прасковья Александровна отдала всех троих сыновей в Казанскую гимназию, единственную в те годы во всей восточной части Российской империи, на «казённое разночинское содержание». Николай Лобачевский окончил гимназию в конце 1806 года, показав хорошие знания, особенно по математике и языкам – латинскому, немецкому, французскому. В проявившемся уже тогда его интересе к математике – большая заслуга преподавателя гимназии Г. И. Карташевского. 14 февраля 1807 года Николай был зачислен в Императорский Казанский Университет. Большое влияние на выбор дальнейшего пути Лобачевского оказал профессор математики Мартин Бартельс, друг и учитель великого математика Карла Фридриха.

Университет Лобачевский окончил в 1811 г. Получив степень магистра по физике, он был оставлен при университете. Летом 1811 г. он, совместно с И. М. Симоновым, наблюдал комету. В октябре этого же года принялся за изучение работ Гаусса и Лапласа. Это способствовало началу самостоятельных поисков. В конце 1811 г. Лобачевский Николай Иванович представил свою работу «Теория эллиптического движения

небесных тел». В 1813 г. он написал еще одно исследование – «О разрешении алгебраического уравнения».

В 1822 г. Лобачевский стал ординарным профессором. Дважды (1820-22 гг. и 1823-25 гг.) избирался деканом физико-математического факультета. С 1827 по 1846 гг. был ректором Казанского университета. При Лобачевском университет достиг расцвета. Обладавший высоким чувством долга, Лобачевский брался за выполнение трудных задач и всякий раз с честью выполнял возложенную на него миссию. Под его руководством в 1819 была приведена в порядок университетская библиотека. В 1825 г. Лобачевский был избран библиотекарем университета и оставался на этом посту до 1835 г., совмещая (с 1827 г.) обязанности библиотекаря с обязанностями ректора. Когда в университете началось строительство зданий, Лобачевский вошел в состав строительного комитета (1822 г.), а с 1825 г. возглавил комитет и проработал в нем до 1848 г. (с перерывом в 1827-33 гг.). За это время были построены новые корпуса, механические мастерские, лаборатории, обсерватория, стал издаваться «Казанский Вестник».

Геометрия Лобачевского (гиперболическая геометрия) – одна из неевклидовых геометрий, геометрическая теория, основанная на тех же основных посылах, что и обычная евклидова геометрия, за исключением аксиомы о параллельных, которая заменяется на аксиому о параллельных Лобачевского.

Наглядное представление геометрии Лобачевского: через точку M проходят две прямые, параллельные прямой D . В этой плоскости кривизна плоскости отрицательна.

На 39-м году жизни Лобачевский наконец решается и на личную жизнь. В 1832 году состоялась его свадьба с Моисеевой Варварой Алексеевной, которая была моложе Николая на 20 лет. У Николая Ивановича и Варвары Алексеевны было 4 сына и 2 дочери. Старший сын, Алексей, любимец отца, очень напоминал его лицом, ростом и телосложением; младший сын страдал какой-то мозговой болезнью, он едва мог говорить и умер на седьмом году. Николай Иванович любил своих детей, глубоко и серьезно о них заботился, но умел сдерживать свои печали в пределах и не выходил из равновесия. Летом он отдавал свободное время детям и сам учил их математике.

В последние годы жизни Николай Иванович ослеп и своё последнее произведение «Пангеометрию» рассказывал под диктовку. В 1855 году скончался 12 (24) февраля 1856 года, в тот самый день, в который 30 годами ранее впервые обнарудовал свою версию неевклидовой геометрии. Похоронен на Арском кладбище Казани.

Список источников

1. <https://medal.kpfu.ru/o-lobachevskom/>.
2. <https://obrazovaka.ru/alpha/l/lobachevskij-nikolaj-lobachevsky-nikolai>.

Старикова А. А.

Научный руководитель: Журавлева И. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТ ПОСТОЯННЫХ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РАМУ

Аннотация. Рассмотрен метод расчета постоянных нагрузок, действующих на раму.

Ключевые слова: расчет, рама, постоянные нагрузки, шатер, стены, подкрановые балки, ферма

Современные одноэтажные производственные здания, оборудованные мостовыми электрическими кранами, проектируются обычно каркасными рамного типа. Основными конструкциями каркаса являются поперечные рамы, состоящие из ступенчатых колонн и ригелей. На поперечные рамы в продольном направлении опираются подкрановые балки, элементы покрытия здания и стеновые ограждения.

В настоящее время при проектировании строительных конструкций в проектных организациях значительная часть расчетов выполняется на персональных компьютерах с помощью специальных проектно-вычислительных комплексов (ПВК), таких как «SCAD», в этой программе в основном строится на методе конечных элементов (МКЭ).

Для определения усилий в элементах рамы сначала выполняется сбор нагрузок и на основе конструктивной схемы строится расчетная схема.

Постоянные нагрузки, действующие на раму

Ограждающие конструкции покрытия

Равномерно распределенная нагрузка от веса покрытия (шатра), приложенная к ригелю рамы

$$q = g \cdot l,$$

где g – расчетная нагрузка на квадратный метр покрытия, определяется в зависимости от принятой конструкции кровли; l – шаг рам.

Сосредоточенная нагрузка в узле фермы вычисляется по формуле

$$F = q \cdot l_n,$$

где l_n – длина панели по верхнему поясу фермы.

Собственный вес фермы, колонны вычисляется программным комплексом, в соответствии с назначенными сечениями элементов фермы, колонны. Определение размеров поперечных сечений производится по их геометрическим характеристикам, а также исходя из опыта проектирования.

Собственный вес связей по покрытию

Данная нагрузка является одной из составляющей нагрузки от шатра q и принимается в пределах $0,04 \dots 0,1$ кН/м².

Собственный вес подкрановых балок

Нагрузка от веса подкрановых балок (вместе с рельсом) приложена в уступе колонны, и принимается в зависимости

– от выбранного сечения подкрановых балок;

– от веса подкранового рельса, который в свою очередь зависит от мостового крана.

Данную нагрузку умножают на конструктивный коэффициент k , равный 1,3.

Ограждающие конструкции стен

Сосредоточенная нагрузка от веса стен F_i приложена над оконными проемами, в местах установки опорных столиков для стеновых панелей. Так как данная нагрузка приложена с эксцентриситетом, то необходимо учесть момент от приложенной нагрузки

$$M_i = F_i \cdot e_i.$$

Расчет постоянных нагрузок

1. Шатер

Распределенная нагрузка на ригель

$$q_{ш} = g_{ш} \cdot \frac{l}{\cos \alpha},$$

где $q_{ш} = 2,13 \cdot 6,0 / 1,00 = 12,78$ кН/м;

α – угол уклона верхнего пояса ригеля; принято $\cos \alpha = 1$.

Сосредоточенная нагрузка в узле фермы

$$F_{ш} = q_{ш} \cdot l_n,$$

$$F_{ш} = 12,78 \cdot 3 = 38,34 \text{ кН.}$$

2. Стены

Сосредоточенные нагрузки на колонну

$$F_1 = g_{cm} \cdot l \cdot (13,8 - 9,0) + g_{0cm} \cdot l \cdot (16,2 - 13,8).$$

$$F_1 = 0,372 \cdot 6,0 \cdot 4,8 + 0,55 \cdot 6,0 \cdot 2,4 = 18,6 \text{ кН.}$$

$$F_2 = g_{cm} \cdot l \cdot (21,0 - 16,2).$$

$$F_2 = 0,372 \cdot 6,0 \cdot 4,8 = 10,71 \text{ кН.}$$

Моменты на колонну

$$M_1 = F_1 \cdot e_1.$$

$$M_1 = 18,6 \cdot 0,6 = 11,16 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$M_2 = F_2 \cdot e_2.$$

$$M_2 = 10,71 \cdot 0,35 = 3,75 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

3. Подкрановые балки

Сосредоточенная нагрузка от веса балок

$$F_{пб} = l_n \cdot g_{пб},$$

$$F_{пб} = l_n \cdot g_{пб},$$

$$F_{пб} = 6,0 \cdot 2,97 = 17,82 \text{ кН}.$$

Вывод. Постоянные нагрузки – длительно действующие и неизменяющие нагрузки. Они возникают от собственного веса несущих и ограждающих конструкций: элементов покрытия, колонн, стеновых панелей, подкрановых балок.

Список источников

1. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия / Минрегион России. М.: ГУП ЦПП, 2011. 92 с.
2. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / под ред. В. Н. Гордеева. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. 482 с.

УДК 517

Христофорова С. С., Кулагина С. В.

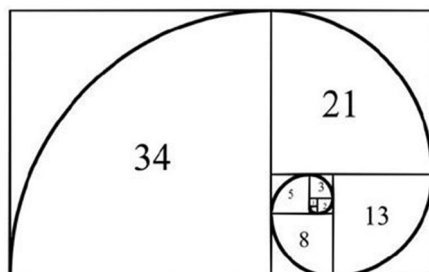
Поволжский государственный технологический университет

ЧТО ТАКОЕ ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ? ПРАВДА ЛИ ОНО ПОВСЮДУ?

Аннотация. *Актуальность исследования состоит в том, что в современном мире люди перестали придавать значение каким-то необычным вещам. При рождении нас наделяют органами чувств, благодаря которым мы понимаем этот мир. Золотое сечение – это ключ ко многим вопросам, но что это и где его можно встретить?*

Ключевые слова: *золотое сечение, золотая пропорция, числа ряда Фибоначчи, спираль Архимеда*

Золотое сечение – отношение частей и целого, при котором отношения частей между собой и наибольшей части к целому равны. При правильном использовании золотое сечение создает изображение, которое естественным образом эстетически привлекает глаз. Оно образуется из последовательности чисел, которые назвали именем итальянского математика Фибоначчи. Так как именно он у арабских учителей познакомился с трудами индийских математиков, в частности с той самой числовой последовательностью, которую позже изучил и популяризовал. Суть ее в том, что при постановке чисел в ряд каждое последующее число равно сумме двух предыдущих чисел. Если представить эту последовательность графически, то мы увидим хорошо известную нам схему, которую мы привыкли называть Золотым сечением.



0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144...

1	1
1	1
1+1=2	1/1=1
2+1=3	2/1=2
3+2=5	3/2=1.5
5+3=8	5/3=1.667
8+5=13	8/5=1.6
13+8=21	13/8=1.625
21+13=34	21/13=1.615
34+21=55	34/21=1.619
55+34=89	55/34=1.618
89+55=144	89/55=1.618

Золотым сечением называется отношение каждого последующего числа к предыдущему. Из схемы мы видим, что около десятка первых числовых отношений дают разный результат, но если продолжать их строить, то мы можем заметить, что их результатом всегда будет одно и то же число равное 1,618. Именно это число принято называть золотым сечением или золотой пропорцией.

Есть ли эти таинственные числа и та самая золотая пропорция вокруг нас и есть ли этому практическое применение? Даже не углубляя-

ясь, золотую пропорцию можно легко обнаружить вокруг себя. К примеру, если взять идеальное мужское тело и за точку деления взять точку пула, то его пропорции будут 13 к 8, что соответствует 1,618. В случае с идеальным женским телом это соотношение будет равняться 8 к 5. Золотая пропорция в человеческом теле явление очень редкое.

Числа ряда Фибоначчи повсеместно проявляются в природе: это множество спиралей, по которой веточки растений примыкают к стеблю, закручивание головки брокколи или бараньего рога, чешуйки на шишке в виде спиралей или семечки в подсолнухе, движение урагана или даже структура галактик. Также на срезе раковины наутилуса можно увидеть спираль Архимеда. Испуганное стадо северных оленей разбегается по спирали. Золотой пятиугольник и пентаграмма имеют место быть в живой природе. К примеру, цветки многих растений и морские звезды. Даже у бабочек соотношение размеров грудной и брюшной части тела соответствует золотой пропорции.

Архитекторы, дизайнеры, художники и композиторы использовали и используют пропорции золотого сечения. Такие работы, как великие пирамиды Хеопса, собор Парижской Богоматери, храм Василия Блаженного, Парфенон, «Сикстинская мадонна», «Рождение Венеры», работы Леонардо да Винчи. Предполагается, что именно он, изучив последовательность чисел Фибоначчи, назвал эту пропорцию, как золотое сечение. Наибольшее количество произведений, в которых имеется золотое сечение, у Бетховена (97%), Шопена (92%), Шуберта и Моцарта (91%), Скрябина (90%).

В современном мире дизайна по правилу золотого сечения создавались логотипы такие как Mastercard, National Geographic Apple, Toyota, Twitter, McDonald's, Pepsi. Удивительно. Но даже знак качества СССР содержит в себе золотую пропорцию.

В редактировании текста для качественного восприятия информации размер заголовка и самого текста, лучше всего использовать в соотношении 1,6. При кадрировании фото для правильного сбалансирования изображения лучше всего наложить спираль в точку фокуса, гармонично обрезав ненужные пустоты. Использование золотого сечения может также помочь в разработке естественно привлекательного и успокаивающего интерфейса, путем правильного привлечения внимания к важным вещам.

Таким образом, золотое сечение всегда было среди нас. Оно создает для нас более яркую картину мира. Нам становится приятнее слушать композиции, рассматривать архитектурные сооружения, любоваться природой и животными, а именно взаимодействовать с живой природой.

Список источников

1. Аракелян Г. Б. Математика и история золотого сечения. М.: Логос, 2014. 404 с.
2. Шевелев И. Ш., Марутаев М. А., Шмелев И. П. Золотое сечение: Три взгляда на природу гармонии. М.: Стройиздат, 1990. 342 с.

УДК 72.01

Черных Ю. А.

Научный руководитель: Журавлев Е. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РОЛЬ МАТЕМАТИКИ В ФОРМИРОВАНИИ ГАРМОНИЧНЫХ ОБРАЗОВ В АРХИТЕКТУРЕ

***Аннотация.** В статье рассматривается влияние математических методов на гармонизацию объемно планировочных решений в проектировании.*

***Ключевые слова:** архитектура, математика, гармония, дизайн, красота*

Математика является основополагающим инструментом в процессе проектирования. Начиная с рисования или составления планов, выполнения и заканчивая завершением строительных проектов, архитекторы, строители и строительные эксперты используют ее намеренно или ненамеренно. Если заглянуть в историю, то математики были архитекторами и наоборот. Один из известных математиков, Витрувий, был также известным архитектором. Показания Пифагора затем использовались в пропорциях зданий. Леонардо да Винчи, который работал и широко использовал золотое сечение, также был архитектором. Важность и присутствие математики в архитектуре можно увидеть на всех этапах – от анализа участка до окончательного оформления фасада. Эти два понятия неразделимы.

Математика, хотя и техническая наука, является важнейшей частью архитектурного проектирования. Невозможно осознать ее огромные масштабы, если не использовать и не работать над ней. Ее можно прекрасно применять как в художественном, так и в практическом плане при разработке проектного предложения. Математика выполняет двоякую функцию: во-первых, она служит в качестве экономических факторов, относящихся к предлагаемому проектному решению. С

помощью этого метода можно определить бюджет на строительство и обслуживание с помощью площади, высоты, материалов и разработок. Вторая роль, которую можно обозначить как ключевой сегмент дизайна, включает в себя размер, пропорции и деление площади проектируемых помещений на основе математических соотношений.

Математика играет не менее важную роль, независимо от того, идет ли речь о реконструкции, новом строительстве или пристройке к существующему зданию. Размер и масштаб определенно влияют на восприятие пользователя и могут создать необходимую атмосферу. Именно математика также помогает контролировать строительные работы для достижения экономически эффективного дизайна, поскольку строительство может оказаться дорогостоящим мероприятием.

В общем, можно с уверенностью сказать, что математика, будучи важным фактором в процессе архитектурного проектирования, часто остается за кадром. И обращает на себя внимание, когда появляются неприятные новости или неправильные решения, когда люди сталкиваются с какими-то проблемами. Мудрое и верное использование математики в процессе проектирования с самого начала способствует потенциальному успеху проекта.

Математика, насколько она полезна в обеспечении практичности дизайна, также добавляет нематериальный элемент в дизайн в виде красоты. Архитектурный проект обеспечивает основу, а математика дополняет проект красотой, жизнью и воображением.

Кристофер Александр, британско-американский архитектор и теоретик дизайна, твердо убежден, что математический анализ различных архитектурных деталей дает объективную интерпретацию красоты любого строения. Далее он утверждает, что архитектурная красота напрямую коррелирует с 15 такими математическими свойствами:

1. масштаб;
2. сильные центры;
3. границы;
4. чередующееся повторение;
5. позитивное пространство;
6. хорошая форма;
7. локальные симметрии;
8. глубокая взаимосвязь и неоднозначность;
9. контраст;
10. градиенты;

11. шероховатость;
12. эхо;
13. пустота;
14. простота и внутреннее спокойствие;
15. неотделимость.

Его работа «Природа порядка» – 4-томный труд – обобщает его взгляды на то, как включение этих 15 свойств становится важным для придания жизни любому пространству. В результате структура естественным образом чувствует себя привлекательной для аудитории и позволяет ей легко оценить ее.

Бертран Рассел, влиятельная личность в области математики, логики, философии и истории, также высказывает свою точку зрения на математическую красоту. Хотя дизайн столь же субъективен, как и его создатель и массы, математика при правильном подходе не содержит ничего, кроме истины. Ее способность передавать высшую красоту, не обладая врожденной красотой любого произведения искусства, просто чиста. Он добавляет, что математические визуализации несут в себе оттенок счастья, восторга и ощущения запредельного, столь же сильного, как и поэзия.

В мире архитектуры мы признаем несказанное удовольствие от геометрической регулярности форм и очертаний. Наша история свидетельствует о многих архитектурных чудесах, которые вызывают у нас приятные эмоции. С одной стороны, мы согласны с важностью математики в архитектуре. Но, с другой стороны, важно понимать, что она не способна окончательно определить архитектурную красоту. Важно также знать, как соотносятся эти математические выражения с человеческим восприятием. Кристофер Александр считает, что современная архитектура иногда может отличаться от 15 традиционных средств проектирования зданий. Это многое говорит об архитектуре исторических и современных зданий. Таким образом, с изменением времени использование и методы математики в архитектуре могут меняться, но она по-прежнему прочно удерживает свои позиции.

Список источников

1. Александр К. Язык шаблонов. Города. Здания. Строительство. М.: Изд-во Студии Артемия Лебедева, 2014. 1093 с.

Шуралёв А. А., Кулагина С. В.
 Поволжский государственный технологический университет

МАТРИЧНЫЙ АНАЛИЗ. МЕТОД ПРОГОНКИ

Аннотация. В статье представлено описание метода прогонки, а также область его применения.

Ключевые слова: метод прогонки, трехдиагональная матрица

Матричный анализ является одним из наиболее распространенных методов решения систем линейных уравнений. В рамках этого подхода используются матрицы, которые позволяют представить систему уравнений в компактной и удобной форме.

Одним из методов матричного анализа является метод прогонки. Он широко используется для решения систем линейных уравнений с трехдиагональной матрицей коэффициентов. Такие системы возникают, например, при решении дифференциальных уравнений методом конечных разностей.

Суть метода прогонки заключается в том, что исходную систему уравнений приводят к трехдиагональной форме и затем последовательно решают ее, начиная с первого уравнения и двигаясь вперед по строкам. На каждом шаге используется информация о решении предыдущих уравнений.

- 1 Приведение линейного уравнения системы к типу:

$$A_i \cdot x_i + B_i \cdot x_{i+1} = F_i.$$

2. Выражение $x(i)$:

$$x_i = \frac{F_i - B_i \cdot x_{i+1}}{A_i}.$$

3. Подстановка $x(i)$ в следующее уравнение:

$$A_{i+1} \cdot \left(\frac{F_i - x_{i+1}}{A_i} \right) + B_{i+1} \cdot x_{i+1} + C_i \cdot x_{i+2} = F_{i+1}.$$

Далее по такому принципу вычисляются все переменные, пока решение не придет к виду:

$$A_{i+n} \cdot x_{i+n} = F_{i+n}.$$

После чего система решается обратной прогонкой.

Ключевой момент метода прогонки – это процесс прогонки и обратной прогонки. Процесс прогонки заключается в решении системы уравнений относительно неизвестных значений в прямом направлении, начиная с первого уравнения. Обратная прогонка – это процесс решения той же системы уравнений относительно неизвестных значений в обратном направлении, начиная с последнего уравнения.

Применение метода прогонки позволяет решать системы линейных уравнений с трехдиагональной матрицей коэффициентов быстро и эффективно. В частности, этот метод может быть использован для численного решения дифференциальных уравнений методом конечных разностей.

Однако следует заметить, что метод прогонки применим только к системам линейных уравнений с трехдиагональной матрицей коэффициентов. Для систем с более сложной структурой следует использовать другие методы матричного анализа.

В заключение можно сказать, что метод прогонки является мощным инструментом для решения систем линейных уравнений с трехдиагональной матрицей коэффициентов. Он нашел широкое применение в различных областях науки и техники, где возникают задачи численного решения дифференциальных уравнений и других математических моделей.

Список источников

1. Метод прогонки [Электронный ресурс]. Википедия. Свободная энциклопедия: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_прогонки.
2. Метод прогонки для решения систем линейных алгебраических уравнений [Электронный ресурс]: URL: https://moodle.kstu.ru/pluginfile.php/512336/mod_resource/content/.

УДК 519.85:624.15

Щеглова М. И.

Научный руководитель: Журавлев Е. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФУНДАМЕНТ ЗДАНИЙ

***Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема толщины сжимаемого слоя основания при математическом моделировании. Описываются пути решения определения толщины сжимаемого основания.*

Ключевые слова: моделирование, фундамент, основание, проектирование, ANSYS

В настоящее время применение новых инновационных моделей расчёта сооружений является необходимой и экономически целесообразной процедурой проведения исследований в различных областях строительства, технологических расчетах. Математическое моделирование – это трудоёмкий процесс построения и изучения моделей, реально существующих предметов, процессов или явлений. Конечной целью моделирования является получение объяснений этих явлений, а также дальнейшего предсказания явлений.

В решении поставленных задач и проблем помогает комплекс ANSYS, с помощью которого становится возможным:

- проведение динамического и статического анализов конструкции с учетом нелинейного поведения материалов, в том числе деформации при нагружении, сверхэластичность и др.;
- определение спектров колебаний, а также смещений и напряжений по спектрам;
- осуществление точного динамического анализа различных параметров, таких как формовка, нагружение и дробление;
- решение контактных задач.

Правила, указанные в СП 50-0101-2004 /1/ раздел 12.5 «Расчет плитных фундаментов», п. 12.5.4 рекомендуют применять схему расчёта «основание – фундамент». Она является наиболее универсальной и широко применяемой в технологических расчётах. Реализация фундамента производится в виде двух конструкций. Первая плита берётся толщиной 75 см, а вторая – аналогично первой, но с введением стен цокольной части здания. Деформация бетонной плиты разделяется на 3 типа:

1. упругое деформирование;
2. упруго-пластичное деформирование;
3. образование и появление трещин.

По результатам изучения диаграмм ANSYS можно сделать вывод, что пластические деформации напрямую зависят от применяемой расчётной системы. Для объективной оценки корректных расчётов, необходимо учитывать свойство грунтов, материалов и их совместную работу в комплексе.

Основываясь на приведённой выше информации [1], можно сделать вывод: система «основание – фундамент» подразумевает применение специальных конечных элементов, которые помогают в описаниях конструкций фундамента и применение различных моделей основания.

Учет дефектов в расчётах строительных конструкций критически необходим. Ежегодно инженеры стараются более тщательно производить моделирование деталей и конструкций сооружений, беря во внимание их дефекты, повреждения, трещины и коррозии.

Согласно решениям теории упругости осадка, $S_{\text{упр}}$ однородного линейно-деформируемого полупространства задаётся соотношением:

$$S_{\text{упр}} = \frac{w}{Cq\sqrt{F}},$$

где q – удельное давление; F – площадь, на которую действует распределённая нагрузка; w – интегральный коэффициент, постоянный для данной формы площади основания и местоположения рассматриваемой точки; E – модуль упругости; ν – коэффициент Пуассона.

Далее подобно тому, как это делается в методе эквивалентного слоя основания (СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений»), расчётную толщину сжимаемого слоя основания при моделировании системы «здание – фундамент – основание» возможно определить по результатам расчётов из условия равенства вертикальных перемещений под колонной в центре фундамента, полученной при моделировании основания линейно деформируемой средой, и вертикальных перемещений в том же месте, полученных на основе модели плиты на двухпараметрическом упругом основании [2].

Одной из значимых достоинств применения математического моделирования является возможность проведения оценки адекватности модели расчёта с учётом всех побочных нюансов. В большинстве случаев под адекватностью понимают степень соответствия модели реальному явлению или объекту, для описания которого она строится. С применением попутно создаваемой модели становится возможным проведение исследований определенного подмножества свойств объекта.

Таким образом, применение инновационных решений и точных расчётов с учетом всех нюансов объекта, свойств материалов и характеристик конструкций позволяет максимально эффективно спроектировать строительные объекты, что, в свою очередь, обеспечит качество выполняемых строительных работ.

Список источников

1. Кашеварова Г. Г. Основы автоматизации проектирования в строительстве [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/16726952>.
2. Гусев Г. Н., Ташкинов А. А. Математическое моделирование систем «здание – фундамент – грунтовое основание» [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.14498/vsgtu1126>.

Якупова Л. А.

Научный руководитель: Журавлев Е. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

***Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема тепловой эффективности зданий. Описываются пути решения малой тепловой эффективности и принятия решения по новым методам.*

***Ключевые слова:** оптимизация, моделирование, тепло, эффективность, здания*

В настоящее время актуальна проблема теплоэффективности зданий. Она затрагивает всех: от обычных жителей дома до работников, проводящих свой день в здании. Зимнее время позволяет выявить проблемы тепловой эффективности. Актуальность поиска эффективных методов использования энергоресурсов возрастает с каждым годом. Применение новых инновационных методов, которые позволяют решить большинство проблем, категорически необходимо.

При проектировании теплоэффективного здания учитываются такие факторы, как экономическая целесообразность, актуальность идеи решения, внешний климат, коэффициент компактности, возможность реализации задумки.

Наиболее перспективные программы возведения зданий, используя системный анализ и математическое моделирование, пришли к решению, что оптимальная высота будет составлять 16 этажей. Высотные здания от 17 этажей и выше подвержены сильным ветровым нагрузкам. Чтобы не терять в общей площади здания, используется метод проектирования ширококорпусных домов. Их коэффициент компактности на 15-30% выше, чем у других строений. Этот метод позволяет сохранять устойчивый микроклимат внутри зданий.

Соотношение ширины и длины помещений играет важную роль. Стандартные помещения квадратной формы являются наименее защищёнными от теплового воздействия. Вытянутые помещения не получают достаточно света, чтобы поддерживать комфортный микроклимат в помещениях. Самым оптимальным решением на данный момент является проектирование помещений в пропорциях $3/2$ длины и ширины.

Это соотношение позволяет сохранять и поддерживать стабильный температурный режим в помещении. Площадь остекления помещения и условия проветривания являются немаловажными факторами, которые нужно соблюдать для оптимальной теплоэффективности. Площадь остекления не должна превышать 18% от площади ограждающих конструкций. В ином случае неминуемо возрастание теплопотерь. Все вышеперечисленные значения соблюдаются, согласно СНиП 23-03-2003[1].

Опираясь на приведенную выше информацию, можно сделать следующий вывод: соблюдение всех утверждённых стандартов проектирования необходимо.

Идея заключается в использовании «дисциплинирующих условий», которые зафиксированы с самого начала планировки здания и не могут быть нарушены в ходе строительства. Использование 3-х подсистем:

1. энергетическое воздействие наружного климата на оболочку здания;
2. энергия, накопленная (содержащаяся) в оболочке здания, то есть в наружных ограждающих конструкциях здания;
3. энергия, накопленная (содержащаяся) внутри объема здания, то есть во внутреннем воздухе, внутреннем оборудовании, внутренних ограждающих конструкциях и т. д.

$$\eta = \frac{W_{\min}}{W}, \quad 0 < \eta \leq 1.$$

$W_{\min}$ – затраты тепловой энергии на обеспечение теплового режима здания, наиболее эффективного в тепловом отношении, Вт; W – затраты тепловой энергии на обеспечение теплового режима здания, принятого для проектирования, Вт. Максимальная тепловая эффективность достигается при $\eta=1$.

В соответствии с представлением здания как единой энергетической системы тремя основными энергетически взаимосвязанными подсистемами показатель тепловой эффективности проектного решения может быть записан так:

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3, \quad 0 < \eta_i \leq 1, \quad i = 1, 2, 3,$$

где η_1 – показатель тепловой эффективности в части оптимального учета наружного климата; η_2 – то же в части оптимального выбора теплозащиты ограждающих конструкций; η_3 – то же в части оптимального выбора системы обеспечения теплового режима здания [2].

Ставится задача оптимизации с заданными ограничениями, и цель достигается при получении оптимального решения с учетом заданных

ограничений. В этом случае целесообразно ввести показатель тепловой эффективности проектного решения, который характеризует отличие принятого к проектированию здания от здания, наиболее эффективного в тепловом отношении.

Таким образом, благодаря предложенному проекту по данной теме будет решен ряд проблем, а именно: эффективное использование энергоресурсов, экологические и социальные нормы уровня жизни, улучшения микроклимата внутри помещений и защиту окружающей среды.

Список источников

1. ВашДом. Строим тёплое жильё [Электронный ресурс]. URL: https://www.vashdom.ru/articles/rockwool_31.htm.
2. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий [Электронный ресурс]. URL: https://mpk.ua/wp-content/uploads/2021/01/62_avok_tabunschikov.pdf.

УДК 531.754.5

Веткина Е. В., Иванова А. С.

Научный руководитель: Ладычук Д. В., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ МЕТОДОМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ

Аннотация. Рассмотрены теоретические основы метода гидростатического взвешивания, экспериментально определены плотности твердых тел – металлов и сплавов.

Ключевые слова: закон Архимеда, выталкивающая сила, гидростатическое взвешивание, плотность твердых тел

Известно, что для вычисления плотности тела достаточно по определению найти отношение массы тела m к его объему V :

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (1)$$

Измерение массы проводится с помощью весов посредством взвешивания, а объем тела вычисляется математически по соответствующим формулам, если тело имеет правильную геометрическую форму [1].

В случае, если тело имеет не только неправильную форму, но и малые размеры, определить его объем с высокой точностью затруднительно. Тогда объем, а также плотность тела можно определить методом гидростатического взвешивания. Этот метод основан на использовании закона Архимеда: на тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх, и численно равная весу жидкости или газа, вытесненной погруженной частью этого тела. Иными словами, тело теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненная им жидкость. Выталкивающая (архимедова) сила F_a возникает из-за того, что значения гидростатического давления на разных глубинах неодинаковы [2].

Если тело погружено в жидкость целиком, то сила Архимеда определяется по формуле:

$$F_a = \rho_0 g V, \quad (2)$$

где ρ_0 – плотность жидкости, V – объем тела, погруженного в жидкость, g – ускорение свободного падения.

При неполном погружении тела в жидкость, когда какая-либо часть его объема остается над свободной поверхностью жидкости, величина F_a определяется по формуле:

$$F_a = \rho_0 g V_{\text{погр}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{погр}}$ – объем погруженной в жидкость части тела.

Тело, погруженное в жидкость, находится в равновесии, если сила тяжести, действующая на тело, уравновешивается выталкивающей силой F_a :

$$mg = F_a. \quad (4)$$

В случае, если при погружении в жидкость на тело не действуют никакие другие силы, а сила Архимеда больше силы тяжести, действующей на тело, то тело будет всплывать до тех пор, пока не будет выполнено условие:

$$\rho_0 g V_{\text{погр}} = mg. \quad (5)$$

Если сила тяжести больше силы Архимеда, то тело тонет, при этом будет выполняться:

$$F_a = \rho_0 g V. \quad (6)$$

Для определения плотности твердого тела, тонущего в жидкости, используется метод гидростатического взвешивания, в котором необходимо определить вес тела соответственно в воздухе P и в жидкости P' , разность этих значений будет равна величине выталкивающей силы, с учетом (6):

$$F_a = P - P' = \rho_0 g V. \quad (7)$$

Отсюда можно выразить объем тела:

$$V = \frac{F_a}{g \rho_0}. \quad (8)$$

После подстановки (8) в (1), и полагая, что $P=mg$, получается выражение для определения плотности тела, тонущего в жидкости, методом гидростатического взвешивания:

$$\rho = \frac{\rho_0 P}{P - P'} = \frac{\rho_0 mg}{P - P'}. \quad (9)$$

Работа выполнялась с помощью flash-анимации физической экспериментальной установки. В качестве объектов исследования использовались образцы твердых тел – металлы (алюминий, золото) и сплавы (сталь, латунь) массой $m=1-3$ кг (по 5 образцов для каждого материала). В качестве жидкостей использовались: вода ($\rho_0=1000$ кг/м³) и органические вещества (глицерин ($\rho_0=1260$ кг/м³), этанол ($\rho_0=790$ кг/м³), бензол ($\rho_0=879$ кг/м³)), величина $V_{ж}=2 \cdot 10^{-3}$ м³. Определение веса образцов в воздухе и в соответствующих жидкостях осуществлялось с помощью динамометра с круглой шкалой. В каждой серии измерений проведено 5 опытов, расчет величин произведен по их средним значениям. Результаты измерений приведены в таблице.

Жидкость	Твердое тело	Плотность материала (табл.) $\rho_{\text{табл}}, \text{кг/м}^3$	Плотность материала (эксп.) $\rho_{\text{эксп ср.}}, \text{кг/м}^3$	$\epsilon, \%$
Вода	Алюминий	2700	2703,1	0,11
Глицерин			2703,3	0,12
Этанол			2699,5	0,02
Бензол			2700,1	0,004
Вода	Золото	19300	19339,2	0,20
Глицерин			19333,7	0,17
Этанол			19350,2	0,26
Бензол			19314,3	0,07
Вода	Сталь	7700	7707,8	0,10
Глицерин			7707,1	0,09
Этанол			7690,4	0,12
Бензол			7699,1	0,01
Вода	Латунь	8300	8313,6	0,16
Глицерин			8305,4	0,07
Этанол			8298,3	0,02
Бензол			8291,3	0,10

Данные опытов показали, что экспериментальные значения плотностей $\rho_{\text{эксп ср}}$ для исследованных образцов хорошо согласуются с их табличными величинами $\rho_{\text{табл}}$, и метод гидростатического взвешивания может использоваться для определения плотности изученных твердых тел.

Список источников

1. Трофимова Т. И. Курс физики. М.: Academia, 2008. 557 с.
2. Журавлёв Л. Г., Филатов В. И. Физические методы исследования металлов и сплавов. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. 157 с.

Галимова А. Р., Гапоненко С. О.
Казанский государственный энергетический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДЕФЕКТОВ НА ПАРАМЕТРЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ТРУБОПРОВОДА

Аннотация. Представлено математическое моделирование влияния различных типов дефектов в трубопроводах на частоты их колебаний. Анализ переходных динамических процессов в программном пакете ANSYS позволил получить динамическую характеристику трубопроводов с дефектами 7 мм; 8 мм; 10 мм. При выполнении работы использовались методы математического моделирования, численные, логико-вычислительные методы и вероятностно-статистические методы математической обработки результатов измерений. В результате исследований, проведенных с использованием модального анализа, были рассчитаны собственные частоты трубопроводов без дефектов и с дефектами различных размеров.

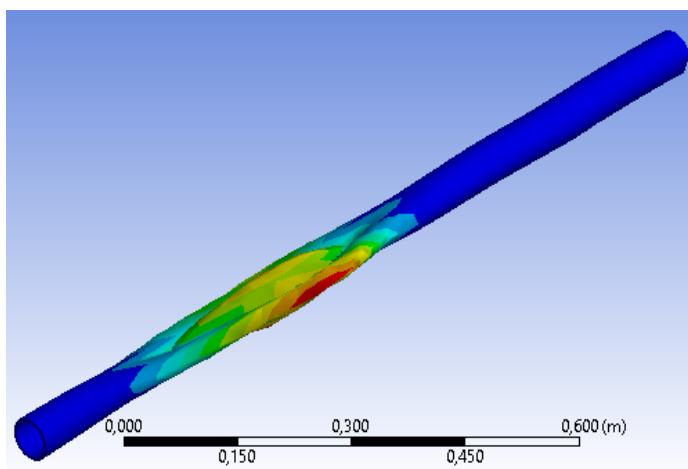
Ключевые слова: виброакустический метод, неразрушающий контроль, трубопровод, анализ, численное моделирование, дефект

Задача повышения качества оценки технического состояния и диагностики трубопроводов является актуальной для обеспечения надежности энергоустановок и систем теплоснабжения. В сложных условиях эксплуатации наблюдаются воздействия высоких давлений, температур и агрессивных сред на трубопровод. Данные факторы обуславливают появление дефектов на корпусе объекта. Возникающий дефект представляет собой неоднородность физико-механических свойств на корпусе объекта контроля, а именно: трещины, вмятины, пористость, свищи и др. [1]. Вследствие этого возникает необходимость в проведении ряда диагностических мероприятий, позволяющих достоверно определять безопасные технологические режимы работы, выявлять участки трубопровода, пригодные для ремонта и т. д. [2].

На практике существуют различные виды методов неразрушающего контроля, позволяющие выявить различные виды дефектов конструкционных материалов с помощью разных приборов [3]. Есть следующие виды методов контроля: магнитный, электрический, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, визуально-оптический, радиационный, акустический и метод проникающими веществами (капиллярный).

Наиболее широко применяемым методом в промышленной теплоэнергетике является виброакустический метод неразрушающего контроля. Виброакустическая диагностика основана на регистрации, измерении и анализе виброакустических колебаний. Главными достоинствами данного метода можно выделить высокую эффективность и достоверность получаемых результатов, а также широкое применение данного метода в различных отраслях энергетики, машиностроения, железнодорожного транспорта и т. д. Способ инерциального возбуждения механических колебаний в упругой оболочке обладает повышенной точностью и информативностью возбуждения механических колебаний и регистрации их.

В исследовании определялись информативные диапазоны частот для контроля дефектного трубопровода с размером дефекта 7 мм. Наиболее характерными частотами являются 5778,2; 5801,3; 6662,5; 9828,1; 10262 Гц. Форма волны испытываемого трубопровода с размером дефекта 7 мм на частоте 5778,2 Гц показана на рисунке. Уникальность техники инерционного возбуждения механических колебаний в упругом корпусе заключается в вибрационном возбуждении. В корпусе осуществляются возбуждения с помощью инерционного резонатора, состоящего из электрического привода и эксцентрика. Во время его вращения наблюдается возникновение инерционных сил, достигающих через ось привода вибрационного воздействия на стенки упругой оболочки.



Форма волны в трубе с размером дефекта 7 мм на частоте 5778,2 Гц

Таким образом, виброакустический метод неразрушающего контроля позволяет эффективно проводить техническое диагностирование различных конструкторских изделий. Используя модальный анализ, были рассчитаны собственные частоты трубопровода с дефектами различных типов и размеров. Теоретические исследования выявили наиболее характерные частоты для дефекта в 7 мм: 5778,2; 5801,3; 6662,5; 9828,1; 10262 Гц; 8 мм: 5782,2; 6658,8; 6682,7; 7058,9; 7241,4 Гц; 10 мм: 5726,7; 6645,5; 7184; 7220,1; 9017,3 Гц соответственно.

Список источников

1. Гапоненко С. О., Кондратьев А. Е., Мустафина Р. Г. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3-15.
2. Галимова А. Р. Оценка технического состояния энергетических систем и комплексов на основе использования методов неразрушающего контроля // Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике», 2022. С. 154-156.
3. Загретдинов А. Р., Кондратьев А. Е., Зиганшин Ш. Г. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-1(31). С. 27.

УДК 535.14

Ермохин А. А.

Научный руководитель: Андреева Л. А., ст. преп.

Поволжский государственный технологический университет

ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КУБА ЛЕСЛИ

Аннотация. *Описывается эксперимент с использованием устройства под названием куб Лесли.*

Ключевые слова: *тепловое излучение, коэффициент излучения, куб Лесли*

Рассматривается задача изучения теплового излучения с помощью куба Лесли. Куб Лесли (англ. «Leslie cube») – это полый куб, наружные стороны которого состоят из разных материалов. Данное устройство довольно часто используется в демонстрационных экспериментах по изучению теплового излучения. Если более подробно описать устройство, то сам куб состоит из одного материала, а четыре внешние вертикальные стороны покрыты тонким слоем или плёнкой из других материалов. Вверху куба есть специальное отверстие или крышка, через которое заливается вода – это нужно для того, чтобы у всех сторон куба был одинаковый источник тепла. Также в некоторых вариантах куба Лесли есть дополнительное отверстие, в которое помещается палочка для размешивания жидкостей, чтобы поддерживать постоянную температуру внутри.

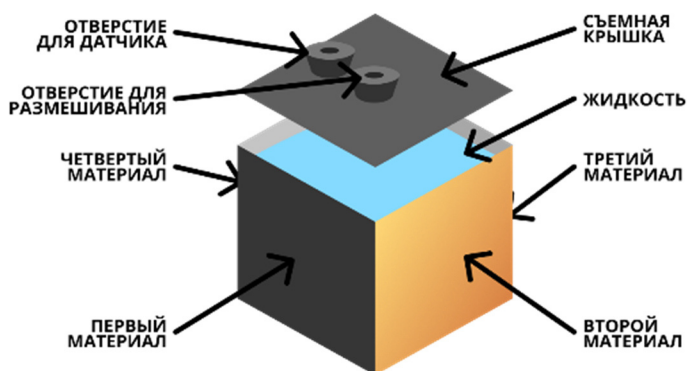


Рис. 1. Куб Лесли

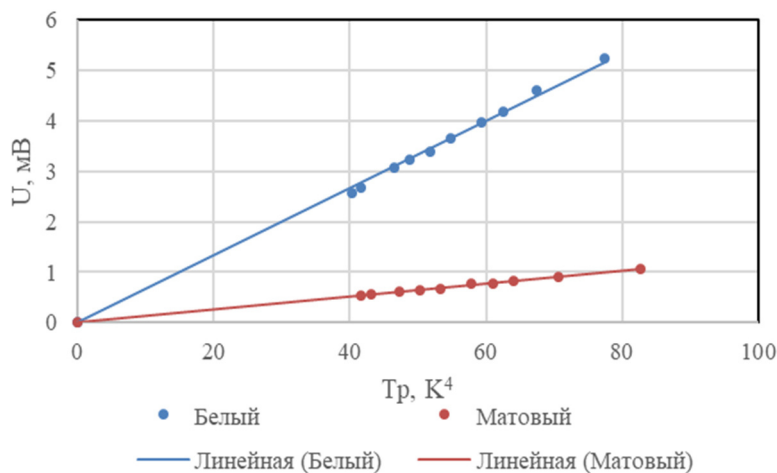
После проведения экспериментов можно сделать вывод, что:

1. полированные металлы имеют довольно низкий коэффициент излучения;
2. органические материалы имеют довольно большой коэффициент излучения.

Во втором опыте использовался куб, у которого три стороны были покрыты краской черного, белого и красного цветов. Четвертая сторона осталась ничем не покрытой. В ходе работы можно сделать выводы:

3. цвет почти не влияет на величину теплового излучения;

4. матовые поверхности имеют довольно низкий коэффициент излучения. Полированные поверхности имеют меньший коэффициент излучения по сравнению с матовыми ($\varepsilon_{\text{п}} < \varepsilon_{\text{м}}$), а черный цвет имеет больший коэффициент, по сравнению с белым ($\varepsilon_{\text{ч}} > \varepsilon_{\text{б}}$). При построении графика зависимости по материалам можно заметить, что черный и белые цвета излучают тепло примерно одинаково много, а полированные и матовые примерно одинаково мало.



Существует много разных способов изучения теплового излучения, но в учебных целях самым простым, удобным и наглядным является эксперимент с использованием куба Лесли.

Список источников

1. Биография и работы Джона Лесли [Электронный ресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/John_Leslie_\(physicist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Leslie_(physicist)) (дата обращения: 01.12.22).
2. Краткое описание куба Лесли [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Leslie_cube (дата обращения: 01.12.22).
3. Тепловое излучение [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5. (дата обращения: 01.12.22).
4. Оцифрованное 6-е издание книги «Heat. A Mode of Motion» Дж. Тиндалла [Электронный ресурс]. URL: <https://archive.org/details/heatamodemotion07tyndgoog> (дата обращения: 01.12.22).

Казанкина А. С., Снигирева А. А.
Научные руководители: Таланцев В. И., ст. преподаватель;
Ладычук Д. В., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ РЕФРАКТОМЕТРИИ ДЛЯ АНАЛИЗА МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ВЕЩЕСТВА

Аннотация. Рассмотрены возможности использования метода рефрактометрии для качественного анализа веществ и определения их физических констант.

Ключевые слова: поляризация, показатель преломления, молярная рефракция

Известно, что строение молекул определяет химические свойства веществ и их реакционную способность, а также силы межмолекулярного взаимодействия, от которых зависит ряд физических свойств веществ. Для определения строения молекул важно знать их основные электрические и оптические характеристики: дипольный момент μ , поляризуемость α и рефракцию R [1].

Дипольный момент является наиболее непосредственной характеристикой полярности химической связи. При помещении неполярных молекул во внешнее электрическое поле E происходит процесс поляризации – смещение центров тяжести положительных (по направлению поля) и отрицательных (против направления поля) зарядов от положения равновесия. В результате возникает наведенный (индуцированный) дипольный момент μ , величина которого равна [2]:

$$\mu = \alpha E. \quad (1)$$

Коэффициент α , имеющий размерность объёма и характеризующий объём электронного облака молекулы, называется поляризуемостью. Деформационная поляризуемость характеризует смещение электронного облака α_e и ядер атомов относительно исходных положений, а также пространственное смещение атомных групп α_a . Внешнее электрическое поле оказывает ориентирующее действие на полярные молекулы и вызывает ориентационную поляризацию α_o . Полная поляризуемость α определяется суммой вкладов трех составляющих и равна:

$$\alpha = \alpha_e + \alpha_a + \alpha_o. \quad (2)$$

С ростом частоты внешнего электрического поля вклады α_a и α_o постепенно уменьшаются и становятся пренебрежимо малыми, в то время как α_e сохраняется даже в переменном электрическом поле вплоть до $\nu=10^{15}$ Гц, соответствующей частоте колебаний видимого света. Для видимого и ультрафиолетового диапазонов характерна взаимосвязь между величиной α_e и показателем преломления вещества n , описываемая формулой Лоренц-Лорентца (для 1 моль вещества):

$$R_m = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} * \frac{M}{\rho} = \frac{4}{3} \pi N_A. \quad (3)$$

где R_m – молярная рефракция, M – молярная масса вещества, ρ – плотность, N_A – число Авогадро.

Величина R_m подчиняется принципу аддитивности и равна сумме объёмов молекул одного моля вещества, не зависит от агрегатного состояния вещества и температуры. По её значению можно установить структуру молекулы с учётом подбора оптимальной структурной формулы вещества, для которой вычисленные величины R_m равны экспериментальным, что используется в качественном рефрактометрическом анализе.

В данной работе с целью определения химических формул и строения молекул изучаемых веществ проводились экспериментальные измерения показателей преломления n_D ($\lambda=589,5$ нм) на рефрактометре ИРФ-454Б2М при температуре $t=20^0\text{C}$ для ряда индивидуальных органических веществ. Также вычислены экспериментальные (по формуле (3)) и расчётные (по сумме рефракций атомов и связей) величины R_m . Результаты измерений приведены в таблице 1. Как видно из таблицы 1, значения $R_m^{\text{практ}}$ и $R_m^{\text{теор}}$ практически совпадают, что может использоваться для идентификации веществ. Положительная разность между величинами, называемая экзальтацией, связана с особенностями взаимодействий между частицами и указывает на наличие в молекуле сопряженных кратных связей. В молекулах с такими связями электроны принадлежат всем атомам, образующим систему сопряженных связей, и могут свободно перемещаться вдоль этой системы, т. е. обладают высокой подвижностью. Они легко смещаются под действием поля, благодаря чему молекула обладает повышенной поляризуемостью. Реже наблюдаемую отрицательную разность – депрессию, можно объяснить пространственными соотношениями и нарушением сопряжения вследствие вывода конъюгированных групп из компланарности, а также наличием гетероатомных структурных группировок, молекулярных ассоциатов и водородных связей.

По эмпирическим уравнениям, связывающим рефракцию с другими физическими свойствами (теплотой сгорания, теплоёмкостью, критической температурой и т. п.), можно рассчитать эти физические константы при вычисленной рефракции (табл. 2):

$$X = a * R_m + b, \quad (4)$$

где X – физическая константа, a и b – индивидуальные коэффициенты для каждого гомологического ряда [3].

Таблица 1. Молярные рефракции индивидуальных веществ

Вещество	n_D	ρ , г/см ³ (20°C)	M , г/моль	Молярная рефракция, R_m , см ³ /моль		
				$R_m^{пратк}$	$R_m^{теор}$	ΔR_m , %
Гептан (C ₇ H ₁₆)	1,3876	0,682	100,202	34,638	34,526	+0,32
Бутанол-1 (C ₄ H ₁₀ O)	1,3991	0,810	74,122	22,140	22,197	-0,26
Ацетон ((CH ₃) ₂ CO)	1,3591	0,790	58,080	16,189	16,065	+0,77
Уксусная кислота (C ₂ H ₄ O ₂)	1,3718	1,049	60,050	13,004	12,972	+0,24

Таблица 2. Физические константы изученных веществ

Вещество	Теплота сгорания кДж/моль		ϵ , %	Теплоемкость, Дж/моль		ϵ , %
	$\Delta H_{теор}$	$\Delta H_{пратк}$		$C_{p,теор}$	$C_{p,пратк}$	
Гептан	4857	4905	0,99	212,2	220,7	4,01
Бутанол-1	2721	2681	1,47	179,0	183,0	2,23
Ацетон	1829	1787	2,29	125,0	130,9	4,7
Уксусная кислота	876,1	896,5	2,33	123,4	122,6	0,65

Список источников

1. Фано У., Фано Л. Физика атомов и молекул. М.: Наука, 1980. 656 с.
2. Огурцов А. Н. Введение в биофизику. Физические основы биотехнологии. Х.: НТУ «ХПИ», 2008. 320 с.
3. Верещагин А. Л., Балабанова С. С. Рефрактометрический анализ. Методические рекомендации к лабораторным работам по курсу «Физическая химия» и «Физическая химия и коллоидная химия». Бийск: Изд-во. Алт. гос. техн. ун-та, 2018. 31 с.

Казанцева А. С., Кисилёва А. А., Косарева Е. А.,
Мотовилов И. В., Попова Д. С.

Научные руководители: Григорьев Л. А., канд. физ.-мат. наук, доцент;
Красильникова С. В., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ КАТУШЕК ГЕЛЬМГОЛЬЦА

Аннотация. В работе изучается зависимость магнитной индукции поля катушек Гельмгольца от координаты x одной катушки, двух катушек при различных направлениях токов.

Ключевые слова: магнитная индукция, катушки Гельмгольца, магнитное поле

Существует несколько способов создания магнитных полей, например, с помощью катушек с током, электромагнитов и постоянных магнитов. Постоянные магниты широко применяются в приборах электронной техники, где требуется неизменное поле определенной величины. В лабораторном практикуме, где энергозатраты не являются главным критерием, а важно удобство управления, более распространены первые два метода – магнитное поле создается с помощью катушек с током и электромагнитом. Для получения относительно слабых полей, модуль вектора магнитной индукции которых не превышает $0,1 \text{ Тл}$ ($B \leq 0,1 \text{ Тл}$) чаще всего применяют катушки с током, при этом поле высокой степени однородности ($B = \text{const}$) можно получить, используя катушки Гельмгольца.

Работа проводилась на установке, общий вид которой изображен на рис. 1. Два контура Гельмгольца представляют собой две кольцевые катушки по N витков каждая (2). Витки расположены в параллельных плоскостях с общей осью симметрии. Расстояние между ними равно радиусу R витка. При выполнении работы плоскости контуров располагают таким образом, чтобы кольцевые проводники находились в плоскости магнитного меридиана Земли. От источника постоянного тока (5) на катушки можно подавать напряжение, которое вызовет постоянный ток в катушках. Значение тока можно изменять с помощью реостата (3). Величина тока контролируется миллиамперметром (4). При этом можно подключить одну катушку к источнику тока или две катушки одновре-

менно, в зависимости от подключения, ток может идти либо в одном направлении по катушкам, либо в противоположных направлениях.

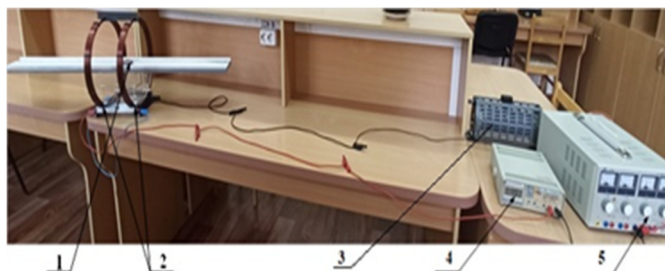


Рис. 1. Внешний вид установки: 1 – компас, 2 – катушки Гельмгольца, 3 – реостат, 4–миллиамперметр, 5 – источник тока

Для экспериментального исследования магнитного поля катушек Гельмгольца применялся метод, заключающийся в том, что на магнитную стрелку компаса, помещенную в центре катушки, по которой течет ток, действуют два взаимно перпендикулярных поля: горизонтальная составляющая магнитного поля Земли B_T и магнитное поле катушки с током B_K . При угле поворота стрелки компаса $\alpha=45^\circ$ магнитная индукция $B_K = B_T$ [1]. Следовательно, зная горизонтальную составляющую магнитного поля Земли B_T , можно экспериментально определить магнитную индукцию поля катушки B_K по тангенсу угла отклонения стрелки компаса:

$$B_K = B_T \operatorname{tg} \alpha .$$

На рис. 2 приведены экспериментальные и теоретические зависимости магнитной индукции, созданного круговым током одной катушки на его оси от расстояния $B_K=B(x)$ от центра витка. Вверху рисунка изображено результирующее магнитное поле, при этом токи в катушках текут в одном направлении.

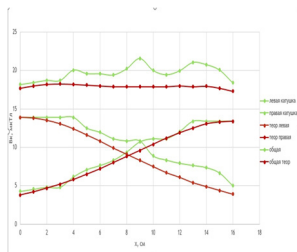


Рис. 2. $B_K=B(x)$, токи текут в одном направлении

На рис. 3 представлены графики зависимостей магнитной индукции на оси симметрии системы, проходящей через центры катушек от расстояния $B_k=B(x)$, при этом токи в катушках текут в разных направлениях.

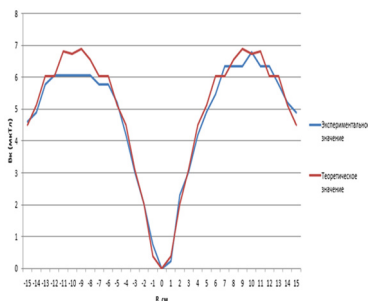


Рис. 3. $B_k=B(x)$, токи текут в разных направлениях

Таким образом, результаты исследований показали, что поле между катушками при однонаправленных векторах магнитной индукции можно считать однородным, при разнонаправленных векторах магнитной индукции – поле неоднородно, также наблюдается уменьшение значений магнитной индукции при удалении от колец.

Список источников

1. Григорьев Л. А., Аврамчик Г. Н., Масленников А. С. Магнетизм: лабораторный практикум. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. 104 с.

УДК 532.133

Нефедов М. С. Оносов Е. Р.

Научный руководитель: Андреева Л. А., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА РЕЙНОЛЬДСА

Аннотация. Представлен экспериментальный способ определения числа Рейнольдса.

Ключевые слова: текучесть жидкости, вязкость, режим течения жидкости, число Рейнольдса

Основным свойством жидкости, отличающим её от веществ, находящихся в других агрегатных состояниях, является способность неограниченно менять форму под действием касательных механических напряжений, даже сколь угодно малых, практически сохраняя при этом объём. Еще одно из отличий – подвижность (текучесть) жидкостей. Благодаря своей подвижности, жидкости не обнаруживают никакого сопротивления изменению формы. Части данной массы жидкости могут свободно сдвигаться, скользя одна относительно другой. Кроме того, жидкости характеризуются вязкостью. Вязкость – свойство среды оказывать сопротивление сдвиговым усилиям при вынужденном движении слоев. У большинства жидкостей сопротивление к сдвигу в состоянии покоя равно нулю. Между слоями жидкости при их относительном движении возникает сила вязкости, или внутреннего трения, определяемая формулой Ньютона:

$$F_{\mu} = \mu \cdot S \left| \frac{du}{dy} \right|,$$

где μ – динамическая вязкость, Па*с, S – площадь соприкосновения слоев, м², du – скорость движения среды, м/с; dy – координата нормали к направлению скорости, м.

Существует два режима течения жидкости. Исследованием в этой области занимался О. Рейнольдс. Различие в режимах он искал путем их визуализации. Струйка жидкости подкрашивалась, и ее характер фиксировался при разных средних скоростях. В области до критической скорости режим движения ламинарный (слоистый). Затем появляются поперечные пульсации и движение становится вихревым. Наконец, с ростом скорости процесс становится хаотическим, а режим становится турбулентным. Таким образом, течение называется ламинарным (слоистым), если вдоль потока каждый выделенный тонкий слой скользит относительно соседних, не перемешиваясь с ними, и турбулентным (вихревым), если вдоль потока происходит интенсивное вихреобразование и перемешивание жидкости. Для суждения о характере движения служит безразмерное число Рейнольдса R_e . Понятия ламинарности и турбулентности применимы как к течению жидкости по трубам, так и к обтеканию ею различных тел. В обоих случаях характер течения зависит от скорости течения, числа Рейнольдса, свойств жидкости и характерного линейного размера трубы или обтекаемого тела.

Ламинарное течение жидкости наблюдается при небольших скоростях ее движения. Внешний слой жидкости, примыкающий к поверхности трубы, в которой она течет, из-за сил молекулярного сцеп-

ления прилипает к ней и остается неподвижным. Скорости последующих слоев тем больше, чем больше их расстояние до поверхности трубы, и наибольшей скоростью обладает слой, движущийся вдоль оси трубы.

При турбулентном течении частицы жидкости приобретают составляющие скоростей, перпендикулярные течению, поэтому они могут переходить из одного слоя в другой. Из-за большого градиента скоростей у поверхности трубы обычно происходит образование вихрей.

Число Рейнольдса – безразмерная величина, характеризующая отношение инерционных сил к силам вязкого трения в вязких жидкостях и газах

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{n},$$

где ρ – плотность среды, кг/м^3 , v – характерная скорость, м/с , d – гидравлический диаметр, м , n – динамическая вязкость среды, $\text{Па}\cdot\text{с}$ или $\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$. Жидкость в гидравлическом потоке имеет инерцию и пытается поддерживать имеющуюся скорость. При большой вязкости среды внутреннее трение между слоями оказывает значительное сопротивление. Большие значения R_e соответствуют случаю, когда сопротивление трения мало и не может загасить турбулентность. Малые величины R_e относятся к обстоятельствам, когда трение уменьшает турбулентность и превращает гидравлический поток в ламинарный.

Описание опыта

Мы берем большое количество свинцовых шариков различных размеров, и бросаем их в трубку с глицерином, засекая время падения шара. На него будут действовать 3 силы: $F_1 = 6\pi\eta vr$ – сила сопротивления (сила внутреннего трения, приложенную к шару), $P = mg$ – сила тяжести, $F_2 = \rho_{\text{ж}} gV$ – сила Архимеда.

м, г	t, с	d, м	v, м/с	Re
0,17	348,2	0,00635	0,0023	0,035
0,355	13,7		0,06	0,92
1,06	3,2		0,26	3,92
1,41	2,25		0,36	5,52

Число Рейнольдса принимает небольшие значения, что говорит о ламинарном течении жидкости.

Список источников

1. Поздеев А. Г., Кузнецова Ю. А. Гидрогазодинамика: конспект лекций. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015.
2. Яворский Б. М. Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. М.: Наука, 1981. 480 с.
3. Штеренлихт Д. В. Гидравлика: учебник. изд. 5-е, стер. СПб: Лань, 2015. 655 с.

УДК 539.14

Пахомова М. М., Петрова А. В.

Научный руководитель: Красильникова С. В., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ БЕТА-СПЕКТРА РАДИОАКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА

Аннотация. В учебно-исследовательской работе по разделу «Физика атомного ядра» показана возможность использования установки «Арион» [1] для определения максимальной энергии β -частиц при помощи метода поглощения.

Ключевые слова: β -частицы, максимальная энергия, метод поглощения

Бета-частицы, испускаемые каким-либо радиоактивным веществом, имеют непрерывный энергетический спектр. Примерный вид распределения β -частиц по энергиям показан на рис. 1 [2], где по оси абсцисс отложена величина энергии E , а по оси ординат – число N β -частиц с данной энергией, испускаемых веществом.

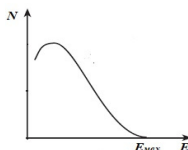


Рис. 1 Распределение бета-частиц по энергиям

Максимальная энергия $E_{\max}$ β -частиц для различных радиоактивных изотопов может меняться в широких пределах от нескольких тысяч до нескольких миллионов электронвольт. Для каждого изотопа $E_{\max}$ имеет вполне определенную величину и является его важной характеристикой.

В тех случаях, когда точность определения максимальной энергии невелика, можно воспользоваться методом поглощения.

Цель работы заключалась в определении максимальной энергии β -частиц, анализируя кривую поглощения. Работа проводилась на уста-

новке, изображенной на рис. 2. В качестве радионуклида использовался изотоп $^{40}_{19}K$ с периодом полураспада $1,29 \cdot 10^9$ лет, в качестве поглотителя – набор пластинок из тонкой алюминиевой фольги.

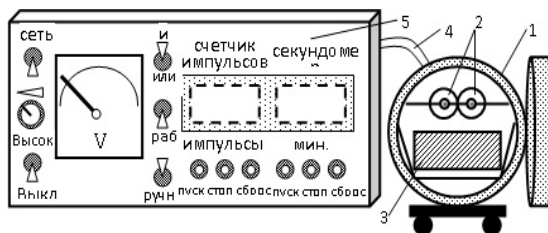


Рис. 2. Схема установки: 1 – свинцовый домик, 2 – счетчики Гейгера-Мюллера, 3 – кювета с радиоактивным веществом, 4 – соединительный кабель, 5 – измерительный блок

При прохождении через вещество пучок быстрых электронов уменьшает свою интенсивность, что позволяет говорить о поглощении β -частиц. Поскольку интенсивность β -излучения пропорциональна числу регистрируемых β -частиц прибором, то это число можно найти по уравнению:

$$N = N_0 e^{-\mu x}, \quad (1)$$

где N и N_0 – число регистрируемых β -частиц до поглотителя и после прохождения поглотителя толщиной x соответственно. Начиная с некоторой предельной толщины поглотителя, наступает полное поглощение β -частиц и скорость счета приближается к фону счетчика. Величина $x_{\max}$ называется пробегом β -частиц с максимальной энергией. Удобнее использовать массовую толщину поглотителя – *максимальный пробег*:

$$R_{\max} = \rho x_{\max}, \quad (2)$$

где ρ – плотность вещества поглотителя. Между максимальным пробегом $R_{\max}$ и энергией $E_{\max}$ бета-частиц существует эмпирическая зависимость [3]:

$$E_{\max} = 1,85 \cdot R_{\max} + 0,245, \quad (3)$$

где $R_{\max}$ выражается в $г/см^2$ и $E_{\max}$ – в $МэВ$. Формула (3) справедлива для энергий, больших $0,8 МэВ$.

Для определения максимального пробега $R_{\max}$ кривая поглощения была построена в полулогарифмическом масштабе (рис. 3), тогда пробег β -частиц, соответствующих их максимальной энергии, определялся по точке пересечения конца кривой поглощения с линией фона.

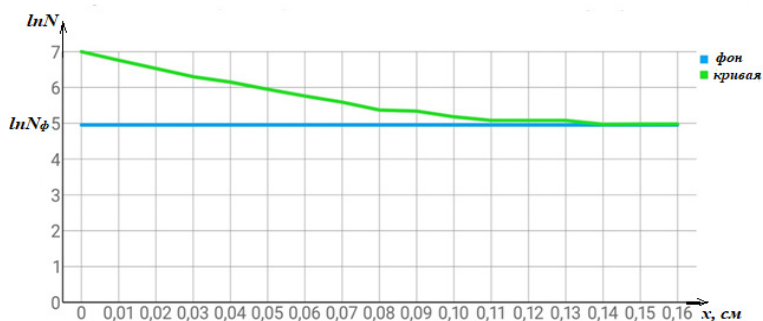


Рис. 3. Кривая ослабления для алюминиевой фольги в полулогарифмическом масштабе

Из графика $x_{\max}=0,14$ см, тогда $R_{\max}=2,7 \cdot 0,14=0,378$ г/см². Верхняя граница бета-спектра составила: $E_{\max}=0,9443$ МэВ.

Была проведена оценка относительной погрешности $E_{\max}$, которая составила величину порядка 5%.

Выводы. В проведенной работе показано, что установку «Арион» можно использовать не только для снятия кривых поглощения β -излучения различными материалами, но и для нахождения $E_{\max}$ бета-частиц. Таким образом, можно расширить спектр заданий в лабораторной работе «Определение коэффициента поглощения β -излучения».

Список источников

1. Гогелашвили Г. Ш., Гордеев М. Е., Красильникова С. В. Квантовая и ядерная физика: лабораторный практикум; под ред. Г. Ш. Гогелашвили. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. 120 с.
2. Трофимова Т. И. Курс физики. Учеб. пособие для студ. учреждений высш. образования. 22-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2016. 560 с.
3. Ахматов А. С., Андреевский В. М., Кулаков А. И. Лабораторный практикум по физике: учеб. пособие для студентов втузов; под ред. А. С. Ахматова. М.: Высш. шк., 1980. 360 с.

Устюгов М. С., Бачурин И. А.

Научный руководитель: Андреева Л. А., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ЮНГА И МОДУЛЯ СДВИГА НА УСТАНОВКЕ ФМ-19

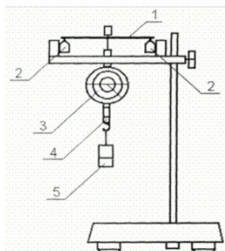
Аннотация. Представлен экспериментальный способ определения модуля Юнга модуля сдвига на установке ФМ-19.

Ключевые слова: деформация, модуль Юнга, модуль сдвига, прочность материала

Деформация – это изменение формы и/или размеров тела без изменения массы под действием внешней силы. Деформация называется упругой, если после прекращения действия внешних сил тело принимает первоначальную форму и размеры. Деформации, которые сохраняются после прекращения действия сил, называются пластическими, или остаточными. Все виды деформаций могут быть сведены к одновременно происходящим деформациям растяжения или сжатия и сдвига.

Коэффициент пропорциональности для деформации сжатия-растяжения является модуль Юнга, равный отношению механического напряжения σ к относительному удлинению ϵ .

Модуль Юнга позволяет рассчитать изменение размеров стержня при растягивающих или сжимающих нагрузках, он непосредственно применим к случаям одноосного напряжения; то есть напряжения растяжения или сжатия в одном направлении и отсутствия напряжения в других направлениях.



Экспериментальная
установка

Экспериментальная часть работы выполнялась на установке ФМ-19. Основание снабжено регулируемыми опорами и узлом крепления вертикальной стойки, в верхней части которой закреплен кронштейн. Исследуемая пластина 1 помещается на призматические опоры 2, установленные на кронштейне. Там же установлен часовой индикатор 3 для измерения величины прогиба. При измерениях на середину пластины 1 кладется скоба нагружения 4 с наборным грузом 5.

Экспериментальное определение модуля Юнга
Пластина (Сталь)

№	m_1	m_2	y_{1cp}	y_{2cp}	L	a	b
1	0,15		$57,7 \cdot 10^{-5}$	$70,7 \cdot 10^{-5}$	$114 \cdot 10^{-3}$	$12 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$
2	0,08	0,16	$37,0 \cdot 10^{-5}$	$63,7 \cdot 10^{-5}$			
3	0,07	0,14	$40,7 \cdot 10^{-5}$	$59,7 \cdot 10^{-5}$			

$$E_3 = \frac{(m_2 - m_1) * g * L^3}{4 * a * b^3 * (y_{2cp} - y_{1cp})}$$

$$\eta = \frac{E_{3,cp} - E_T}{E_T} * 100\% = \frac{207,3 - 210,0}{210,0} * 100\% = 1,3\%$$

Таким образом модуль Юнга в данном опыте равен:

$$E_3 = 207,3 \pm 2,7 \text{ ГПа}$$

Сдвиг – это деформация тела, при которой все плоские слои, параллельные некоторой плоскости сдвига, не искривляясь и не изменяясь в размерах, смещаются параллельно друг другу вдоль действия касательной силы F , параллельной плоскости сдвига.

Модуль сдвига, численно равный силе, которую нужно приложить к единице площади поперечного сечения образца, чтобы относительная деформация сдвига равнялась единице.

Деформация сдвига имеет место при резании металлов, пробивании отверстий, отдельных видов штамповки и в ряде других технологических операций.

В простейшем случае сдвиг можно реализовать при закручивании линии, идущей по окружности цилиндра, не изменяющей своей формы, а линии, идущие вдоль оси, принимают винтообразную форму. Чистое кручение наблюдается при деформации цилиндрической пружины.

Сопротивление материала сдвигу – показатель стабильности изделия.

Экспериментальное определение модуля сдвига
Пружина

№	m	n	t_{cp}	D	N	d
1	0,10	100	47,8	$20 \cdot 10^{-3}$	28	$0,8 \cdot 10^{-3}$
2	0,12	100	52,9			
3	0,15	100	59,1			

$$G_3 = \frac{32\pi^2 * N * m * D^3 * n^2}{t^2 * d^4}$$

Значения модуля сдвига для стали варьируется в диапазоне: 70,80 ГПа – 80,30 ГПа. Если взять среднюю величину $E_T=75,55$ ГПа, мы получим следующую относительную погрешность:

$$\eta = \frac{E_{э,ср} - E_T}{E_T} * 100\% = \frac{74,6 - 75,55}{75,55} * 100\% = 1,3\%$$

Таким образом, модуль сдвига в данном опыте равен:

$$E_s = 74,6 \pm 1 \text{ ГПа}$$

Знания, полученные в ходе продельвания работы, могут быть использованы для прогнозирования поведения материала в различных условиях эксплуатации, при конструировании готовых изделий, разработке их технологии, создании объективных методов оценки качества материалов.

Список источников

1. Дарков А. В., Шпиро Г. С. Сопротивление материалов: учебник для техн. вузов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1989.
2. Дощинский Г. А. К основам теории упруго-пластической деформации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Томск, 1958.
3. Определение модуля Юнга методом изгиба [Электронный ресурс]. URL: <https://goo.su/MbRE>.

УДК 531.3

Чепайкина Е. В., Поликарпова А. А.

Научные руководители: Гогелашвили Г. Ш., канд. хим. наук, доцент;

Целищева Л. В., канд. техн. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ МАЯТНИКА ОБЕРБЕКА

Аннотация. Представлены данные по определению момента инерции маятника Обербека тремя различными способами: графическим, по основному закону динамики вращательного движения и по закону сохранения полной механической энергии.

Ключевые слова: физика, механика, маятник Обербека, момент инерции, угловое ускорение, момент сил, основной закон динамики вращательного дви-

жения, закон сохранения полной механической энергии, потенциальная и кинетическая энергия

Одной из работ лабораторного практикума по физике для студентов всех технических специальностей является «Изучение законов вращательного движения на маятнике Обербека» [1]. Цель данной работы: экспериментальная проверка основного закона динамики вращательного движения: изучается зависимость углового ускорения ε маятника при неизменном его моменте инерции от величины вращающего момента M .

Маятник Обербека представляет собой крестообразный маховик (рис. 1), свободно вращающийся вокруг горизонтальной оси. По четырем взаимно перпендикулярным стержням перемещаются одинаковые по величине грузы для изменения момента инерции. На горизонтальной оси маховика имеются два шкива разного диаметра, на один из которых наматывается нить. К свободному концу нити подвешивается груз массой m . Под действием груза нить, разматываясь, приводит маховик в равноускоренное вращательное движение. Сила натяжения нити T обусловлена действием на нее груза массой m .

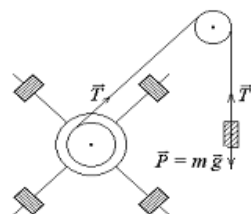


Рис. 1. Экспериментальная установка маятник Обербека

Экспериментальные данные по работе были сведены в таблице 1. Основные расчетные формулы приведены в [1].

Ниже приведены формулы для вычисления физических величин, необходимых для данной работы [2].

Коэффициент консервативности системы: $\gamma = \frac{T}{\Delta\Pi}$; ускорение поступательного движения: $a = \frac{2h}{t_{cp}^2}$; конечная скорость: $g = \frac{2h}{t_{cp}}$; конечная угловая скорость: $\omega = \frac{2g}{d}$; угловое ускорение: $\varepsilon = \frac{\omega}{t_{cp}}$; момент силы: $M = \frac{m \cdot d}{2}(g - a)$; изменение потенциальной энергии: $\Delta\Pi = mgh$; кинетическая энергия поступательного движения: $T_{пост} = \frac{m g^2}{2}$; кинетическая энергия вращательного движения: $T_{вр} = \frac{I \omega^2}{2}$; полная кинетическая энергия: $T = T_{пост} + T_{вр}$; момент инерции: $I = \frac{\Delta M}{\Delta \varepsilon}$.

Таблица

N ₂	m, кг	d, м	h, м	t, с	t _{ср}	a ₁₂ Q	a ₁₂ q	α ₁	ε ₂	M, Н·м	J _{кп} ·м ²	ΔΠ, Дж	T _{доп} , Дж	T _{ср} , Дж	T ₁ , Дж	γ
1	0,2	0,018	1	12,75	12,848	0,012	0,16	17,78	1,39	0,018	0,011	1,96	0,0256	1,74	1,7656	0,9
2				13,07												
3				12,82												
4				12,68												
5				12,92												
1	0,2	0,034	1	07,19	07,102	0,04	0,28	16,47	2,32	0,033	0,013	1,96	0,00784	1,76	1,76784	0,9
2				07,12												
3				07,22												
4				07,05												
5				06,93												
1	0,3	0,018	1	10,63	10,606	0,018	0,19	21,11	1,99	0,026	0,012	2,94	0,00542	2,67	2,67542	0,91
2				10,28												
3				10,52												
4				10,85												
5				10,75												
1	0,3	0,034	1	05,80	5,87	0,06	0,34	20	3,41	0,049	0,014	2,94	0,0173	2,8	2,8173	0,96
2				05,92												
3				05,92												
4				05,63												
5				06,08												

Согласно заданиям работы [1], получен график зависимости $\varepsilon(M)$, см. рис. 2. и графическим способом (по углу наклона находим $\text{ctg}(\alpha)$) определен момент инерции маятника Обербека. Получено значение $I_{\text{граф}} = 0,015 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

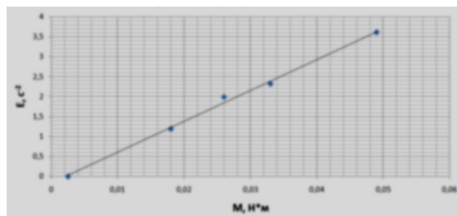


Рис. 2. График зависимости углового ускорения от момента силы

Среднее значение момента инерции маятника, определенного по закону сохранения полной механической энергии:

$$I_{\text{зсэ}} = \frac{2mgh - m g^2}{\omega^2},$$

получилось равным: $I_{\text{зсэ}} = 0,014 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Среднее значение момента инерции маятника Обербека, определенного по основному закону динамики вращательного движения, получилось равным: $I_{\text{здвд}} = 0,013 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Сравнение двух полученных значений средних моментов инерции с моментом инерции, полученным по наклону графика, приводит к выводу, что среднее значение момента инерции, найденного по закону сохранения полной механической энергии, будет точнее, чем по основному закону динамики вращательного движения. Сравнительный анализ всех трех методов определения момента инерции маятника Обербека, показал, что наиболее точным оказался графический способ. Согласно таблице, исходя из четырех серий эксперимента, коэффициент консервативности механической системы в среднем $= 92\%$. Это означает, что на 92% полная механическая энергия сохранилась, а 8% потерялось из-за наличия диссипативных сил, а именно, силы трения в подшипниках, то есть трения качения, и силы сопротивления воздуха.

Список источников

1. Механика: лабораторный практикум / Г. Н. Косова и др.; ред. Г. Н. Косова. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. 86 с.
2. Гогелашвили Г. Ш., Целищева Л. В., Ладычук Д. В. Лабораторная работа по теме «Механика»: Проверка закона сохранения полной механической энергии на маятнике Обербека // Физика и ее преподавание в школе и в вузе. XVI Емельяновские чтения: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. преподавателей высшей и средней школы. Йошкар-Ола, 2016. С. 50-53.

УДК 539.376

Аверьянов А. Д., Иванов С. П.

Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ СОСТАВНОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. В данной работе исследуется составная двухмассовая система. Система состоит из двух шарнирно опертых балок, поставленных друг на друга. Исследуются свободные и вынужденные колебания.

Ключевые слова: свободные и вынужденные колебания, минимальная частота, вековое уравнение, резонанс

Задача исследования свободных и вынужденных колебаний составных систем представляет определенный интерес. При действии динамических нагрузок в таких системах появляются дополнительные силы – силы инерции. Такие системы необходимо исследовать на свободные и вынужденные колебания, чтобы уменьшить или исключить резонансные явления.

На рис. 1 представлена составная система, состоящая из двух балок с закрепленными на них точечными массами.

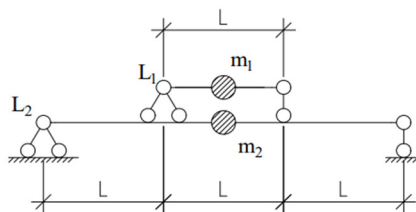


Рис. 1. Схема составной системы

1. Рассмотрим свободные колебания. Система имеет две степени свободы. Запишем вековое уравнение для определения частот ω [1]:

$$\begin{vmatrix} \left(m_1 \delta_{11} - \frac{1}{\omega^2}\right) & m_2 \delta_{12} \\ m_1 \delta_{21} & \left(m_2 \delta_{22} - \frac{1}{\omega^2}\right) \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

Построим единичные эпюры $\overline{M}_1$ и $\overline{M}_2$ (рис. 2). Определим единичные перемещения масс от действия единичных сил $P_1=1$ и $P_2=1$:

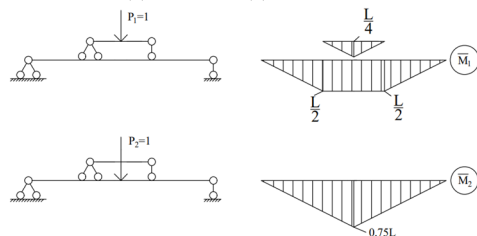
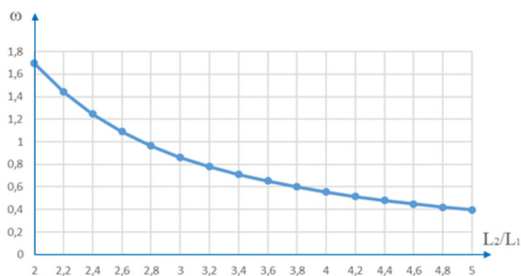


Рис. 2. Расчетные схемы и соответствующие единичные эпюры изгибающих моментов

Раскрывая (1), получим следующее уравнение:

$$\frac{1}{\omega^2} = 0,5[(\delta_{11}m_1 + \delta_{22}m_2) \pm \sqrt{(\delta_{11}m_1 + \delta_{22}m_2)^2 - 4m_1m_2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2)}] \quad (2)$$

а



б

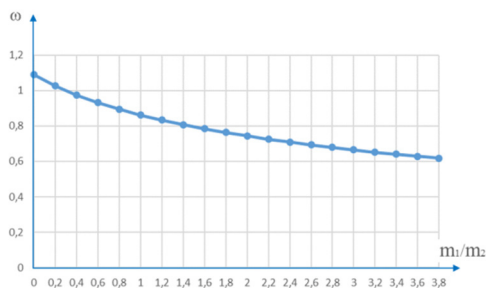


Рис. 3. Графики зависимости частоты ω от соотношения длин балок (а) и масс (б) соответственно

По уравнению (2) построены графики для оценки влияния изменений соотношений длин балок и расположенных на них масс на величину минимальной частоты свободных колебаний (рис. 3а, б).

2. Исследуем вынужденные колебания. Прикладываем вибрационную нагрузку $P(t) = P \sin \theta t$ сначала к сосредоточенной массе m_1 верхней балки и вычисляем изменение максимального изгибающего момента в нижней балке в зависимости от изменения соотношения частот вынужденных и свободных колебаний θ/ω . Аналогичный расчет выполняем, прикладывая нагрузку $P(t)$ к сосредоточенной массе m_2 нижней балки. При приближении частоты θ вынужденных колебаний к частоте ω свободных колебаний величина максимального изгибающего момента, возникающего в сечении нижней балки, значительно возрастает.

Например, при соотношении $L_2/L_1 = 3$, $m_1 = m_2 = m$, величины максимальных изгибающих моментов, возникающих в нижней балке, будут следующие: при приложении вибрационной нагрузки к массе нижней балки $M_{\max} = 9,69 \text{ PL}$, при приложении $P(t)$ к массе верхней балки $M_{\max} = 7,81 \text{ PL}$.

По выполненным расчетам можно сделать следующие выводы:

1. с увеличением соотношения длин пролетов нижней и верхней балок минимальная частота ω свободных колебаний уменьшается (рис. 3а), так как уменьшается жесткость нижней балки;

2. при увеличении отношения первой массы m_1 ко второй массе m_2 частота ω уменьшается (рис. 3 б), так как увеличивается величина статического прогиба;

3. величина максимального изгибающего момента, возникающего в сечении нижней балки, для двух случаев нагружения отличаются незначительно;

4. при приближении соотношения θ/ω к 1 величина максимального изгибающего момента, возникающего в сечении нижней балки не стремится к бесконечности, т. к. верхняя балка выполняет роль гасителя колебаний.

Список источников

1. Иванов С. П., Иванов О. Г. Строительная механика: курс лекций. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. 308 с.

Анисимова А. А., Ускова Д. В.

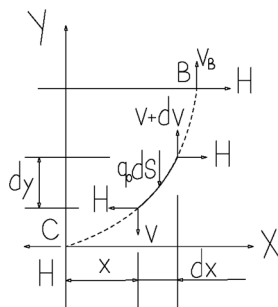
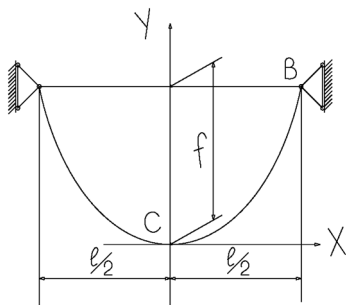
Научный руководитель: Куликов Ю. А., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

УРАВНЕНИЕ ЦЕПНОЙ ЛИНИИ В ПРАКТИКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АРОК И КУПОЛОВ

Аннотация. Рассмотрены архитектурные и конструктивные особенности арок и куполов зданий и сооружений, спроектированных на базе уравнения цепной линии.

Ключевые слова: арка, купол, цепная линия

Цепная линия – это линия, форму которой принимает гибкая однородная нерастяжимая нить (или цепь) с закреплёнными концами в однородном гравитационном поле. Элементы арки, имеющей форму перевернутой цепной линии, под действием собственного веса работают исключительно на сжатие (без изгиба). Такая арка обладает устойчивостью формы равновесия, её отдельные элементы прижимают друг друга собственным весом.



До последнего времени форму арку чертили по шаблону в масштабе. Вешали цепь, снимали геометрию цепной линии, по ней строили модель, а затем ставили её в перевернутое положение.

Рассмотрим вывод уравнения цепной линии [1]. Пусть элемент нити ds находится в равновесии под действием горизонтального распора H вертикальных составляющих V и $V+dV$, и результирующей нагрузки $q_0 ds$, равномерно распределённой по длине. Запишем уравнения равновесия:

$$\begin{aligned} \sum X = 0: \quad & H = \text{const}, \\ \sum Y = 0: \quad & dV = q_0 ds, \quad \frac{dV}{dx} = q_0 \sqrt{1 + (y')^2}, \end{aligned} \quad (1)$$

где

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2} = \sqrt{1 + (y')^2} \cdot dx,$$

$$\sum M_B = 0: \quad H \cdot dy = V \cdot dx \quad \text{или} \quad H \cdot y' = V. \quad (2)$$

Далее составим уравнение равновесия для половины нити BC :

$$\sum M_C = 0, \quad H \cdot f - q_0 \int_0^{l/2} \left(\frac{l}{2} - x \right) \sqrt{1 + (y')^2} dx = 0. \quad (3)$$

Исключая из системы уравнений (1), (2) и (3) составляющие силы натяжения нити H и V , получим интегро-дифференциальное уравнение относительно функции $y(x)$ вида:

$$\frac{y''}{f} \int_0^{l/2} \left(\frac{l}{2} - x \right) \sqrt{1 + (y')^2} dx - \sqrt{1 + (y')^2} = 0. \quad (4)$$

Решением уравнения (4) является функция

$$y(x) = a \cdot \left(ch \frac{x}{a} - 1 \right), \quad (5)$$

график которой носит название *цепной линии*.

Функция (5) удовлетворяет краевым условиям задачи при условии, что a является корнем трансцендентного уравнения вида

$$ch \left(\frac{l}{2a} \right) - \frac{f}{a} = 1. \quad (6)$$

Здесь f – стрела провиса, l – длина пролёта, q_0 – интенсивность погонной нагрузки. При $a < 0$ имеем арку.

Впервые форму цепной линии в практике строительства использовали Р. Гук и К. Рэн при возведении лондонского собора Святого Павла (1675-1708 годы) [2,3]. Высота собора $H = 111$ м, диаметр купола $D = 30$ м. Это второй по размерам купол в мире (после собора Святого Петра в Риме, построенного Микеланджело). Грандиозное сооружение имеет три составные части. Внешний и внутренний купола, поверхности которых образованы вращением цепных линий, выполняют глав-

ным образом декоративные функции. Они нагружены исключительно собственным весом. Несущим элементом составной конструкции является средний купол, сделанный в виде кирпичного конуса, с толщиной стенки $h = 45,72$ см. Такую форму приобретает нить под действием сосредоточенной силы. Он несёт на себе вес внешнего купола и каменной башни (светового фонаря) весом $G = 850$ т. Распор от веса купола принимает натянутая по кольцу стальная цепь (бандаж). Высокая прочность и жёсткость конструкции в сочетании с малым весом позволили значительно разгрузить фундамент собора.

Наиболее известное сооружение в форме перевёрнутой цепной линии – арка «Врата на Запад» в Сент-Луисе (архитектор Э. Сааринен), одно из достопримечательностей США. Её высота и расстояние между опорами 192 м. Форму осевой линии арки описывает уравнение вида:

$$y(x) = -38,92 \cdot ch\left(\frac{x}{38,92}\right) + 230,95. \text{ Размеры в метрах.}$$

Арка в форме цепной линии является отличительной чертой творчества А. Гауди, каталонского архитектора, построившего ряд наиболее выразительных архитектурных сооружений XX века. Достоянием человечества, по признанию ЮНЕСКО, является храм Святого семейства в Барселоне. А. Гауди привлекала не только эстетическая красота цепной линии, но и её математические свойства. Благодаря тому, что он использовал цепные линии в практике строительства сводов сооружений, строительная механика стала главным инструментом проектирования.

Список источников

1. Филин А. П. Прикладная механика твёрдого деформируемого тела в 3-х т. Т. 1. Сопротивление материалов с элементами теории сплошных сред и строительной механики. М.: Наука, 1975. 832 с.
2. Цепная линия. Идеальная арка от природы. // 04 июля 2017 // Онлайн-журнал Art Electronics [Электронный ресурс]. URL: <https://artelectronics.ru/blogs/tsepnaya-liniya-idealnaya-arka-ot-prirody>.
3. Собор Святого Павла в Лондоне // Лоцман Путешествий [Электронный ресурс]. URL: <https://tripguide.ru/sobor-svyatogo-pavla-v-londone.htm>.

Богатырев А. Д., Иванов С. П.

Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДВУХПРОЛЕТНОЙ БАЛКИ С ДВУМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

Аннотация. В данной статье исследуется зависимость минимальной частоты свободных колебаний двухпролетной балки с двумя закрепленными массами от соотношения масс и от соотношения длины пролетов.

Ключевые слова: свободные колебания, минимальная частота, вековое уравнение

Известно, что при действии динамических нагрузок в различных системах появляются дополнительные силы – силы инерции. Такие системы необходимо исследовать на свободные колебания, чтобы исключить резонансные явления, возникающие при совпадении частот свободных колебаний с частотами вынужденных колебаний. Например, при работе любой динамической машины (генератор, электродвигатель и т. д.) обороты могут совпасть с первой (минимальной) круговой частотой свободных колебаний, что является недопустимым. Поэтому данное исследование является важным.

1. Исследуем зависимость минимальной частоты свободных колебаний системы от соотношения масс. Исходные данные: $m_2/m_1 = n$; $l_2/l_1 = 2$; жесткость балки – EI (рис. 1).

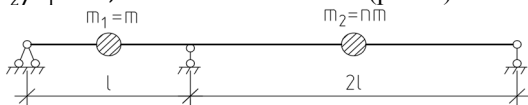


Рис. 1. Расчетная схема

Для определения частоты свободных колебаний ω воспользуемся вековым уравнением [1].

$$\begin{vmatrix} \left(m_1\delta_{11} - \frac{1}{\omega^2}\right) & m_2\delta_{12} \\ m_1\delta_{21} & \left(m_2\delta_{22} - \frac{1}{\omega^2}\right) \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

После раскрытия определителя, замены $\frac{1}{\omega^2} = k$ и преобразований получим для $m_1 = m$, $m_2 = nm$ следующее квадратное уравнение:

$$k^2 - k \cdot m(\delta_{11} + n\delta_{22}) + nm^2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2) = 0. \quad (2)$$

Решение данного уравнения запишется в таком виде:

$$k_{1,2} = \frac{m}{2} \left[(\delta_{11} + n\delta_{22}) \pm \sqrt{(\delta_{11} + n\delta_{22})^2 - 4n(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2)} \right]. \quad (3)$$

Определим единичные перемещения масс δ_{11} , $\delta_{12} = \delta_{21}$, δ_{22} , используя эпюры, представленные на рис. 2:

$$\delta_{11} = (\bar{M}_1)^2 = 0,0169 \frac{P l^3}{EI}; \quad \delta_{22} = (\bar{M}_2)^2 = 0,1042 \frac{P l^3}{EI};$$

$$\delta_{12} = (\bar{M}_1 \bar{M}_2) = 0,0208 \frac{P l^3}{EI}; \quad P = 1. \quad (4)$$

Данная система (рис. 1) является один раз кинематически неопределимой, задачу решаем методом перемещений. Конечные эпюры моментов представлены на рис. 2.



Рис. 2. Эпюры моментов от действия силы $P = 1$

Подставляя единичные перемещения масс (4) в выражение (3), после преобразований получим:

$$k_{1,2} = \frac{mP l^3}{2EI} \times \left[(0,0169 + n \cdot 0,1042) \pm \sqrt{(0,0169 + n \cdot 0,1042)^2 - 0,0053n} \right]. \quad (5)$$

Изменяя величину $n = 1, 2, \dots, 10$ в уравнении (5), построим график зависимости минимальной частоты свободных колебаний системы от соотношения масс (рис. 3).

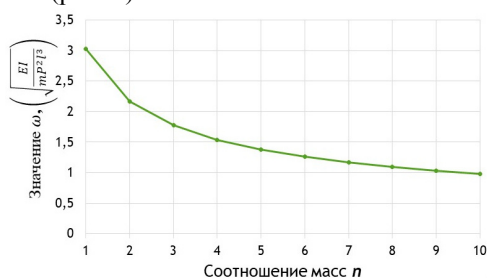


Рис. 3. График зависимости минимальной частоты свободных колебаний системы от соотношения масс

2. Исследуем зависимость минимальной частоты свободных колебаний системы от соотношения длины пролетов. Исходные данные: $m_1 = m_2 = m$; $l_2/l_1 = n$; жесткость балки $- EI$ (рис. 4).

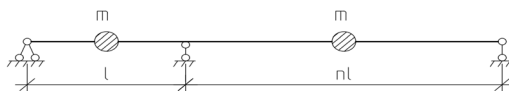


Рис. 4. Расчетная схема

Задачу решаем методом перемещений. Конечные эпюры моментов представлены на рис. 5.

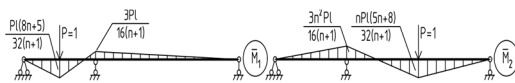


Рис. 5. Эпюры моментов от действия силы $P = 1$

Проводя аналогичные расчеты (как в 1-ом случае), получим:

$$k_{1,2} = \frac{mP^2l^3}{2EI} \cdot \frac{1}{768(n+1)} \cdot (7n^4 + 16n^3 + 16n + 7) \pm \sqrt{(7n^4 + 16n^3 + 16n + 7)^2 - 4(112n^5 + 161n^4 + 112n^3)}. \quad (6)$$

Изменяя величину $n = 2, 4, 6, 8, 10$ в уравнении (6), построим график зависимости минимальной частоты свободных колебаний системы от соотношения длины пролетов (рис. 6).

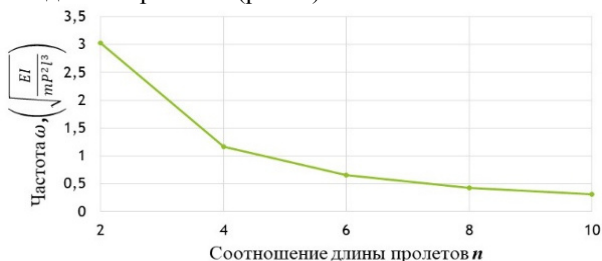


Рис. 6. График зависимости минимальной частоты свободных колебаний системы от соотношения длины пролетов

Выводы

1. С увеличением массы во втором пролете минимальная частота свободных колебаний уменьшается, так как перемещение масс увеличивается.
2. С увеличением длины второго пролета минимальная частота свободных колебаний уменьшается, так как погонная жесткость балки уменьшается.

Список источников

1. Иванов С. П., Иванов О. Г. Строительная механика: курс лекций. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. 308 с.

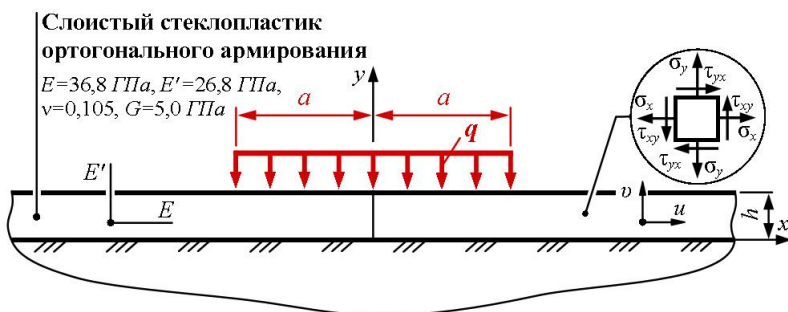
Булдакова Ю. М., Кудрявцев С. Г.
Поволжский государственный технологический университет

КОНТАКТ ПОЛОСЫ И ЖЕСТКОГО ОСНОВАНИЯ С УЧЕТОМ ТРЕНИЯ

Аннотация. Показано влияние коэффициента трения на характер распределения напряжений в анизотропной полосе при контакте с жестким основанием под действием статической нормальной поверхностной нагрузки.

Ключевые слова: коэффициент трения, напряжение, анизотропия, упругость, полоса, основание

Полоса из анизотропного материала постоянной высоты h , лежит на жестком основании (рис. 1). Упругие характеристики материала полосы приведены в [1]. Ось x направим вдоль линии контакта тел, ось y – перпендикулярно. Положительные направления перемещений и напряжений показаны на рис. 1.



Для варианта, когда на верхней плоскости полосы приложена сила $F=1$, формулы для определения перемещений и напряжений в произвольной точке полосы, лежащей на жестком основании с учетом трения, получены в [2]. Построим графики изменения напряжений в полосе от нормальной поверхностной нагрузки постоянной интенсивностью q , приложенной на участке длиной $2a$. Графики построены для обобщенного плоского напряженного состояния (ширина полосы $b=1$) и отношении $a/h=1$ в безразмерных параметрах

$$\tilde{\sigma}_x = \frac{\sigma_x \pi}{q}, \quad \tilde{\sigma}_y = \frac{\sigma_y \pi}{q}, \quad \tilde{\tau}_{xy} = \frac{\tau_{xy} \pi}{q}, \quad \tilde{x} = \frac{x}{h}, \quad \tilde{y} = \frac{y}{h}.$$

Характер изменения параметров напряжений $\tilde{\sigma}_y$ и $\tilde{\sigma}_x$ и численные результаты в точках полосы на границе контакта и основания, в зависимости от значений коэффициента трения, приведены на рис. 2 и 3.

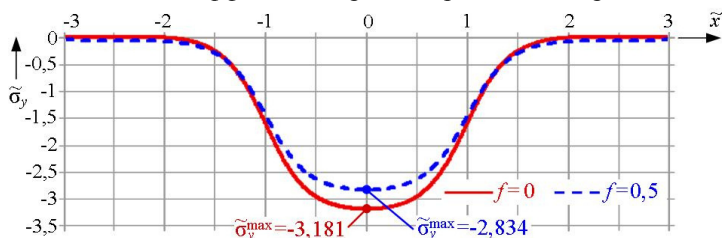


Рис. 2. Изменение параметра $\tilde{\sigma}_y$ на линии контакта с основанием

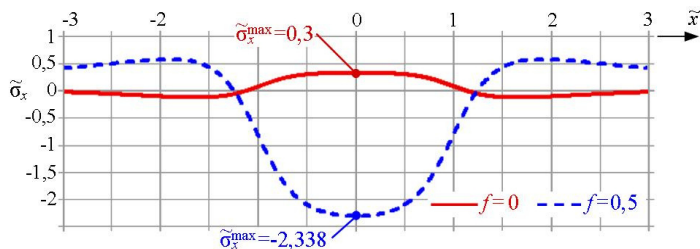


Рис. 3. Изменение параметра $\tilde{\sigma}_x$ на линии контакта с основанием

Графики изменения значений параметров напряжений $\tilde{\sigma}_y^{\max}$ и $\tilde{\sigma}_x^{\max}$ ($\tilde{x}=0$), в зависимости от коэффициента трения f , в середине высоты полосы и на нижней плоскости приведены на рис. 4а и рис. 4б.

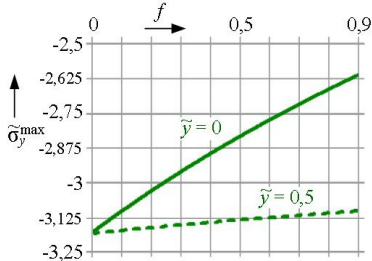


Рис. 4а. Изменение параметра $\tilde{\sigma}_y^{\max}$ в зависимости от коэффициента трения f

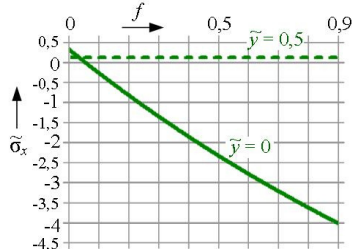


Рис. 4б. Изменение параметра $\tilde{\sigma}_x^{\max}$ в зависимости от коэффициента трения f при $\tilde{x}=0$

Сравнение кривых на рис. 3 показывает, что качественная картина и численные значения параметра напряжения $\tilde{\sigma}_x$ зависят от условий сцепления между полосой и жестким основанием. Из анализа графиков на рис. 4 следует, что с увеличением значения коэффициента трения, величина параметра напряжения $\tilde{\sigma}_y^{\max}$ уменьшается, а параметра $\tilde{\sigma}_x(\tilde{x}=0, \tilde{y}=0)$ – увеличивается. В точках, расположенных в середине высоты полосы, изменение значений коэффициента трения не влияет на параметр $\tilde{\sigma}_x(\tilde{x}=0)$.

Распределение параметра напряжения $\tilde{\tau}_{xy}$ по высоте полосы, в зависимости от коэффициента трения и положения сечения от начала координат, показано на рис. 5.

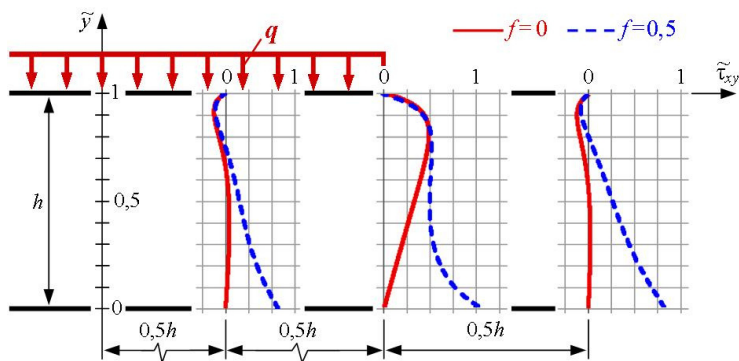


Рис. 5. Изменение параметра $\tilde{\tau}_{xy}$ по высоте полосы

При учете трения наибольшее отличие в характере изменения и значениях параметра напряжения $\tilde{\tau}_{xy}$ наблюдается в области, примыкающей к зоне контакта полосы и основания.

Список источников

1. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977. 416 с.
2. Кудрявцев С. Г., Булдакова Ю. М. Влияние трения при взаимодействии анизотропной полосы и жесткого основания // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2020. Т.16. №2. С. 122-130.

Домрачева С. С., Иванов С. П.

Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТЫ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ МАССЫ, ЗАКРЕПЛЕННОЙ НА МНОГОПРОЛЁТНОЙ БАЛКЕ

Аннотация. В данной работе исследуем, как будет меняться частота свободных колебаний массы, находящейся в первом пролете, с увеличением количества пролетов в балке и изменением длины пролета. Длину пролета и жесткость балки в пролете принимаем постоянными по всей длине балки. Далее для двухпролетной балки рассмотрим, как будет меняться частота свободных колебаний массы с увеличением жесткости балки во втором пролете.

Ключевые слова: свободные колебания, многопролетная балка

В настоящее время в строительной практике часто используются многопролетные балки. Они применяются при строительстве автомобильных мостов или перекрытий зданий. Вследствие более рационального распределения изгибающих моментов этот тип балок экономичнее, чем система однопролетных самостоятельных балок, перекрывающих те же пролеты и нагруженных теми же нагрузками.

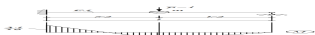


Рис. 1. Эпюра моментов для однопролетной балки

Для начала рассмотрим однопролетную статически-неопределимую балку. Построим эпюру моментов (рис. 1) [1].

Определим частоту свободных колебаний массы m по формуле:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{m \cdot \delta_{11}}}, \quad (1)$$

где δ_{11} – единичное перемещение:

$$\delta_{11} = \frac{0,0091 \cdot l^3}{EJ}. \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), определим частоту свободных колебаний массы:

$$\omega^1 = \sqrt{\frac{1 \cdot EJ}{m \cdot 0,0091 \cdot l^3}} = 10,483 \cdot \sqrt{\frac{EJ}{m \cdot l^3}}. \quad (3)$$

Аналогичным образом определим частоту свободных колебаний двухпролетной и трехпролетной балок.

Основная система, грузовая и единичная эпюры метода перемещений, а также окончательная эпюра моментов для двухпролетной балки представлены на рис. 2, для трехпролетной балки – рис. 3.

По формуле (1) определяем частоту свободных колебаний массы m для двухпролётной балки (4) и трехпролётной балки (5):

$$\omega^2 = 11,547 \cdot \sqrt{\frac{EJ}{m \cdot l^3}}. \quad (4)$$

$$\omega^3 = \sqrt{\frac{1 \cdot EJ}{m \cdot 0,0073 \cdot l^3}} = 11,704 \cdot \sqrt{\frac{EJ}{m \cdot l^3}}. \quad (5)$$

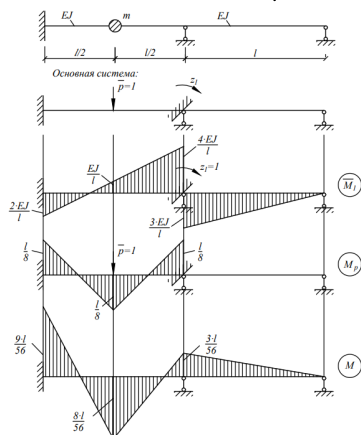


Рис. 2. Основная система, грузовая и единичная эпюры, эпюра моментов для двухпролетной балки

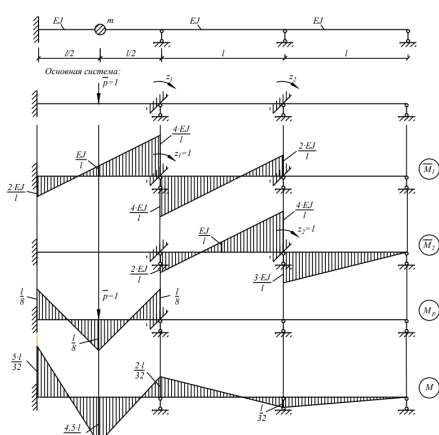


Рис. 3. Основная система, грузовая и единичная эпюры, эпюра моментов для трехпролетной балки

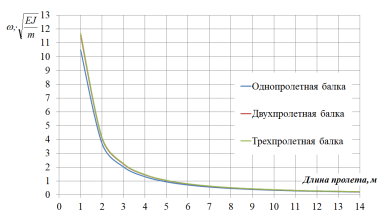


Рис. 4. Зависимость частоты свободных колебаний массы от длины пролета

Построим график зависимости частоты свободных колебаний массы от длины пролета однопролетной, двухпролетной и трехпролетной балки (рис. 4).

Таким образом, из графика видно, что с увеличением числа пролетов балки частота свободных колебаний массы увеличивается, т. к. повышается жесткость, и прогиб становится меньше.

Чем больше принимаем длину пролета, тем меньше становится частота колебаний. При длине пролета, близкой к ∞ , частота свободных колебаний массы стремится к нулю.

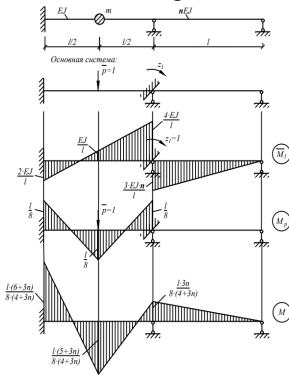


Рис. 5. Основная система, грузовая и единичная эпюры, эпюра моментов для двухпролетной балки

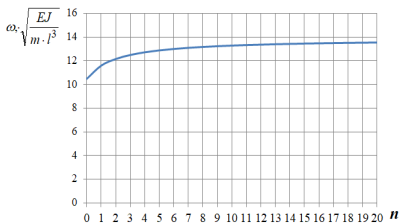


Рис. 6. Зависимость частоты свободных колебаний массы от изменения жесткости во втором пролете

При уменьшении жесткости второго пролета частота свободных колебаний балки стремится к значению частоты свободных колебаний однопролетной балки с жесткостью EJ (формула 3).

Рассмотрим, как будет меняться частота свободных колебаний массы с увеличением жесткости балки во втором пролете.

Основная система, грузовая и единичная эпюры и окончательная эпюра моментов представлены на рис. 5.

По формуле (1) определяем частоту свободных колебаний массы m :

$$\omega = \sqrt{\frac{192 \cdot EJ}{m \cdot l^3} \cdot \frac{4 + 3n}{7 + 3n}}. \quad (6)$$

Построим график зависимости частоты свободных колебаний массы от изменения жесткости второго пролета (рис. 6).

Таким образом, из графика видно, что с увеличением жесткости второго пролета частота колебаний увеличивается и стремится к значению $13,856 \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}}$ при $n = \infty$, что соответствует колебаниям однопролетной балки с защемленными концами.

Список источников

1. Иванов С. П., Иванов О. Г. Строительная механика: курс лекций. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. 308 с.

Иванов С. П., Иванова Е. С.

Поволжский государственный технологический университет

Марийский государственный университет

РАСЧЕТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ КОЛЕННОГО СУСТАВА КАК СИСТЕМЫ С ДВУМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

Аннотация. Рассматривается устойчивость коленного сустава в виде системы с конечным числом степеней свободы.

Ключевые слова: устойчивость, система с двумя степенями свободы

Представлена модель коленного сустава как системы с двумя степенями свободы. Роль мышц голени и бедра выполняют пружины 1 и 2 с жесткостью равной r (рис. 1). В настоящей постановке задачи предполагается, что моменты, возникающие в суставах, линейно зависят от угла поворота θ .

Рассмотрим задачу устойчивости в момент, когда система выходит из прямолинейного состояния равновесия. На рис. 1 представлена система после потери устойчивости. Потеря устойчивости сустава может происходить только в одностороннем направлении.

Запишем уравнение равновесия относительно точек B_1 и A :

$$\sum M_{B_1} = 0; P(\Delta_1 - \Delta_2) - r(\theta_1 + \theta_2) = 0, \quad (1)$$

$$\sum M_A = 0; \quad r\theta_1 - P\Delta_2 = 0.$$

Учитывая, что углы малы, можно выразить перемещения:

$$\Delta_1 - \Delta_2 = l\theta_2, \quad \Delta_2 = l(\theta_1 - \theta_2). \quad (2)$$

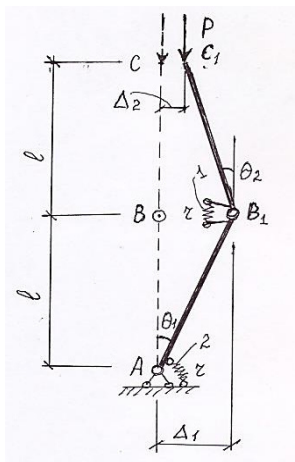


Рис. 1. Схема формы потери устойчивости

С учетом (2) получим систему двух однородных уравнений (1) относительно двух неизвестных θ_1 и θ_2 . Составим определитель из коэффициентов:

$$\begin{vmatrix} -r & Pl - r \\ Pl - r & -Pl \end{vmatrix} = 0. \quad (3)$$

Раскрывая (3), получим два значения критической силы:

$$P_{кр1} = 2,62 \text{ r/l}; \quad P_{кр1} = 0,38 \text{ r/l}.$$

Минимальное значение критической силы соответствует форме потери устойчивости, представленной на рис. 1.

Исследуем зависимость действующей силы P от изменения углов θ_1 и θ_2 . После потери устойчивости имеем:

$$\Delta_1 - \Delta_2 = l \sin \theta_2. \quad (4)$$

Уравнения (1) становятся нелинейными с учетом (4):

$$\begin{aligned} Pl \sin \theta_2 - r (\theta_1 + \theta_2) &= 0, \\ r\theta_1 - Pl (\sin \theta_1 - \sin \theta_2) &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Складывая первое и второе уравнения, получаем следующую зависимость:

$$P^* = \frac{\theta_2}{2 \sin \theta_2 - \sin \theta_1}, \quad (6)$$

где $P^* = Pl/r$.

По уравнению (6) на рисунке 2 построены графики зависимостей нагрузки от изменения углов θ_1, θ_2 при постоянной величине углов θ_2 или θ_1 .

Из графика (см. кривую 1 рис. 2) видно, что максимальная величина нагрузки P^* приближается к 16 при значении угла $\theta_1 = \frac{5}{12}\pi$.

При $\theta_1 = 0$ получим из (6):

$$P^* = \frac{\theta_2}{2 \sin \theta_2}.$$

Зная, что предел отношения $\frac{\theta_2}{\sin \theta_2} = 1$, получаем:

$$P^* = 0,5.$$

Результаты (см. кривую 1) приближаются к решению линейной задачи $P_{кр1} = 0,38 \text{ r/l}$.

Анализируя кривые 2 и 3 (рис. 2), можно отметить: величина нагрузки P^* значительно начинает расти при уменьшении угла θ_2 , начиная с $\theta_2 = \pi/6$. При $\theta_1 = \pi/6$ (см. кривую 2) рост нагрузки происходит больше, чем при $\theta_1 = \pi/4$ (см. кривую 3).

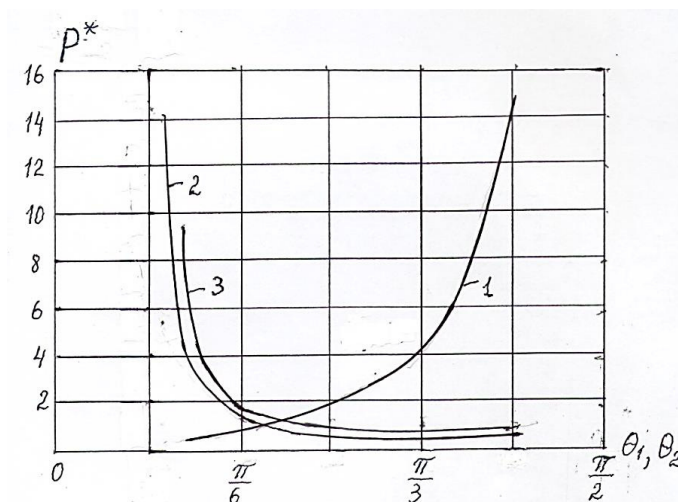


Рис. 2. Кривая 1 соответствует зависимости нагрузки P^* от изменения угла θ_1 при $\theta_2 = \pi/6$; кривые 2 и 3 построены при изменении угла θ_2 , соответственно при $\theta_1 = \pi/6$ и $\theta_1 = \pi/4$

Выводы.

1. На основании уравнений (1) можно исследовать устойчивость коленного сустава в малом.
2. Уравнение (6) позволяют исследовать устойчивость сустава в большом.

УДК 539.376

Пирогова Д. А., Иванов С. П.

Поволжский государственный технологический университет

КОЛЕБАНИЯ ДВУХПРОЛЕТНОЙ БАЛКИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ МАССАМИ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ МАССОЙ

Аннотация. Приводится сравнение значений круговой частоты собственных колебаний двухпролетной балки с сосредоточенными массами и с распределенной массой.

Ключевые слова: собственные колебания, сосредоточенная масса, распределенная масса

Рассмотрим двухпролетную балку с распределенной массой m и заменим сосредоточенными массами: масса в первом пролете равна $M_1 = \frac{ma}{2}$, масса во втором пролете – $M_2 = ma$. Длина первого пролета соответственно равна a , длина второго пролета $2a$ (рис. 1).

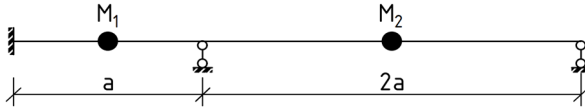


Рис. 1

Жесткость балки постоянна на всей длине $EJ = const$.

Круговые частоты ω собственных колебаний балки определяются из условия равенства нулю определителя, составленного из коэффициентов при неизвестных перемещениях масс:

$$D = \begin{vmatrix} M_1 \cdot \delta_{11} - \frac{1}{\omega^2}; & M_2 \cdot \delta_{12} \\ M_1 \cdot \delta_{21}; & M_2 \cdot \delta_{22} - \frac{1}{\omega^2} \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

Раскрывая определитель D , получаем уравнение для вычисления частот собственных колебаний балки:

$$\left(M_1 \cdot \delta_{11} - \frac{1}{\omega^2} \right) \cdot \left(M_2 \cdot \delta_{22} - \frac{1}{\omega^2} \right) - M_1 \cdot \delta_{21} \cdot M_2 \cdot \delta_{12} = 0. \quad (2)$$

Обозначим $\frac{1}{\omega^2} = k$ и получим квадратное уравнение, решение которого можно записать в виде:

$$k_{1,2} = \frac{m \cdot a \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \delta_{11} + \delta_{22} \right) \pm \sqrt{\left(m \cdot a \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \delta_{11} + \delta_{22} \right) \right)^2 - 4 \cdot 1 \cdot (m \cdot a)^2 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \delta_{11} \cdot \delta_{22} - \frac{1}{2} \cdot \delta_{12}^2 \right)}}{2 \cdot 1}. \quad (3)$$

Для определения перемещений $\delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{22}$ загружаем балку поочередно единичными силами $\bar{X}_1 = 1$ и $\bar{X}_2 = 1$ по направлению перемещений сосредоточенных масс M_1 и M_2 . Строим эпюры изгибающих мо-

ментов $\overline{M}_1'$ и $\overline{M}_2'$ от действия этих сил. В данном случае для построения этих эпюр удобнее использовать метод перемещений.

Балка один раз кинематически неопределима. Основная система представлена на рис. 2.

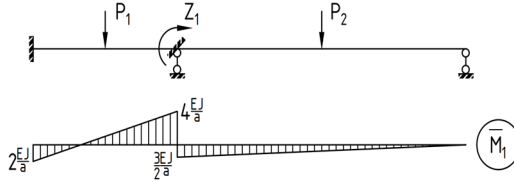


Рис. 2

Для сокращения вычислений перемещений $\delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{22}$ строим также вспомогательные эпюры $\overline{M}_1^0$ и $\overline{M}_2^0$ в статически определимой системе от единичных сил $\overline{P}_1 = 1$ и $\overline{P}_2 = 1$ (рис. 3, 4).

Окончательные эпюры $\overline{M}_{1P}$ и $\overline{M}_{2P}$ строим по формуле:

$$\overline{M}_{iP} = \overline{M}_i \cdot Z_i + M_{iP}.$$

По эпюрам $\overline{M}_1, \overline{M}_2, \overline{M}_1^0, \overline{M}_2^0$ вычисляем перемещения:

$$\delta_{11} = (\overline{M}_1' \cdot \overline{M}_{1P}') = 0,0085 \frac{a^3}{EJ}; \delta_{22} = (\overline{M}_2' \cdot \overline{M}_{2P}') = 0,1307 \frac{a^3}{EJ};$$

$$\delta_{12} = (\overline{M}_2' \cdot \overline{M}_{1P}') = -0,0085 \frac{a^3}{EJ}.$$

Подставляя полученные значения перемещений $\delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{22}$ в уравнение (1), получаем:

$$k_1 = 0,1309 \cdot \frac{m \cdot a^4}{EJ}; k_2 = 0,0041 \cdot \frac{m \cdot a^4}{EJ}. \quad (4)$$

Круговые частоты собственных колебаний балки с сосредоточенными массами равны:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{k_1}} = \frac{1,66^2}{a^2} \cdot \sqrt{\frac{EJ}{m}}; \omega_2 = \sqrt{\frac{1}{k_2}} = \frac{3,95^2}{a^2} \cdot \sqrt{\frac{EJ}{m}}. \quad (5)$$

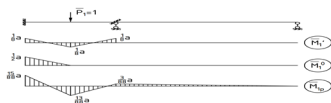


Рис. 3

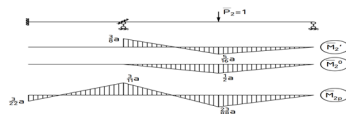


Рис. 4

Для сравнения колебаний учитываем минимальную частоту ω_1 .

В сборнике задач по строительной механике [1] получено значение круговой частоты ω_1 собственных колебаний для балки с распределенной массой (рис. 5):

$$\omega_1 = \frac{1,81^2}{a^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}}.$$

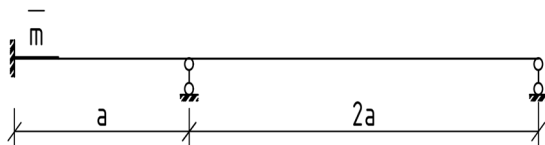


Рис. 5

Сравнивая полученное значение круговой частоты балки с сосредоточенными массами с значением круговой частоты балки с распределенной массой, можно сделать следующие выводы:

1. круговая частота балки с сосредоточенной массой получилась меньше, чем у балки с распределенной массой при коэффициенте приведения $n = 0,5$.

2. при замене распределенной массы каждого пролета сосредоточенной массой с коэффициентов приведения $n = 0,5$ погрешность расчета составляет около 16%.

3. точность расчета можно повысить, увеличивая или уменьшая коэффициент приведения n ($M = n \cdot m$).

Список источников

1. Андреев С. В., Гольман С. Д., Заплатин В. И., Иванов С. П. Предельное равновесие, динамика и устойчивость стержневых систем: сборник задач по строительной механике. Йошкар-Ола: МарГУ, 1986. 98 с.

Попова Д. С.

Научный руководитель: Лоскутов Ю. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Аннотация. В данной статье мы рассмотрим, какие электронные технологии помогают изучать теоретическую механику.

Ключевые слова: теоретическая механика, мультимедийные презентации, Mathcad, математически-ориентированные среды

На сегодняшний день особое внимание уделяется усовершенствованию методик преподавания тех или иных дисциплин. Это связано с тем, что наблюдается значительное развитие информационно-коммуникационных (электронных) технологий, которые окружают нас в повседневной жизни. Все чаще стали использоваться информационные системы и технологии в вузах во время образовательного процесса. В данной работе предлагается комплексный подход к преподаванию теоретической механики с использованием информационно-коммуникационных технологий, при котором студентам предоставляется целый спектр возможностей применения различных технологий.

Классическая технология проведения аудиторных занятий: доска, мел или маркер, плакаты и т. д.; требует от преподавателя не только высокой квалификации в предметной области, но и инженерных навыков: профессионально и грамотно нарисовать расчетную схему, график изменения процесса и прочее. Интенсивность занятий определяется не степенью усвоения излагаемого материала студентом, а скоростью отображения читаемого материала преподавателем.

Использование мультимедийных презентаций на базе персонального компьютера в связке с проектором, не изменяя качественно классическую технологию проведения занятий, позволяет наполнить ее дополнительными элементами, такими как фотографии, видео, сканированные документы. В то же время следует отметить, что в реальности плакаты и рисунки на доске просто заменяются статическими изображениями на мониторе и (или) экране проектора.

В основе слайд-лекций лежит создание презентаций с использованием редактора PowerPoint. Усвоение студентом методов решения прохо-

дит с помощью алгоритмов пошагового решения. В этом случае заполнение каждого слайда происходит постепенно – для этого применяются всплывающие объекты, поэтапное построение сложных чертежей, имитация движения при помощи анимации и т. п. Благодаря использованию презентационного материала, появляется возможность анимировать пошаговое решение, кроме этого добавить голосовые комментарии. Каждый слайд презентации снабжен анимацией и подробным разъяснением изложенного материала.

Студент многократно может просмотреть презентацию, при этом возвращаясь на непонятные моменты изучения материала по несколько раз, либо наоборот перейти на следующие слайды, если все вычисления понятны. Презентация доступна как онлайн при посещении сайта кафедры, также студент может ее скачать и просматривать в любое удобное для него время и на любом компьютере.

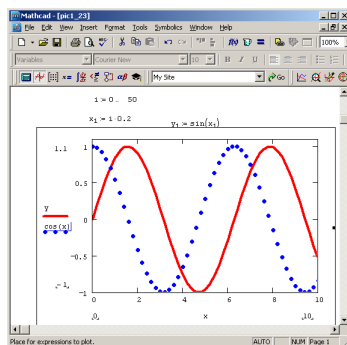
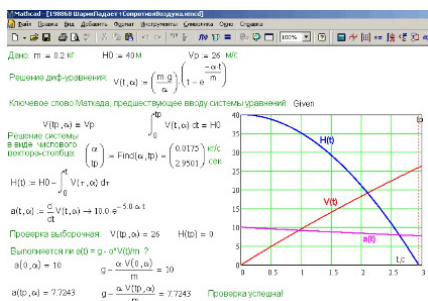
Активно развиваются математически-ориентированные среды, позволяющие произвести не только численное решение поставленных задач, но и возможность моделирования физических задач, их исследование и визуализацию, как на этапе постановки, так и при решении. Применение математически ориентированных сред в учебном процессе, и в частности, при изучении теоретической механики, позволяет проводить:

- визуализацию исследуемых механизмов, с отображением кинематических характеристик;
- быстрое построение 2D и 3D графиков зависимостей основных характеристик от исследуемых параметров;
- анимацию расчетных схем.

Математические модели, создаваемые для решения задач методами теоретической механики, являются, как правило, нелинейными. Формирование математической модели обычно сводится к составлению и решению дифференциальных уравнений. Чаще всего математический аппарат, необходимый для решения поставленной задачи, настолько сложен и громоздок, что теряется физический смысл задачи. В учебном процессе, когда главное внимание должно быть направлено на изучение того или иного процесса, приходится значительное время уделять стандартным математическим преобразованиям. Необходимость использования для решения полученных дифференциальных уравнений численных методов сокращает диапазон задач, так как требует от студента хорошего владения хотя бы одним из алгоритмических языков и умения организации численных процедур. Поэтому длительное время при изучении теоретической механики использовались и используются сейчас приближенные и графические методы.

Применение численных методов при решении задач механики ограничивалось возможностями вычислительной техники и применялось чаще всего при курсовом проектировании с использованием готовых программ, создаваемых преподавательским составом кафедр.

Курсовое проектирование с использованием пакета Mathcad требует не только глубокого усвоения теории, но и умения грамотно поставить задачу, решить ее, проанализировать результаты и при необходимости выбрать оптимальный вариант. Mathcad позволяет оптимизировать различные схемы ферм по минимальным значениям усилий в стержнях или по виду внешних связей.



Примеры расчетов в Mathcad

Использование современных информационно-коммуникационных технологий в период тотального дефицита аудиторных часов способно вывести преподавание вузовских дисциплин на совершенно новый уровень. Современные технические средства и решения дают возможность предельно насытить занятия материалом и наглядно продемонстрировать обобщенные методы решения различных задач.

Список источников

1. Бертяев В. Д., Булатов Л. А., Глаголев В. В., Латышев В. И., Митяев А. Г. ЭВМ в курсе теоретической механики. Применение вычислительной техники в учебном процессе: учебное пособие. Тула: ТулГУ, 2005. 236 с.
2. Бертяев В. Д., Булатов Л. А., Латышев В. И., Митяев А. Г. Теоретическая механика. Курсовые работы с использованием Mathcad. Учебное пособие. М.: АСВ, 2010. 304 с.

РОБОТ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУЗОВ НА МАРСЕ

Аннотация. Работа посвящена исследованию существующих методов навигации и доставки грузов при помощи разработанной и реализованной автономной роботизированной платформы с системой машинного зрения. Также работа раскрывает проблему транспортировки грузов на Марсе с помощью автономного устройства. Актуальность работы заключается в том, что результаты, полученные в ходе работы, можно использовать для новых миссий по освоению Марса. Спроектирована конструкция мобильного робота, выполнен весовой анализ конструкции. Составлена смета затрат на производство роботов.

Ключевые слова: робот, Марс, манипулятор, груз, навигация

Задача перемещения грузов, образцов грунта на Марсе между базами в рамках исследовательских задач, решается с помощью роботов или спецплатформ, функционирующих под управлением оператора с Земли. Недостатками данного подхода является низкая маневренность подобных транспортных систем, что требует подготовки дополнительного пространства для разворотов.

Одним из важных направлений в изучении систем управления мобильных роботов является разработка новых методов ориентации и взаимодействия роботов с физическими объектами в реальных условиях (например, на Марсе) [1, 2]. Небезопасные места лучше всего изучать с использованием улучшенного варианта роботизированного устройства. Так можно будет избежать выхода робота из строя. К основным трудностям использования роботов можно отнести сложности использования систем навигации, неровности участков и др. Работать на других планетах сложно, и внедрение известных роботизированных решений и алгоритмов в первоначальном виде не всегда возможно.

Хотя много роботов в нашей области и было запатентовано, но они пока не внедряются на реальные работы. Большинство роботов пока остаются на пилотной стадии, поскольку требуется отладка их механизмов, адаптация к реальным полевым условиям. Часто стартапам не хватает финансирования, чтобы запустить полномасштабный бизнес по производству роботов. Пока роботы находятся на начальной стадии развития. Наш проект должен расширить сознание работников

космической отрасли, чтобы они могли познакомиться с возможностями грузовых роботов.

На данный момент затраты на создание робота составляют 2,2 млн рублей. Эти деньги пошли на закупку комплектующих для изготовления ЧПУ и ручных металлообрабатывающих и деревообрабатывающих станков; материалов для изготовления прототипов, на услуги фрилансеров для расчета в САПР-программах.

Для изготовления робота необходимы следующее оборудование и станки. Область печати ШДВ 220×220×250 мм (классический 3D-принтер Ender 3 Pro). Область печати ШВД 350×250×250 мм (уникальный треугольный конвейерный бесконечный принтер). Фрезерный станок ЧПУ по композитам, пластикам и мягким металлам – Рабочая область 2500×1500×300 мм. Фрезерный станок по металлу 2550OC1000МФ4, рабочая область 2000×1000×900 мм. Плазменная резка ЧПУ – Рабочая область 2500×1500 50А, толщина реза до 15 мм. Трубогиб круглых и квадратных труб диаметром до 80 мм. Различный ручной слесарный инструмент. Сварочный аппарат ручной дуговой сварки / аргонной сварки переменным током до 120А.

Для реализации технологии необходима кооперация с ведущими научными школами по разработке новых типов роботов и цифровых решений, а также создание на их основе методик и способов производства роботов (библиотек лучших практик). Для самостоятельной разработки практических схем эффективного производства роботов отдельному инженеру потребуется от трех до пяти лет. Без формирования библиотек и технической документации наиболее эффективного использования манипулятора, а также цифровых платформ, дающих доступ хозяйствам к системам автоматической реализации и контроля этих методик, эффективность проекта будет значительно снижена. Затраты на проработку проекта потребуются, но сейчас мы столкнулись с проблемой закупки навигационного оборудования.

Список источников

1. Maki J., Gruel D., McKinney C. et al. The Mars 2020 Engineering Cameras and Microphone on the Perseverance Rover: A Next-Generation Imaging System for Mars Exploration // Space Science Reviews. 2020. No. 216. DOI: 10.1007/s11214-020-00765-9.
2. Mars 2020 mission: NASA Science. URL: <https://mars.nasa.gov/mars2020/>.

Турашов Д. А., Иванова А. С.
Поволжский государственный технологический университет

КОМПЕНСАТОРЫ

Аннотация. Компенсаторы являются важной частью инфраструктуры трубопроводов. В данной статье рассмотрены назначение, основные типы компенсаторов.

Ключевые слова: компенсатор сильфонный, сальниковый, П-образный, резиновый

Тема компенсаторов является актуальной и важной по следующим причинам.

1. Компенсаторы играют решающую роль в обеспечении безопасности эксплуатации трубопроводов. Трубопроводы подвержены действию таких факторов, как изменения температуры, давления и др. Изменения температуры могут вызывать температурное расширение или сжатие трубопроводов, что может приводить к появлению температурных усилий и напряжений, которые передаются на арматуру и прочее оборудование. Компенсаторы способны снижать температурные напряжения, компенсировать температурные деформации и перемещения, предотвращая повреждения трубопроводов [1].

2.. Применение компенсаторов позволяет снизить затраты на ремонт и обслуживание трубопроводов.

3. Компенсаторы способствуют оптимизации процесса транспортировки нефти. Они позволяют уменьшить гидравлические сопротивления и снизить потери давления в системе.

4. Внедрение компенсаторов также способствует соблюдению экологических требований (стандартов).

Основные назначения компенсаторов:

1) компенсация деформаций и перемещений, которые возникают в трубопроводах вследствие изменений температуры, давления и др;

2) уменьшение вибрации и шума;

3) компенсация ударных нагрузок;

4) поддержание герметичности и обеспечение эффективной работы нефтепроводной системы [2].

Типы компенсаторов:

П-образный (а также Г- и Z-образные) компенсатор представляет собой конструкцию из труб, находящихся под углом друг к другу. Такая конструкция, изгибаясь, принимает на себя деформации основного трубопровода. Недостатки: большой размер компенсатора и большая требуемая площадь для его размещения, высокий расход трубы и др. [2].

Резиновые компенсаторы считаются универсальными, потому что их можно устанавливать на трубопроводы из стальных или полипропиленовых труб. Преимущества: выдерживают осевые и поперечные нагрузки; показывают высокую устойчивость к агрессивным средам; имеют срок службы 20 лет; выдерживают давление до 2,5 МПа, температуру до +200°C. Недостатки: ограниченные пределы давления и температуры, при которых резиновые компенсаторы могут безопасно эксплуатироваться [3].

Линзовые компенсаторы изготавливают штамповкой и сваркой полулинз.

Сальниковые компенсаторы изготавливают из патрубков разного диаметра, концентрично вставленных один в другой. Это архаичный тип компенсаторов, которые, как и линзовые, используются крайне редко [2].



Рис. 1. Сильфонный компенсатор карданного типа [2]

Сильфонные компенсаторы считаются наиболее эффективным средством локализации температурных деформаций трубопроводов благодаря своей долговечности, надежности, минимизации тепловых потерь и исключению затрат на техническое обслуживание [2].

Основным элементом такого типа компенсаторов является герметичная гибкая гофрированная оболочка – сильфон, который обладает способностью растягиваться, сжиматься, изгибаться под действием внешних сил (рис. 1).

Главным достоинством является компактность размеров.

Сильфоны не нуждаются в дополнительных защитных камерах, не требуют специального ухода. Конструкции обладают способностью к

удлинению до нескольких десятков сантиметров и изменению положения.

Виды сильфонных компенсаторов (СК) [2]:

- осевой СК предназначен для компенсации расширений, вызванных разницей температур внутри и снаружи трубопровода. Компенсация перемещений происходит за счёт осевого движения сильфона (рис. 2, а).

- сдвиговый СК воспринимает и компенсирует поперечные перемещения, сдвиги относительно собственной оси (рис. 2, б).

- угловой СК способен совершать угловой поворот в одной или нескольких плоскостях (рис. 2, в).

- карданный СК может перемещаться в любой плоскости, благодаря наличию двух шарнирных элементов. Это также позволяет ему перемещаться в осевом направлении (рис. 1) [2].

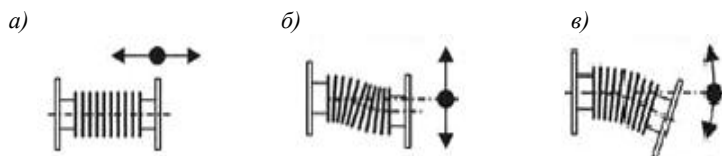


Рис. 2

Устройство сильфонных компенсаторов: один или несколько сильфонов, патрубки или фланцы, внутренний экран, защитный кожух, конструкция тепловой изоляции [4].

Таким образом, компенсаторы являются неотъемлемой частью инфраструктуры нефтепроводов, так как они обеспечивают безопасность эксплуатации, уменьшают затраты на обслуживание и ремонт, максимизируют производительность. Они компенсируют деформации, вызванные изменениями температуры, давления и уровня почвы, предотвращая повреждения нефтепроводов. В результате компенсаторы улучшают эффективность транспортировки нефти, а также предотвращают возможные утечки нефти, что способствует экономии ресурсов и соблюдению экологических требований [3].

Список источников

1. Куликов Ю. А. Сопротивление материалов. Курс лекций: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 272 с.
2. <https://сфепанефтьгаз.рф/mksplav-2017-3/>.
3. <https://listarovivan09.ru/truboprovody/vidy-i-naznachenija-kompensatorov.html>.
4. https://tdnhi.ru/articles/siljfonnye_kompensatory_effekt/.

Химич А. В.
Брянский государственный университет
имени академика И. Г. Петровского

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТАНОВКИ ДЕМПФЕРА АНКЕРНОГО КАНАТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МАШИНЫ, РАБОТАЮЩЕЙ НА СКЛОНЕ

***Аннотация.** В работе приведены результаты оценки эффективности установки демпфера на опоре анкерного каната технологической машины, работающей на крутом склоне. С помощью разработанной математической модели определены силы натяжения анкерного каната. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых-докторов наук №МД-1543.2022.4.*

***Ключевые слова:** технологическая машина, склон, лебедка, анкерный канат, демпфер, динамика, сила натяжения*

Транспортные и технологические машины могут работать на склонах с большим продольным уклоном (до 30 градусов и больше) [1, 2]. Например, лесозаготовительные машины, мобильные транспортно-перегрузочные канатные комплексы [3, 4]. Для обеспечения общей устойчивости машин требуется применение специальных конструкций движителей и подвески. Это требует значительных материальных затрат на проектирование и изготовление, а также усложняет и удорожает эксплуатацию [5].

Более простым решением является установка на машине мощной гидравлической лебедки для закрепления на склоне с помощью анкерного каната. Анкерный канат может закрепляться как за специальные опоры или опорные конструкции, например, за вбитую в грунт стальную балку, изготовленную из профильного элемента. Также для опоры анкерного каната могут использоваться естественные объекты, например, отдельно стоящие деревья. В рабочем режиме происходят упругие колебания транспортной или технологической машины на анкерном канате. Амплитуды колебаний наблюдаются в начале движения. Для снижения интенсивности колебаний некоторые исследователи предлагают установку демпферов на опоре анкерного каната.

Анализ эффективности установки демпфера выполнен с использованием расчетной схемы, показанной на рис. 1.

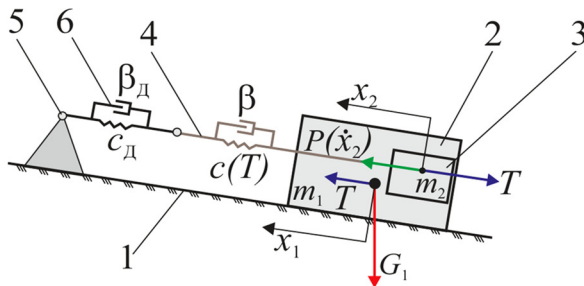


Рис. 1. Расчетная схема: 1 – опорная поверхность; 2 – транспортная или технологическая машина; 3 – гидравлическая лебедка; 4 – анкерный канат; 5 – опора анкерного каната; 6 – демпфер

Уравнения движения приведенной системы:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 - \frac{c(T) + c_d}{c(T)c_d} (x_1 + x_2) - (\beta + \beta_d)(\dot{x}_1 + \dot{x}_2) = -G_1 \sin \alpha_s, \\ m_2 \ddot{x}_2 + \frac{c(T) + c_d}{c(T)c_d} (x_1 + x_2) + (\beta + \beta_d)(\dot{x}_1 + \dot{x}_2) = P(\dot{x}_2), \end{cases}$$

где x_1 , x_2 – линейные перемещения элементов системы (м), m_1 – масса машины (кг), m_2 – приведенная масса лебедки (кг), $c(T)$ – жесткость анкерного каната (Н/м), зависящая от силы натяжения анкерного каната [6], c_d – жесткость демпфера (Н/м), β – коэффициент диссипации анкерного каната (Нс²/м), β_d – коэффициент диссипации демпфера (Нс²/м), G_1 – вес машины (Н), $P(\dot{x}_2)$ – тяговое усилие лебедки (Н), зависящее от скорости вращения.

Тяговое усилие лебедки зависит от скорости ее вращения и его можно определить следующим образом

$$P(\dot{x}_2) = M_R(\dot{x}_2)R_6^{-1},$$

где R_6 – радиус барабана лебедки (м), $M_R(\dot{x}_2)$ – крутящий момент двигателя лебедки (Нм) [7].

Реальный момент гидромотора $M_R(\dot{x}_2)$ зависит от скорости его вращения n (об/мин).

Результаты численного моделирования для исследуемой машины массой 12 т показаны на рис. 2.

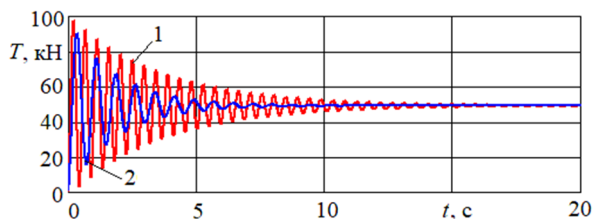


Рис. 2. Результаты расчета силы натяжения анкерного каната при движении машины вверх по склону: 1 – без демпфера; 2 – с демпфером

По результатам численного моделирования можно сделать вывод, что установка демпфера возле опоры анкерного каната позволяет на 10% снизить величину максимальных динамических усилий в анкерном канате. При этом скорость подъема машины по склону мало изменяется. Также снижается частота колебаний.

Список источников

1. Лагерев А. В., Лагерев И. А., Таричко В. И. Определение усилий натяжения канатов при эксплуатации мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2022. №3. С. 194-210.
2. Гринчар Н. Г., Быков А. Ю., Капустин Н. И. Современные и перспективные машины легкого типа для очистки рельсошпальной решетки // Путь и путевое хозяйство. 2019. № 9. С. 18-21.
3. Химич А. В., Лагерев И. А. Исследование динамической нагруженности мобильной канатной транспортно-технологической машины, размещенной на склоне // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2022. №2. С. 159-164.
4. Григорьев П. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование изменения усилий в опорах стрелового самоходного крана // Вестник Брянского государственного технического университета. 2020. №2. С. 43-52.
5. Пасько Н. И., Пушкин Н. М., Трушин Н. Н. Определение периодичности технического обслуживания технологического оборудования // СТИН. 2001. №11. С. 8-11.
6. Лобов Н. А. Динамика грузоподъемных кранов. М.: Машиностроение, 1987. 160 с.
7. Лагерев А. В. Проектирование насосных гидроприводов подъемно-транспортной техники. Брянск: БГТУ, 2006. 232 с.

Хитров Д. Е., Шлычков С. В.

Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация. *С помощью метода конечных элементов созданы дискретные модели балки из древесины березы. Для проведения статических и динамических расчетов использован программный комплекс ANSYS. Проведен анализ сходимости результатов для моделей с различной степенью дискретизации. Установлено хорошее соответствие результатам аналитического решения. В диапазоне до 600 Гц построены спектры резонансных амплитуд. Проанализированы модели с постоянным по частоте демпфированием и пропорциональным демпфированием. Выявлено влияние модели на форму колебания. Адекватность построенных моделей подтверждается результатами натурных экспериментов.*

Ключевые слова: *упругие постоянные, метод конечных элементов, спектр колебаний*

Введение. Древесина – это распространенный конструкционный материал, который широко используется во многих отраслях хозяйства. В этой связи корректное моделирование ее свойств представляется актуальной задачей. В настоящей работе рассматривается стержневой образец, изготовленный из древесины березы таким образом, что волокна древесины ориентированы вдоль его длины. Он имеет диаметр 3,3 мм и длину 150 мм (рис. 1а).

Расчетная модель образца строится на базе метода конечных элементов (МКЭ) с помощью программного комплекса Ansys (рис. 1б и 1в). Физико-механические свойства древесины учитываются на основе модели ортотропного тела. Используются 9 упругих постоянных: модуль упругости вдоль волокон $E_a = 18,3$ ГПа, в радиальном направлении $E_r = 0,67$ ГПа, в окружном направлении $E_t = 0,49$ ГПа. Три модуля сдвига: $G_{ar} = 1,51$ ГПа, $G_{at} = 0,87$ ГПа, $G_{rt} = 0,23$ ГПа и три коэффициента Пуассона в соответствующих плоскостях: $\mu_{rt} = 0,49$, $\mu_{at} = 0,04$, $\mu_{ar} = 0,043$. Данные значения приняты на основе справочных данных [1]. Для построения КЭ моделей использован объемный КЭ Solid-186. Он способен аппроксимировать пространственные тела сложной конфигурации и имеет 8 узлов с 3 степенями свободы в каждом. В результате было построено три дискретных модели, насчитывающие 1400, 3200, 61000 КЭ. На их основе решена тестовая задача статики по определению макси-

мального прогиба для заземленной балки, нагруженной на свободном конце сосредоточенной силой, равной 0,5 Н. Во всех случаях получены практически одинаковые результаты, что означает достаточно высокую степень сходимости построенных КЭ моделей. Уже при дискретизации на 1400 КЭ. Точность расчетов по перемещениям оказывается уже на уровне 2% от результата формулы Мора, учитывающей только изгибающий момент.

Построение амплитудно-частотной характеристики. Для проверки достоверности результатов динамических экспериментов, поставленных ранее, рассмотрена задача динамики. Реализованы 2 расчетные модели: 1 – точечная масса на конце стержня (рис. 1б), 2 – посередине (рис. 1в). Обе модели имеют одинаковое число степеней свободы. Рассматриваются установившиеся колебания заземленного одним концом стержня, под действием моногармонической вынуждающей силы, приложенной к точечной массе. Уравнения движения КЭ модели стержня записываются в обобщенных координатах в виде

$$[M]\{\ddot{q}\} + [B]\{\dot{q}\} + [K]\{q\} = \{F_0\}\sin\Omega t. \quad (1)$$

Здесь $[M]$, $[B]$, $[K]$ – матрицы масс, рассеяния энергии и жесткости.

Колебательные движения образца представляются суперпозицией низших собственных форм: $\{q(t)\} = [\phi]\{Z(t)\}$. Здесь $[\Phi] = [\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_r]$ – матрица, составленная из r низших собственных форм, $\{Z(t)\}$ – главные или нормальные координаты. В этом случае уравнения (1), записанные в главных координатах, становятся разделяющимися относительно них и принимают вид

$$\ddot{Z}_i + 2\xi_i\omega_i\dot{Z}_i + \omega_i^2 Z_i = f_i(t) \quad (i = 1, 2, \dots, r). \quad (2)$$

Для нахождения собственных частот Ansys использует модальный анализ. Задается количество мод (r форм колебаний), для которых определяются собственные частоты. На следующем шаге определяются амплитудные значения колебательных движений по этим модам. Величины этих амплитуд могут существенно отличаться в зависимости от модели демпфирования, выбираемой исследователем.

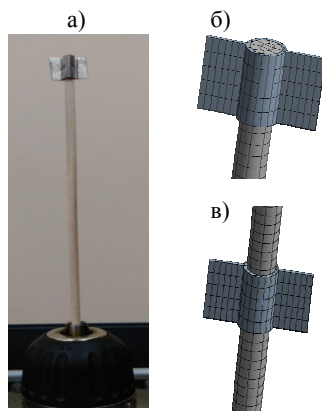


Рис. 1. а) Натурный образец, б) Дискретная модель образца с точечной массой на конце, в) КЭ модель с точечной массой посередине

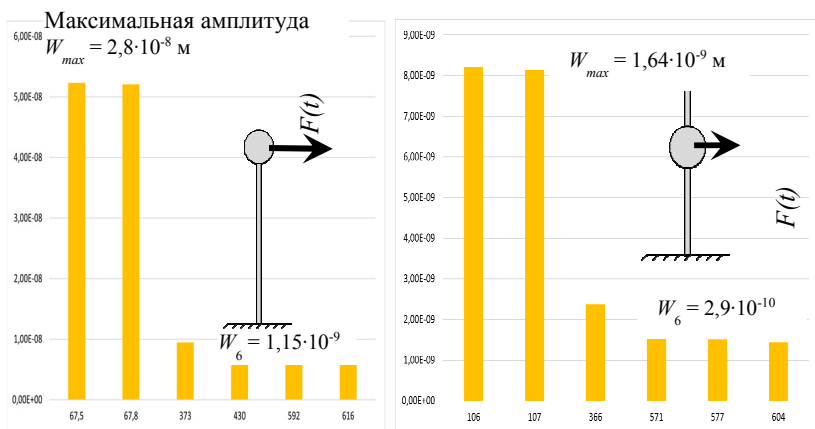


Рис. 2. Спектры резонансных амплитуд модели пропорционального демпфирования

Нами проработаны два механизма демпфирования: это постоянное демпфирование во всем частотном диапазоне и пропорциональное демпфирование. В этом случае матрица диссипативных характеристик представляется в виде: $[B] = \alpha_1[M] + \alpha_2[K]$ или $2\xi_i\omega_i = \alpha_1 + \alpha_2\omega_i^2$. Здесь α_1 и α_2 – параметры Рэлея, ξ_i – коэффициент демпфирования i -ой собственной формы. В работе [2] для первых двух форм определен экспериментально: $\xi_1 = 0,0096$, $\xi_2 = 0,0057$. Для модели (рис 1б) получены $\alpha_1 = 72,8$, $\alpha_2 = 2,14 \cdot 10^{-5}$, для модели (рис. 1в) – $\alpha_1 = 117,5$, $\alpha_2 = 1,13 \cdot 10^{-5}$. Результаты представлены на рис. 2. Установлено, что модель постоянного демпфирования создает неоднородные резонансные амплитуды. Их высота различается в 150-500 раз. Для модели Рэлея у обеих механических систем спектры получились существенно более ровными. Различие между низшими и высшими гармониками составило до 20 раз. Проведено исследование полученных форм колебаний. Установлено, что пропорциональное демпфирование, уменьшая величины резонансных амплитуд, создает новые смешанные варианты изгибно-крутильного типа.

Список источников

1. Ашкенази Е. К., Ганов Э. В. Анизотропия конструкционных материалов. Л.: Машиностроение, 1980. 247 с.
2. Караваева М. С., Шлычков С. В. Экспериментальное определение физико-механических свойств древесины // «Научному прогрессу – творчество молодых»: мат-лы XVII межд. молод. научн. конф. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. Ч. 1. С. 71-73.

Щекотова М. И., Иванов С. П.

Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. Выводятся уравнения частоты свободных колебаний статически определимой и статически неопределимой комбинированной систем. Приводятся примеры расчета.

Ключевые слова: свободные колебания, частота колебаний комбинированной системы, прогиб

Комбинированная система – стержневая система, состоящая из сочетания балки, рамы и фермы. Комбинированные системы применяются в строительстве для повышения несущей способности и жесткости конструкций, а также увеличения несущей способности [1].

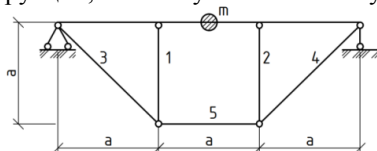


Рис. 1

из стальных труб. В середине балки находится точечная масса.

Определим перемещение массы в статически неопределимой системе от силы $\bar{P} = 1$, приложенной к массе m , при этом учитываем усилия, передающиеся от фермы на основную балку. На рис. 2 представлена конечная эпюра изгибающего момента M для балки, комбинированной системы [2].

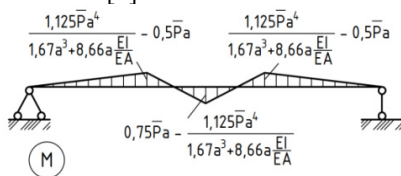


Рис. 2

1. Рассмотрим статически неопределимую комбинированную систему (рис. 1). Принимая основную балку из двутавра 20Б1. Стержни дополнительной ферменной конструкции приня-

Приняты обозначения:

E – модуль упругости материала;

I – момент инерции основной балки (двутавр);

A – площадь поперечного сечения стержней; $\bar{P} = 1$.

Определяем единичное перемещение массы в статически неопределимой системе «перемножением» эпюры M (рис. 2):

$$\delta_{11} = \frac{1}{EI} \cdot \left[1,636 \cdot a \cdot \left(\frac{1,125 \cdot \bar{P} \cdot a^4}{1,67 \cdot a^3 + 8,66 \cdot a \cdot \frac{EI}{EA}} - 0,5 \cdot \bar{P} \cdot a \right)^2 + \right. \\ \left. + 0,359 \cdot a \cdot \left(0,75 \cdot \bar{P} \cdot a - \frac{1,125 \cdot \bar{P} \cdot a^4}{1,67 \cdot a^3 + 8,66 \cdot a \cdot \frac{EI}{EA}} \right)^2 \right]. \quad (1)$$

Определяем частоту свободных колебаний массы по формуле [2]:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{m \cdot \delta_{11}}} = \sqrt{\frac{1}{m \cdot \frac{1}{EI} \cdot \left[1,636 \cdot a \cdot \left(\frac{1,125 \cdot \bar{P} \cdot a^4}{1,67 \cdot a^3 + 8,66 \cdot a \cdot \frac{EI}{EA}} - 0,5 \cdot \bar{P} \cdot a \right)^2 + \right. \\ \left. + 0,359 \cdot a \cdot \left(0,75 \cdot \bar{P} \cdot a - \frac{1,125 \cdot \bar{P} \cdot a^4}{1,67 \cdot a^3 + 8,66 \cdot a \cdot \frac{EI}{EA}} \right)^2 \right]}}$$

2. Рассмотрим статически определимую комбинированную систему (рис. 3). Примем основную балку из двутавра 20Б1. Стержни дополнительной конструкции системы приняты из стальных труб. В середине основной балки в месте шарнира сосредоточена масса m .

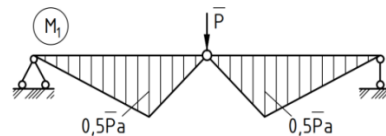
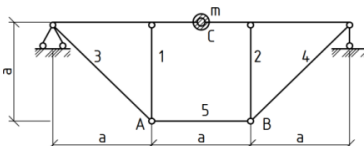


Рис. 3

Определяем единичное перемещение «перемножением» эпюр изгибающих моментов и продольных сил комбинированной системы:

$$\delta_{11} = (\overline{M_1})^2 + (N_1)^2 = \frac{0,5 \cdot \bar{P} \cdot a^3}{EI} + \frac{a}{EA} \cdot (3 + 4\sqrt{2}). \quad (2)$$

Тогда частота свободных колебаний системы равна:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{m \cdot \delta_{11}}} = \sqrt{\frac{1}{m \cdot \left(\frac{0,5 \cdot \bar{P}^2 \cdot a^3}{EI} + \frac{8,66 \cdot a}{EA} \right)}}. \quad (3)$$

По полученным зависимостям частоты свободных колебаний построены графики (рис. 4).

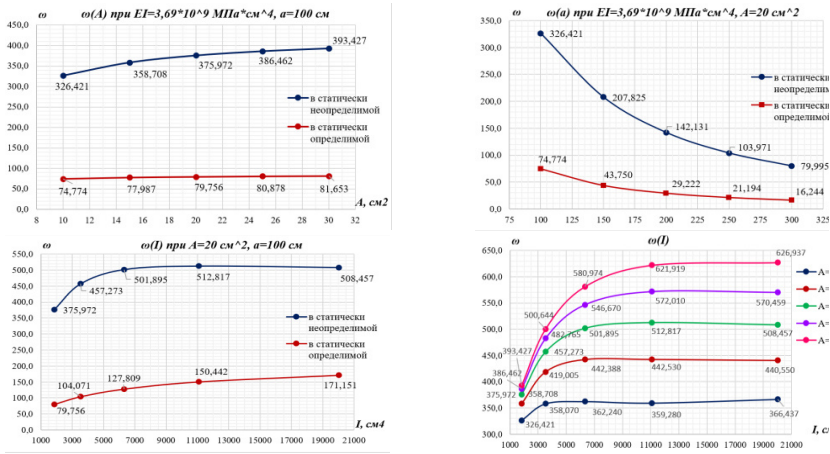


Рис. 4

Выводы.

1. При увеличении площади стержней как статически неопределимой, так и статически определимой системы увеличивается частота свободных колебаний, т. е. уменьшается прогиб системы в целом.
2. При увеличении длины стержней наблюдается уменьшение частоты колебаний статически определимой и неопределимой системы, т. е. в данном случае система получает больший прогиб.
3. Если в системе менять двутавр на больший номер, частота свободных колебаний статически определимой системы увеличивается. В статически неопределимой системе сначала происходит постепенное увеличение частоты колебаний, но при некотором соотношении жесткостей EI/EA наблюдается уменьшение частоты колебаний.

Список источников

1. Дарков А. В., Шапошников Н. Н. Строительная механика: учеб. для строит. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1986. 607 с.
2. Иванов С. П. Иванов О. Г. Строительная механика: курс лекций. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. 308 с.

УДК 744.44

Булдакова Ю. М., Казанкина А. С.

Поволжский государственный технологический университет

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

***Аннотация.** Рассматриваются различия и специфика оформления чертежей по стандартам ЕСКД и ANSI.*

***Ключевые слова:** чертеж, конструкторская документация, стандарт*

В настоящее время на всех без исключения российских предприятиях при разработке конструкторской документации используется комплекс межгосударственных стандартов – единая система конструкторской документации (ЕСКД). Стандарт гарантирует, что любой инженер может легко прочесть и однозначно интерпретировать любой чертеж, при этом в разных странах сформировались разные правила выполнения чертежей. Чаще всего встречаются следующие зарубежные стандарты оформления: ISO – основной международный стандарт оформления чертежей, DIN – национальный стандарт Германии, ANSI – национальный стандарт США. При оформлении чертежей по зарубежным стандартам помимо языка имеются ряд отличий, наиболее сильные отличия от ЕСКД в стандартах ANSI.

Национальный стандарт ANSI, применяемый в США, использует английскую (дюймовую) систему измерений, которая указывается в основной надписи чертежа. Размеры форматов в ANSI [1], также привязаны к дюймам, в то время как наиболее популярные и используемые в мире форматы бумаги основаны на метрической системе мер (ISO 216), и исходят от формата бумажного листа, имеющего площадь в 1 кв. м – размер «A0» [2]. Так, например, формат Letter с размерами 8½×11 дюймов (215,9×279,4 мм) короче и шире формата A4.

Кроме форматов и дюймовой системы измерения отличается и принцип построения на чертеже ортогональных проекций. На американских чертежах [3] предмет как бы расположен внутри куба, на стенке которого он проецируется, при этом проекционная плоскость находится между наблюдателем и проецируемым предметом (рис. 1). При

европейском методе образования проекций [4, 5]: проекционная плоскость находится за проецируемым предметом (рис. 2). Естественно, при этом меняется взаимное расположение проекций. Отсюда следуют основные сложности к адаптации чертежей, выпущенных по стандартам ANSI к стандартам ЕСКД, ISO и наоборот.

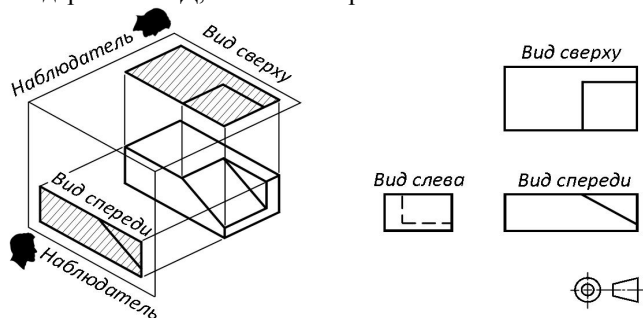


Рис. 1. Способ проецирования и расположение видов на чертеже по ANSI

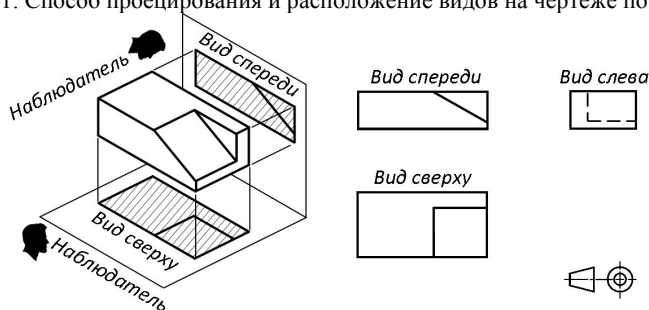


Рис. 2. Способ проецирования и расположение видов на чертеже по ЕСКД

Техника нанесения размеров на чертежах также отличается от привычных нам норм и правил (рис. 3). Размерные числа на чертежах в США указываются в разрывах размерных линий и располагают строго параллельно основной надписи [6].

Различается на чертежах и назначение типов линий. В современных технических устройствах, как правило, используют метрические резьбы стандарта ISO, в США чаще всего применяют дюймовые резьбы серии UN, UNJ, UNR и N. Изображение американской резьбы основывается на документе ANSI Y14.6-2001(R2018). В соответствии с этим стандартом, наружная резьба на стержне изображается сплошными основными линиями по наружному диаметру и штриховой линией – по внутреннему диаметру. Внутренняя резьба – изображается сплошной основной линией по внутреннему диаметру и штриховой – по наружному.

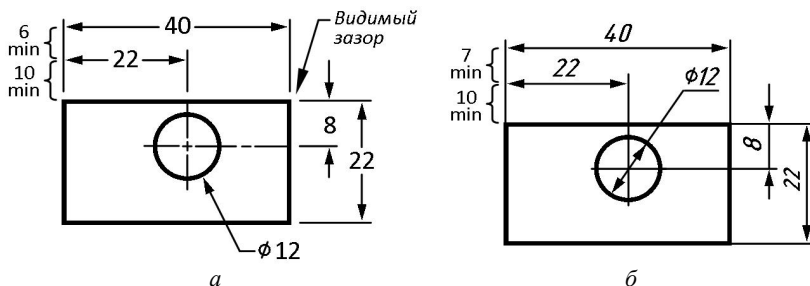


Рис. 3. Нанесение размеров
 а – стандарт ASME Y14.5-2018, б – ГОСТ 2.307-2011 ЕСКД

Стандарты, применяемые в США, более лояльны к правилам оформления конструкторской документации. Например, основная надпись в системе ANSI имеет обязательное количество граф, в которых указываются такие сведения, как например: масштаб, система проецирования, наименование чертежа, информация о разработчиках и согласовании, наличие и содержание остальных граф зависит от специфики производства и может назначаться предприятием индивидуально.

Список источников

1. ASME Y14.1-2005 Decimal Inch Drawing Sheet Size and Format [Электронный ресурс]. URL: <https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/y14-1-decimal-inch-drawing-sheet-size-format> (дата обращения: 20.03.2023).
2. ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Форматы [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006582> (дата обращения: 20.03.2023).
3. ASME Y14.3-2003 Multiview and Sectional View Drawings [Электронный ресурс]. URL: <https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/y14-3-orthographic-pictorial-views> (дата обращения: 20.03.2023).
4. ISO 128-2:2022 Technical product documentation (TPD) – General principles of representation – Part 3: Views, sections and cuts [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/standard/83356.html> (дата обращения: 20.03.2023).
5. ГОСТ 2.305-2008 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Изображения – виды, разрезы, сечения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200069435> (дата обращения: 20.03.2023).
6. ASME Y14.5-2018 Dimensioning & Tolerancing. Engineering Product Definition and Related Documentation Practices [Электронный ресурс]. URL: <https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/y14-5-dimensioning-tolerancing> (дата обращения: 20.03.2023).

Лепихина Э. А.

Научный руководитель: Полушина Т. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Аннотация. *Представлены чертежи решения задачи на пересечение поверхностей, выполненной двумя различными способами.*

Ключевые слова: *пересечение поверхностей, способ вспомогательных концентрических сфер, принадлежность точки поверхности*

При соединении участков труб любого трубопровода инженеру приходится решать задачу построения линии пересечения поверхностей цилиндрической формы (рис. 1). Эту задачу можно решать несколькими способами. В качестве примера рассмотрим решение этой задачи способом концентрических сфер (рис. 2) и использования принадлежности точек поверхности (рис. 3).

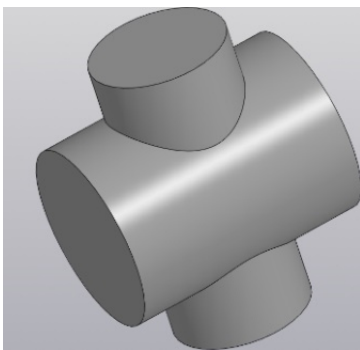


Рис. 1

Критерии сравнения способов: трудоемкость изучения способов решения задачи, время вычерчивания исходных данных; время, потраченное на построение десяти пар точек линии пересечения. Трудоемкость изучения способа сфер превышает практически в два раза по затратам времени способ принадлежности (90 минут – одна «пара» – против 45 минут, затраченных на изучение свойства принадлежности точек по-

верхности). Поскольку способ принадлежности предполагает решение задачи на трех плоскостях проекций, то времени на вычерчивание исходных данных к задаче требует больше (15 минут против 10 минут). И, наконец, сам процесс построения десяти пар точек линии пересечения по времени более трудоемкий для способа принадлежности, так как построение ведется на трех плоскостях проекций: способом сфер было потрачено 20 минут, способ с использованием свойств принадлежности потребовал 30 минут. Результат: способ сфер потребовал для решения 120 минут и оказался более затратным по времени для решения поставленной задачи, тогда как использование свойства принадлежности точек поверхности заняло 105 минут для решения этой же задачи. Казалось бы, вывод очевиден: способ сфер в предлагаемом примере явно проигрывает. Но следует помнить, что отнюдь не все исходные данные инженерных задач будут укладываться в перечень ограничительных условий для конкретного способа.

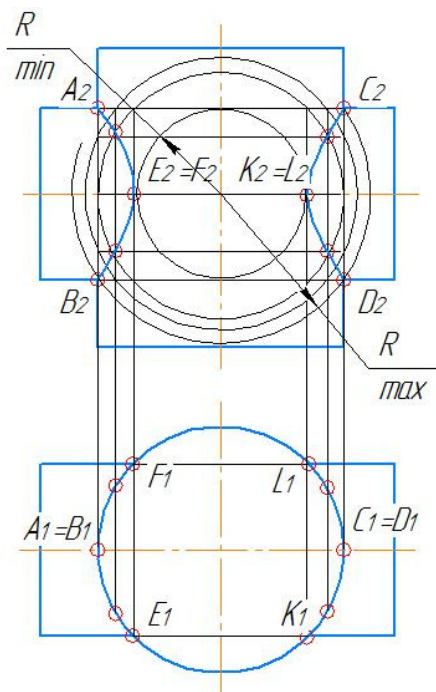


Рис. 2

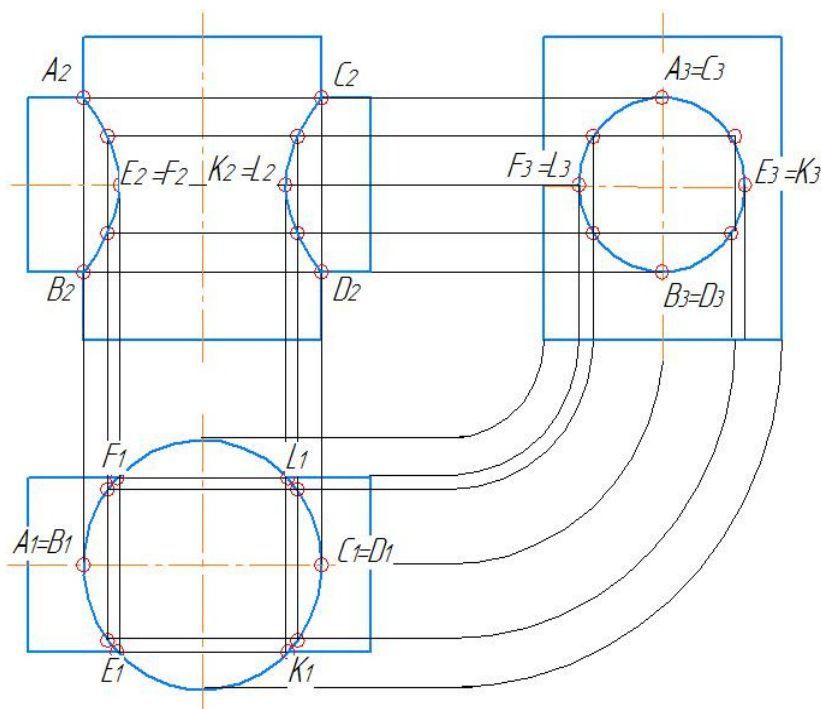


Рис. 3

УДК 744.44

Репина Н. О.

Научный руководитель: Бакулина И. Р., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СРАВНЕНИЕ СТАНДАРТОВ ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ: РОССИЙСКИЕ СТАНДАРТЫ И ЗАРУБЕЖНЫЕ

Аннотация. Рассматриваются различия и особенности оформления конструкторской документации по стандартам ЕСКД, ISO, ANSI.

Ключевые слова: международные стандарты, оформление чертежей, расположение видов, европейская система, американская система

В настоящее время в мировой практике проектирования и построения чертежей технической документации используются различные стандарты. В таблице приведены основные стандарты оформления конструкторской документации.

Стандарты оформления конструкторской документации

ЕСКД	русский стандарт оформления конструкторской документации
ISO	основной международный стандарт оформления чертежей
DIN	национальный стандарт Германии
ANSI	национальный стандарт США
JIS	национальный стандарт Японии
GB	национальный стандарт Китая
BSI	национальный стандарт Великобритании

В России стандарты на техническую документацию разрабатываются на основе Федерального закона (ФЗ) «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ, в том числе стандарты, входящие в ЕСКД. Статья 7 пункт 8 ФЗ определяет, что «международные стандарты должны использоваться полностью или частично в качестве основы для разработки проектов технических регламентов, за исключением случаев, если международные стандарты или их разделы были бы неэффективными или не подходящими для достижения установленных статьей 6 настоящего ФЗ».

Основными различиями ISO и DIN от ЕСКД являются: обозначение сварных швов, условное обозначение отверстий, оформление сборочных чертежей и спецификаций, наименование материалов (по европейской классификации), перечень крепежа (по стандартам DIN, ISO). В США и Канаде стандарты составления чертежей также отличаются, поскольку стандарты определяются специальными организациями, которые задают стандарты ANSI (American National Standards Institute) и ASME (American Society of Mechanical Engineers).

В соответствии с национальным стандартом США размеры чертежной бумаги другие, они привязаны к дюймам (рис. 1а).

Standard US Engineering Drawing Sizes		
Drawing Size	Dimensions (millimeters)	Dimensions (inches)
ANSI A	215.9 x 279.4	8.5 x 11
ANSI B	279.4 x 431.8	11 x 17
ANSI C	431.8 x 558.8	17 x 22
ANSI D	558.8 x 863.6	22 x 34
ANSI E	863.6 x 1117.6	34 x 44

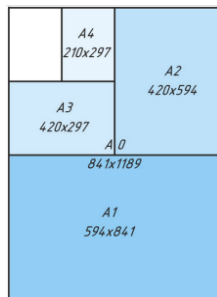
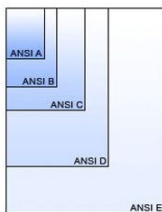


Рис. 1. Размеры чертежной бумаги: а – по национальному стандарту США ANSI, б – по стандарту ЕСКД 2.301-68

Размеры чертежной бумаги по стандарту ЕСКД 2.301-68 представлены на рис. 1б [1].

Основная надпись на чертежах также отличается по стандартам ЕСКД (рис. 2) [2] и, по стандартам ISO (рис. 3) и по стандарту ANSI:

[illegible]

Рис. 2. Основная надпись на чертежах по стандарту ЕСКД

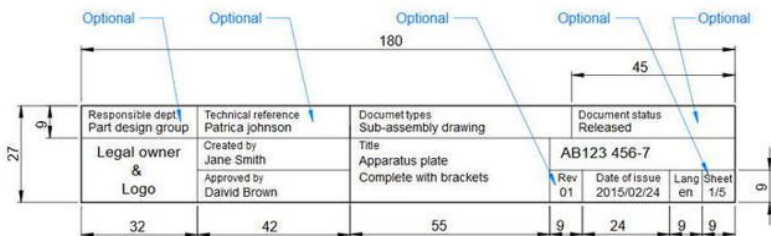


Рис. 3. Основная надпись на чертежах по стандарту ISO

Размеры на чертежах в США и Канаде указываются в разрыве размерной линии и всегда параллельно основной надписи. При недостатке места размерные числа выносят за выносные линии и размещают так, что продолжения размерных линий или полки линий-выносок

упираются в них. По стандартам ЕСКД размеры наносят на чертеже только один раз. Размерные линии проводят параллельно измеряемым отрезкам на расстоянии не менее 10 мм от линии контура и 7 мм друг от друга, выносные линии проводят перпендикулярно размерным. Размерные числа ставятся над горизонтальными размерными линиями и только слева от вертикальных размерных линий, размеры указываются в миллиметрах.

В отличие от ЕСКД, зарубежные стандарты оформления более лояльны к правилам оформления. Например, размер, количество и содержание граф в основной надписи на чертеже каждое предприятие устанавливает индивидуально в зависимости от вида специфики производства. При этом есть ряд обязательных граф (наименование, номер чертежа, масштаб и т. д.), остальные назначаются индивидуально.

Принцип построения ортогональных проекций на американских чертежах таков, что предмет как бы расположен внутри куба, на стенке которого он проецируется. Т. е. проекционная плоскость находится между наблюдателем и проецируемым предметом. В России и по ISO проекционная плоскость находится за проецируемым предметом.

Таким образом, в ходе выполнения данной работы установлено: в национальном стандарте США (ANSI) используется английская (дюймовая) система измерения. Чертежи по этому стандарту отличаются методом размещения проекций на чертеже. Вследствие этого появляются сложности к адаптации чертежей, выпущенных по стандартам ANSI к стандартам ЕСКД, и наоборот. Наиболее близкими к ЕСКД являются стандарты по составлению технической документации ISO (International Organization for Standardization) и DIN. В них используются метрическая система единиц, аналогичная система допусков и посадок, аналогичные форматы чертежей.

Список источников

1. Оформление конструкторской документации в разных странах [Электронный ресурс]. URL: <http://flycad.net/ru/stati/>, свободный.
2. ГОСТ 2.104-2006 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Основные надписи.

Фёдорова Е. А.

Научный руководитель: Фоминых И. А., доцент

Поволжский государственный технологический университет

РЕШЕНИЕ ПОЗИЦИОННЫХ ЗАДАЧ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КРОВЛИ ЗДАНИЙ

***Аннотация.** Рассматриваются способы построения линии пересечения элементов кровли зданий и сооружений.*

***Ключевые слова:** позиционные задачи, секущие плоскости, линии и точки пересечения, кровля зданий, начертательная геометрия*

Позиционные задачи начертательной геометрии решаются на стадии разработки чертежей проектируемых зданий и сооружений. В современном строительстве используются различные сочетания геометрических форм и поверхностей. Особое внимание уделяется геометрии кровли, которая может представлять комплекс различных поверхностей со сложными линиями пересечения. В строительстве, как частных, так и общественных архитектурных сооружений часто используют самые различные геометрические формы – призмы, пирамиды, конусы, цилиндры и т. д. На чертеже линии пересечения таких поверхностей определяются решением позиционных задач начертательной геометрии. Эти линии могут быть прямыми или сложной пространственной формы, которую строят на чертеже по точкам. Нахождение точек линии пересечения осуществляют при помощи вспомогательных построений.

На рис. 1 представлен пример построения точки пересечения конька пристройки со скатом крыши основного здания и линии пересечения этих элементов кровли. Точку B_1 пересечения конька пристройки со скатом крыши находим при помощи вспомогательной плоскости Π_1 , которая рассекает скат крыши по прямой. Горизонтальную проекцию B_2 искомой точки определяем пересечением A_2B_2 и горизонтальной проекции конька пристройки, проходящей из точки 8. Точку C_2 встречи карниза кровли пристройки со стеной основного здания находим при помощи вспомогательной плоскости Π_2 . Соединив полученные точки, получим ломаную линию пересечения.

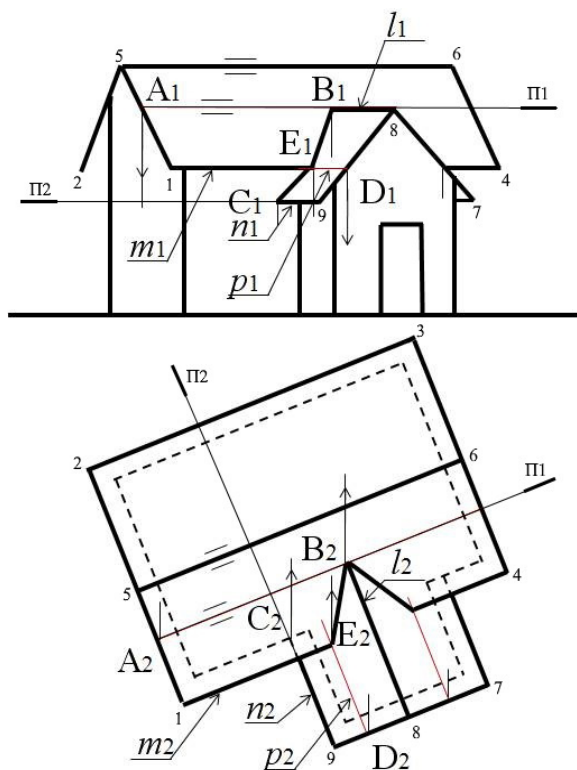


Рис. 1

На рис. 2 показано построение линии пересечения поверхностей элементов кровли основного здания и пристройки. Геометрический смысл задачи сводится к построению линии пересечения цилиндрической поверхности плоскостью. Используем способ секущих плоскостей посредников. Определим точки 1,2,3,4 пересечения ребер E_2 и F_2 (карниза пристройки) с плоскостью крыши основного здания. Для этого проведем вспомогательную секущую плоскость Σ через точки E_2 , F_2 . Линия K_2 , L_2 , M_2 , N_2 пересечения Σ_2 с поверхностью крыши построена по точкам K_2 , L_2 , M_2 , N_2 пересечения ребер A_2 , B_2 , C_2 , D_2 этой крыши с плоскостью Σ_2 . Выделим точки пересечения полученных линий.

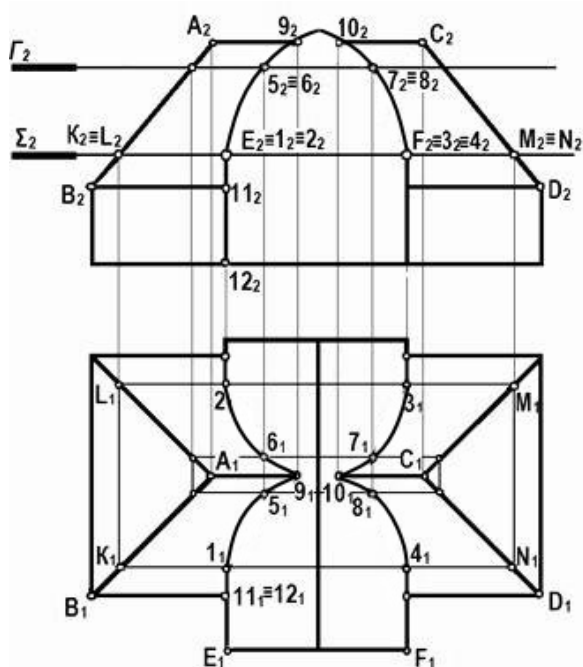


Рис. 2

Точки $5_2, 6_2, 7_2, 8_2$ пересечения произвольно выбранной образующей цилиндрической крыши пристройки с крышей основного здания построены аналогично (вспомогательная секущая плоскость Γ_2). По найденным точкам проводится искомая линия пересечения заданной крыши.

В каждом рассмотренном примере применяются вспомогательные секущие плоскости посредники и алгоритм первой позиционной задачи. Найденные точки пересечения принадлежат искомой линии пересечения. Используя эти алгоритмы решения, можно вычертить план и фасад крыши архитектурного сооружения при любой комбинации геометрических форм.

Чугунова Э. С.

Научный руководитель: Бакулина И. Р., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОСТРОЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ В ЕВРОПЕЙСКОЙ И АМЕРИКАНСКОЙ СИСТЕМАХ ПРОЕКЦИРОВАНИЯ

Аннотация. *Рассматриваются различия и особенности оформления чертежей по европейской и американской модели проецирования.*

Ключевые слова: *международные стандарты, оформление чертежей, расположение видов, европейская система, американская система*

В настоящее время курс черчения является неотъемлемой частью программы обучения во многих вузах Российской Федерации. В данной статье стоит задача – раскрытие различий по построению чертежей в двух системах проецирования: европейской и американской, поскольку при работе с технической литературой зарубежных авторов, студенты сталкиваются с такой проблемой, как различием между этими моделями построениями чертежа детали.

При изучении материала были использованы открытые источники российской технической литературы, учебник «Техническое черчение» работы И. М. Могильного [3], где уже была затронута тема изучения различий двух систем проецирования детали. Проецированием называется процесс получения изображения предмета на плоскости. По-другому говоря, проекция – это изображение объемного тела на плоскости. Из жизни можно привести пример проекций: тени от каких-либо предметов, различные фотографии, рисунки и т. д.

Различия в европейской и американской системах проецирования рассмотрим на примере построения основных видов детали. Построение видов подразумевает изображение какого-либо предмета, обращенного к наблюдателю, на плоскостях проекций. Опираясь на ГОСТ 2.305-2008 [1], основными являются виды, которые могут быть получены на шести основных плоскостях проекций. Основные плоскости проекций представляют собой шесть граней пространственного куба, внутри него находится предмет. После чего разворачивают грани куба и получают схему, которая показывает расположение основных видов. Устанавливаются следующие названия основных видов (рис. 1): 1) вид спереди; 2) вид сверху; 3) вид слева; 4) вид справа; 5) вид снизу; 6) вид сзади.

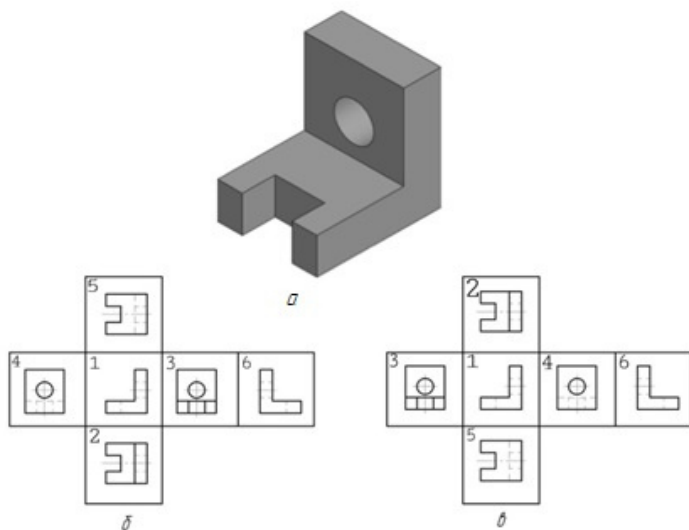


Рис. 1. Схема расположения основных видов на чертеже:
а – модель; б – построение проекций по европейскому методу;
в – построение проекций по американскому методу

Если сравнивать две системы, то в европейской системе проецирования мы видим сам предмет, который располагается в первом октанте, а плоскости, которые проецируются, за ним [2]. При американской системе проецирования наблюдатель находится за плоскостью проекций, в таком случае изображения являются зеркальными отражениями [5].

Кроме того, необходимо отметить, что отличиями практически от всех систем стандартизации будут стандарты, установленные в США. Например, существует разница в простановке размеров на чертежах. Размерные числа проставляются параллельно основной надписи и в разрывах размерных линий, допустим перенос при недостатке места за выносные линии (рис. 2а).

По стандартам ЕСКД (Единая система конструкторской документации), размеры наносят на чертеже в основной надписи только один раз. На прямолинейных участках размерные линии проводят параллельно измеряемым отрезкам на расстоянии не менее 10 мм от линии контура и 7 мм друг от друга, выносные линии проводят перпендикулярно размерным (рис. 2б). Над горизонтальными размерными линиями и только слева от вертикальных размерных линий ставятся размерные числа, размеры указываются в миллиметрах [4].

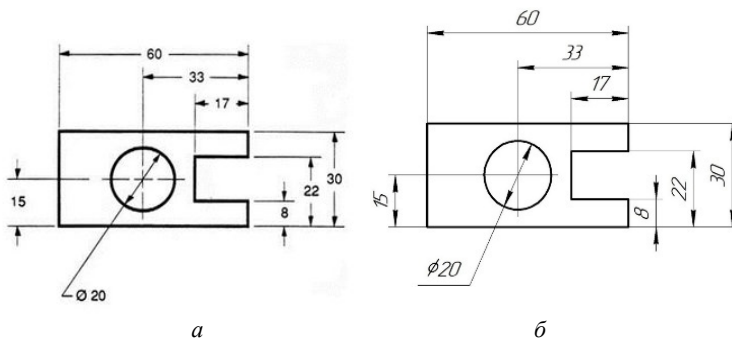


Рис. 2. Нанесение размеров на чертеже:

а – американская система стандартизации, б – стандарты ЕСКД

Из проделанной работы, можно сделать основной вывод в различии двух систем проецирования: в европейском методе присуще использовать метод образования проекций, когда за проецируемым предметом находится непрозрачная плоскость проекций, то есть мы видим тень от рассматриваемого объекта на плоскости. Что касается американского метода, то в нем описывается, что между наблюдателем и предметом находится прозрачная плоскость проекций, а проецирующие лучи направлены на наблюдателя, то есть мы видим проекцию объекта сквозь плоскость. Следовательно, по мнению автора, людям с плохо развитым пространственным воображением сложнее использовать американскую систему.

Список источников

1. ГОСТ 2.305-2008 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Изображения – виды, разрезы, сечения.
2. Вышнепольский И. С. Техническое черчение: учебник для вузов. 10-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2023. 319 с.
3. Могильный И. М. Техническое черчение: учебник для вузов. 6-ое изд. М.: Издательство Машиностроение, 1964. 392 с.
4. Елкин В. В., Тозик В. Т. Инженерная графика. М.: Академия, 2009. 304 с.
5. Американский метод оформления чертежей [Электронный ресурс]. URL: <http://weldworld.ru/theory/cherchenie/amerikanskiy-metod-oformleniya-chertezhey.html>.

Чуприна А. Е.

Научный руководитель: Фоминых И. А., доцент
Поволжский государственный технологический университет

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АРХИТЕКТУРНОЙ БИОНИКЕ

Аннотация. *Рассматриваются приемы геометрического моделирования при проектировании архитектурных объектов с элементами природных форм.*

Ключевые слова: *геометрическое моделирование, архитектурная бионика, начертательная геометрия*

Геометрическое моделирование в архитектурной бионике является одним из важных инструментов для создания инновационных и эффективных конструкций, которые вдохновлены природой и имеют множество полезных свойств [1]. Моделирование бионических форм является важнейшей частью архитектурного проектирования, помогает в представлении архитектурных объектов, отражает авторский замысел, определяется объемно-пространственными характеристиками объекта, выделяет его художественные (эстетические) качества.

Формы живой природы, воплощаемые в архитектуре, помогают совершенствованию ее красоты и в художественном, и в утилитарном отношении. По разнообразию форм и свойств, по-своему представленных в науке, технике, архитектуре, изобразительном искусстве, эти поверхности не имеют себе равных среди других геометрических моделей. Такими вопросами, как использование закономерностей формообразования живой природы занимается бионика (от греческого *bíon* – элемент жизни, или живущий). Описанием геометрической формы объекта и представлением её изображения занимается такая наука, как начертательная геометрия. Создание новых сложных архитектурных форм в современной архитектуре связано с выполнением чертежей этих конструкций, где сложные формы растительного и животного мира изображаются сочетанием известных геометрических моделей.

Начертательная геометрия является одним из разделов геометрии, в котором пространственные фигуры, представляющие собой совокупность точек, линий, поверхностей, изучаются по их проекционным изображениям на плоскости.

В природе действует «закон экономии», по которому природа всегда ищет кратчайшие пути и выбирает экономное решение. Этот закон проявляется в формообразовании природных объектов. Эти объекты состоят из одних и тех же простых форм (многогранник, шар, цилиндр, конус, спираль...), которые повторяются в разных комбинациях, создавая еще более сложные формы.

Рассмотрим на примере форму куриного яйца (рис. 1), которую можно представить как совокупность различных по диаметру шаров, которые сопрягаются друг с другом без видимых линий пересечения.

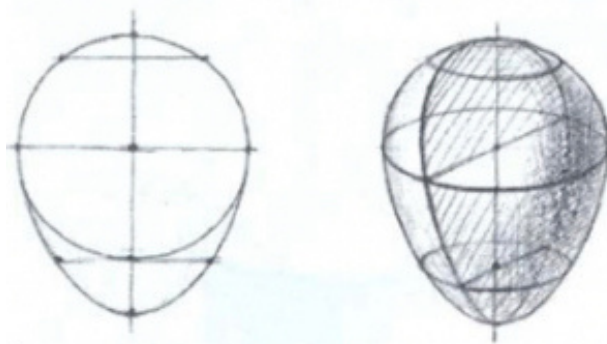


Рис. 1

Получается, что даже самое обычное куриное яйцо, которое не является сложной формой можно рассматривать, как комплекс еще более простых фигур.

Давайте рассмотрим объекты посложнее на примере бабочки и яблока (рис. 2, 3) [2]. Тело бабочки можно представить, как цилиндрические и конические поверхности, крылья – плоскости двух различных направлений, на рис. 2 изображены способы задания этих плоскостей. На рис 3 изображено яблоко, которое описано сферической и торовой поверхностью. Части яблока также можно описать с помощью плоскости разреза и полусферы, а огрызок – с помощью гиперboloида вращения.

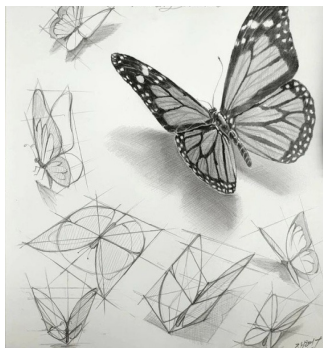


Рис. 2

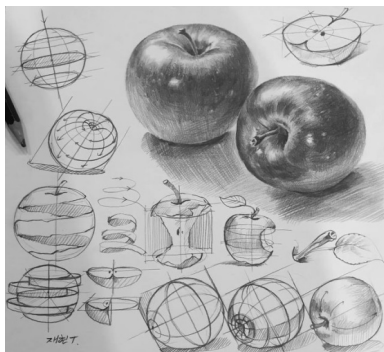


Рис. 3

Еще один пример геометрического моделирования в архитектурной бионике — использование форм, которые повторяются в природе, например, формы раковин улиток (спирали Архимеда) или кристаллов (многогранники). Такие формы имеют определенные математические законы и свойства, которые могут быть использованы для создания стильных, эффективных и устойчивых конструкций. Так, рассматривая привычные предметы, которые нам кажутся простыми и обыденными, а на самом деле состоят из огромного количества простых фигур, которые komponуются друг с другом самым невероятным образом, можно прийти к выводу, что при построении, проектировании, стилизации природных форм необходимо обладать грамотным навыком построения изображений различных геометрических фигур и их линии пересечения, чтобы донести идеи архитектора до проектировщика.

Геометрическое моделирование играет важную роль в архитектурной бионике, позволяя создавать сложные и инновационные конструкции, которые имеют множество полезных свойств, вдохновленных природой, поэтому технологии строительства и бионические формы сооружений усложняются, что требует постоянного обновления методов моделирования, включая использование средств машинной графики.

Список источников

1. Лебедев Ю. С. Дом-улитка и другие: Природные формы и образы в архитектуре Москвы и Подмосковья. М.: Моск. рабочий, 1983. 157 с.
2. Борисовский Г. Б. Архитектура, устремлённая в будущее. М.: Знание, 1977. 128 с.

Чучелин М. А.

Научный руководитель: Ломакина Е. А., преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПАС 3D ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАЗВЕРТОК ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОЛПАКОВ

***Аннотация.** Рассмотрено построение колпака из листового материала в программе КОМПАС 3D.*

***Ключевые слова:** листовой материал, развертка, КОМПАС 3D*

При возведении бетонного или кирпичного забора на столбы устанавливаются колпаки. Колпак для забора – многофункциональная деталь, которая несет не только декоративную функцию, но и защищает столб от попадания внутрь влаги, мусора, намерзания льда.

Как правило, колпаки изготавливаются по индивидуальным размерам из листового металла с полимерным покрытием. Вычерчивать на производстве индивидуальные чертежи для каждого заказчика – дело весьма трудоемкое, поэтому современное производство не может обойтись без применения специализированного ПО.

Программа КОМПАС 3D имеет возможность моделирования деталей, получаемых из листового материала с помощью гибки с возможностью автоматизированного создания развертки. Также есть возможность учитывать специфику материала и особенности производства.

В рамках данной работы рассмотрено построение колпака в программе КОМПАС 3D.

Исходные данные для построения:

- посадочная длина и ширина колпака 390 мм;
- высота юбки колпака 60 мм;
- угол наклона плоскости ската колпака 40°;
- толщина листового металла 0,45 мм (рис. 1).

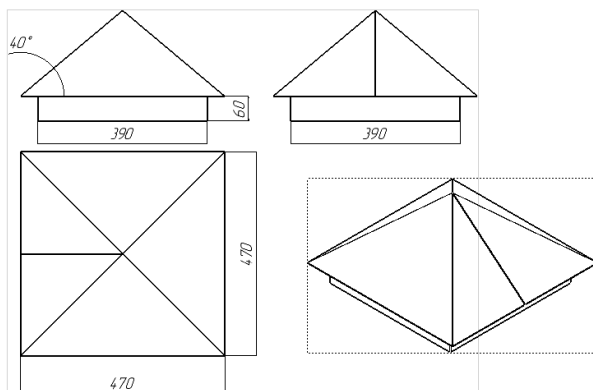


Рис. 1. Эскиз колпака

Листовое моделирование колпака в КОМПАС 3D начинается с создания юбки. С помощью юбки колпака осуществляется фиксация крышки на столе.

Первым элементом при создании юбки является листовое тело, которое создается на основе разомкнутого эскиза. В дальнейшем к нему добавляются листовые элементы – сгибы (рис. 2а).

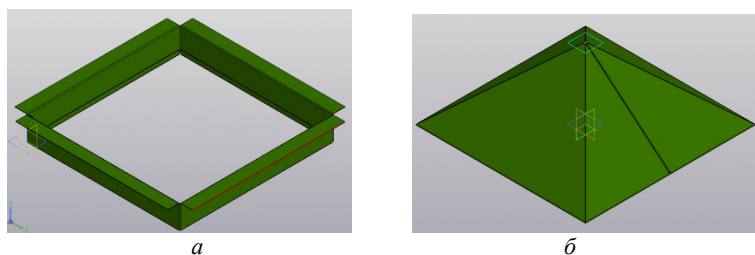


Рис. 2. Листовая модель:
а – юбка колпака, б – пирамида колпака

Далее моделируется верхняя часть колпака. Она имеет форму правильной четырехугольной пирамиды.

Создание верхней части колпака выполняется при помощи команд «Линейчатая обечайка» и «Сгиб» (рис. 2б).

Изготовление металлических колпаков производится с помощью фальцевого соединения, без применения заклепок. В данной работе для продольных швов из листовой стали толщиной 0,45 мм ширина фальца принята 8 мм.

После создания листовых моделей юбки и колпака выполняется сборка (рис. 3).

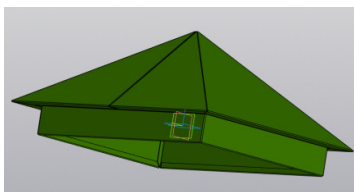


Рис. 3. Сборка модели «Колпак»

Завершающим этапом является создание ассоциативного чертежа разверток верхней и нижней части колпака (рис. 4).

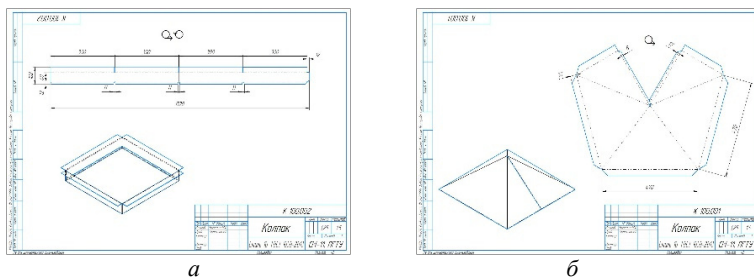


Рис. 4. Развертка листового тела:
а – юбка колпака, б – пирамида колпака

Ассоциативный чертеж колпака сохраняется в формате DXF для передачи на резку или же для печати шаблона на принтере для изготовления вручную.

Таким образом, использование КОМПАС 3D для разработки чертежей листового материала на производстве решает несколько задач:

- наглядность и редактируемость созданной модели;
- минимизация ошибок при построении 3D модели детали;
- автоматизированное формирование 2D изображений (видов, разверток и др.);
- возможность передачи модели в САМ системы.

Список источников

1. Мельников И. В. Жестяничные работы. Фальцовка, отбортовка, посадка и выколотка металла. М.: Litres, 2022. 132 с.
2. КОМПАС-3D. Руководство пользователя. СПб.: ЗАО АСКОН, 2018.

Юрьев И. С.

Научный руководитель: Турецких С. О., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

СОЗДАНИЕ АНИМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ В КОМПАС 3D и 3DMAX

Аннотация. Рассматривается сравнение двух программ «КОМПАС-3DV19» и «3DMAX» на примере создания детали.

Ключевые слова: 3D модель, моделирование, КОМПАС-3D, 3DMAX

3D-проектирование является одним из лучших способов визуализации создаваемого объекта.

Цель работы: создание анимационной модели детали в двух компьютерных программах.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. по двум видам детали «Корпус» (рис. 1) создать анимационную ее модель в системе трехмерного моделирования Компас 3D и графическом редакторе 3D MAX;
2. сравнить временные затраты на ее построение в каждой из программ.

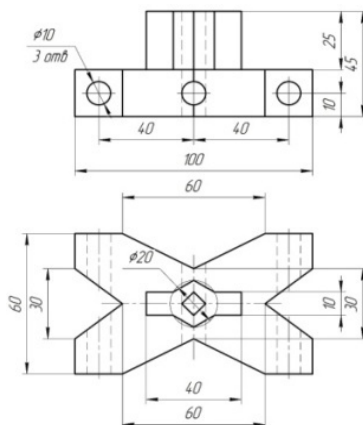


Рис. 1. Исходные данные

Компас-3D – это одно из самых лёгких и, главное, отечественных комплексных автоматизированных проектирований, позволяющий моделировать красивые и запоминающие разного рода конструкции. Он поможет конструкторам и строителям, не работающим в других аналогичных системах, создавать весь путь проекта от самой идеи и заканчивая готовой продукцией со всей нужной документацией [1].

3D Max очень трудна для новичков, но этот продукт очень помогает в сфере компьютерных игр и дизайна [2].

Один из главных плюсов КОМПАС-3D – русскоязычный интерфейс.

Результаты исследования. Анализ геометрической формы заданной детали позволил определить, что она является составной и представляет собой сумму параллелепипеда с призмой. Причем последняя получена путем объединения шестигранной и двух четырехугольных призм. Данная деталь имеет вырезы и отверстия. Через центр детали проходит сквозное призматическое отверстие. Параллелепипед имеет по 2 взаимно-симметричных призматических выреза (спереди-сзади, слева-справа) и 3 сквозные фронтально-проецирующие цилиндрические отверстия.

Создание детали «Корпус» в Компас 3DV19 и 3D MAX представлено на рисунках 2 и 3, соответственно.

Для её создания в Компас 3D потребовались следующие операции: в «Инструменты эскиза» мы выбираем «Прямоугольник» и выставляем 60 на 100. Далее, при помощи «Вспомогательной линии» и «Отрезка» – вырезы, а потом при помощи «Элемент выдавливания» мы превращаем модель в 3D. Для построения суммы параллелепипеда с призмой нам вновь помогут «Вспомогательные линии», а также «Многоугольник» с 4-мя углами. Используя «Отрезок», мы соединяем 3 детали в одну и используем «Элемент выдавливания». Под конец нам нужно выполнить 3 сквозные фронтально-проецирующие цилиндрические и 1 призматическое отверстия. Для выполнения этого этапа нам нужно задать окружность и использовать «Вырезать выдавливанием». Аналогично создаётся призматическое отверстие.

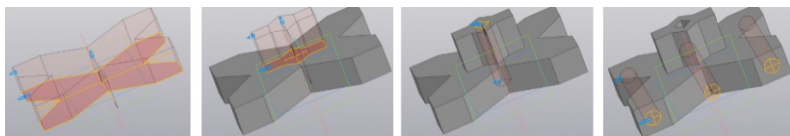


Рис. 2. Создание анимационной модели детали «Корпус» в Компас 3D

Аналогичную деталь создадим в 3D MAX и для этого потребуется всего несколько операций: При помощи «Line» создаётся основной

«Корпус». Затем используем команду «Extrude» – деталь становится объёмной. Аналогичным способом создаём сумму параллелепипеда с призмой. Для выполнения отверстия нужно создать «Cylinder», увеличить его при помощи «Extrude» на ту длину, на которую мы хотим разрезать. В данном случае отверстие будет сквозное. Используя модификатор «Compound Objects» и «Boolean», выделяем нужную деталь. Нажимаем «Subtract».

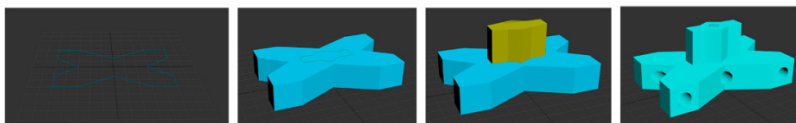


Рис. 3. Создание анимационной модели детали «Корпус» в 3DMAX

Выводы. В этом исследовании было проведено исследование двух программ – «КОМПАС-3D» и «3DMax». На примерах создания деталей было выяснено, что первая предназначена для создания моделей на чертежах и применяется для решения инженерных задач, а вторая – сосредоточена на дизайне. Для построения детали «Корпус» было затрачено примерно одинаковые временные затраты, в количестве 4 действий.

Список источников

1. Самоучитель КОМПАС-3D V19. СПб.: БХВ-Петербург, 2021. 624 с.
2. Харьковский А. В. 3ds Max 2013. Лучший самоучитель. Изд. 4-е, доп. и перераб. М.: Астрель, 2013. 480 с.

УДК 543.4. 51.544

Вершинин А. А.

Научный руководитель: Силкина О. В., канд. биол. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ХРОМАТОГРАФИИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ФАЛЬСИФИЦИРОВАННЫХ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ

Аннотация. *Эфирные масла являются продуктами природного происхождения, которые находят самое разнообразное применение в различных областях промышленности. Высокая стоимость, трудоемкость производства и широкое использование приводят к тому, что в продаже наряду с качественными эфирными маслами часто встречаются фальсифицированные. Применение поддельных масел повышает их опасность для человека, в связи с чем установление подлинности эфирных масел имеет большое значение.*

Ключевые слова: *эфирные масла, подлинность, фальсификация, хроматографические методы, хроматограмма, неполярная колонка, высокополярная колонка, пламенно-ионизационным детектор*

Эфирные масла находят широкое применение в различных областях промышленности: пищевой, парфюмерной, косметической, медицинской. В мировом агропромышленном комплексе эфиромасличная отрасль является одной из самых прибыльных. Высокая стоимость, трудоемкость производства и широкое использование в промышленности приводят к тому, что в продаже наряду с качественными эфирными маслами часто встречаются фальсифицированные.

В последние десятилетия явление фальсификации эфиромасличной продукции приобрело особо крупные масштабы. К наиболее распространенным способам фальсификации эфирных масел относят: введение синтетических добавок; обогащение изолятами; добавление керосина, растительных или минеральных масел; частичную или полную замену более дешевыми маслами.

Для решения вопроса о натуральности эфирного масла проводят его хроматографический анализ и сравнивают полученную хроматограмму с хроматограммой заведомо натурального образца эфирного масла, опубликованных в специальных изданиях (метод «*fingerprint*»

analysis») или полученной анализом заведомо аутентичного образца эфирного масла. Отдельные компоненты эфирных масел обладают оптической активностью, то есть способностью вращать плоскость поляризации луча света. Синтетические вещества, которые иногда добавляют в эфирные масла, не имеют такой активности. Хроматографические методы на специальных хиральных колонках позволяют разделить оптические изомеры и установить факт фальсификации.

Разработка конкретных методических подходов, которые можно использовать при исследовании эфирных масел на натуральность представляет большую трудность. Каждое эфирное масло можно фальсифицировать различными методами. В любом случае на первом этапе необходимо получить хроматограммы эфирного масла на капиллярных колонках. При этом наиболее рационально использовать колонки с длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм и слоем жидкой фазы 0,25 микрон.

Наиболее часто используют неполярную колонку с рабочей жидкой фазой на основе полиметилсилоксана (силиконовые эластомеры SE-30 или аналогичные OV-1, OV-101, DB-1, DB-5, HP-1, HP-5). Именно на этих колонках получено для эфирных масел наибольшее количество результатов (хроматограмм и индексов удерживания компонентов). Очень хорошие результаты для экспертной работы дает колонка типа HP-5 (или DB-5).

Значительно реже применяют высокополярные колонки на основе полиэтиленгликоля с молекулярной массой 20000 (Carbowax 20M, Supelcowax10, FFAP, INNOWAX). Их используют лишь как вспомогательные в случае неоднозначной идентификации пиков на колонках с неполярной фазой. Дело в том, что при использовании хромато-масс-спектрометрии не всегда удается отличить достоверно спирты и их сложные эфиры, а также сесквитерпеновые углеводороды и некоторые их кислородные производные. Применение различных колонок дает возможность по изменению индексов удерживания одних и тех же веществ при анализе определить с точной идентификацией.

Режим анализа на обоих колонках одинаковый. Температура испарителя и детектора 230-250⁰, температура термостата программируют от 50⁰С со скоростью 3⁰/мин до 220⁰ и далее изотерма 10 минут. Газ-носитель водород или гелий – все газы с чистотой 99,999. Полярные колонки дают нестабильные результаты при работе с газами с повышенным (более 0,001%) содержанием кислорода и паров воды. Скорость расхода газа через колонку приблизительно 1 мл/мин, что соот-

ветствует входному давлению для гелия 0,75 атм. Величина пробы 0,02 – 0,06 мкл при сбросе 1/50. Такой режим позволяет выявить в составе эфирного масла все компоненты с содержанием выше 0,01%, что вполне достаточно для экспертной работы.

Относительно приборной базы можно сказать, что для работы вполне достаточны обычные хроматографы практически любой конструкции (как старые, так и новые) с пламенно-ионизационным детектором. Наиболее важным при этом является правильно сконструированная система ввода пробы – сэмплер (иногда ее надо переделывать в хроматографах старой конструкции) и грамотное подсоединение колонки к детектору и сэмплеру. Но это уже вопрос очень специальный и здесь не рассматривается.

Полученные хроматограммы дают исчерпывающую информацию о составе эфирных масел и представляют собой подробную «карту» распределения всех компонентов эфирного масла, изучение которых методом сравнения с типовыми или эталонными хроматограммами может помочь в установлении подлинности и натуральности эфирного масла. При этом особое значение для установления натуральности часто имеют компоненты, содержащиеся в очень небольшом количестве, а также сесквитерпеновые терпеноиды, состав и количество которых хорошо отражает видовую принадлежность эфирного масла.

Способы извлечения масла, а также хемотип растения определяют соотношение ценных компонентов в эфирных маслах и «нежелательных» примесей (фурукумаринов, пестицидов и т. п.). Часть компонентов чрезвычайно лабильна – многие терпеноиды изомеризуются, а сложные эфиры гидролизуются в процессе перегонки или хранения. В результате фармакологическое действие эфирных масел может непредсказуемо измениться и привести к определенным проблемам, связанным с безопасностью их применения. В связи с этим эфирные масла необходимо оценивать исходя из индивидуальных требований с учетом информации об исходном сырье, способе извлечения и применения, на основании отраслевых норм и стандартов, установленных государственными властями и международными организациями.

Домрачева П. И., Вальдэр А. В.
Научный руководитель: Тарасенко Е. В., канд. биол. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА ПОЧВЫ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

***Аннотация.** Рассмотрено влияние антигололедных реагентов на содержание хлоридов в почвах г. Йошкар-Олы.*

***Ключевые слова:** химическая экология, почвенный покров, засоление почв*

Современная экология охватывает чрезвычайно широкий круг вопросов и тесно переплетается с целым рядом смежных наук, таких как география, геология, физика, химия, генетика, математика, медицина, агрономия, архитектура. Приставка эко- появляется у многих естественных и общественных наук.

Большой вред окружающей среде наносит воздействие различных загрязнений. По своей породе загрязнения делятся на физические, химические, биологические. В зависимости от источников загрязнений они могут быть естественными и антропогенными, вызванными человеческой деятельностью. Степень их воздействия на живые организмы зависит от токсичности и устойчивости загрязнителей.

Основной причиной загрязнения окружающей среды является антропогенный фактор – активная, но не всегда целесообразная деятельность человека. В настоящее время в процесс производства вовлечена практически вся биосфера. Параллельно с научно-техническим прогрессом возрастает интенсивное использование полезных ископаемых (лесов, угля, нефти, газа, воды, полезных ископаемых и др.). При этом нерациональное природопользование ведёт к загрязнению окружающей среды, истощению ресурсов, эрозии почвы.

Загрязнение воздуха, почв и поверхностных вод городов стало важнейшей проблемой века. Эта проблема касается не только отдельных стран, но и всей планеты в целом. Известно, что чем больше численность города, тем выше «фоновое загрязнение».

Одной из причин загрязнения окружающей среды в городских условиях является использование противогололедных реагентов для устранения наледи на дорогах и тротуарах.

Самый популярный и доступный способ борьбы с наледью на дорогах – песко-солевая смесь (ПСС). Обычно используется смесь: 30% хлорида натрия и 70% высушенного мелкозернистого песка.

Практически во всех распространённых антигололедных смесях присутствует соль, которая может негативно влиять на почву, грунтовые воды, разрушать металл, асфальт и даже бетон. Зимняя обувь может прийти в негодность в течение первого сезона носки, так как соль разрушает волокна ткани и подошву. Конечно же, соленая присыпка воздействует на металл, из-за чего страдают автовладельцы. Инженерные коммуникации по той же причине могут выйти из строя раньше своего срока службы, по причине прорыва труб. Также реагент, попадая на кузов автомобиля, может «разъесть» верхний слой лакокрасочного покрытия, образуя микротрещины и провоцируя развитие коррозии. Влияние противогололедных реагентов на растительность тоже весомое. Долгое воздействие реагентов на почву лишает со временем ее плодородных свойств. Постепенное накопление хлоридов натрия и кальция в водоемах может сделать их непригодными для естественного обитания.

Хлориды – это типичные загрязнители почвы. Первичными источниками хлоридов являются магматические породы, в состав которых входят хлорсодержащие минералы (содалит, хлорапатит и др.), соленосные отложения, в основном галит. Хлориды, попадая в почву, усиливают ее кислотность, ухудшают действие минеральных и органических удобрений. Но они могут быть полезны, например, на торфяниках, где ускоряют разложение торфа и создают избыток азота.

Почвы и грунтовые воды нередко содержат повышенные количества хлоридов из-за использования соли в составе противогололедного реагента для ускорения таяния снега [1]. Они принимают активное участие в обменных процессах растений и в определенной концентрации необходимы для их полноценного развития, но при этом выступают в качестве типичного загрязнителя. Избыточное содержание таких веществ приводит к нарушению процессов фотосинтеза, затрудняя дыхательную активность. В результате листья становятся коричневыми и гниют еще до этапа развития плодов.

В связи с отсутствием ПДК хлоридов в почве обычно ориентируются на литературные данные, в соответствии с которыми содержание хлоридов в почве может колебаться от 1-10 мг/кг до нескольких десятков процентов [2].

Цель исследования – выявить уровень загрязнения хлорид-ионами почв городской территории.

В качестве объектов исследования были выбраны г. Йошкар-Ола, как крупный промышленный город, и д. Какшансола Медведевского района РМЭ, как фоновая территория [3].

Почвенные образцы отбирались после таяния снежного покрова в начале апреля 2023 г. с верхнего (0-25 см) слоя почвы. Определение содержания водорастворимых хлоридов проводилось согласно ГОСТ 26427-85 – методом argentометрического титрования по Мору [4].

Сущность метода заключается в титровании хлорид-ионов в водной вытяжке раствором нитрата серебра, образующим с хлорид-ионами труднорастворимое соединение. Для установления конечной точки титрования в раствор добавляли хромат калия, образующий с избытком ионов серебра осадок, вызывающий переход окраски раствора от желтой к красно-бурой.

Результаты определения приведены в таблице:

Почва	Содержание хлорид-ионов, мг/кг
д. Какшансола	8,9
г. Йошкар-Ола	35,5

Выводы

1. Определено содержание хлорид-ионов в почвах г. Йошкар-Олы и д. Какшансола.
2. Содержание хлорид-ионов в почвах г. Йошкар-Олы превышает фоновое значение в 4 раза.
3. Повышенное содержание хлорид-ионов в почвах г. Йошкар-Олы является результатом антропогенного воздействия вследствие применения антигололедных реагентов.

Список источников

1. Хомяков Д. М., Чекулаева Е. А. Воздействие хлоридных противогололедных реагентов на засоление почв // Агроэкологическая оптимизация земледелия // Всерос. науч.-исслед. ин-т земледелия и защиты почв от эрозии. Курск, 2004. С. 505-508.
2. Пироговская Г. В., Хмелевский С. С. Содержание натрия, хлоридов и сульфатов в почвах г. Минск // Почвоведение и агрохимия. 2010. № 1(44). С. 243-254.
3. Мотузова Г. В., Безуглова О. С. Экологический мониторинг почв: учебник для вузов. М.: Академический проект; Гаудеамус, 2007. 237 с.
4. ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке.

Иванова Е. С., Насакин О. Е.

Научный руководитель: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет

СИНТЕЗ НА ОСНОВЕ НЕСИММЕТРИЧНОГО ДИМЕТИЛГИДРАЗИНА

Аннотация. Несимметричный диметилгидразин (ДМГ), известный как ракетное топливо – гептил, широко применим во многих странах мира. Однако постоянная и необратимая абсорбция влаги из атмосферы (отделение ректификацией невозможно) сопровождается потерей положительных характеристик, что вынуждает утилизировать значительный объем МДГ (сотни тысяч тонн в год) сжиганием. Большие количества «водного» гептила, сильнейшего ксенобиотика, предварительно переводят в десять раз менее токсичное производное метилендиметилгидразин (МДМГ), кислотная полимеризация которого приводит к полимерной массе, пригодной для сжигания. Мы предлагаем альтернативный способ переработки некондиционного ракетного топлива, структуру которого составляет первичный амин, путём его вовлечения в синтез на основе тетрацианоэтилена (ТЦЭ). Последний был выбран нами ввиду высокой реакционной способности, в частности, по отношению к аминогруппе. Так, ТЦЭ со многими ариламинами даёт трициановинильные красители в спиртовом растворе, при комнатной температуре. Это открывает перспективы конверсии ДМГ в синтетически полезный продукт через его взаимодействие с ТЦЭ.

Ключевые слова: диметилгидразин, некондиционное ракетное топливо, гептил, тетрацианоэтилен, N-метилпиразол

Введение. Высококипящее и высокоэнергетическое топливо гептил (несимметричный диметилгидразин (ДМГ)) получило широкое распространение в ракетной индустрии («Протон», «Циклон», «Ареон», «Космос», «Титан», Ареан», «Воевода» [1]) на протяжении длительного времени. Однако есть существенный недостаток: стремительное поглощение влаги из воздуха, сокращающее сроки использования ДМГ. Кроме того, абсорбированная вода образует прочный комплекс с азотосодержащим соединением, что делает невозможным его абсолютирование осушкой и ректификацией. По данным причинам многие ракетные системы перешли на газообразное топливо. Однако остро стоит вопрос утилизации непригодного к использованию канцерогенного [1-3] и горючего гептила. Полупродукт для сжигания за счет мгновенной экзотермической реакции ДМГ с формальдегидом. МДМГ подвергают полимеризации в кислой среде (уксусная кислота). Полученную массу сжигают, что сопровождается вы-

бросом в атмосферу огромного количества азотных окислов, дающих азотную кислоту с влагой воздуха и уничтожающих озоновый слой.

В качестве экологически безопасного решения проблемы мы предлагаем переработку некондиционного ракетного топлива на местах, а именно путем его вовлечения в тонкий органический синтез на основе тетрацианоэтилена (ТЦЭ). Уникальная реакционная способность последнего позволяет с легкостью проводить реакцию по аминогруппе с мгновенным образованием трициановинильных продуктов с хорошими выходами. Мы предположили возможность высокой конверсии ДМГ в синтетически полезный продукт через реакцию с ТЦЭ.

Целью работы является рассмотрение перспективы переработки некондиционного ракетного топлива гептил через его взаимодействие с тетрацианоэтиленом.

Для осуществления синтеза используются несимметричный диметилгидразин (Газпром Нефтехим Салават), метанол (ГОСТ 2222-95), тетрацианоэтилен (Acros Organics). Методы определения структуры: ИК-, ^1H , ^{13}C ЯМР-, Масс- спектроскопия, рентгено-структурный анализ.

Результаты и обсуждение. Как оказалось, взаимодействие ТЦЭ с ДМГ в растворе метанола, вместо ожидаемой реакции трициановинилирования, привело к циклизации в 5-амино-N-метилпиразол-3,4-дикарбонитрил. Пятичленные гетероциклы составляют структуры многих биологически активных субстанций (противовоспалительный целекоксиб, седативное и снотворное средство залеплон), что позволяет предположить возможность применения полученного пиразола в медицине. Данный гетероцикл авторы статьи [1] задействовали в синтезе аналога аденина, который предполагается использовать в лечении различных видов онкологии [2] и нейродегенеративных заболеваний.

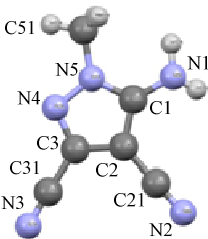
Синтез целевого 5-амино-N-метилпиразол-3,4-дикарбонитрила по известной методике, описанной в статье [2], предполагает метилирование 5-аминопиразол-3,4-дикарбонитрила диметилсульфатом в водном растворе. Основным недостатком представленной реакции является многостадийность, заключающаяся в получении 5-амино-3,4-дицианопиразола, менее доступного в сравнении с предложенными нами исходными компонентами – ТЦЭ, ДМГ, метанол. К минусам известной методики также относится длительность химического процесса и сложность в определении полноты протекания реакции (метод тонкослойной хроматографии является более трудоёмким в сравнении с тестом на гидрохинон, мгновенно определяющий ТЦЭ в реакционной смеси по синей окраске).

Открытая нами реакция, предполагающая образование 5-амино-N-метилпиразол-3,4-дикарбонитрила смешением двух упомянутых выше компонентов в метаноле, имеет явные преимущества в сравнении с из-

вестной методикой [2]. Кроме того, химический процесс протекает за сравнительно небольшой промежуток времени, составляющий 20-25 минут, и сопровождается образованием целевого продукта с максимальным выходом 90% и температурой плавления 233-235°C.

Структуру полученного соединения подтверждают спектральные характеристики, представленные ниже (таблица):

Спектральные характеристики
5-амино-N-метилпиразол-3,4-дикарбонитрила

Структурная формула	ИК-спектр v/cm	ЯМР ^1H , δ , м. д.	ЯМР ^{13}C , δ , м. д.	Масс-спектр, m/z (Ютн, %)
	3410, 3341, 3251 (NH_2), 2252, 2223 ($\text{C}\equiv\text{N}$), 1662, 1591 ($\text{C}=\text{C}$)	7.19 с уш (2H, NH_2), 3.61 с (3H, CH_3)	152.86 (C^1), 124.24 (C^3), 112.95 (CN), 112.91 (CN), 76.64 (C^2), 36.51 (CH_3).	147 (100) [M] $^+$

Выводы.

1. Взаимодействие ТЦЭ с ДМГ в метаноле привело к пятичленному гетероциклу – 5-амино-N-метилпиразол-3,4-дикарбонитрилу с максимальным выходом 90% и температурой плавления 233-235°C, эту синтетическую возможность можно распространить на другие полицианосодержащие производные.

2. Достаточно лёгкий в осуществлении синтез весьма перспективен в качестве экологически безопасного способа утилизации некондиционного ракетного топлива гептил.

3. Полученное соединение представляет интерес для медицины и многих научно-исследовательских организаций.

Авторы выражают благодарность Российскому научному фонду № 23-23-00656 за поддержку этой работы.

Список источников

1. Bugaev P. A., Antushevich A. E., Reinyuk V. L., Basharin V. A., Zatsepin V. V. Hydrazine and its derivatives: toxicological characteristics, Modern problems of science and education, 2017. 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?Id=2>.

2. Smolenkov A. D., Rodin I. A., Smirnov R. S., Tataurova O. G., Shpigun O. A. Application of ion and ion-pair chromatography with mass spectrometric detection for determination of non-symmetric dimethylhydrazine and its transformation product // Bulletin of the Moscow University. Series 2. Chemistry. 2012. 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-ionnoy-i-ion-parnoy-hromatografii-s-mass-spektrometricheskimi-detektirovaniem-dlya-opredeleniya-nessimetrichnogo>.
3. Kolesnikov S. V. General information about fuel – 1,1 dimethylhydrazine, Oxidation of asymmetric dimethylhydrazine (heptyl) and identification of its transformation products in straits // Monograph. Novosibirsk: SibAK Publishing House. 2014. 60. 110. 0359-9. URL: https://sibac.info/sites/default/files/files/00_monografy_inf_pisma/Monografy/Mono_Kolesnikov.pdf.
4. Hecht S. M., Werner D., Traficante D. D., Sundaralingam M., Prusiner P., Ito T., Sakurai T. Structure determination of the N-methyl isomers of 5-amino-3,4-dicyanopyrazole and certain related pyrazolo[3,4-d]pyrimidines // The Journal of Organic Chemistry, 1975. 40(12). 1815-1822. doi:10.1021/jo00900a029.
5. Earl R. A., Pugmire R. J., Revankar G. R., Townsend L. B. Chemical and carbon-13 nuclear magnetic resonance reinvestigation of the N-methyl isomers obtained by direct methylation of 5-amino-3,4-dicyanopyrazole and the synthesis of certain pyrazolo[3,4-d]pyrimidines // The Journal of Organic Chemistry, 1975. 40(12). 1822-1828. doi:10.1021/jo00900a030.

УДК 539.376

Иванова Е. С., Насакин О. Е.

Научный руководитель: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет

СИНТЕЗ 2-(МЕТОКСИКАРБОНИЛ)-1-МЕТИЛПИРИДИН-1-ИУМ 1,1-ДИЦИАНО-2-МЕТОКИ-2-ОКСОЭТАН-1-ИДА

Аннотация. Метилловый эфир пиколиновой кислоты обладает достаточно высокой антифиброзной и фунгицидной активностью, что открывает перспективы его применения в медицине и сельском хозяйстве. Однако длительность и сложность проведения этерификации наталкивают на разработку новой, лёгкой в осуществлении и эффективной методики введения сложноэфирной группы. Мы решаем этот вопрос через взаимодействие пиколиновой кислоты с тетрацианоэтиленом в метаноле.

Ключевые слова: метилпиколинат, тетрацианоэтилен, метанол

Метилпиколинат представляет интерес для медицины ввиду высокой биологической активности в отношении фиброза [1] и в сельском

хозяйстве в качестве ингибитора биосинтеза хлорофилла и роста определённых растений [2].

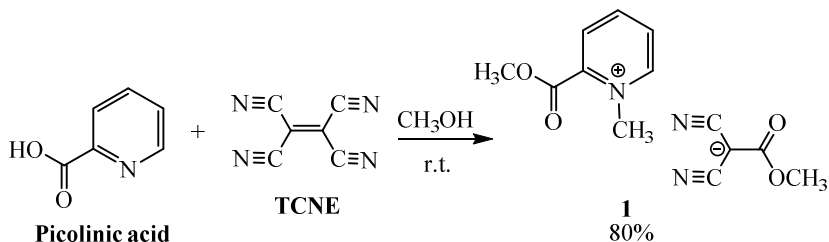
Среди способов получения перспективного соединения, помимо классической этерификации [3], также известны реакции с метилсалицилатом [4] и иминофосфораном [5].

Несмотря на явные преимущества методики [4]: доступность реагентов; высокий выход целевого продукта (92%) – она имеет существенные недостатки. К ним относится использование в качестве растворителя токсичного ($LD_{50}=951$ мг/кг), горючего (температура вспышки 63° , температура самовоспламенения 400°), дорогостоящего и обладающего едким запахом диметиланилина; проведение реакции при высокой температуре (110° для перемешивания смеси салициловой кислоты, карбоната калия в диметиланилине; 60° для удаления метилсалицилата из раствора с целевым продуктом); длительность (перемешивание реакционной смеси в течение суток) и трудоёмкость процесса.

Синтез на основе иминофосфорана [5] для приготовления исходного реагента предполагает добавление к триметилфосфиту диазпропана. Несмотря на то, что реакция протекает с достаточно хорошими количественными выходами (71-80%) за сравнительно короткий промежуток времени (10-20 минут), она требует больших затрат на дорогостоящий и токсичный триметилфосфит, использование специального оборудования и строгого соблюдения последовательности добавления реагентов и техники безопасности в связи со взрывоопасностью азида.

Известные способы получения метилового эфира пиколиновой кислоты [3-5] достаточно сложно воспроизвести на практике. Помимо трудоёмкости, основным недостатком рассмотренных синтетических процедур также является их длительность – этерификация метанолом [3] составляет 14 часов, метилсалицилатом [4] – 24 часа, иминофосфораном [5] – 10-20 минут.

Мы предлагаем реакцию получения метилового эфира пиколиновой кислоты в виде его соли 2-(метоксикарбонил)-1-метилпиридин-1-иум 1,1-дициано-2-метоки-2-оксоэтан-1-ида (рисунок). Метод основан на взаимодействии пиколиновой кислоты с тетрацианоэтиленом в растворе метанола при комнатной температуре и атмосферном давлении. Реакция протекает за 5 минут, полноту реакции определяли пробой на гидрохинон, дающий синее окрашивание с тетрацианоэтиленом. Испарением растворителя был выделен целевой продукт 1(2-(метоксикарбонил)-1-метилпиридин-1-иум 1,1-дициано-2-метоки-2-оксоэтан-1-ид) с выходом 80%.



Синтез 2-(метоксикарбонил)-1-метилпиридин-1-иум 1,1-дициано-2-метоки-2-оксоэтан-1-ида

Таким образом, разработанный способ получения метилового эфира пиколиновой кислоты в виде 2-(метоксикарбонил)-1-метилпиридин-1-иум 1,1-дициано-2-метоки-2-оксоэтан-1-ида позволяет решить одновременно несколько проблем, а именно: уменьшение длительности и трудоёмкости процесса, упрощение определения полноты протекания реакции с одновременным вводом в структуру фрагмента метилкарбоксималонитрила позволит расширить область применения исследуемых соединений. Немаловажно и то, что предложенный метод воспроизводим при комнатной температуре и достаточно прост в осуществлении, чего не скажешь об описанных выше реакциях. При этом облегчается контроль полноты прохождения химического процесса (проба на гидрохинон).

Авторы выражают благодарность Российскому научному фонду № 23-23-00656 за поддержку этой работы.

Список источников

1. Karhadkar T. R., Meek T. D., Gomer R. H. Inhibiting sialidase-induced TGF- β 1 activation attenuates pulmonary fibrosis in mice. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*. 2020; JPET-AR-2020-000258. <https://doi.org/10.1124/jpet.120.000258>.
2. Sakagami Y., Tsujibo H., Hirai Y., Yamada T., Numata A., Inamori, Y. Inhibitory Activities of 2-Pyridinecarboxylic Acid Analogs on Phyto growth and Enzymes. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*. 1999; 22(11); 1234-1236. <https://doi.org/10.1248/bpb.22.1234>.
3. Potter B. V. L., Dowden J., Galione A. Herapeutics use of pyridinium compounds to modulate naadp activity. *University of BATHWO2005/54198*; 2005; A2; 52.
4. Luo M., Chen S., Jia L., & Li, X. Methyl Salicylate as a Selective Methylation Agent for the Esterification of Carboxylic Acids. *Synthesis*. 2013; 46(02); 263-268. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1340285>.
5. Dinesh M., Archana S., Ranganathan R., Sathishkumar M., & Ponnuswamy A. Bis azide-triphenylphosphine as a reagent for esterification at room temperature. *Tetrahedron Letters*. 2015; 56(50); 6975-6979. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2015.10.073>.

Казанкина А. С.

Научный руководитель: Таланцев В. И., старший преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

СТРУКТУРА МОЛЕКУЛЫ И СВОЙСТВА АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

Аннотация. Предложена пространственная геометрическая модель строения молекулы азотной кислоты.

Ключевые слова: азотная кислота, свойства, строение

Азотная кислота с металлами (и активными, и малоактивными) взаимодействует без выделения водорода. В окислительно-восстановительных реакциях азотная кислота проявляет окислительные свойства только за счёт N^{+5} и не проявляет окислительные свойства за счёт H^{+1} [1]. Можно предположить, что пространственно атом азота в молекуле азотной кислоты более доступен для реагентов, чем атом водорода.

При разбавлении концентрированной азотной кислоты водой выделяется большое количество тепловой энергии. Это термохимический процесс, в ходе которого происходит перестройка химических связей (межмолекулярных) и уменьшается внутренняя энергия системы «азотная кислота – вода».

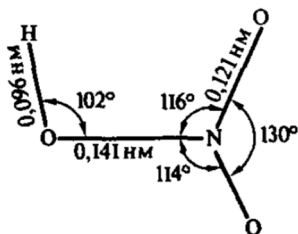


Рис 1. Длины связей и валентные углы в молекуле азотной кислоты [1]

В молекуле азотной кислоты [1, с. 387] две связи N–O равноценны и имеют длину 0,121 нм (рис. 1). Один из валентных углов O–N–O равен 130°. Для атома азота и связанных с ним двух атомов кислорода с длинами связей 0,121 нм наиболее характерна sp^2 -гибридизация валентных атомных орбиталей и единая делокализованная π -связь.

Третий атом кислорода (рис. 1) связан с атомом азота и атомом водорода. Валентный угол H–O–N равен 102° и длина связи O–N в этой группе атомов равна 0,141 нм, что более характерно для sp^3 -гибридизации атомных орбиталей и отсутствию π -связи.

Свободный ион NO_3^- [1,2] имеет геометрическое строение равностороннего треугольника с атомом азота в центре, все углы O–N–O равны $\sim 120^\circ$ и длины связей N–O равны $\sim 0,121$ нм. Такая структура наиболее характерна, если все четыре атома будут иметь sp^2 -гибридизацию атомных орбиталей и делокализованную π -систему из четырёх негибридных p -атомных орбиталей. Однако это не исключает возможно существования пространственной тетраэдрической структуры, в которой для у всех четырёх атомов будет sp^3 -гибридизации атомных орбиталей (если рассматривать одну из проекций на плоскость).

Азотная кислота является сильным электролитом и почти полностью диссоциирует в водном растворе: $HNO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NO_3^-$; $\alpha_{\text{каж}}=0,93$ для 0,1н раствора [2, С.479]. Катион H^+ представляет собой протон, размер которого $\approx 10^{-15}$ м. Для сравнения катион Li^+ имеет размер $\approx 10^{-10}$ м [3]. Все остальные однозарядные катионы имеют размер $\geq 10^{-10}$ м [3]. Из-за очень большой разницы в размерах катион водорода обладает очень большой объёмной плотностью заряда по сравнению с другими однозарядными катионами и по этой причине формирует вокруг себя электрическое поле, напряжённость которого должна намного превышать напряжённость электрических полей других катионов, что будет обуславливать сильное электрическое притяжение катиона водорода к отрицательным зарядам или структурам с повышенной электронной плотностью. Можно предположить, что из-за сильного электрического притяжения собственная подвижность катиона водорода в молекулярных структурах может быть сильно ограничена; по этой причине в водных растворах катион водорода существует преимущественно в форме иона гидроксония H_3O^+ . Поскольку молекула воды имеет искажённую тетраэдрическую форму, то и ион гидроксония также будет иметь искажённую тетраэдрическую форму.

Как известно, в ходе химических реакций преимущественно образуются более симметричные молекулярные структуры, так они будут обладать меньшей величиной внутренней энергии (что термодинамически выгодно). Молекулярная симметрия – это фундаментальная концепция химии, используемая для предсказания строения молекул и объяснения химических свойств веществ. Твёрдая азотная кислота образует две кристаллические модификации: с моноклинной и ромбической решётками), причем ромбическую решетку образует моногидрат ($HNO_3 \cdot H_2O$) [4]. Упорядоченность строения кристаллических решёток предполагает вполне определённую степень симметричности структур, образующих решётку. Разные молекулярные структуры будут образовывать кристаллические модификации, если их собственные молеку-

лярные структуры сходны. Поэтому логично предположить, что две тетраэдрические структуры (например, HNO_3 и H_2O) вполне могут упорядоченно располагаться в пространстве.

Исходя из вышеизложенного в качестве рабочей модели предлагается следующее пространственное строение молекулы HNO_3 .

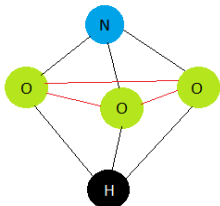


Рис. 2. Предлагаемое строение молекулы азотной кислоты

Молекула азотной кислоты представляет собой искажённую тригональную бипирамиду, в которой атомы кислорода и азота находятся в состоянии sp^3 -гибридизации и связаны ковалентными связями. Атомы кислорода образуют плоскость; атомы азота и водорода находятся по разные стороны этой плоскости и расположены в вершинах бипирамиды. Атом водорода связан силами электрического притяжения с тремя атомами кислорода.

В такой структуре отражена пространственная доступность атома азота и пространственное связывание атома водорода.

Такая пространственная структура позволяет достаточно обоснованно объяснить вышеизложенные свойства концентрированной азотной кислоты и не противоречит структуре образующего свободного нитрат-иона.

Выводы

Предложена пространственная рабочая модель строения молекулы азотной кислоты в форме искажённой тригональной бипирамиды, позволяющая объяснить некоторые свойства азотной кислоты.

Список источников

1. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия. Учеб. для вузов. 4-е изд., испр. М.: Высш. шк., Изд. центр «Академия», 2001. 743 с.
2. Рэмсен Э. Н. Начала современной химии: Справ. изд.: Пер. с англ.; под ред. В. И. Барановского, А. А. Белюстина, А. И. Ефимова, А. А. Потехина. Л.: Химия, 1989. 784 с.
3. Химическая энциклопедия: в 5-ти томах / Редкол.: Кнунянц И. Л. и др. М.: Советская энциклопедия, 1988. Т. 1 (Абл-Дар). 623 с.
4. Справочник химика: в 3-х томах / Редкол.: Никольский Б. П. и др. М.-Л.: Химия, 1966. Т. 1. Изд. 2-е, перераб., доп. 1072 с.

Калинин И. Н.

Научный руководитель: Силкина О. В., канд. биол. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ

Аннотация. Метод газовой-жидкостной хроматографии используется для анализа фракции эфирных масел. Эфирное масло – это смесь органических веществ разных групп (эфиров, альдегидов, спиртов и т. п.). Разделение анализируемой пробы на компоненты происходит на границе текущего через колонку газа-носителя и жидким слоем фазы (жидкости, покрывающей внутреннюю поверхность трубки). Компоненты эфирного масла имеют различное адсорбционное сродство к жидкой фазе, анализ проходит при высоких температурах, на выходе детектор фиксирует вещество, время выхода принимают за показатель подлинности.

Ключевые слова: эфирные масла, компоненты эфирных масел, методы выделения эфирных масел, хроматографический анализ, газово-жидкостная хроматография

Эфирные масла содержатся в растениях, как правило, в небольших количествах, первым шагом, предшествующим разделению фракции эфирных масел, является их выделение. Обычными методами выделения эфирных масел из растений, с последующим их изучением или использованием, является: перегонка с водяным паром, экстракция, концентрирование на твердых сорбентах или крио ловушках и анфлераж.

Если анализ эфирного масла ведут в научных целях, то сумму компонентов эфирного масла исследуют подробно. Для этого проводят разделение масла на группы соединений. Например, с помощью вакуумной разгонки при различных интервалах температур. Чаще используют метод (А. Либерти и Д. Карони), сочетающий химическое разделение масла на фракции (кислоты, фенолы, моносесквитерпеноиды и их кислородсодержащие производные) с последующим физико-химическим анализом этих фракций. Преимущество метода в том, что он менее трудоемок и масло не подвергается излишнему термическому воздействию.

Полную смесь эфирных масел часто подвергают хроматографическому анализу без предварительного разделения, но такой прием имеет ряд недостатков. Полного разделения всех компонентов обычно не удается достигнуть при одной температуре колонки, поскольку область температур кипения фракций углеводородов и кислородсодержащих

соединений очень широка. Возможно неполное разделение компонентов, которые выделяют при предварительном разделении по функциональным группам. Иногда углеводороды составляют основную фракцию эфирного масла. В лимонном масле, например, терпеновые углеводороды составляют 96% эфирного масла. Однако фракция кислородсодержащих соединений имеет значение, поскольку она придает маслу характерный аромат. При хроматографическом разделении масла целиком фракция кислородсодержащих соединений будет слишком разбавлена для ее хорошего детектирования или же при применении больших проб углеводороды будут перегружать колонку и их пики будут маскировать пики кислородсодержащих соединений.

Для проведения хроматографии с помощью микрошприца отбирают небольшой объем (0,04-0,06 мкл) эфирного масла и вводят при температуре 230-250°C в испаритель хроматографа. После испарения пары эфирного масла поступают в виде смеси с газом-носителем в узкую кварцевую капиллярную трубку длиной 30 метров и внутренним диаметром 0,25 мм. Под действием постоянно протекающего через эту трубку газа-носителя (обычно гелий, водород или азот) эфирное масло в виде пара движется по трубке. Одновременно для улучшения фазовых и гидродинамических условий движения пробы температуру кварцевой трубки повышают от 50°C до 220°C со скоростью 3-4 градуса/мин.

Внутренняя поверхность трубки (которая называется колонка) покрыта очень тонким слоем (0,2-0,5 микрон) нейтральной жидкости полимерной природы («жидкая фаза», имеющая свое коммерческое название, например, SE-30 или Carbowax 20M, отражающее хроматографические свойства фазы). Такая хроматография называется газо-жидкостной, так как разделение анализируемой пробы на компоненты происходит на границе текущего через колонку газа-носителя и жидким слоем фазы (жидкости, покрывающим внутреннюю поверхность трубки).

Компоненты эфирного масла имеют различное адсорбционное сродство к жидкой фазе, из-за чего скорость продвижения вдоль колонки веществ, составляющих эфирное масло, отличается друг от друга. В результате компоненты выходят из колонки последовательно в виде «сгустков» фракций отдельных веществ. Обычное время анализа эфирного масла не более 30-40 мин. В современных хроматографических методиках отдельное вещество может выходить из колонки в течение 3-7 секунд. Таким образом, за время анализа можно обнаружить до сотни веществ. Эти вещества различными методами детектируются.

Основным методом обнаружения веществ, выходящих из колонки является ионизационно-пламенное детектирование. С этой целью вы-

ходной конец колонки вставляется в детектор, представляющий собой тонкое сопло с непрерывно горящим пламенем водорода. Поступающие из колонки в пламя вещества ионизируются под действием высокой температуры и обнаруживаются высокочувствительным амперметром по появлению этих ионов. Количество ионов пропорционально количеству вещества в пламени.

В результате проведения хроматографического анализа получают хроматограмму, то есть графическое изображение состава эфирного масла в виде пиков. Каждый пик соответствует одному веществу с определенным временем выхода. Размеры пика указывают на количество вещества в пробе. Количественные соотношения (обычно в виде процентного отношения) рассчитываются автоматически с помощью компьютера.

В современных хроматографах процесс разделения всех веществ пробы проходит с высокой степенью воспроизводимости как с точки зрения времени выхода, так и процентного соотношения отдельных компонентов.

УДК 550.42:546.027

Оюн Л. А., Середар Н. С.

Научный руководитель: Кендиван О. Д-С., канд. хим. наук, доцент
Тувинский государственный университет

УРОВНИ НАКОПЛЕНИЯ РАДОНА -222 В ПОМЕЩЕНИЯХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ДЗУН-ХЕМЧИКСКОМ РАЙОНЕ ТУВЫ

Аннотация. *Представлены результаты обследования уровней накопления радона в жилищах в Дзун-Хемчикском кожууне Тувы. Измерения проводились с помощью радиометра радона РРА – 01М-03. Выборки жилищ при проведении обследований формировались путем случайного выбора домов. Всего было проведено 100 измерений объемной активности радона в 20 домах поселка. В большинстве помещений измерения проводились неоднократно. Результаты измерений занесены в единую базу данных. Средняя равновесная объемная активность радона составляет 25 ± 7 Бк/м³. Максимальное значение объемной активности составляет 828 ± 140 Бк/м³. Проведена оценка радонобезопасности жилых помещений города Чадан Дзун-Хемчикского района Республики Тыва.*

Ключевые слова: мониторинг, объемная активность, радон, радоноопасность, Дзун-Хемчикский кожуун

Постановка проблемы. Понятием «радон» объединяется группа из 19 изотопов, из которых только три распространены в природной среде в значимых концентрациях [1]. Необходимость учета этого фактора подтверждена Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» [3]. В соответствии с законом Российской Федерации «О радиационной безопасности населения», радиационная безопасность – это состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующих излучений. Оно достигается путем осуществления комплекса научно обоснованных мер по обеспечению защиты человека, популяции в целом и объектов окружающей среды от радиационного воздействия в дозах, могущих привести к негативным последствиям. Для создания эффективной системы радиационной безопасности необходимо иметь научно обоснованные данные о реальной степени радиационных воздействий на здоровье людей для снижения соответствующего риска. Радиационная безопасность населения обеспечивается: созданием условий жизнедеятельности людей, отвечающих требованиям НРБ-99; установлением квот на облучение от разных источников излучения; организацией радиационного контроля. Большой вклад в радиоактивность в жилых помещениях вносит радон – инертный газ, в 7,5 раз тяжелее воздуха, без цвета и запаха, α -радиоактивный. Он образуется на одном из этапов расщепления радиоактивных элементов, содержащихся в земных породах, в том числе используемых в строительстве – песке, щебне, глине и др. [1]. В настоящее время достоверные методы расчета концентрации радона в зданиях отсутствуют, и единственным реальным критерием радонобезопасности здания является измерение концентрации радона в нем [4].

Цель исследования – определение объемной активности радона-222 в воздухе жилых помещений населенного пункта Чадан Дзун-Хемчикского района Республики Тыва и оценка уровня накопления радона в помещениях.

Методика эксперимента. В качестве средства измерения использовался радиометр радона РРА-01М-03. Прибор позволяет определять объемную активность радона в пределах 20–20 000 Бк/м³ [2]. Радиометр радона РРА-01М-03 предназначен для измерений объемной активности (ОА) радона-222 и торона-220 в воздухе жилых помещений, а также на открытом воздухе, применяется для контроля санитарных норм согласно СП 2.6.1.758-99 и МУ 2.6.1.715-98 [5], внесен в Государственный реестр средств измерений (регистрационный номер –

21365-01, изготовитель – ООО «НТМ-ЗАЩИТА». Радиометр радона РРА-01М-03 выполнен в виде носимого прибора с автономным и сетевым питанием. Прибор может работать в режиме монитора, подключаться к ПЭВМ. Измерение ОА радона-222 и торона-220 основано на электростатическом осаждении дочерних продуктов распада радона-222 и торона-220 – положительно заряженных ионов ^{218}Po (RaA) и ^{216}Po (ThA) – из отобранной пробы воздуха на поверхность полупроводникового детектора с помощью высокого положительного потенциала, поданного на электрод измерительной камеры. Активность радона-222 и торона-220 определяются альфа-спектрометрическим методом по количеству зарегистрированных альфа-частиц при распаде RaA и ThA. В процессе измерений контролируются следующие параметры окружающей среды: температура, относительная влажность и давление.

Результаты исследования. Всего на измерение концентрации радона были исследованы 10 улиц, расположенных на разных участках города Чадан (ул. Сельская, ул. Сергея Шойгу, ул. Кирова, ул. Чурмет-Дажы, ул. Лесная, ул. Первомайская, ул. Победа, ул. Подгорная, ул. Комарова, ул. Набережная). Большинство зданий одноэтажные, по типу строительных материалов – кирпичные, бетонные и деревянные. Измерения концентрации радона в жилых помещениях Чадана проводились с помощью метода активной сорбции в зимний период (январь 2021). Измерения осуществляли в жилых помещениях, длительность одного измерения составила 25 минут.

Измерения проводились в помещениях постоянного пребывания людей – кухня, гостиная комната и в спальнях. Точка измерения выбиралась в месте, исключающем прохождение через него потоков воздуха, обусловленных сквозным проветриванием помещения (в стороне от прямой, соединяющей окно и дверь в помещении).

Максимальное мгновенное значение концентрации радона составило 210 ± 70 Бк/м³. Во всех обследованных зданиях г. Чадан зафиксированы невысокие значения концентрации радона (среднее значение – 24,60 Бк/м³), поэтому можно предположить их относительное радоновое благополучие (значение показателя не превышает установленный в НРБ- 99/2009 норматив 200 Бк/м³ [3] для существующих жилых зданий).

Концентрация радона в воздухе помещений зависит от многих факторов: от грунта под зданием, этажности, скорости эксхалации радона из строительных конструкций, а также от условий вентиляции. Поступ-

ление радона из строительных материалов здания (бетон, кирпич и т. д.) зависит от характеристик этих материалов – содержания в них радия, плотности и пористости, а также характеристик помещения – объема, площади, толщины стен и перекрытий. На объемную активность радона в воздухе помещений существенно влияет скорость воздухообмена. Развитие энергетического кризиса в странах СНГ стимулировало мероприятия по сохранению тепла в зданиях. Проводившиеся в связи с этим мероприятия по герметизации окон и дверей, снижению скорости вытяжной вентиляции привели к снижению скорости воздухообмена в жилых помещениях и соответствующему росту объемной активности радона.

Исследования, проведенные в 2021 г., показали, что основной вклад в радиационный фон жилых помещений Чаданы вносит радон, поступающий из почвы под зданием.

Заключение

1. По содержанию радона в жилых помещениях неблагополучных объектов не выявлено.

2. Средняя концентрация радона в зданиях составляет 24,60 Бк/м³. Для уточнения сезонных вариаций концентрации радона в помещениях следует провести дополнительные измерения в летне-осенний период, по крайней мере для зданий второй и третьей категорий.

3. Создана электронная база данных о содержании концентрации радона в жилых помещениях Дзун-Хемчикского района.

Список источников

1. Карабанов А. К. Радон и дочерние продукты его распада в воздухе зданий на территории Беларуси // Природопользование. Вып. 27. Минск: Институт природопользования НАН Беларуси, 2015. С. 49-53.

2. Кендиван О. Д. Процессы накопления радона-222 в помещениях, расположенных в сейсмоактивных зонах Тувы (на примере Монгун-Тайги) // Фундаментальные исследования. 2013. № 11. С. 1144-1146.

3. О радиационной безопасности населения: Федеральный закон от 9.01.1996 № 3-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.radiomed.ru/publications/fz-ot-9011996-3-fz-o-radiatsionnoi-bezopasnosti-naseleniya>.

4. Золотов И. И. Проблема защиты населения от радоновой опасности // АНРИ. 1996/97. № 2. С. 42-50.

5. Радиометр радона РРА-01М-03: руководство по эксплуатации. М.: ВНИИФТРИ, 2004. 34 с.

Паукова С. А.

Научный руководитель: Денисова О. Н., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ РАЗНЫХ ВИДОВ ШОКОЛАДА МАРКИ *ALPEN GOLD*

Аннотация. *Проведён качественный химический анализ разных видов шоколада марки *Alpen Gold*.*

Ключевые слова: *шоколад, химический состав, макронутриенты, углеводы, белки, жиры, социальный опрос*

Шоколад – кондитерское изделие на основе масла какао, являющееся продуктом переработки какао-бобов – семян шоколадного дерева, богатых теобромином и кофеином. Он широко распространен во всём мире и является одним из самых популярных кондитерских изделий. Родиной шоколада является Центральная и Южная Америка. Индейцы майя, а потом и ацтеки на протяжении многих столетий смешивали молотые и обжаренные какао-бобы с водой, а затем в эту смесь добавляли горький перец. В итоге получали горьковатый, острый пенистый напиток высокой жирности, который пили холодным. По наиболее часто встречающейся версии, слово «шоколад» происходит от ацтекского слова «xocolātl» («чоколатль»), что буквально означает «горькая вода».

Нами исследованы три вида шоколада марки *Alpen Gold*:

1. *Горький шоколад* (70%) изготовлен из какао тёртого, сахарной пудры и масла какао. Изменяя соотношение между сахарной пудрой и какао тёртым, можно изменять вкус получаемого шоколада – от горького до сладкого. Чем больше в шоколаде какао тёртого, тем более горьким вкусом и более ярким ароматом обладает шоколад.

2. *Молочный шоколад* изготовлен из какао тёртого, масла какао, сахарной пудры и сухого молока, чаще используют плёночное сухое молоко жирностью 25 % или сухие сливки. Аромат молочному шоколаду придаёт какао, вкус складывается из сахарной пудры и сухого молока.

3. *Белый шоколад* изготовлен из масла какао, сахара, плёночного сухого молока и ванилина без добавления какао-порошка, поэтому он имеет кремовый цвет (белый) и не содержит теобромина. Неповторимый вкус белый шоколад приобретает благодаря особому сухому молоку, имеющему карамельный привкус.

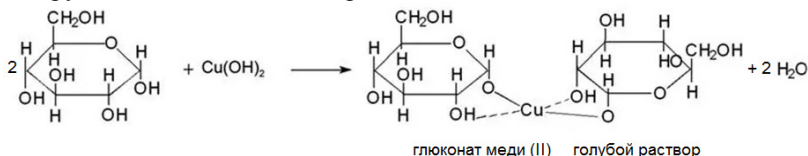
Информация по содержанию макронутриентов, указанная производителем на этикетке, приведена в таблице.

Состав исследованных видов шоколада *Alpen Gold* (г/100 г)

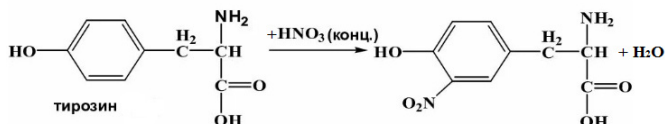
Горький	Молочный	Белый
Жиры 37, в т. ч. ненасыщенные жирные кислоты 22 Углеводы 31 Белки 9,4 Энергетическая ценность 524 ккал/100 г Общее содержание какао-продуктов не менее 70%.	Жиры 29, в т. ч. ненасыщенные жирные кислоты 17 Углеводы 59 Белки 5,8 Энергетическая ценность 527 ккал/100 г Общее содержание какао-продуктов не менее 27%.	Жиры 27, в т. ч. ненасыщенные жирные кислоты 16 Углеводы 65 Белки 4,6 Энергетическая ценность 527 ккал/100 г Общее содержание какао-продуктов не менее 20%.

При проведении качественных реакций на углеводы и белки использована водная вытяжка, для приготовления которой к 1 г тёртого шоколада добавляли 3 мл воды, энергично встряхивали в течение 1 мин, после чего фильтровали. С фильтратом проведены следующие опыты.

Обнаружение углеводов: К 1 мл фильтрата добавили 0,5 мл 10% раствора NaOH. Затем по каплям добавляли 5% раствор CuSO₄. Образующийся вначале голубой осадок гидроксида меди (II) при встряхивании растворяется, и получается синий прозрачный раствор. Это свидетельствует о наличии в составе углеводов, которые содержат функциональные группы многоатомных спиртов:

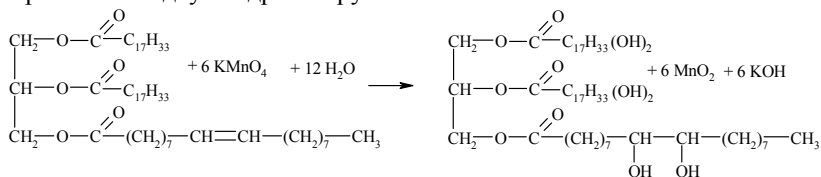


Обнаружение белков. К 1 мл фильтрата добавили 0,5 мл концентрированной HNO₃, нагрели. Это ксантопротеиновая качественная реакция с белками, содержащими остатки ароматических аминокислот. При добавлении концентрированной азотной кислоты к белку и нагревании сначала происходит денатурация белка, а затем появляется жёлтое окрашивание, которое приобретает более яркую окраску при добавлении к нему раствора NH₄OH. Наличие желтого цвета свидетельствует об образовании нитросоединений. Например, для тирозина:



Следует отметить, что наиболее явный осадок жёлтого цвета был с фильтратом горького шоколада. Для молочного и белого наблюдали только образование бледно-жёлтого окрашивания и небольшого помутнения раствора. Это свидетельствует о том, что наибольшее содержание белка имеет горький шоколад.

Обнаружение жиров. Жир в составе шоколада легко обнаружить по жирному пятну, которое оставляет кусочек шоколада на фильтрованной бумаге под прессом. Если на такое пятно капнуть 0,5% раствором KMnO_4 , наблюдаем бурое окрашивание пятна из-за образующегося оксида марганца (IV). Остатки непредельных кислот, входящих в состав шоколада, окисляются перманганатом калия по месту двойной связи с образованием двух гидроксогрупп:



Выводы

1. Горький шоколад по своему составу является наиболее полезным видом шоколада.
2. Проведены качественные реакции на углеводы, белки и жиры в составе разных видов шоколада марки *Alpen Gold*.
3. В состав шоколада входит большое количество жиров и углеводов, поэтому его чрезмерное употребление может привести к появлению избыточного веса и увеличивает риск возникновения сахарного диабета.

Список источников

1. Похлёбкин В. В. Шоколад // Кулинарный словарь. М.: «Э», 2015. 456 с.
2. <https://www.oum.ru/yoga/pravilnoe-pitanie/shokolad-polza-i-vred/>.
3. Денисова О. Н., Тарасенко Е. В., Фоминых В. Л. Органическая химия и ВМС: лабораторный практикум для студентов направления подготовки 35.03.02. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2020. 67 с.

Саракеева Т. А., Егоров Е. Н.

Научный руководитель: Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

ВЛИЯНИЕ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН НА СВОЙСТВА РЕЗИНЫ ДЛЯ ПРОКЛАДОК РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ

***Аннотация.** Исследовано влияние базальтовых волокон на физико-механические, эксплуатационные и динамические свойства резины для прокладок рельсовых креплений.*

***Ключевые слова:** базальтовые волокна, каучуки, резина, физико-механические, эксплуатационные и динамические свойства, прокладки рельсовых креплений*

В настоящее время железные дороги в процессе эксплуатации создают повышенные уровни шума и вибрации, вызванные взаимодействием подвижного состава. Шум, возникающий при работе железнодорожного транспорта, оказывает свое негативное воздействие на здоровье людей. Для решения этой проблемы используются резиновые прокладки рельсовых креплений [1, 2]. Эти прокладки изготавливаются с использованием ингредиентов направленного действия, позволяют повысить шумопоглощающие свойства резины. К ним относятся волокнистые наполнители [3]. Поэтому в данной работе исследовалось влияние базальтовых волокон на физико-механические, эксплуатационные и динамические свойства резины, предназначенной для прокладок рельсовых креплений. В состав резины входили бутадиен-метилстирольный СКМС-30АРК, бутадиен-нитрильный СКН-2655 и *цис*-изопреновый СКИ-3 каучуки, а также следующие ингредиенты: ускоритель вулканизации – сульфенамид Ц; вулканизирующие агенты – серу, тиурам Д и N,N'-дитиодиморфоллин; активаторы вулканизации – цинковые белила, стеариновая кислота; стабилизаторы – ацетонанил Н, воск защитный ЗВ-П, диафен ФП; наполнители – каолин, технические углероды N 220 и П514, диоксид кремния Zeosil 1165 МР и другие ингредиенты. Резиновая смесь изготавливалась путём смешения каучуков и ингредиентов на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160. Были изготовлены пять вариантов резиновой смеси, содержащие базальтовые волокна в количестве от 3,0 до 12,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучуков. Резиновую смесь вулканизовали при 150°C в течение 30 минут. Для полученных вулканизатов, согласно действующим в резиновой про-

мышленности стандартам, определяли физико-механические показатели и их изменение после воздействия СЖР-1. Кроме того, на анализаторе Metravib VNH 104 для вулканизатов определялись динамические свойства при степени деформации 0,01%, температуре 30 °С и частоте 1000 Гц. Полученные результаты приведены в таблице.

Варианты и свойства вулканизатов резиновой смеси

Показатели	Варианты резиновой смеси				
	1	2	3	4	5
Базальтовые волокна, мас. ч.	-	3,0	6,0	9,0	12,0
Физико-механические показатели вулканизатов					
f_p , МПа	13,2	13,8	14,2	14,4	14,7
ϵ_p , %	400	380	360	340	340
Н, ед. Шор А	68	70	71	73	74
В, кН/м	47	47	49	51	53
Изменение свойств вулканизатов после воздействия СЖР-1 (100°С× 24 ч)					
Δf_p , %	-36,1	-34,5	-32,9	-31,1	-30,6
$\Delta \epsilon_p$, %	-31,4	-28,3	-26,4	-24,1	-23,7
$\Delta Н$, ед. Шор А	-14	-13	-12	-9	-7
Динамические свойства вулканизатов					
$E \cdot 10^{-7}$, Па	5,27	5,51	5,34	6,09	4,67
$tg\delta$	0,215	0,217	0,228	0,231	0,243

Примечание: f_p – условная прочность при растяжении; ϵ_p – относительное удлинение при разрыве; Н – твердость по Шору А; В – сопротивление раздиру; Δf_p и $\Delta \epsilon_p$ – относительное изменение условной прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве; $\Delta Н$ – изменение твердости; $tg\delta$ – тангенс угла механических потерь; Е – модуль упругости

Из результатов исследования физико-механических показателей следует, что увеличение содержания базальтовых волокон в составе резиновой смеси приводит к возрастанию условной прочности при растяжении, твердости, сопротивления раздиру и уменьшению относительного удлинения при разрыве вулканизатов. После суточного воздействия СЖР-1 наблюдается уменьшение изменений упруго-прочностных свойств и твердости при увеличении содержания базальтового волокна в резиновой смеси. Исследования динамических характеристик показывают, что введение базальтовых волокон в резиновую смесь приводит к увеличению тангенса угла механических потерь и уменьшению модуля упругости. Наибольшим значением $tg\delta$ и наименьшей величиной E характеризуется вулканизат пятого варианта, а, следовательно, хорошими звукопоглощающими свойствами.

Таким образом, вулканизат пятого варианта резиновой смеси, содержащий 12,0 мас. ч. базальтовых волокон на 100, мас. ч. каучуков, обладает наибольшими физико-механическими и динамическими свойствами. Он достаточно стоек к воздействию углеводородных сред, что позволяет рекомендовать этот вариант резиновой смеси для изготовления резиновых прокладок рельсовых скреплений.

Список источников

1. Егоров Е. Н., Ушмарин Н. Ф., Саломатина Е. В., Матюнин А. Н. Влияние полиизобутилена на физико-механические, эксплуатационные, диэлектрические и динамические свойства резины для прокладок рельсовых скреплений // Известия высших учебных заведений. Сер.: Химия и химическая технология. 2022. Т. 65, №5. С. 94-102.
2. Егоров Е. Н., Ушмарин Н. Ф., Сандалов С. И., Кольцов Н. И. Исследование влияния транс-полиноборнена на свойства резиновой смеси для рельсовых прокладок // Материаловедение. 2021. № 12. С. 11-16.
3. Щеголева Н. Е., Гращенков Д. В., Ваганова М. Л., Солнцев С. С. Композиционные материалы, армированные волокнистыми наполнителями // Перспективные материалы. 2014. №8. С. 22-30.

УДК 678.7

Семёнов А. Е., Спиридонов И. С.

Научный руководитель: Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО И ГАЛОИДНЫХ КАУЧУКОВ

***Аннотация.** Исследованы физико-механические свойства резины на основе бутадиен-нитрильного и галоидных каучуков.*

***Ключевые слова:** бутадиен-нитрильный каучук, бромбутилкаучук, хлорбутилкаучук, резина, физико-механические свойства*

Изготовление резинотехнических изделий требует использования каучуков, а также большого количества ингредиентов, которые позволяют придать резинам определенные свойства, удовлетворяющие заданным требованиям [1]. Исследование оптимальных рецептур резиновых смесей является перспективным направлением в технологии производства резин

[2, 3]. Известно, что агрессивостойкие резины изготавливаются на основе комбинаций каучуков [4, 5]. В данной работе исследовались свойства резины на основе бутадиен-нитрильного СКН-4045 и галоидных (ХБК-139, ББК-232) каучуков и их комбинаций. В исследуемую резиновую смесь входили перечисленные каучуки, а также следующие ингредиенты: вулканизирующий агент – сера; ускорители вулканизации – тиазол 2МБС, гуанид Ф; активаторы вулканизации – белила цинковые, стеариновая кислота; антиоксидант – нафтам-2; наполнители – технические углероды П 514 и П 803, мел; мягчители – канифоль и другие ингредиенты. Резиновая смесь изготавливалась путём смешения каучуков и ингредиентов на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160. В табл. 1 приведены варианты исследованной резиновой смеси, содержащие бутадиен-нитрильный каучук, хлорбутилкаучук и бромбутилкаучук в различных соотношениях.

Таблица 1. Варианты резиновой смеси

Каучуки	Варианты						
	1	2	3	4	5	6	7
ХБК-139, мас.ч.	25,0	-	-	20,0	-	100,0	-
ББК-232, мас.ч.	-	25,0	20,0	-	-	-	100,0
СКН-4045, мас.ч.	75,0	75,0	80,0	80,0	100,0	-	-

Эффективность использования комбинации каучуков для каждого варианта резиновой смеси оценивалась по физико-механическим показателям вулканизатов и их изменению после суточной выдержки при 23°C в морской воде. Результаты этих исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2. Физико-механические свойства вулканизатов

Показатели	Варианты						
	1	2	3	4	5	6	7
f_p , МПа	5,5	5,3	3,2	3,5	3,6	4,4	3,6
ϵ_p , %	510	510	390	420	490	490	520
H, ед. Шор А	60	63	57	55	51	57	49
B, кН/м	28	30	18	16	24	22	22
Изменение свойств после воздействия морской воды							
Δf_p , %	0	+7,4	+6,1	+5,6	+10,8	-14,4	-16,2
$\Delta \epsilon_p$, %	-5,6	-1,9	-2,6	-4,7	-2,0	-10,2	-9,6
ΔH , Шор А	+5	+2	+3	+4	+6	+6	+7

Примечание: f_p – условная прочность при растяжении; ϵ_p – относительное удлинение при разрыве; H – твердость; B – сопротивление раздиру; Δf_p , $\Delta \epsilon_p$ – относительное изменение показателя после выдержки резины в морской воде; ΔH – разность твердости резины после и до выдержки в морской воде

Из данных табл. 2 следует, что вулканизаты вариантов 1 и 2 имеют наибольшие показатели условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве, сопротивления раздиру и твердости. После выдержки в морской воде происходит увеличение условной прочности при растяжении, твердости и уменьшение относительного удлинения при разрыве для вариантов резины, содержащих комбинации каучука СКН-4045 с галоидными каучуками. Возрастание твердости и уменьшение относительного удлинения при разрыве также происходит для вариантов 5-7 резины на основе отдельно взятых каучуков. Однако для вулканизатов, содержащих только галоидные каучуки, условная прочность при растяжении уменьшается после выдержки в морской воде. Таким образом, резина второго варианта обладает лучшими физико-механическими свойствами, которые незначительно изменяются при воздействии морской воды.

Список источников

1. Кошелев Ф. Ф., Корнев Ф. Е., Климов Н. С. Общая технология резины. М.: Химия, 1968. 560 с.
2. Дик Дж.С. Технология резины: рецептуростроение и испытание. СПб.: Изд-во Нот, 2010. 620 с.
3. Марк Дж., Эрман Б., Эйрич Ф. Каучук и резина. Наука и технологии. Долгопрудный: Изд. Дом Интеллект, 2011. 770 с.
4. Большой справочник резинщика. Часть 1. Каучуки и ингредиенты / Под ред. С. В. Резниченко, Ю. Л. Морозова. М.: ООО Изд. центр «Техинформ» МАИ, 2012. 736 с.
5. Ушмарин Н. Ф., Сандалов С. И., Егоров Е. Н., Кольцов Н. И. Исследование эксплуатационных и динамических свойств резины для изделий, работающих в морской воде // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2020. Т. 63. Вып. 11. С. 96-102.

УДК 678.7

Чамеева А. Н., Егоров Е. Н.

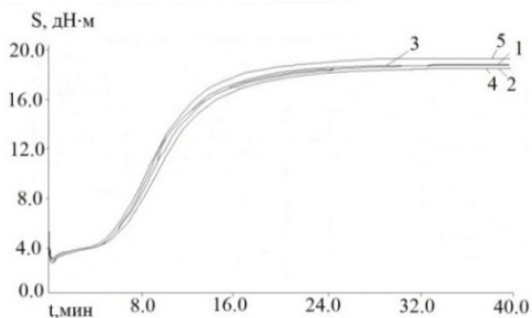
Научные руководители: Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА РЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ

***Аннотация.** Исследовано влияние дисперсных неорганических наполнителей на реометрические свойства резиновой смеси на основе каучуков общего и специального назначения.*

Ключевые слова: дисперсные наполнители, резиновая смесь, реометрические свойства

Одним из видов модификации резиновых смесей является использование в их составе наполнителей, которые позволяют регулировать технологические свойства [1]. К таким наполнителям относятся технический углерод, графит, каолин, шунгит, мел, бентонит, диатомиты, барит, тальк, кремнезем и другие [2, 3]. Среди них следует выделить диатомиты [4], микрокварц [5], гидросиликат магния [6]. В связи с этим нами исследовано влияние этих дисперсных наполнителей на реометрические свойства резиновой смеси на основе бутадиен-метилстирольного, бутадиен-нитрильного и цис-изопренового каучуков, используемые для изготовления прокладок рельсовых креплений. Резиновая смесь содержала вулканизующие агенты (сера, N,N'-дитиодиморфолин, тиурам Д), ускоритель вулканизации (сульфенамид Ц), активаторы вулканизации (цинковые белила, стеариновая кислота), мягчитель (канифоль), наполнители (технические углероды N 220 и П 514) и другие ингредиенты. Эта смесь изготавливалась на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160. Были изготовлены пять вариантов резиновой смеси с использованием наполнителей: каолин, диатомиты NDP-230 и NDP-D-400, микрокварц и гидросиликат магния. Первый вариант резиновой смеси содержал каолин. Во втором – пятом вариантах каолин был заменен на диатомиты NDP-D-400 и NDP-230, микрокварц и гидросиликат магния, содержание которых составляло 5,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучуков. Реометрические свойства резиновой смеси изучали на реометре MDR 3000 Basic при 143°C в течение 40 мин. На рисунке и в таблице приведены результаты исследования реометрических свойств резиновой смеси.



Кривые вулканизации резиновой смеси
(номера кривых соответствуют номерам вариантов)
Реометрические свойства резиновой смеси

Показатели	Варианты резиновой смеси				
	1	2	3	4	5
S_{max} , дН·м	18,30	18,43	18,53	18,48	19,03
S_{min} , дН·м	3,62	3,7	3,44	3,61	3,50
t_s , мин	5,03	5,59	5,68	5,64	5,51
t_{90} , мин	16,26	15,89	15,69	16,47	15,52

Примечание: S_{max} и S_{min} – максимальный и минимальный крутящие моменты; t_s и t_{90} – времена начала и оптимума вулканизации

Из данных таблицы следует, что замена каолина на вышеперечисленные наполнители приводит к увеличению максимального крутящего момента и времени начала вулканизации, уменьшению минимального крутящего момента и оптимального времени вулканизации резиновой смеси. Улучшенными технологическими свойствами обладает резиновая смесь третьего варианта, характеризующаяся наименьшим значением минимального крутящего момента и наибольшим временем начала вулканизации.

Список источников

1. Кошелев Ф. Ф., Корнев А. Е., Климов Н. С. Общая технология резины. М.: Химия, 1968. 560 с.
2. Ушмарин Н. Ф., Васильев А. Н., Кольцов Н. И. Исследование влияния микрокремнезема MAO-99 на свойства резин // Промышленное производство и использование эластомеров. 2019. № 1. С. 20-23.
3. Дик Дж. С., Глаголев В. А., Котова С. В., Люсова Л. Р. Технология резины. Рецептуростроение и испытания. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 620 с.
4. Паршиков А. В. Резина. История открытия и применение // Наука в XXI веке: инновационный потенциал развития. Сборник научных статей по материалам IX Международной научно-практической конференции. Уфа: ООО «Вестник науки», 2022. С. 8-14.
5. Михайлова Г. А., Бабурина В. А., Калмыкова В. Я., Дебердеев Р. Я., Кутырев Г. А. Влияние сорбционно-неактивных наполнителей на маслобензостойкость силоксановых резин // Каучук и резина. 2008. № 2. С. 16-20.
6. Ефимов К. В., Царева Л. Ю., Ушмарин Н. Ф., Кольцов Н. И. Влияние гидросиликата магния на свойства подошвенной резины // Бутлеровские сообщения. 2020. Т.61. № 1. С. 91-95.

Чернова М. А., Семенова Н. А.

Научный руководитель: Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МИКРОСФЕР НА СВОЙСТВА РЕЗИНЫ

Аннотация. *Исследовано влияние полимерных микросфер на реометрические, физико-механические и эксплуатационные свойства резины на основе каучуков общего и специального назначения.*

Ключевые слова: *полимерные микросферы, резина, реометрические, физико-механические и эксплуатационные свойства*

Наполнители в резине играют важную роль в улучшении ее механических и физических свойств [1]. Одним из наиболее эффективных типов наполнителей являются полимерные микросферы [2, 3]. В связи с этим нами исследовано влияние полимерных микросфер (Expancel 909 DU 80, Expancel 043 DUT 80, Expancel 920 DET 40d25, Expancel 920 DUT 40, Lega Foam 120 MB, Expancel 930 MB 120) на реометрические, физико-механические и эксплуатационные свойства резины на основе цис-изопренового СКИ-3 и бутадиен-нитрильного СКН-4045 каучуков. Резиновая смесь содержала вулканизирующий агент (сера), ускорители вулканизации (тиурам Д и тиазол 2МБС), активаторы вулканизации (цинковые белила, стеарин), мягчитель (канифоль), наполнители (мел природный, технические углероды N 220 и Т 900), пластификатор (дибутилфталат) и замедлитель вулканизации (N-нитрозодифениламин). Первый вариант резиновой смеси был базовым (без микросфер). Второй – седьмой варианты резиновой смеси содержали различные микросферы в количестве 5,00 мас. ч. на 100,00 мас. ч. каучуков. Изготовление резиновой смеси осуществлялось путем смешения каучуков и ингредиентов на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160. Реометрические свойства резиновой смеси исследовались на реометре MDR 3000 Basic фирмы «Mon Tech». Для определения физико-механических свойств вулканизатов, резиновую смесь вулканизовали в вулканизационном прессе P-V-100-3RT-2-PCD при 150 °С в течение 30 мин. В таблице приведены результаты исследования реометрических свойств, физико-механических и эксплуатационных показателей вулканизатов.

Свойства резиновой смеси и вулканизатов

Показатели	Варианты резиновой смеси						
	1	2	3	4	5	6	7
Реометрические свойства резиновой смеси							
S_{max} , дН·м	21,49	20,92	21,39	19,94	20,81	21,28	20,42
S_{min} , дН·м	1,06	1,14	1,13	1,11	1,14	1,11	1,12
ΔS , дН·м	20,43	19,78	20,26	18,83	19,67	20,17	19,30
t_s , мин	2,03	2,10	2,20	2,07	2,13	2,16	2,13
t_{90} , мин	6,92	6,04	6,60	6,60	6,30	7,43	6,43
Физико-механические свойства вулканизатов							
f_p , МПа	10,1	9,7	10,1	9,9	9,7	9,8	9,7
ϵ_p , %	280	284	296	272	292	288	290
H , ед. Шор А	75	73	75	74	70	73	74
B , кН/м	29	26	35	33	28	29	27
S , %	14	16	16	14	14	14	15
α , м ³ /ГДж	54,9	38,5	33,9	43,2	51	54	58,6
Изменение свойств вулканизатов после выдержки в стандартной нефтяной жидкости СЖР-1 (100°С× 24 ч.)							
Δf_p , %	+16,8	+14,0	+4,0	+5,0	+11,3	+5,3	+8,2
$\Delta \epsilon_p$, %	-10,1	-12,6	-8,1	-12,0	-9,2	-16,0	-14,2
ΔH , ед. Шор А	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1
Изменение массы вулканизатов в среде нефраса С80/120 (23°С × 24 ч.)							
Δm , %	0,42	0,39	0,33	0,41	0,36	0,50	0,50
Изменение массы вулканизатов в индустриальном масле И-12А (23°С × 24 ч.)							
Δm , %	0,14	0,13	0,12	0,16	0,18	0,15	0,25

Примечание: S_{max} и S_{min} – максимальный и минимальный крутящие моменты; ΔS – разность максимального и минимального крутящих моментов; t_s и t_{90} – времена начала и оптимума вулканизации; f_p – условная прочность при растяжении; ϵ_p – относительное удлинение при разрыве; H – твёрдость; B – сопротивление раздиру; S – эластичность по отскоку; α – истираемость; Δf_p и $\Delta \epsilon_p$ – относительные изменения условной прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве; ΔH – изменение твёрдости; Δm – относительное изменение массы

Из данных таблиц следует, что введение полимерных микросфер в резиновую смесь приводит к уменьшению максимального крутящего момента, увеличению минимального крутящего момента и времени начала вулканизации. При этом разность максимального и минимального крутящих моментов достигает наибольшее значение для третьего

варианта резиновой смеси, что позволяет получить вулканизат на его основе с улучшенными физико-механическими свойствами.

В таблице также представлены физико-механические свойства вулканизатов для различных вариантов резиновой смеси. Как видно, введение полимерных микросфер в состав резиновой смеси практически не влияет на условную прочность при растяжении и увеличивает относительное удлинение при разрыве. Вулканизат, содержащий микросферы Expancel 043 DUT 80 (3 вариант), характеризуется наибольшими величинами относительного удлинения при разрыве, сопротивления раздиру и наименьшей величиной истираемости.

Нами также было исследовано изменение физико-механических свойств вулканизатов после их выдержки в стандартной нефтяной жидкости СЖР-1 при 100°C в течение 24 часов. Из данных таблицы следует, что введение полимерных микросфер Expancel 043 DUT 80 (3 вариант) в резиновую смесь приводит к меньшему изменению физико-механических свойств по сравнению с изменениями свойств вулканизатов базового и остальных вариантов резиновой смеси.

В дальнейшем изучили изменение массы вулканизатов после их выдержки в нефрасе С80/120 и индустриальном масле И-12А при 23°C в течение 24 часов. Установлено, что после выдержки вулканизатов в указанных средах происходит незначительное возрастание их массы, которое не превышает 0,5%.

Список источников

1. Большой справочник резинщика. Ч. 1. Каучуки и ингредиенты / Под ред. С. В. Резниченко, Ю. Л. Морозова. М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ. 2012. 736 с.
2. Ушмарин Н. Ф., Егоров Е. Н., Кольцов Н. И. Влияние микросфер на свойства агрессивостойких резин // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. №. 2. С. 49-55.
3. Ушмарин Н. Ф., Егоров Е. Н., Сандалов С. И., Кольцов Н. И. Исследование влияния полимерных микросфер на свойства резины для гуммирования металлических поверхностей // Российский химический журнал. 2022. Т. 66. №. 4. С. 19-25.

Яковлева А. Б., Семенов И. В., Васильев И. Н.,
Зиновьева Е. Г., Михадаров Д. Г., Калинин А. Г.
Научный руководитель: Зиновьева Е. Г., канд. хим. наук, доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ВОДНО-ОРГАНИЧЕСКИХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ

Аннотация. В работе представлены результаты по изучению кинематической вязкости теплоносителей на основе водных растворов гликолей для металлических конструкций при различных температурах.

Ключевые слова: теплоносители, растворы гликолей, кинематическая вязкость, применение

Кинематическая вязкость (ν) – характеристика, служащая критерием стабильной и бесперебойной работы тепло-/хладоустановки и помогающая оценивать скорость прокачивания теплоносителя в системе. По значениям ν при различных температурах (T) можно определить режим течения теплоносителя и получить данные о возможных необратимых изменениях его структуры при гистерезисе вязкости (т. е. при несовпадении зависимостей ν от T при нагреве и последующем охлаждении) [1].

В данной работе для определения кинематической вязкости водно-органических теплоносителей применяли стеклянный капиллярный вискозиметр марки ВПЖ-2 при различных температурах по ГОСТ 33768-2015. Теплоносители представляющие собой водные растворы гликолей различных марок [2-6], планируется применять при эксплуатации в алюминиево-медных радиаторах, изготовленных по технологии сварки трением с перемешиванием [3, 6].

Сущность метода заключается в измерении времени истечения определенного объема испытуемого теплоносителя под влиянием силы тяжести. Кинематическая вязкость вычисляется как произведение измеренного времени истечения на постоянную вискозиметра.

По результатам испытаний получены температурные и концентрационные зависимости кинематической вязкости для некоторых теплоносителей. Установлена корреляция между вязкостью и плотностью водно-органических систем. Показано, что водно-органические теплоносители имеют более высокие значения ν по сравнению с водой.

Список источников

1. Гузачев М. А. и др. Температурные зависимости кинематической вязкости висмута, свинца и их взаимных расплавов // Теплофизика и аэромеханика. 2011. Т.18. №3. С. 485-491.
2. Трилинская А. Н., Смирнов Е. В., Осипов Т. А., Зиновьева Е. Г., Михадаров Д. Г., Калинин А. Г. Изучение свойств теплоносителей на водно-органической основе // Электронное научное издание. Материалы XVII межд. мол. науч. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых». Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет. 2022. С. 158-159. URL: <https://science.volgatech.net/nm/Conferences/Young%20creations/Sborn.pdf>.
3. Осипов Т. А., Трилинская А. Н., Смирнов Е. В., Калинин А. Г., Зиновьева Е. Г., Михадаров Д. Г. Стенд для исследования отвода тепла в устройствах силовой электроники на основе биметаллического радиатора с жидкостным теплоносителем // Там же. С. 291-293.
4. Зиновьева Е. Г., Михадаров Д. Г., Калинин А. Г. Применение жидких теплоносителей для металлоконструкций и сооружений // Сб. материалов IX Всерос. конф., посв. 55-летию Чувашского государственного университета имени И. Н. Ульянова «Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды». Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. 2022. С. 16.
5. Зиновьева Е. Г., Калинин А. Г., Михадаров Д. Г., Определение удельной теплоемкости теплоносителей для алюминиево-медных конструкций // Сб. материалов VI Междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности». Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. 2022. С.256-259.
6. Васильев П. А., Калинин А. Г., Михадаров Д. Г., Зиновьева Е. Г. Гибридный медь-алюминиевый жидкостный охладитель // Силовая электроника. 2022. № 4 (97). С. 44-46.

УДК 621.9.01

Бородинкин П. Д.

Научный руководитель: Селифонов В. С., канд. техн. наук, доцент
Брянский государственный технический университет

**РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТЫКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ
РЕЗИНОТКАНЕВЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ**

***Аннотация.** В статье приводится описание конструкции технологического оборудования для обработки стыковых поверхностей резинотканевых конвейерных лент, рассматривается конструкция привода главного движения.*

***Ключевые слова:** резинотканевые конвейерные ленты, технологическое оборудование, стыковые поверхности*

Потребителями конвейерных лент – тягового и грузонесущего органа ленточных конвейеров – являются предприятия, эксплуатирующие ленточные конвейеры. Эксплуатация данного вида изделия происходит в тяжёлых условиях, что ведёт к быстрому повреждению и даже разрушению непосредственно транспортирующего элемента [1, 2]. Поэтому ремонт данного вида изделия является часто выполняемой работой при обслуживании конвейеров, позволяющей существенно продлить срок службы ленты. Анализ технической литературы показал наличие небольшого количества информации о возможностях механической обработки конвейерных лент, в частности наличии информации о конструкции оборудования для механической обработки стыковых поверхностей резинотканевых конвейерных лент. Кроме того, исследования в данной области показали: оптимальное значение шероховатости поверхности для обеспечения прочности стыкового соединения составляет $Ra \approx 14...15$ мкм [4]. Также исследования, проведённые в данной области, показывают, что наиболее прочным стыковым соединением для резинотканевых конвейерных лент является клинообразное стыковое соединение. Исходя из вышеизложенного, целью данной работы является разработка оборудования для механической обработки стыковых конвейерных лент.

Исходя из проведенных аналитических исследований, в данной работе предлагается следующая конструкция оборудования для механической обработки поверхностей конвейерных лент:

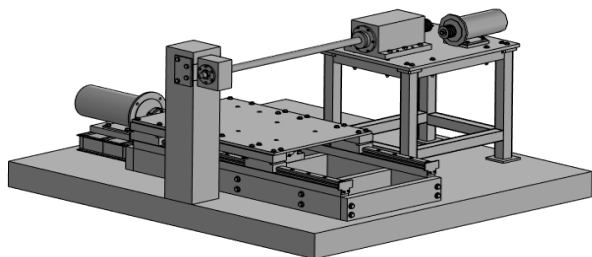


Рис. 1. Общий вид станка (модели станка)
для обработки стыковых поверхностей резиноканевых конвейерных лент

Станок состоит из следующих узлов: на станине установлен привод поперечных подач, представляющий из себя модульную конструкцию, состоящую из рельсовых направляющих, по которым перемещается стол приспособлением, на котором закрепляется обрабатываемый участок резиноканевой конвейерной ленты. Перемещение стола с приспособлением осуществляется от электродвигателя через шарико-винтовую пару.

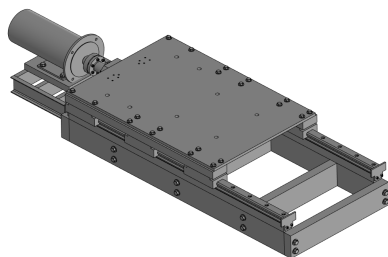


Рис. 2. Общий вид привода поперечных подач станка (модели станка)

В качестве режущего инструмента предлагается использовать цилиндрическую фрезу с механическим креплением режущих пластин, равной ширине обрабатываемой поверхности конвейерной ленты. Вращение инструмента осуществляется от электродвигателя через ремённую передачу на шпиндельный узел, показанный на рис. 2. Шпиндельный узел состоит из самого шпинделя, с внутренним конусом 7:24, корпуса шпиндельного узла, в котором установлены подшипники качения,

шкива клиноременной передачи. Данная конструкция закреплена на стойках, установленных на станине.

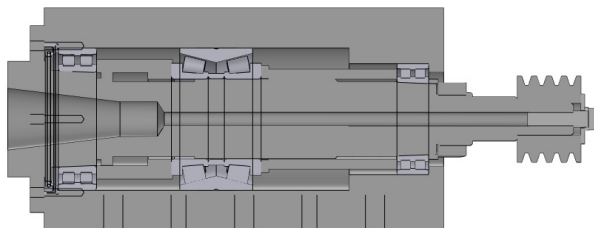


Рис. 3. Общий вид шпиндельного узла (модель) оборудования для механической обработки стыковых поверхностей резиноканевых конвейерных лент

Помимо проработки конструкции оборудования в работе выполнены расчёты мощности электродвигателя вращения инструмента, рассчитана ремённая передача, приведён расчёт подшипников шпиндельного узла в соответствии с рекомендациями [3, 5].

Список источников

1. Высочин Е. М., Завгородний Е. Х., Заренков В. И. Стыковка и ремонт конвейерных лент на предприятиях чёрной металлургии. М.: Металлургия, 1989. 192 с.
2. Голиков Г. Ф. Резиноканевые конвейерные ленты. Практика стыковки. Корпоративно-справочное пособие. Сергиев-Посад, 2011. 157 с.
3. Кочергин А. И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: учебное пособие для вузов. Минск.: Высшая школа, 2001. 382 с.
4. Притула М. А., Реутов А. А. Влияние механической обработки на качество ремонта конвейерных лент // Материалы 58-й научной конференции профессорско-преподавательского состава; под. ред. С. П. Сазонова, И. В. Говорова. Брянск: БГТУ, 2008. 576 с.
5. Металлорежущие станки: учебник для вузов. В 2 т. / В. В. Бушуев [и др.]; под ред. В. В. Бушуева. М.: Машиностроение, 2012. Т. 1. 608 с.

Градобаев Р. А.

Научный руководитель: Алибекова Е. В., канд. техн. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФИТОВЫХ СМАЗОК

Аннотация. *Рассмотрено применение графитовых смазок в машиностроении, отмечены его преимущества.*

Ключевые слова: *графит, графитовая смазка, применение, преимущества*

Все смазочные материалы, в которых есть графит, являются графитовыми смазками.

Эти смазки не одно столетие применяют для уменьшения трения в различных механизмах. Среди современных смазочных материалов графитовая смазка остается в одном ряду с популярными и востребованными на производстве смазками.

В зависимости от технологических условий эксплуатации графитовые смазки производятся в виде низкодисперсного графитового порошка, суспензии на основе масла, консистентных смазок, аэрозолей.

Наибольшее распространение получила графитовая смазка в виде пасты. Это густая смесь черного или коричневого цвета, изготовленная из нефтяного масла, порошка графита и мыльного загустителя, но могут быть и другие присадки, которые повышают эксплуатационные свойства (медь, дисульфид молибдена).

Масла, входящие в состав любой графитной смазки, обеспечивают оптимальный режим работы узлов в режимах жидкостного трения.

Частицы графита заполняют и сглаживают микронеровности поверхности смазываемой детали, образуя на ней своеобразную пленку. Благодаря такому выравниванию и образованию графитного слоя эффективная площадь контакта деталей увеличивается, а коэффициент трения значительно снижается.

Состав и свойства графитовых смазок закреплены ГОСТ 3333-80.

К преимуществам графитовой смазки, связанными с присутствием графита в составе нефтяных масел, следует отнести:

1. повышенную несущую способность, благодаря чему повышаются температура каплепадения, критические температура разрушения и давление, предел прочности, антифрикционные и противоизносные свойства;

2. устойчивость к воздействию воды;
3. применение в широком интервале температур;
4. высокие антистатические свойства;
5. обеспечение дополнительной герметизации;
6. хорошее сочетание эксплуатационных свойств, стоимости и экологичности.

Содержание графита, а также сама его разновидности: плотнокристаллический чешуйчатый графит, скрытокристаллический или аморфный графит – влияют на свойства графитных смазок.

Дальнейшее развитие графитных смазок связано с расширением диапазона используемых температур. Например, универсальные высокотехнологические термостойкие графитовые смазки на базе минеральных масел с аморфным графитом и неорганическими противоизносными антикоррозионными присадками имеют рабочий диапазон температур от -20 до 1040 °С. При работе с невысокими температурами, к примеру, применение литиевого мыла вместо кальциевого позволяет повысить термостойкость с 70 до 130 °С.

Графитовые смазки применяются, в основном, в тяжелонагруженных, тихоходных узлах машин: подвески, рессоры машин и тракторов, опоры буровых долот в нефтедобывающей промышленности, зубчатые передачи; колесные гайки, шпильки, болты; тросовые приводы, направляющие суппортов и противоскрипные пластины дисковых тормозных механизмов, домкраты. Также смазывают основание штыря выдвижной антенны с целью устранения тресков и шорохов при приеме радиосигнала, защищают электрические контакты от коррозии. Такая смазка способна обеспечивать смазывание, даже при разрыве масляной пленки или испарении дисперсной среды благодаря смазыванию трущихся поверхностей микроскопическими частицами графита.

Широкое применение смазок с присадками графита связано с его универсальностью, хорошим сочетанием эффективности и стоимости. Однако их применение ограничено в узлах с высокой точностью деталей, где он может стать причиной повышенного износа.

Список источников

1. <https://mirmazok.ru/smazki/grafitovaya-smazka-i-ee-primenenie/>.
2. Синицын В. В., Викторова Ю. С. Графит и дисульфид молибдена в пластичных смазках // Химия и технология топлив и масел. 1968. № 8. С. 25-28.
3. Синицын В. В. Подбор и применение пластичных смазок. М.: Химия, 1974. 416 с.
4. <https://themechanic.ru/termostojkaja-smazka>.

Градобаев Р. А.

Научный руководитель: Алибекова Е. В. канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СВАРКА ТЕРМОПЛАСТОВ

Аннотация. *Рассматриваются способы создания сварного соединения изделий из термопластов.*

Ключевые слова: *сварка, полимер, термопласт, диффузия*

Сварка – это способ создания неразъемных соединений пластмассовых деталей в целях образования более сложных конструкций.

При создании неразъемного соединения полимерных материалов сварка заменяет такие методы, как склеивание, крепление заклепками, когда:

1. соединяемые детали изготовлены из одинаковых материалов;
2. недопустимо присутствие чужеродных по отношению к соединяемым материалам крепежных элементов или клеевых прослоек;
3. процесс должен быть высокопроизводительным, иметь возможность механизации и автоматизации.

Соединение полимерных материалов способом сварки основано на том, что макромолекулы, находящиеся в пластичном состоянии, приобретают повышенную подвижность, что приводит к взаимной диффузии молекулярных цепей или их участков в поверхностные слои сплавляемых деталей.

Основные виды сварки – диффузионная и химическая.

К диффузионным способам сварки относятся:

- нагретым инструментом,
- нагретым газом,
- инфракрасным (ИК) излучением,
- токами высокой частоты (ТВЧ),
- трением,
- ультразвуком.

Основные технологические параметры в этом случае: температура нагрева, время нагрева, давление прижатия свариваемых поверхностей. Выбор технологических параметров сварки зависит в первую очередь от типа свариваемого материала и его толщины, а также от типа применяемого инструмента.

Сварка нагретым инструментом заключается в нагреве свариваемых деталей при контакте с нагревателем, спрессовывании и охлаждении под давлением. Различают контактно-тепловую и термоимпульсную сварку. При контактно-тепловой применяется постоянно-нагретый металлический инструмент, температура которого на 20-50 °С выше температуры плавления термопласта. При термоимпульсной применяется малоинерционный нагреватель-проволока или лента, которая при периодическом пропускании тока быстро нагревается и охлаждается, сварка происходит под давлением.

Сварка нагретым воздухом осуществляется нагревом струей разогретого воздуха соединяемых деталей и приведением их в контакт либо при отсутствии, либо наличии присадочного материала из того же полимера, что и детали. Во избежание термоокислительной деструкции применяют азот вместо воздуха.

Большинство полимеров поглощает инфракрасное излучение с длиной волны более 25 мкм. На этом явлении основана сварка ИК-излучением. Свариваемые детали продвигаются под лампой с температурой нагревательного элемента 500-600 °С и далее прикатываются валиком. Лампа расположена на расстоянии 0,5 мм.

Сварке ТВЧ подвергают полимеры с коэффициентом диэлектрических потерь $\epsilon > 0,01$ – ПВХ, полиакрилаты, полиуретаны, полиамиды. Переменный ток частотой 20-40 МГц подводится к обкладкам конденсатора, которые подводят энергию к зоне шва и передают давление на материал. Сварка материалов с $\epsilon < 0,01$ – полиолефинов, фторопласта-4 возможна при частотах 80-150 МГц, или при покрытии электродов материалом с $\epsilon > 0,01$ -контактно-диэлектрическая сварка. Сварка осуществляется на ручных или стационарных установках прессового или роликового типа, включающих генератор ТВЧ, электрододержатели, механизм привода электродов и устройство для их экранирования.

Сварка полимеров трением заключается в переходе механической энергии в тепловую. При трении механически снимается окисленный слой, вытесняются воздушные включения. В начальный период, когда температура невысока и не происходит диффузии макромолекул, возможна механодеструкция полимера. Продукты механодеструкции входят в состав сварного шва, что приводит его к естественному ослаблению. Различают сварку вращением, вибротрением и вращательно-вибрационную сварку.

Установку для сварки вращением изготавливают на базе токарных или сверлильных станков. При этом виде сварки соосно закрепленные

детали при вращении нагреваются и после остановки охлаждаются под давлением.

Сварка вибротрением осуществляется при возвратно-поступательном движении одной детали относительно другой. Частота колебаний 50-400 Гц, амплитуда 3-6 мм, давление контакта 2-15 МПа.

Сварка ультразвуком (УЗ) основана на превращении энергии ультразвуковых колебаний частотой 15-50 кГц в тепловую. При УЗ сварке продольные высокочастотные механические колебания, возникающие в этом материале вследствие магнитострикционного или пьезоэлектрического эффекта, передаются через стержневые волноводы и инструмент в зону шва. Благодаря высокой скорости образования шва свойства полимера изменяются незначительно. В результате сдвиговых колебаний удаляются все инородные частицы, что позволяет сваривать загрязненные поверхности. С помощью УЗ сварки возможно соединение деталей больших толщин и сложной конфигурации. Возможна точечная, контурная сварка и сварка при шаговом или непрерывном перемещении детали или инструмента.

При сварке нагретым присадочным материалом происходит сплавление с контактирующими поверхностями. При непрерывной сварке присадочный материал поступает из нагревательного устройства непрерывно. Для сварного шва на изделиях большой протяженности применяют экструдированный присадочный материал. При сварке по периодической схеме для подачи присадочного материала используют устройства типа литьевых машин.

При сварке происходит локальный перегрев и охлаждение, поэтому в околошовном пространстве остаются остаточные напряжения. По этой причине для снятия напряжений сварные изделия передают в эксплуатацию после вылежки или проводится термообработка при температуре, близкой к температуре стеклования.

Список источников

1. <https://сварпласт.рф/infotsentr/spravochnik/20-svarka-polimernykh-materialov#gas>.
2. Власов С. В., Кандырин Л. Б., Кулезнев В. Н., Марков А. В., Симонов-Емельянов И. Д., Суриков П. В., Ушакова О. Б. Основы технологии переработки пластмасс: учебник для вузов. М: Химия, 2004. 600 с.
3. Крыжановский В. К., Кербер М. Л., Бурлов В. В., Паниматченко А. Д. Производство изделий из полимерных материалов. СПб.: Профессия, 2008. 464 с.
4. <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=866057>.

Забродин А. Г., Забродина Н. А.
Научный руководитель: Крашенинникова Н. Г.,
канд. физ.-мат. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

СЕЛЕКТИВНОЕ ЛАЗЕРНОЕ СПЕКАНИЕ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Рассмотрен принцип, основные преимущества и возможности технологии лазерного спекания порошковых материалов.

Ключевые слова: аддитивные технологии, лазерное спекание, порошковые материалы

Аддитивные технологии в настоящее время становятся всё более популярными, так как производство, основанное на их применении, является высокоэффективным. Благодаря точности процесса сокращается число технологических операций, экономя энергию и время. Также сокращается число бракованных изделий в результате того, что все операции проводятся автоматически. В настоящее время в мире востребованы технологии послойного синтеза, которые позволяют изготавливать из металлических порошков высокоточные изделия с повышенной износостойкостью, коррозионной стойкостью, длительным сроком службы. В качестве порошкового сырья для изготовления деталей успешно применяется нержавеющая сталь, кобальт-хромовые сплавы, титан и прочие материалы.

Технология селективного лазерного спекания (SLM) состоит из двух основных этапов: компьютерного моделирования и непосредственной печати изделия. При создании детали на рабочую поверхность наносится слой порошка, который затем сплавляется лазером в однородную массу. После этого платформа опускается на высоту одного слоя, подаётся и выравнивается новый слой порошка, который также спекается. Действия повторяются, пока изделие не будет готово.

Дальнейшее развитие, которое привело к появлению SLS (селективное лазерное сплавление) и DMLS (прямое лазерное спекание) технологий, заключалось в некотором изменении конструкции оборудования и повышении разрешения печати в среднем до 20 мкм при DMLS печати. Улучшение технологии потребовало применения более мелкодисперсных порошков с размером зерна 20-35 мкм.

Технология лазерного спекания также, в отличие от традиционных методов изготовления деталей, является безотходной, так как неиспользованный порошок собирается из рабочей камеры после завершения процесса печати и может быть использован заново.

Кроме этого, технология позволяет намного выгоднее осуществлять мелкосерийное производство деталей, так как не требует дорогостоящих инструментов, например, литейных форм.

Технологии послойной печати в настоящее время не только широко распространены в машиностроении, авиастроении, аэрокосмической отрасли, но и благодаря всё более широкому применению позволяют с наименьшими затратами создать оригинальный дизайн готового изделия, а также применяются для изготовления предметов искусства.

Список источников

1. Дежина И. Г., Пономарев А. К., Фролов А. С. Новые производственные технологии: публичный аналитический доклад. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. 272 с.
2. Прямое лазерное спекание металлов (DMLS) [Электронный ресурс]. URL: https://3dtoday.ru/wiki/DMLS_print (дата обращения: 05.04.2023).

УДК 621.9.048.4

Иванчиков А. В.

Научный руководитель: Лакалина Н. Ю., доцент
Брянский государственный технический университет

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Аннотация. Рассмотрены возможности применения электроэрозионной обработки в машиностроении и технологические возможности электроэрозионного проволочно-вырезного станка серии DK-77.

Ключевые слова: электроэрозионная обработка, технология, электроэрозионный проволочно-вырезной станок

Существует огромное множество различных видов обработки. Но иногда требуется обрабатывать детали, изготовленные из материалов высокой твердости, или нужно вырезать сложные формы, которые не-

возможно получить с помощью традиционных методов, таких как фрезерование. Когда традиционные методы обработки достигают своих пределов, инженеры часто вынуждены обращаться к электроэрозионной обработке (ЭЭО). Такие особенности, как острые внутренние кромки и глубокие полости, являются характерными для электроэрозионной обработки.

Электроэрозионная обработка – это технология, которая позволяет разрушать поверхность металлических изделий с помощью электрических разрядов. Явление электрической эрозии основано на разрушении электродов под действием электрического тока, пропускаемого через электроды. Технология является очень точной и надежной, что позволяет использовать ее для высокоточной обработки металлов.

В основе ЭЭО лежит съем материала заготовки за счет выплавления и испарения при электрическом пробое межэлектродного промежутка (зазора) в жидкой диэлектрической среде. Необходимым условием электроэрозионной обработки материала является его достаточная электропроводность; этому условию удовлетворяют все металлы и многие другие материалы, в частности, полупроводники. Принцип работы технологии прост. К заготовке и электроду подключается источник постоянного тока, который генерирует кратковременные импульсы, проходящие через электроды. Электричество в активной зоне создает электронную дугу, которая легко прожигает металлическую поверхность. Дуга живет небольшой период во времени, поэтому она не деформирует металл, не оставляет следов, сохраняет целостность электрода. Электроэрозионная обработка металлов обычно выполняется с помощью специальных станков, которые обладают множеством преимуществ, таких как высокая мощность, универсальность, простота использования.

В условиях кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Брянского государственного технического университета на электроэрозионном проволочно-вырезном станке ДК-77 выполняется ряд хозяйственных работ.

Данный станок обладает высокой точностью геометрических характеристик и позиционирования, необходимой статической, динамической, тепловой стабильностью и неплохой производительностью обработки. Главное условие – материал должен быть электропроводным. В данном станке инструментом является натянутая молибденовая проволока диаметром 0,1 – 0,25 мм., а диэлектрической средой – обычная деионизованная (т. е. имеющая низкую электропроводность) вода. Между заготовкой и проволокой от специального генератора подаются импульсы напряжения порядка 50...250 В; если в какой-либо точке межэлектрод-

ного промежутка напряженность электрического поля превзойдет критическую, происходит пробой с образованием плазменного канала (как при ударе молнии), обеспечивающего протекание импульса тока, в результате которого происходит частичное разрушение (эрозия) в виде микроскопических лунок как на заготовке, так и на проволоке. Полярность напряжения (минус к проволоке) выбирается так, что в большей степени разрушается заготовка. Вода в межэлектродном зазоре вымывает продукты эрозии и охлаждает проволоку; для повышения интенсивности процесса вода обычно подается в зону резания под значительным давлением (до 20 бар). Контур для обработки можно ввести как USB-Flash в формате DXF, DWG, так и создать непосредственно в системе ЧПУ.

Электроэрозионные проволочно-вырезные станки подходят для исполнения таких задач:

- как изготовление штампов, фильер, пресс-форм, шлицевых соединений и шпоночных пазов,
- производство профилированных резцов, фрез, ножей для деревообработки;
- различных шаблонов;
- снятия облоя после горячей штамповки;
- как обработка тонколистового металла;
- как обработка сложных контуров, внутренних острых углов, малых радиусов, прорезей малой ширины;
- как обработка цветных металлов;
- обработка закаленной стали, твердого сплава, быстрорежа и др. труднообрабатываемых материалов.

В данный момент в условиях кафедры по хозяйственным работам на данном станке выполняется обработка следующих деталей:

1. матрица штампа (материал – закаленная сталь 40X) (рис. 1);



Рис. 1. Деталь «Матрица штампа»

2. деталь шестеренчатого насоса (материал – высокопрочный чугун) (рис. 2).



Рис. 2. Деталь шестеренчатого насоса

В заключение можно отметить, что электроэрозионная обработка является достаточно перспективным методом в машиностроении, т. к. обладает универсальностью, высоким качеством резки сложных геометрических профилей, а также простотой в использовании и возможностью применения различных режимов работы.

Также следует отметить недостатки, такие как высокое электропотребление, достаточно низкая производительность из-за низкой скорости резания, высокая себестоимость.

Несмотря на имеющиеся недостатки, ЭЭО широко применяется в тех случаях, когда невозможно или экономически не оправдано применение традиционных методов обработки.

Список источников

1. Абляз Т. Р., Ханов А. М., Хурматуллин О. Г. Современные подходы к технологии электроэрозионной обработки материалов: монография. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2012. 121 с.
2. Елисеев Ю. С., Саушкин Б. П. Электроэрозионная обработка изделий авиационно-космической техники; под редакцией Б. П. Саушкина. М.: Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, 2010. 437 с.

Караваев А. В.

Научный руководитель: Лакалина Н. Ю., доцент
Брянский государственный технический университет

ТЕХНОЛОГИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

***Аннотация.** Проведен анализ такой производственной отрасли, как порошковая металлургия, рассмотрена обобщенная технология получения изделий методами порошковой металлургии. Также проведен анализ проблем и перспектив развития указанной отрасли.*

***Ключевые слова:** порошковая металлургия, получение металлических порошков, смешивание порошка, технология*

Из имеющихся разнообразных способов обработки металлов порошковая металлургия занимает особое место, так как позволяет получать не только изделия различных форм и назначений, но и создавать принципиально новые материалы, которые другим путем получить или очень трудно, или невозможно. У таких материалов можно получить уникальные свойства, а в ряде случаев существенно повысить экономические показатели производства. При этом способе в большинстве случаев коэффициент использования материала составляет около 100%.

Можно выделить следующие основные этапы производства в порошковой металлургии: получение металлических порошков; смешивание; формование и уплотнение; нагрев (спекание).

Способы получения порошков весьма разнообразны, что позволяет широко варьировать их свойства. Кроме того, метод изготовления порошка в значительной мере определяет его качество и себестоимость. Существует несколько способов получения металлических порошков. Основными промышленными способами изготовления металлических порошков являются:

1. механическое измельчение металлов в вихревых, вибрационных и шаровых мельницах;
2. распыление расплавов (жидких металлов) сжатым воздухом или в среде инертных газов. Его достоинства: возможность эффективной очистки расплава от многих примесей, высокая производительность и экономичность процесса.

3. восстановление руды или окалины. Наиболее экономичный метод.

4. электролитическое осаждение металлов из растворов;

5. использование сильного тока, приложенного к стержню металла в вакууме.

В промышленных условиях специальные порошки получают также осаждением, науглероживанием, термической диссоциацией летучих соединений (карбонильный метод) и другими способами.

Смешивание порошка может быть произведено путем смешивания различных металлов и других материалов для обеспечения лучших физико-механических свойств. Существуют два вида смешивания:

1. влажное смешивание, которое представляет собой процесс, в котором порошковая матрица и наполнитель смешиваются сначала с растворителем. Этот метод применяется, если используемый материал (матрица и наполнитель) легко подвергается окислению.

2. сухое смешивание, то есть процесс смешивания осуществляется без использования растворителей, способствующих растворению, и осуществляется на наружном воздухе.

Прессование – это процесс сдавливания порошка в желаемую форму в соответствии с пресс-формой. Существует 2 вида способа уплотнения:

1. холодное прессование, а именно упор без сильного нагревания, но с давлением от 100 до 900 МПа. Этот метод используется, когда используемые материалы легко окисляются, например, алюминий.

2. горячее прессование при температуре выше комнатной. Этот метод используется, когда используемый материал не окисляется.

В процессе спекания образуются твердые предметы из-за образующейся связи. Тепло вызывает единство частиц, и эффективность реакции поверхностного натяжения повышается.

Можно выделить основные преимущества порошковой металлургии:

– возможность создания сплавов трудносплавляемых материалов или сплавов, которых другими способами создать трудно;

– экономическая целесообразность применения порошковой металлургии. При данном способе производства, по сравнению с литьем и токарной обработкой, образуется гораздо меньше отходов;

– высокая точность геометрических размеров за счет применения высокоточной оснастки при прессовании;

– при помощи порошковой металлургии возможно получение сплавов с более высоким комплексом механических свойств по сравнению с литьём;

- высокая производительность процесса;
- широкий, а главное регулируемый диапазон получаемых свойств.

На сегодняшний день уровень развития технологического оборудования достиг огромных высот, что устранило практически все препятствия на пути изготовления деталей методом порошковой металлургии. Несколько лет назад возникали проблемы при изготовлении крупногабаритных изделий и заготовок из порошков. Эта проблема была решена с помощью применения современных изостатов. Но ряд проблем на сегодняшний день все еще требует решения: высокая стоимость исходного сырья; невозможность получать критически важные допуски; все еще затруднительно получать равномерную плотность материала.

Недостатки порошковой металлургии и некоторые ее достоинства нельзя рассматривать как постоянно действующие факторы: в значительной степени они зависят от состояния и развития как самой порошковой металлургии, так и других отраслей промышленности. По мере развития техники порошковая металлургия может вытесняться из одних областей и, наоборот, завоевывать другие. Прогресс техники высоких температур ликвидировал такие недостатки порошковой металлургии, как, например, трудность приготовления порошков чистых металлов и сплавов. Благодаря созданию методов всестороннего обжата порошков при высоких температурах в основном преодолены и трудности изготовления беспористых заготовок крупных размеров. С увеличением масштабов выпуска и совершенствованием методов изготовления порошков решается такая проблема порошковой металлургии, как дороговизна исходных материалов. При массовом производстве расходы, связанные с необходимостью изготовления индивидуальных приспособлений (пресс-форм) для каждого вида деталей, сократятся до минимума.

Список источников

1. Волкогон Г. М., Еремеева Ж. В., Дедовской Д. А. Современные процессы порошковой металлургии: учебное пособие. М. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. 206 с.
2. Савич В. В., Оглезнева С. А. Порошковая металлургия: современное состояние и перспективы развития: монография. Пермь: ПНИПУ, 2021. 695 с.

Караваева М. С.

Научный руководитель: Крашенинникова Н. Г.,

канд. физ.-мат. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

ПОЛУПРОВОДЯЩИЕ ПЛАСТМАССЫ

Аннотация. Рассматриваются полупроводящие пластмассы, их свойства, преимущества, потенциальные области применения. Отмечено, что несмотря на все преимущества, они относятся к относительно новым материалам, и необходимы дальнейшие исследования, чтобы полностью понять их потенциал и недостатки.

Ключевые слова: полупроводящие пластмассы, гибкие электронные устройства, солнечная энергетика, микроэлектроника, сенсорика

Как известно, большинство пластмасс являются диэлектриками и широко используются в качестве электроизоляционных материалов. Однако некоторые полимеры обладают полупроводниковыми свойствами, обычно это полимеры с системой сопряженных двойных связей (полиацетилен, поливинилены, полинитрилы и пр.). Полупроводниковые свойства таких полимеров обусловлены наличием нелокализованных π -электронов сопряженных двойных связей. В электрическом поле эти электроны могут перемещаться вдоль цепи, обеспечивая перенос заряда.

Полупроводниковые материалы широко применяются в современных технологиях – от электроники до солнечных батарей. Однако традиционные полупроводники (кремний, германий и др.) характеризуются высокой стоимостью и сложностью производства, в связи с чем весьма актуальной задачей является разработка и внедрение новых полупроводниковых материалов, более дешевых и технологичных, таких как полупроводящие пластмассы.

Одним из наиболее интересных их свойств является способность изменять проводимость при воздействии различных факторов (изменении температуры, давления, воздействии света), что делает их полезными для использования в датчиках и сенсорах [1], которые могут быть использованы в медицине, производстве и других областях.

Одно из перспективных применений полупроводящих пластмасс – создание гибких электронных устройств, например, тонких и гибких экранов с высоким разрешением [2].

Полупроводящие пластмассы могут использоваться в солнечных батареях взамен кремния. Возможность производства на гибких пленках позволит создавать более легкие и дешевые солнечные батареи [3].

Еще одна область применения этих материалов – производство электронной бумаги – устройства, имитирующего бумажный лист и сочетающего преимущества традиционной бумаги и электронных дисплеев. Электронная бумага имеет очень низкое энергопотребление, поскольку потребляет энергию только при изменении отображаемого изображения, она очень удобна в использовании и позволяет часами комфортно читать или делать заметки [4].

В микроэлектронике с использованием полимерных полупроводников могут быть созданы тонкие транзисторы, обладающие высокой подвижностью электронов и прекрасно работающие при низком напряжении. Такие транзисторы могут использоваться в дисплеях и микропроцессорах и значительно снизить энергопотребление устройств.

Однако применение полупроводящих пластмасс имеет и некоторые ограничения. Они обычно обладают более низкой электрической проводимостью по сравнению с традиционными полупроводниками, такими как кремний, что может ограничивать их использование в некоторых областях, таких как производство микропроцессоров.

Также важно отметить, что полупроводящие пластмассы являются относительно новым материалам, и многие аспекты их свойств все еще не до конца изучены. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы полностью понять их потенциал и недостатки и разработать новые способы их применения.

Список источников

1. Хан Т. Х., Ли К., Чхве У., Ан С. Х., Ким С. Ю. & Ким Х. (2014). Органические светоизлучающие диоды, использующие обработанные раствором квантовые точки в качестве преобразователя света. Научные отчеты, 4, 4224.
2. Парк С. Х., Рой А., Бопре С., Чо С., Коутс Н., Мун Дж.С., Мозес Д., Леклерк М. & Ли К. (2009). Объемные гетеропереходные солнечные элементы с внутренним квантовым КПД, приближающимся к 100%. Nature Photonics, 3 (5), 297-302.
3. Лю Дж., Сюй У., Чжао Дж., Ян Ю. & Ли, Ю. (2017). Органические солнечные элементы на основе нефуллереновых акцепторов. Природные материалы, 16 (9), 970-980.
4. Штейн М. (2010). Органические полупроводники в электронных бумажных дисплеях. МИССИС Бюллетень, 35(10), 778-784.

Кутонова Е. В., Алибеков С. Я., Сластихина С. В.
Поволжский государственный технологический университет

ОЧИСТКА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ РАЗЛИВШЕЙСЯ НЕФТИ

Аннотация. Одной из основных экологических проблем является загрязнение воды нефтью и продуктами ее переработки. Существуют разные способы очистки: механические, химические, физико-химические, биологические. Использование того или иного способа зависит от источника и масштаба загрязнения, объёма загрязнителя и других обстоятельств. Среди большого количества известных методов очистки огромный интерес представляет сорбция как один из максимально результативных и недорогих методов очистки.

Ключевые слова: очистка, нефть, нефтепродукты, углеродные материалы, сорбция, сорбент

Загрязнение окружающей среды – это одна из важнейших проблем, требующая своевременного принятия мер. Для ликвидации последствий существуют различные методы. Одним из самых эффективных способов очистки воды от нефти и нефтепродуктов является очистка с применением сорбентов.

Сорбенты подразделяются на естественные, искусственные и синтетические материалы. В настоящее время широко используются природные сорбенты: опилки; древесные стружки; хлопок и др. Эти сорбенты не требуют затрат на производство, легко разлагаются, но нефтеемкость и плавучесть их невысока, регенерация отсутствует. Сорбенты на искусственной и синтетической основе более эффективны и технологичны. Они изготавливаются на основе вискозы, гидратцеллюлозы, синтетических волокон и др.

При разливах нефти и нефтепродуктов на поверхности воды образуется пленка. Сорбенты при взаимодействии с водной поверхностью начинают сорбировать нефтепродукты. Максимальная емкость достигается в период 15-20 секунд, если нефтепродукты имеют среднюю плотность. На поверхности воды различия между сорбентами стираются, и на первый план выдвигаются такие показатели, как: нефтеемкость, плавучесть, стоимость, удобство применения и утилизация. При использовании сорбентов следует учитывать многократное использование, сохранение нефтеемкости и метод утилизации сорбированных нефтепродуктов.

В настоящее время набирают популярность углеродные волокнистые материалы – это уникальные сорбенты, используемые во многих областях промышленности и техники. Содержание углерода в них составляет 85% и более.

Для сорбции разлившихся нефтепродуктов нами использовались углеродные ткани двух видов: нетканый (войлочный) материал и тканые материалы.

Основными параметрами углеродного волокнистого материала, определяющими их сорбционную способность, являются плотность и диаметр волокон. Плотность материала можно регулировать в пределах $0,01 - 0,5 \text{ г/см}^3$, а диаметр волокон от 5 – 500 мкм.

Известно, что основной характеристикой нефтесорбентов является сорбционная емкость по отношению к нефти и нефтепродуктов. Поэтому в первую очередь мы определили нефтеемкость. [1] Данные по нефтеемкости приведены в таблице.

Результаты эксперимента

Углеродные материалы	Масса исходной ткани, г	Масса после сорбции нефти, г	Нефтеемкость сорбента, г/г
Войлочная ткань	1,00	9,20	8,20
ТМ-4	1,05	3,20	2,00
ЛГ1-22/40	1,10	3,74	2,40
Бусофит Т-055	0,15	0,95	5,40

При утилизации нефти и нефтепродуктов, кроме нефтеемкости, важное значение имеет плавучесть сорбентов. Плавучесть углеродных тканей определяли путем помещения тканей на водную поверхность на несколько суток. Данные ткани можно отнести к высокоплавучим сорбентам, так как они сохранили свою плавучесть более 72 ч.

Одним из важнейших характеристик сорбентов из волокнистых материалов является высокая способность к регенерации после сжигания без значительной потери сорбционной емкости и массы сорбента при повторном применении.

При многократном сжигании было замечено, что с каждым разом все больше выделяется копоть, это результат того, что остатки выгоревших нефтепродуктов остаются в сорбенте.

Углеродные волокнистые материалы зарекомендовали себя как обладатели высокой теплостойкости, они не теряют своих механических, сорбционных и физических свойств.

В процессе исследования было опытным путем определено то, что углеродные волокнистые материалы как тканые, так и нетканые по

структуре имеют все шансы благополучно использоваться с целью очистки водной среды от нефти и нефтепродуктов.

Сорбционная очистка на углеродных волокнистых материалах никак не требует внедрения в воду дополнительных химических реагентов.

Исследуемые сорбенты без явных повреждений выдерживают температуру сжигания нефтесодержащих компонентов, сохраняя собственные сорбционные качества, обладают наиболее высоким (по сравнению с природными и известными синтетическими сорбентами) уровнем насыщения, длительным периодом эксплуатации и легко подвергаются восстановлению. Эксперименты показали, что углеродные ткани можно использовать многократно в процессе сорбции, и их свойства не теряются, что показывает экономическую целесообразность применения этих материалов для сорбции и утилизации нефти и нефтепродуктов.

Список источников

1. Алибеков С. Я., Кутонова Е. В. Применение углеродных материалов для утилизации нефти и нефтепродуктов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. 2021. № 3 (19). С. 7-15.

УДК 658.5.012.7

Лачкова И. С.

Научный руководитель: Анисимов Э. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КВАСА

Аннотация. В данной статье рассматривается вопрос, связанный с оценкой значимости опасных факторов при производстве кваса в условиях одного из предприятий Республики Марий Эл. Для решения вопроса проведен анализ потенциально опасных факторов по физическим, химическим и биологическим группам. Данный анализ необходим для дальнейшего определения контрольной критических точек и разработки корректирующих и предупреждающих действий.

Ключевые слова: система ХАССП, опасные факторы, контролируемый параметр, предельное значение, вероятность возникновения, тяжесть последствий

При производстве пищевых продуктов всегда возникает риск заражения продукта, что может привести к возникновению угрозы здоровья потребителей. Система ХАССП предусматривает анализ и оценку возникновения данных рисков на пищевой промышленности. Объект нашего исследования – квас, который представляет собой напиток, изготовленный в процессе брожения сусла с объемной долей этилового спирта не более 1,2%. Основным сырьем при производстве данного напитка являются зерновые культуры (рожь, ячмень, кукуруза) и продукты их переработки (пивоваренный солод, концентрат квасного сусла и сахаросодержащие вещества).

Для достижения поставленной цели необходимо исследовать органолептические, физико-химические и микробиологические показатели кваса одного из производств на территории Республики Марий Эл. Указанные показатели качества контролируются на соответствие требованиям ГОСТ 31494-2012 [2]. Для реализации поставленной цели сформирован перечень биологических опасных факторов.

– пестициды (предельное значение – 0,5; наименование операции – приемка пищевых добавок); КМАФА и М (предельное значение – 5×10^4 ; наименование операции – приемка пищевых добавок, варка сахарного сиропа, стерилизация); БГКП (предельное значение – 0,1; наименование операции – приемка пищевых добавок, варка сахарного сиропа, стерилизация, смешивание ингредиентов); патогенные микроорганизмы (предельное значение – 25; наименование операции – приемка пищевых добавок, варка сахарного сиропа, стерилизация, смешивание ингредиентов); дрожжи, КОЕ/г (предельное значение – 2×10^5 ; наименование операции – приемка пищевых добавок, варка сахарного сиропа, стерилизация, смешивание ингредиентов).

Далее представлен перечень химических опасных факторов.

– свинец (предельное значение – 0,4; наименование операции – приемка пищевых добавок, подготовка воды, смешивание ингредиентов, готовый продукт); кадмий (предельное значение – 0,03; наименование операции – приемка пищевых добавок, подготовка воды, смешивание ингредиентов, готовый продукт); мышьяк (предельное значение – 0,2; наименование операции – приемка пищевых добавок, подготовка воды, смешивание ингредиентов, готовый продукт); ртуть (предельное значение – 0,02; наименование операции – приемка пищевых добавок, подготовка воды, смешивание ингредиентов, готовый продукт).

Также необходим перечень физических опасных факторов.

Не допускается: пыль, нитки с мешков; механические примеси, некачественная мойка; откол частей автомата розлива, попадание насекомых, этикетка (маркировка).

На основании перечней опасных факторов и диаграммы анализа рисков проведем оценку значимости опасных факторов при производстве кваса с указанием вероятности возникновения и тяжести последствий на примере физических факторов, представленных в таблице.

Опасность	Физические факторы							
	Вероятность возникновения					Тяжесть последствий		
	Минимальная	Незначительная	Значительная	Высокая	Легкая	Средняя	Тяжелая	Критическая
<i>Физические факторы</i>								
Пыль, нитки с мешков			+			+		
Механические примеси, некачественная мойка				+	+			
Откол частей автомата розлива, попадание насекомых			+				+	
Этикетка (маркировка)		+						+

Вывод. Таким образом, наибольшая вероятность возникновения – механические примеси, некачественная мойка при легкой тяжести последствий. Данная группа факторов возникает в результате наличия любого физического материала, который не присутствует в пищевых продуктах. Физические факторы оказывают влияние на организм человека, вызывая причинение вреда или болезнь человеку.

Список источников

1. ГОСТ Р 51705.1-2001. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования. Введ. 2001-23-01. М.: Стандартинформ, 2009. 12 с.
2. ГОСТ 31494-2012. Квасы. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2014.
3. ГОСТ Р ИСО 22000 – 2019 Система менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. М.: Стандартинформ, 2020.

Лежнин Р. А.

Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПАЙКЕ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема возникновения термических напряжений в процессе пайки твердосплавного инструмента ввиду разницы коэффициентов теплового расширения материалов. Авторами предложен метод снижения данных напряжений путем разработки специального слоеного припоя с промежуточным слоем, компенсирующим термические деформации материалов.

Ключевые слова: пайка, термические напряжения, припой, фольгообразный припой, слоеный припой, сэндвич-припой

Основной проблемой при соединении твердосплавных пластин со стальным корпусом являются термические напряжения в зоне соединения, которые часто являются причиной преждевременного выхода из строя. Они возникают из-за различных коэффициентов теплового расширения соединяемых материалов. При охлаждении после затвердевания припоя два материала жестко соединяются друг с другом. При понижении температуры сталь и твердый сплав будут сжиматься с разной скоростью, но, поскольку они спаяны вместе, твердосплавная пластина не будет сжиматься так сильно, а вместо этого будет изгибаться, что приведет к сжимающему напряжению.

Авторами предложен метод по снижению термических напряжений, а, следовательно, повышению надежности твердосплавного инструмента. Он заключается в создании сэндвич-припоя с многослойной структурой. Сердцевина представляет собой промежуточный слой с припоем на основе серебра с обеих сторон. Их стандартное соотношение толщины составляет 1:2:1 (припой: промежуточный слой: припой). Промежуточный слой из меди или специального сплава предназначен для поглощения напряжения, которое может возникнуть на этапе охлаждения.

Справа на рис. 2 показано моделирование напряжения в твердосплавной пластине после охлаждения соединения твердый сплав/сталь, изготовленного с использованием многослойного твердого припоя.

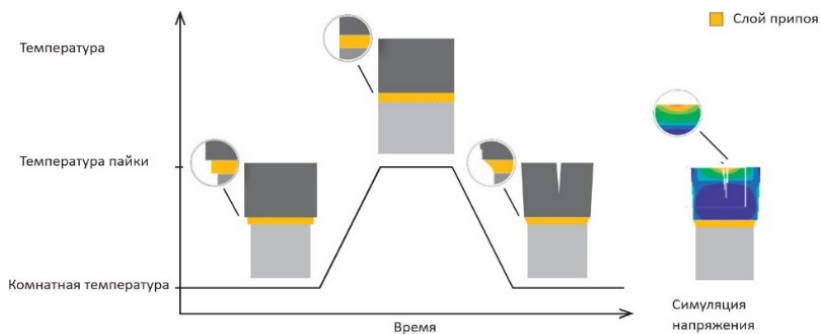


Рис. 1. Схематическое изображение влияния различных коэффициентов теплового расширения на соединение твердого сплава со сталью с использованием обычного твердого припоя

Темно-синим отмечены участки без напряжения растяжения, оранжево-красным отмечены участки с высоким напряжением. Очевидно, что многослойный припой в средней части твердого сплава создает гораздо меньшую площадь с небольшим растягивающим напряжением, чем обычный припой (рис. 1).

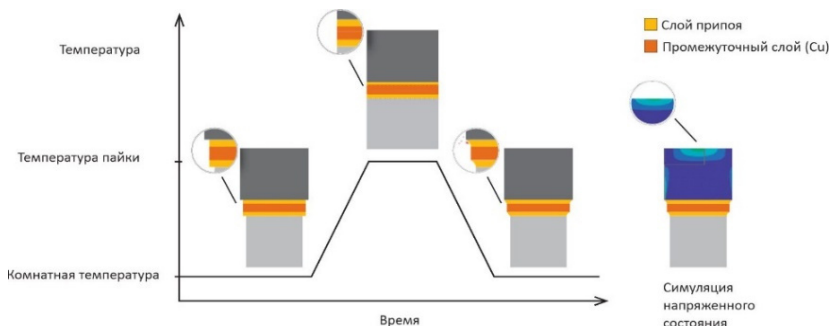


Рис. 2. Схематическое изображение того, как различные коэффициенты теплового расширения влияют на компаунд из цементированного карбида и стали, спаянный с использованием многослойного сэндвич-припоя

Прочность на сдвиг многослойного припоя обычно ограничивается прочностью промежуточного слоя. Прежде чем использовать многослойный твердый припой, необходимо учитывать несколько факторов. Один из основных моментов – это место, где его разместить. Рис. 3 предполагает, что положение сэндвич-припоя или центрального слоя явно влияет на напряжение в паяном зубе пилы из твердого сплава. Только в том случае, если сэндвич-припой и центральный слой полно-

стью обернут вокруг зуба пилы (слева), напряжение будет максимально низким. В случае, если твердый припой не может полностью покрыть зуб или если центральный слой заканчивается слишком рано, большое напряжение возникнет как на стороне пайки (средняя и правая), так и на режущих поверхностях.

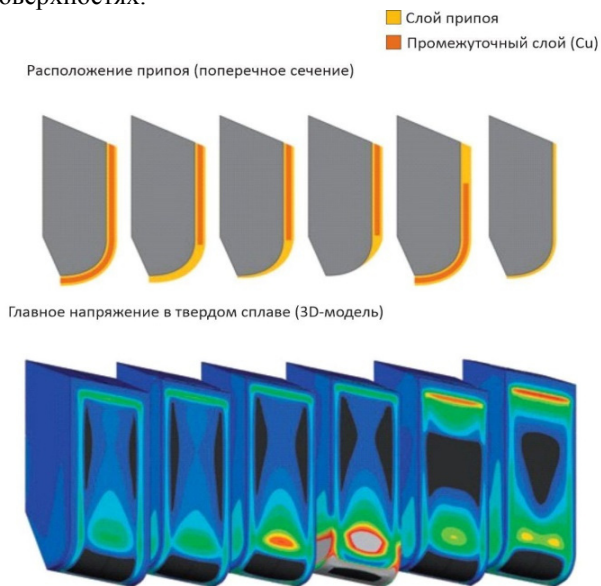


Рис. 3. Вверху: Геометрия образцов с различным положением припоя сэндвич-припоя; внизу: рассчитанное максимальное основное напряжение в паяных образцах, шкала: 0 – 250 МПа.

Список источников

1. Schimpfermann, M., Bronny, M.: Hartlöten von HW-Schneidwerkzeugen, HOB – Die Holzbearbeitung, Ausgabe Mai (2011).
2. Magin, M., Rassbach, S.: Stress Analysis on Brazed Hardmetal Saw Teeth, 17. Plansee Seminar, Reutte (2009).
3. Ключко Н. А. Основы технологии пайки и термообработки твердосплавного инструмента. М.: Металлургия, 1981.

Маргина А. А., Маргин А. Н.

Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ГРАНУЛЯТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

Аннотация. За последнее десятилетие на большинстве передовых животноводческих комплексов отмечается повышенный интерес к биологическим кормовым добавкам для поддержания здоровья и увеличения надоев. Для достижения экономической выгоды кормовые добавки подают в виде гранул. Именно гранулы лучше усваиваются животными благодаря своей структуре. Основным способом уплотнения сырья в гранулы является его гранулирование.

Гранулятор является одним из представителей оборудования для производства гранул. В статье рассмотрены различные типы грануляторов, приведен их сравнительный обзор. Несмотря на многообразие, все они имеют значительные недостатки, которые приводят к появлению брака, снижают производительность и экономическую эффективность производства.

Ключевые слова: гранула, гранулятор, гранулирование, кормовые добавки, кормосмесь

По данным исследований, использование гранулированных кормов позволяет увеличить прирост живой массы у откармливаемых животных на 15-25%, повысить удои молока на 5-10%, снизить затраты корма на производство единицы животноводческой продукции на 5-10%, сократить потери кормов [1]. Такой подход к питанию сельскохозяйственных животных позволяет избежать нарушения обмена веществ, а также увеличить период их продуктивного использования.

Сама технология производства гранулированного корма представляет собой следующую последовательность операций:

1. запуск привода гранулятора и загрузка сырья в приемную камеру;
2. приведение матриц гранулятора во вращение, благодаря чему сырье продвигается в каналы прессования;
3. сформировавшиеся гранулы выдавливаются новыми порциями корма из каналов прессования в емкость.

Вообще прессовое гранулирование – это энергоемкий процесс, и актуальность его совершенствования достаточно высока. Одним из целесообразных путей совершенствования процесса прессового гранулирования является разработка новых и оптимизация существующих конструкций пресс-грануляторов [5].

Недостатком большинства грануляторов является перегрев матрицы и других рабочих органов, который влечет за собой снижение производительности и падение качества конечного продукта. Еще одним негативным фактором перегрева матрицы является необходимость в остановке гранулятора для охлаждения и частой смазке трущихся поверхностей, при этом после каждого запуска возникает необходимость в отладке технологического цикла [2].

Еще одним недостатком, который значительно снижает экономическую эффективность процесса гранулирования, является большое количество образовавшегося несгранулированного корма, который по желобам ссыпается в поддон, а затем подвергается увлажнению и снова засыпается в приемную камеру для повторного гранулирования.

По производительности грануляторы делятся на бытовые и промышленные. А основной принцип классификации грануляторов «по типу матрицы» предполагает деление на две большие группы:

1. грануляторы с плоской матрицей. В грануляторах с плоской матрицей можно перерабатывать более твердые материалы, такие как резина, дерево и даже уголь. Такая матрица по праву считается самой бюджетной, но при этом отличается крайне низкой производительностью.

2. грануляторы с кольцевой матрицей. В грануляторах с кольцевой матрицей кормосмесь продавливается через отверстия, зажата в клин между вращающейся матрицей и пресс-вальцом, укрепленным внутри рабочей камеры. Такие грануляторы считаются более производительными, долговечными и энергоэффективными, стоимость их ремонта и дальнейшего обслуживания значительно ниже. Это связано с тем, что такая конструкция матрицы не вызывает неравномерной штамповки и дальнейшего износа ролика.

Недостатком грануляторов с кольцевой матрицей являются жесткие ограничения используемого сырья. Твердые материалы переработать невозможно, но при работе с растительным сырьем в области производства отрубей и комбикормов процесс образования гранул происходит достаточно комфортно и высокопроизводительно. Так, например, небольшой пресс с такой конструкцией может выдавать примерно 15-25 тонн комбикорма в час, аналогичный пресс с плоской матрицей будет выдавать не более 7 тонн такого же комбикорма.

Таким образом, все существующие типы генераторов имеют серьезные несовершенства. Требуется проведение дальнейших исследований по совершенствованию конструкций грануляторов и устранению их основных недостатков. Особое внимание необходимо уделить вопросам снижения трудоёмкости обслуживания, увеличения производительности и надежности.

Список источников

1. Родина Л. Н. Обоснование параметров и режима работы шестеренного гранулятора плунжерного действия: дисс. канд. техн. наук. Зерноград, 2005. 140 с.
2. Патент РФ № RU 2 637 127 C1, МПК В 02С 18/30. Гранулятор / А. А. Зыкин. Опубл. 30.11.17.
3. Пресс-грануляторы. Линии гранулирования серии «ДОЗА». Н. Новгород [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dozagran.com/ru/catalog/ogm6>. Загл. с экрана. 2011.
4. Ольховик П. А., Шахов В. А., Хлопко Ю. А., Козловцев А. П., Межуева Л. В., Шахов В. В., Шахов Г. В. Основные тенденции совершенствования пресс-грануляторов // Известия ОГАУ. 2022. №2 (94). С. 102-106.
5. Кириленко А. С., Ковриков И. Т. Структурное совершенствование вальцово-матричных пресс-грануляторов с кольцевой матрицей // Технические науки – от теории к практике. 2012. №7-2. С. 72-78.

УДК 621.79

Панькина А. Д.

Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТ РЕЖИМА И РАСХОДА МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКЕ

Аннотация. В статье предложена методика расчёта основных параметров режима дуговой сварки: диаметр электродной проволоки, значения величин сварочного тока и напряжения на дуге, количество наплавленного металла, расход электродов и электроэнергии.

Ключевые слова: электродуговая сварка, электрод, наплавленный материал, сварочный ток, длина дуги

Сваркой называется технологический процесс образования неразъемного соединения деталей машин, конструкций и сооружений путем их местного сплавления или совместного деформирования.

Дуга – мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров различных материалов. По принципу работы сварочные дуги бывают прямого, косвенного и комбинированного действия. Если одним из электродов служит свариваемый металл, то получается дуга прямого действия. Дуга косвенного действия возбуждается между двумя отдельными электродами. Дуга комбинированного дей-

ствия используется при трехфазном токе и возникает между двумя электродами и отдельно между каждым из них и свариваемым металлом.

Для сварки используют постоянный и переменный ток. При постоянном токе дуга горит устойчиво даже при значительном изменении ее длины. В дуге переменного тока напряжение и ток непрерывно меняют свое значение и направление.

Производительность процесса сварки, в основном, определяется величиной сварочного тока.

Сварочный ток $J_{св}$ выбирают в зависимости от диаметра электрода и типа металла стержня электрода. Определим сварочный ток, расход материалов и электроэнергии, если марка стали – сталь 20, толщина заготовки $S=10$ мм, длина сварного шва $L=500$ мм, площадь поперечного сечения шва $F_{ш}=1,6$ см², а обмазка электрода – тонкая.

Тогда

$$J_{св}=K \cdot d_э=40 \cdot 5=200 \text{ А},$$

где K – опытный коэффициент, равный 40-60 А/мм для электрода из малоуглеродистой стали, и 35-40 А/мм – из легированной стали; $d_э$ – диаметр электрода, мм.

Диаметр электродов выбираем исходя из толщины свариваемого металла, S , мм.

S , мм	1	2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-20	более 20
$d_э$, мм	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8

Длину дуги l_D выбираем по выбранному диаметру электрода:

$$l_D=0,5 \cdot (d_э+2)=0,5 \cdot (5+2)=3,5 \text{ мм}.$$

Напряжение U_D горения дуги пропорционально ее длине:

$$U_D=\alpha+\beta \cdot l_D=10+2 \cdot 3,5=17 \text{ В},$$

где α и β – опытные коэффициенты. Для стальных электродов $\alpha=10$ В;

$$\beta=2 \frac{\text{В}}{\text{мм}}.$$

Количество наплавленного металла Q_n определяем по формуле

$$Q_n=F_{ш} \cdot L \cdot \rho=1,6 \cdot 50 \cdot 7,8=624 \text{ г},$$

где $F_{ш}$ – площадь поперечного сечения шва, см²;

L – длина шва, см;

ρ – плотность наплавленного металла г/см³ (для стальных электродов $\rho = 7,8$ г/см³).

Расход электродов $Q_э$ подсчитываем по формуле:

$$Q_э = (1,2 \div 1,3) \cdot Q_n = 1,2 \cdot 624 = 748,8 \text{ г.}$$

Время, необходимое для сварки, t_0 (ч):

$$t_0 = \frac{Q_n}{J_{св} \cdot \alpha_n} = \frac{624}{200 \cdot 7} = 0,45 \text{ ч,}$$

где α_n – коэффициент наплавки, т.е. количество электродного металла, наплавленного в течение 1 часа, приходящееся на 1А сварочного тока,

$$\frac{z}{A \cdot ч}.$$

Для электродов с меловой обмазкой (тонкой) $\alpha_n = (7 \div 8)$, для толсто-обмазанных электродов $\alpha_n = (10 \div 14)$.

Расход электроэнергии $\mathcal{E}$ при электродуговой сварке определяем по формуле: $\mathcal{E} = U_D \cdot J_{св} \cdot t_0 = 17 \cdot 200 \cdot 0,45 = 1530 \text{ Вт} \cdot \text{ч.}$

Список источников

1. Новиковский Е. А. Учебное пособие «ручная электродуговая и газовая сварка металлов». Барнаул: Типография АлтГТУ, 2013. 106 с.
2. Ручная дуговая сварка штучными электродами: учеб. пособие Ю. А. Вашихов. Электрон. текст. дан. (1,6 Мб). Самара: Издательство Самарского университета, 2019.
3. Ручная дуговая сварка: ГОСТ, технология, режимы, виды // sterbrust.tech [Электронный ресурс]. URL: <https://sterbrust.tech/spravochnik/svarka/ruchnaya-dugovaya-svarka.html> (дата обращения: 04.04.2023).

УДК 621.793

Сластихина С. В., Кутонова Е. В., Стародубцева О. Н.

Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ ПРИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ ЛЕГИРОВАНИИ

Аннотация. Проведен анализ исследований при упрочнении поверхностного слоя стали 45 методом электроискрового легирования и выявлены структурные изменения.

Ключевые слова: сталь, электроискровое легирование, структура, упрочнение, твердые сплавы

Достижение высокой износостойкости и жаростойкости рабочих поверхностей деталей и инструментов является актуальной проблемой, которая может быть решена развитием и внедрением в производство новейших методов упрочнения. Одним из методов формирования функциональных покрытий на металлических поверхностях является электроискровое легирование (ЭИЛ). Основные достоинства метода состоят в возможности переноса на обрабатываемую поверхность любых токопроводящих материалов, в том числе тугоплавких металлов и соединений, а также в высокой прочности сцепления упрочненного слоя с основой, в возможности локального нанесения покрытий без заметной деформации деталей. Большое применение находит рассматриваемый процесс для создания различных слоев и «вспенивания» поверхности для осуществления других видов обработки.

При анализе свойств поверхностных слоев металлов, подвергнутых воздействию импульсных разрядов, было обнаружено, что при электрической эрозии на поверхности формируются различные зоны. Сложные структурные и фазовые превращения наблюдаются при электроискровом легировании стали 45 твердым сплавом типа ВК11. При использовании в качестве анода твердого сплава ВК11 на поверхности катода из стали 45 формируются три зоны: белая зона и зоны диффузионного и термического влияния. Первая зона состоит из мелкодисперсного карбидов вольфрама и кобальта; вторая – представляет собой аустенитно-мартенситную структуру, насыщенную дисперсными карбидами вольфрама и кобальта, третья – имеет аустенитно-мартенситную структуру с включениями небольшого количества мелкодисперсных карбидов.

Исследования микротвердости составляющих зон показали, что самая верхняя зона состоит почти из чистого исходного сплава, твердость которого соответствует твердости обрабатывающего электрода, а нижележащие зоны представляют собой смесь аустенита, мартенсита и карбидных включений с различным процентным соотношением составляющих по глубине.

Проведенные исследования способствуют дальнейшему развитию метода электроискрового легирования. Полученные закономерности массопереноса от суммарной величины энергии искровых разрядов и разработанные рекомендации по выбору электродных материалов позволяют прогнозировать состав и толщину покрытий в реальных технологических процессах.

Стародубцева О. Н., Сластихина С. В.
Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КАЧЕСТВА ПАЙКИ СБОРНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ

***Аннотация.** Представлены теоретические выкладки по определению зависимости качества пайки сборных режущих инструментов от различных технологических параметров.*

***Ключевые слова:** пайка твердосплавных пластин; припой; температура плавления припоя*

Режущие инструменты, применяемые для резания как металлических, так и неметаллических материалов, чаще всего производят в виде сборных составных изделий, корпус (державка) которых изготовлен из конструкционной стали, а режущая часть – из твердого сплава.

Составные инструменты изготавливаются двумя способами: с механическим креплением твердосплавной пластины к корпусу и путем пайки.

Пайка остается основным технологическим способом крепления твердого сплава к державке. Это объясняется простотой конструкции паяного инструмента, эффективностью технологического процесса пайки и его высокой производительностью.

При пайке твердого сплава в паяных соединениях инструмента могут образовываться значительные остаточные напряжения, которые способствуют появлению трещин и разрушению твердого сплава или паяного соединения не только при эксплуатации, но и при изготовлении твердосплавного инструмента.

Способность жидкого припоя смачивать паяемые материалы, взаимодействовать с ним, растекаться по его поверхности является обязательным условием пайки. Технологическая характеристика смачиваемости паяемых материалов зависит от вида припоя, от марки, применяемого флюса и соединяемых материалов.

Для пайки твердосплавных пластин наиболее подходящими являются серебряные припои. Они обладают высокой жидкотекучестью и малыми температурными интервалами начала и конца плавления от 10 до 50 С° в зависимости от марки припоя. Использование серебряных при-

поев позволяет не перегревать при пайке ни корпус инструмента, ни напаиваемую твердосплавную пластину. Это обеспечивает качественную работу инструмента.

Но применение серебряных припоев ограничивается дороговизной использования. Поэтому предпочтение лучше отдать медно-цинковым припоям таких марок как Л60, Л62, Л68. Данные припои имеют более высокие температуры плавления и низкие физико-механические свойства. Однако они могут ухудшить качество паяного соединения из-за появления напряжений и микротрещин на твердосплавных пластинках.

Некоторые производственники используют медно-фосфористые припои. Медно-фосфористые припои ПМФ-1 ... ПМФ-7 обладают большими интервалами начала плавления и кристаллизации от 50 до 120°C. Медно-фосфористые припои плохо растекаются по паяной поверхности, неравномерно распределяются, ухудшая смачиваемость. Также необходимо учитывать, что сталь содержит фосфор как вредную примесь и при высоких температурах пайки фосфор может образовать с железом фосфидные соединения, которые могут привести к уменьшению прочности и хрупкости паяного соединения.

Условия смачиваемости припоем поверхности паемого материала определяли по формуле

$$\cos \alpha = \frac{W_{\alpha} - \sigma_{жс}}{\sigma_{жс}},$$

где α – краевой угол смачивание в системе;

W_{α} – работа адгезии жидкого металла к поверхности твердого;

$\sigma_{жс}$ – поверхностное натяжение жидкого металла.

Одним из основных условий при пайке является температура плавления припоя. Особое внимание следует обратить на начало плавления линии ликвидуса по диаграмме и солидуса – концу затвердивания припоя.

При пайке припой нагревают до температуры, превышающей температуру его плавления, но не достигающей точки плавления металла соединяемых деталей. Припой, становясь жидким, смачивает поверхности и заполняет все зазоры за счет действия капиллярных сил. Происходит растворения основного материала в припое и их взаимная диффузия. Застывая, припой прочно сцепляется с паемыми деталями.

При пайке должно выполняться следующее температурное условие:

$$T_1 < T_2 < T_3 < T_4,$$

где T_1 – температура, при которой работает паяное соединение;

T_2 – температура плавление припоя;

T_3 – температура нагрева при пайке;

T_4 – температура плавления соединяемых деталей.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что тонкие твердосплавные пластины из одного и того же твердого сплава более стойки к термоударам, чем толстостенные.

Температурный коэффициент линейного расширения λ твердосплавных пластин играет важную роль при пайке пластины к державкам. При пайке необходимо подбирать значения λ_T пластин и стали корпуса так, чтобы они не сильно отличались иначе при перепадах температур, может произойти растрескивание пластин. Важное значение играет зазор между индуктором и инструментом для равномерного прогрева инструмента. Обычно нагрев инструмента начинают с корпуса. После прогрева корпуса до температуры пайки продвигают корпус с твердосплавной пластиной в более интенсивную зону нагрева. Это возможно при пайке однолезвийных инструментов.

В процессе пайки нельзя допускать перегрева припоя. При перегреве медно-цинковых припоев Л60, Л62, Л63 может испариться цинк в виде белого пара.

После пайки паяных инструментов проводят охлаждение инструментов в подогретом песке или на воздухе. Паяные инструменты подвергают очистке для удаления флюса и окалины. Затем готовый инструмент подвергают визуально-измерительному контролю на наличие трещин, неприпоя и смещение твердосплавных пластин.

Таким образом, проведение исследований показало, что при пайке необходимо четко соблюдать режимы пайки. Для уменьшения образования трещин и термических напряжений охлаждать медленно в песчаных ваннах.

При пайке необходимо подбирать значения температурного коэффициента линейного расширения твердосплавной пластины и стали корпуса так, чтобы они не сильно отличались.

Жидкий припой должен обеспечивать хорошую смачиваемость и должен равномерно растекаться по поверхности державки.

Список источников

1. Панов В. С., Коняшин И. Ю., Левашов Е. А., Зайцев А. А. Твердые сплавы: учебник. 3-е изд., доп. и перераб. М.: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. 398 с.

Стародубцева О. Н., Бастраков В. М.
Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЛАТУННЫХ КЛЮЧЕЙ ОТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛА

***Аннотация.** В статье рассмотрены процессы, происходящие в сопряжении ключа из латуни ЛС 59-1 с сувальдами замка из стали обыкновенного качества. Представлены результаты испытаний по определению предельного износа (отказа) ключей.*

***Ключевые слова:** узел трения, износостойкость, латунь*

Любой механизм подвержен износу, узел трения не исключение. При взаимодействии поверхностей происходит отделение частиц материала с поверхностей деталей, что приводит к изменению размеров и формы деталей [1]. Примером узла трения является узел сувальдный замок – ключ.

Нами был исследован процесс трения и износа в сопряжении ключа с сувальдами при эксплуатации замков, так как износ этой пары является наиболее важным фактором в обеспечении качества продукции. Исследование проходило с использованием продукции предприятия ООО «Тиара», а именно ключей из латуни марки ЛС 59-1 и сувальдами замка из стали обыкновенного качества [2].

Износостойкость не является постоянным свойством материала, а проявляется в конкретных условиях и режимах эксплуатации. Для обеспечения требуемого качества изделий и возможности постоянного повышения их надёжности необходимо было установить влияние свойств и состава используемых материалов на износостойкость изделий из принятых материалов при нормальных условиях [2].

При сухом трении происходит изнашивание при заедании. Это случается при локальном соединении двух твёрдых тел при взаимодействии молекулярных сил, последующего вырывания материала с одной поверхности и переносе его на другую. Оно проявляется при отсутствии смазочных плёнок. Часть отделившегося материала налипает на поверхность сопряжённой детали [3]. Поэтому можно предположить, что одна из поверхностей будет подвергаться износу в меньшей степени,

особенно при возвратно-поступательном относительном движении сопрягаемых поверхностей.

Латунь представляет собой сплав меди с цинком. Известно, что медь с цинком образуют, кроме основного α -раствора, ряд фаз электронного типа α , β , γ и ϵ . У наиболее часто применяемых латуней структура состоит из α или $\alpha+\beta$ фаз. α -фаза – это твердый раствор цинка в меди с кристаллической решёткой меди гранецентрированного куба. Предельная растворимость цинка в меди составляет 39 %. При содержании цинка в сплаве более 40 % согласно диаграмме Cu-Zn его структурное состояние находится в двухфазной области $\alpha+\beta$. При появлении в структуре сплава β -кристаллов его пластичность снижается, а прочность возрастает при увеличении в составе содержания цинка до 45 %. При дальнейшем увеличении содержания цинка прочность резко снижается. С увеличением содержания цинка механические свойства латуни растут, а стоимость уменьшается. Поэтому при использовании латуней, содержащих более 40 % цинка, их износ происходит неравномерно и ускоренно.

С целью установления действительного ресурса замка при взаимодействии латунного ключа со стальными сувальдами на специально сконструированной установке были проведены ускоренные испытания при нормальных условиях до предельного износа деталей, когда механизм перестаёт выполнять заданные функции (наступает отказ). В соответствии с требованиями надёжности ГОСТ 5089-2011 «Замки, защёлки, механизмы цилиндровые. Технические условия» сборочные узлы замков каждого класса должны выдерживать необходимое число циклов безотказной работы. В теории надёжности такой показатель называют ресурсом. Цикл представляет собой вывод засова из корпуса замка на полный вылет с последующим вводом без нагрузки. Установка воспроизводит возвратно-поступательное движение ключа относительно сувальд.

Испытаниям подвергалась партия ключей, серийно изготавливаемых на ООО «Тиара» из латунной ленты марки ЛС59-1 разных поставщиков. Результаты испытаний показали, что число циклов до предельного износа ключей, изготовленных из этого материала, различается существенно.

Полученные результаты показывают, что ключи, изготовленные из одного материала, выдерживают число циклов, отличающееся без применения смазки примерно в 2 раза и с применением смазки – в 2,5 раза.

Разброс результатов измерений твёрдости на одном образце проявляется от неоднородности структуры, возникающей при охлаждении

заготовок после горячего прессования полуфабрикатов. Неоднородность структуры наблюдается в двухфазных $\alpha+\beta$ -латунях из-за высокой чувствительности к режимам охлаждения. Поэтому возникает необходимость стабилизировать скорость охлаждения после горячей штамповки заготовок ключей, то есть учитывать технологический фактор.

Анализ данных таблицы показывает, что число циклов увеличивается при увеличении в сплаве содержания меди и уменьшении содержания цинка [2].

Результаты анализа химического состава материала
испытываемых образцов

Условия испытаний		Без смазки			Со смазкой		
№ образца		1	2	3	4	5	6
Число циклов		2574	1717	1357	28520	27250	10250
Химический состав, %	Cu	58,1	57,2	57,1	60,4	58,3	57,5
	Zn	39,5	40,6	40,7	37,3	39,6	40,2
	Pb	1,73	1,64	1,01	1,7	1,7	1,6
	Fe	0,116	0,0726	0,232	0,0619	0,0598	0,124

Таким образом, при изготовлении ключей для замков требуемого качества необходимо устанавливать дополнительные требования по химическому составу и структуре материала.

В первую очередь, необходимо установить требования к содержанию цинка в пределах от 36 до 39,5 %. Во вторую очередь, необходимо стабилизировать режим охлаждения заготовок после горячей штамповки. Это позволит значительно увеличить ресурс каждого образца продукции.

Список источников

1. Бахраков В. М., Бербаков И. А. Влияние качества материала на эксплуатационные показатели замков // Труды ПГТУ. Сер.: Технологическая. Йошкар-Ола. ПГТУ, 2017. С. 105-109.
2. Бахраков В. М., Алибеков С. Я., Стародубцева О. Н., Юнусов Г. С. Влияние химического состава латуни на износостойкость изделий // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. 2021. № 4 (19). С. 7-13.
3. Чичинадзе А. В., Берлинер Э. М., Браун Э. Д. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника); под общ. ред. А. В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2003. 273 с.

УДК 681.51:621.9

Александров А. Н.

Научный руководитель: Головина Е. В. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет
Йошкар-Олинский аграрный колледж

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДАТЧИК СЛЕЖЕНИЯ ARDUINO ЗА ПОСТОРОННИМИ ОБЪЕКТАМИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

***Аннотация.** Решение проблемы защиты рабочей зоны станка и его агрегатов от посторонних объектов путем внедрения в систему управления ультразвукового датчика.*

***Ключевые слова:** устройства защиты и сигнализации, станки с ЧПУ, безопасное слежение за рабочей зоной, Arduino, ультразвуковой датчик*

Каждое промышленное предприятие стремится к автоматизации своего производства. Роль специалистов на таких предприятиях – оказывать надзор за работой и состоянием оборудования и систем, а также обслуживание агрегатов. Но автоматизация предполагает еще и защиту станков с числовым программным управлением (ЧПУ) от негативного воздействия различных внешних факторов.

Для защиты рабочей зоны от попадания посторонних объектов (например, людей) системы управления машин с ЧПУ должны снабжаться средствами и устройствами защиты, сигнализации и индикации аварийных рабочих режимов.

Целью исследования является внедрение в систему управления станков с ЧПУ датчиков обратной связи на базе Arduino для предупреждения возникновения различных опасных ситуаций при работе системы.

Чтобы достичь данной цели были поставлены задачи:

1. разработать методы оценки опасности попадания различных объектов в рабочую зону при работе станков с ЧПУ;
2. выбрать наиболее оптимальный способ безопасного слежения за рабочей зоной при работе станка с ЧПУ от попадания посторонних объектов;
3. на базе Arduino собрать макет устройства сигнализации и индикации аварийных рабочих режимов при попадании посторонних объектов в рабочую зону станка с ЧПУ.

Современная автоматизированная техника – дорогая – требует должного внимания по уходу, хранению и эксплуатации. Бережное отношение к защите от неблагоприятных факторов следует проявлять при непосредственной эксплуатации агрегатов. Поэтому конструкция автоматической линии должна снабжаться защитными ограждениями, которые достаточно дорогостоящие. Хорошей альтернативой защитным ограждениям от попадания посторонних объектов в рабочую зону станка является автоматизированная система сигнализации и индикации.

На базе конструкторов Arduino имеется множество проектов, которые можно использовать для сигнализации при попадании посторонних объектов (людей) в рабочую зону станка. Функции таких сигнализаторов достаточно широки: от звукового и оптического оповещения до автоматической остановки работы станка.

При изучении проблемы защиты рабочей зоны станка и его агрегатов были рассмотрены различные типы датчиков обратной связи. Одним из оптимальных считается подвижный дальномер на сервомоторе. Данная защитная система будет не только сигнализировать о попадании постороннего объекта в рабочую зону, но следить за его смещением, не теряя при этом его из поля зрения.

Необходимое для проекта оборудование.

Проект внедрения системы сигнализации был выполнен с использованием ультразвукового датчика HC-SR04 и серводвигателя SG-90; любая плата Arduino с проводами; светодиоды и звуковые модули соответственно для визуальной и звуковой сигнализации.

Ход эксперимента.

Сборка электронного модуля была по схеме согласно рис. 1.

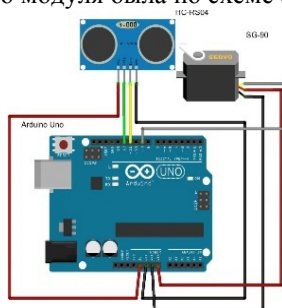


Рис. 1. Схема подключения ультразвукового датчика слежения HC-SR04

Алгоритм работы сигнализации.

Повороты дальномера с помощью сервопривода, пока в определённом радиусе не появится какой-либо объект, когда дальномер обнару-

живает его, сервопривод останавливается, загорается светодиод и появляется звуковой сигнал. Пока объект не выйдет из зоны видимости, сервопривод не будет поворачивать дальномер.

После выхода объекта из зоны видимости сервопривод снова начинает поворачивать дальномер до повторного попадания какого-либо объекта в зону видимости дальномера.

Предполагается установка на данное устройство камеры, она будет следовать за объектом, попавшим в установленный радиус, пока он не выйдет из него. Камера позволит оператору станков с ЧПУ контролировать не один станок, а сразу несколько. В перспективе – идет разработка системы слежения и контроля с блокировкой работы станка.

Для автоматической работы системы написана программа на языке Arduino IDE, код которой представлен на рис. 2

```
#include //подключаем библиотеку для сервомотора
#include "Ultrasonic.h" //подключаем библиотеку для ультразвукового датчика

Servo servoneck; // создаем объект серво-шея
Ultrasonic ultrasonic(12, 11); //trigPin - 12, echoPin - 11;
const int ledPin = 13; // пин 13 – светодиод
const int distance = 30; // минимальное расстояние до попадания в фокус
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // задаем светодиод - выходной пин
  servoneck.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
  servoneck.write(150);
  digitalWrite(ledPin, 0); // выключаем светодиод
}

void loop() {
  if (ultrasonic.Ranging(CM)>distance){
    digitalWrite(ledPin, 0); // выключаем светодиод
    servoneck.write(90);
    delay(500);

    if (ultrasonic.Ranging(CM)>distance){
      digitalWrite(ledPin, 0); // выключаем светодиод
      servoneck.write(150);
      delay(500);
    }

    if (ultrasonic.Ranging(CM)>distance){
      digitalWrite(ledPin, 0); // выключаем светодиод
      servoneck.write(90);
      delay(500);
    }

    if (ultrasonic.Ranging(CM)>distance){
      digitalWrite(ledPin, 0); // выключаем светодиод
      servoneck.write(30);
      delay(500);
    }
  }
  else
    digitalWrite(ledPin, 1); // включаем светодиод
  delay(500);
}
```

Рис. 2. Скetch-программа работы датчика и сервопривода

Вывод: проблемы защиты дорогостоящих станков с ЧПУ от попадания посторонних объектов в рабочую зону можно избежать с помощью несложной автоматизированной системы слежения и сигнализации на базе Arduino.

Список источников:

1. Ультразвуковой контроль за движущимся объектом [Электронный ресурс]. URL: <https://diytimes.ru/post/72> (дата обращения: 01.03.2023).
2. На защите ЧПУ. Промышленная площадка [Электронный ресурс]. URL: <https://epps.ru/journal/detail.php?id=1355> (дата обращения: 01.03.2023).

Анисимов И. С., Анисимов Н. С., Гилязова Т. А.
Научные руководители: Царев Е. М., д-р техн. наук, профессор;
Рукомойников К. П., д-р техн. наук, профессор;
Макаров В. Е., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО УХОДА НА РУБКАХ УХОДА В КОЛХОЗНЫХ ЛЕСАХ

Аннотация. *Предложена конструкция устройства для химического ухода за лесом с применением арборицидной смеси для проведения рубок ухода (осветления и прочистки) в колхозных лесах.*

Ключевые слова: *арборицидная смесь, рубки ухода, колхозные леса, осветление, прочистка*

Все леса государственного лесного фонда в соответствии с их народно-хозяйственным значением, местоположением и выполняемыми функциями делятся на 3 группы:

- леса государственного значения – на I, II и III группы;
- колхозные леса – на I и II группы. [1].

Рубки ухода за лесом – это форма ухода за лесом путём удаления из насаждения нежелательных деревьев. Одним из способов ухода за лесом является химический уход [1].

Он предназначен, в основном, для применения на этапе формирования молодняков, начиная с первых – осветлений.

В основе ухода – способ воздействия на нежелательные деревья в насаждении химическими средствами с целью их полного или частичного уничтожения, ослабления роста [2].

В результате проведения литературного и патентного поисков были найдены устройства [3] для проведения такого рода работ.

Основными недостатками данных устройств является сложность конструкции, недостаточная надёжность, высокая трудоёмкость процесса срезания, увеличенная физическая нагрузка на оператора при работе и переносе устройства, что ведёт к снижению производительности труда.

Цель работы – повышение надёжности работы устройства при проведении рубок ухода с применением химических препаратов.

Предложено устройство (рис. 1), состоящее из силовой установки 1 в виде электрической дрели 2 с режущим органом в виде сверла 3, которая размещена в большом П-образном лотке 4 и зафиксированная с помощью двух стяжных болтов 5, в верхней части большого лотка жестко закреплена направляющая 6 с ползуном 7, на котором жестко закреплен малый П-образный лоток 8, внутри которой размещена емкость 9 для химического раствора с форсункой 10 и рукояткой 11 для впрыска химического раствора, ползун 7, в свою очередь, снабжен механизмом возврата, выполненного в виде пружины 12, закрепленной в задней части ползуна 7 и связанной с направляющей 6.

Данное устройство работает следующим образом (рис. 2).

Электрическая дрель 1 подносится к месту сверления 13 на растущем дереве 14. Происходит процесс сверления до половины диаметра дерева. После этого режущий орган 3 возвращается в исходное положение, дрель 1 опускается вниз на величину, равную между режущим органом 3 и форсункой 10, таким образом, форсунка 10 оказывается на уровне просверленного отверстия 13.

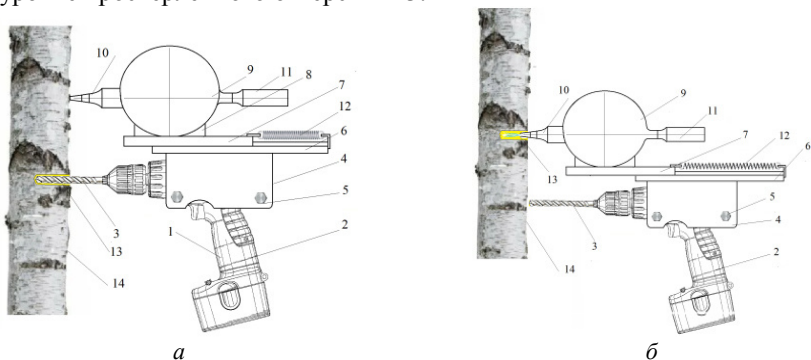


Рис. 1. Устройство для химического ухода за лесом:

а – вид сбоку устройства (сверление), б – вид сбоку устройства (впрыск):

1 – силовая установка, 2 – электрическая дрель, 3 – сверло, 4 – большой П-образный лоток, 5 – стяжные болты, 6 – направляющая, 7 – ползун, 8 – малый П-образный лоток, 9 – емкость, 10 – форсунка, 11 – рукоятка, 12 – пружина, 13 – место сверления, 14 – растущее дерево

Затем ползун 7 при помощи руки оператора скользит по направляющей 6 до просверленного отверстия 13. При этом форсунка 10 входит в просверленное отверстие 13. При помощи рукоятки 11 происходит впрыск химического раствора. После этого за счет пружины 12 емкость 9 химического раствора возвращается в исходное положение, и форсунка 10 выходит из отверстия 13.

Осуществляется переход к другому дереву и цикл повторяется.

На рис. 2 показана конструкция устройства и этапы работы устройства для химического ухода за лесом.

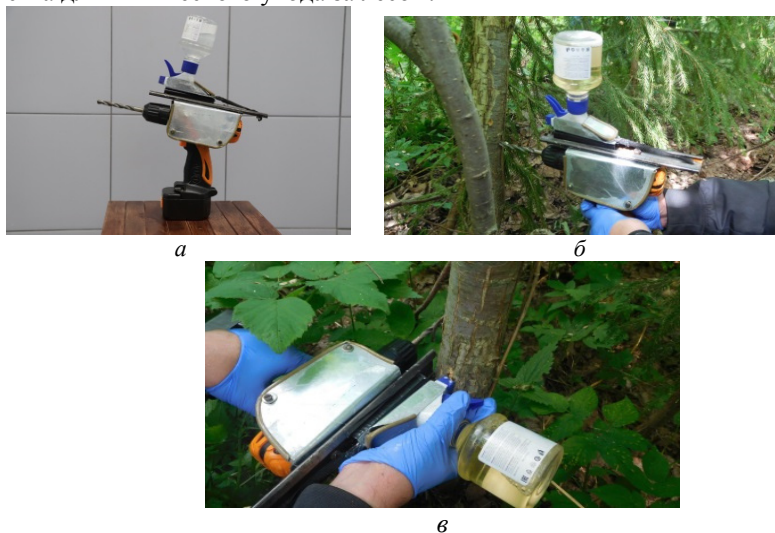


Рис. 2 Этапы работы устройства для химического ухода за лесом
а – общий вид устройства, б – процесс сверления,
в – процесс впрыска химического раствора

Выводы. В результате разработки нового технического решения с использованием приведенного устройства упрощается конструкция, снижается трудоемкость процесса надрезания (за счет сверления) и уменьшается физическая нагрузка на оператора при работе и переносе устройства и увеличивается производительность труда.

Список источников

1. Атрохин В. Г., Иевинь И. К. Рубки ухода и промежуточное лесопользование. М.: Агропромиздат, 1985. 252 с.
2. Рекомендации по уходу за молодняками леса инструментом «Кобра» / Сост. Г. А. Алексеев. Йошкар-Ола, 2009. 40 с.
3. Крнев А. В. Технические решения для химического ухода за лесом // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы Всероссийской студенческой конференции: в 8 ч. 2015. Ч. 2. С. 79-81.

Анисимов И. С., Анисимов Н. С.
 Научные руководители: Царев Е. М., д-р техн. наук, профессор,
 Рукомойников К. П., д-р техн. наук, профессор;
 Багаутдинов И. Н., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОЖАРНЫЙ ГРУНТОМЕТ - ПОЛОСОПРОКЛАДЫВАТЕЛЬ НА ПРОКЛАДКЕ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ПОЛОС И ТУШЕНИИ НИЗОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ПРИ ЗАЩИТЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

***Аннотация.** Указаны способы борьбы с лесными пожарами. Особое внимание уделено использованию грунта для непосредственной борьбы с лесными пожарами путем метания его специальными устройствами (грунтометами), представляющими перспективу, особенно при тушении низовых пожаров. Предложена конструкция пожарного грунтомета – полосопрокладывателя для тушения лесных пожаров с помощью создания (прокладки) минерализованных полос и засыпки крошки движущегося огня грунтом (низовые пожары).*

***Ключевые слова:** низовой пожар, грунтометатели, полосопрокладыватель, минерализованные полосы, пожарный грунтомет*

Пожарная обстановка по всей территории России согласно спутниковому мониторингу (ИСДМ-Рослесхоз) за последние три года представлена в таблице [1].

Количество пожаров за 2020, 2021, 2022 годы, шт.

Годы	Округа РФ							
	ЦФО	СЗФО	ЮФО	ПФО	УФО	СФО	ДФО	СКВО
2021	5080	1989	577	1124	1709	6782	11442	453
2021	2595	1713	179	1747	2841	4656	7111	166
2022	1296	1539	171	533	1798	5659	6575	111

Быстрому распространению пожаров способствуют заброшенные и деградированные сельскохозяйственные угодья. В настоящее время площадь заброшенных и деградированных сельскохозяйственных участков, заросших лесом, из года в год увеличивается. Особую актуальность представляет защита заброшенных и деградированных сельскохозяйственных угодий от лесных пожаров. Кроме того, эти угодья в

большинстве случаев расположены вблизи поселков, деревень, что представляет серьезную угрозу населению.

Наиболее широко известны способы борьбы, основанные на [2]:

1. использовании воды (растворов химикатов);
2. пуске встречного огня (отжига);
3. прокладывании заградительных минерализованных полос.

Цель работы. Создание конструкции устройства рабочего органа, позволяющего удалять кустарники, поросли и наземную часть пней при непрерывном движении машины.

Произведен литературный и патентный поиск, где был установлен прототип и указаны недостатки [3].

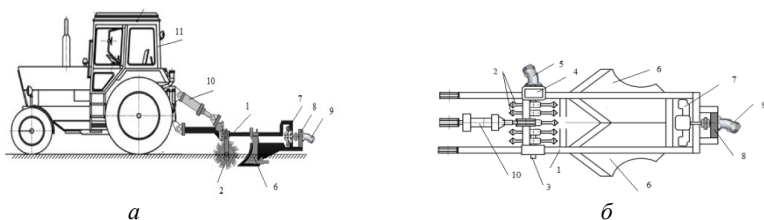
Недостатками являются: затрудненность работы на участках, имеющих в своем составе корни древесно-кустарниковой и дернину травяной растительности; не может быть применен для прокладки минерализованных противопожарных полос; почвогрунт подается в зону огня вместе с верхним покровом, состоящим из хвои, что снижает эффективность в тушении пожара и нередко способствует его продвижению; недостаточное эффективное удаление корней.

На основе этого была предложена конструкция устройства.

Конструкция (рисунок) [4] содержит раму 1, внизу которой расположены фрезы-рыхлители 2, установленные на валу 3. Через редуктор 4 они связаны с гидромотором 5. За рыхлителями 2 на раме 1 жестко смонтированы два лемеха 6, параллельно установленные относительно друг друга и жестко соединенные между собой, образуя направляющий лоток для грунта. За ними установлен метатель 7, приводящийся во вращение от гидромотора 9 через редуктор 8. Впереди рамы 1 шарнирно установлен гидроцилиндр 10, позволяющий заглублять рыхлители и лемеха на заданную глубину и крепящийся к базовому трактору 11.

Пожарный грунтомет работает следующим образом. Базовый трактор 11 выходит на рабочую позицию. При помощи гидроцилиндра 10 рама 1 опускается и рыхлители 2 с лемехами 6 заглубляются на заданную глубину.

Базовый трактор 11 начинает движение. При этом рыхлители 2, вращаясь на валу 3 через редуктор 4 от гидромотора 5, разрыхляют дернину травяной растительности с одновременным перерезанием и удалением корней древесно-кустарниковой растительности.



Пожарный грунтомет (а – вид сбоку, б – вид сверху):

- 1 – рама; 2 – фрезы-рыхлители; 3 – вал; 4 – редуктор; 5 – гидромотор;
6 – лемехи; 7 – метатель; 8 – редуктор; 9 – гидромотор; 10 – гидроцилиндр;
11 – базовый трактор

Выводы. Предложенная конструкция лесопожарного грунтомета обладает следующими преимуществами: повышение эффективности работы грунтомета за счет удаления корней древесно-кустарниковой и дернины травяной растительности при помощи фрез; увеличение производительности за счет тяги трактора, а не за счет физической силы оператора или тяги самого грунтомета; простота конструкции; модульность (сменность) для базового трактора (например для МТЗ-82 с экскаваторным оборудованием); простота в обслуживании и ремонтно-пригодность в условиях лесосеки (фрезы-рыхлители и лемехи сборные и сменные).

Список источников

1. Сводная статистика лесных пожаров в РФ [Электронный ресурс]. URL: <http://wiki-fire.org/> (открыт: 05.04.2023).
2. Ступников Д. С. Виды лесных пожаров и методы их тушения. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. №9-3 (20-3). С. 201-203.
3. Патент 2541987 Пожарный грунтомет-полосопрокладыватель. Российская Федерация, МПК E02F3/18, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежская государственная лесотехническая академия», Авторы: Бартенев И. М., Емтыль З. К., Драпалюк М. В., Бухтояров Л. Д., Попиков П. И.; заявл. 29.01.2014 опублик. 20.02.2015, бюл. №5.
4. Патент 2770406 Пожарный грунтомет. Российская Федерация, МПК A62C3/02, заявитель и патентообладатель ПГТУ, Авторы: Царев Е. М., Анисимов С. Е., Рукомойников К. П., Волдаев М. Н., Попов Н. И., Анисимов Н. С., Анисимов И. С.; заявл. 12.10.2021 опублик. 15.04.2022, бюл. №11.

Анисимов Н. С., Анисимов И. С.

Научные руководители: Царев Е. М., д-р техн. наук, профессор;

Рукомойников К. П., д-р техн. наук, профессор;

Макаров В. Е., ст. преподаватель

Поволжский государственный технологический университет

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОСАДКИ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ НА ОСНОВЕ САЖЕНЦЕВ

Аннотация. Предложена конструкция устройства для посадки плодовых деревьев и кустарников.

Ключевые слова: искусственное воспроизводство, плодовые деревья, саженцы

Обычно в питомниках плодовые деревья и кустарники выращивают в контейнерах. При достижении 1-2-х лет выращенные саженцы высаживают в открытый грунт. В основном посадка осуществляется:

1. вручную;
2. при помощи меча Колосова [1].

Недостатками этих способов является неудобство в работе, низкая производительность труда, большие физические нагрузки при переносе ящиков с саженцами.

Цель работы – создание конструкции устройства для посадки саженцев плодовых деревьев и кустарников, позволяющей сократить время на поднос саженцев, улучшить качество посадки путем уменьшения физических сил для формирования посадочного места и за счет этого повысить производительность труда.

Был произведен литературный и патентный поиск, где были установлены аналог и прототип. Указаны их недостатки [2, 3, 4].

Предложена конструкция устройства (рис. 1), состоящая из рамы 1 [5]. В вертикальной плоскости рамы установлен плоский четырехзвенник 2, на шатуне 3 которого в верхней части жестко закреплен упор 4, а в нижней части на коромысле 5 – рабочий орган 6. Рабочий орган представляет из себя полый усеченный конус. Параллельно шатуну 3 смонтирована полая трубка 7, у которой один свободный конец шарнирно закреплен в верхней части рамы 1, а второй – посредством тяги 8 шарнирно соединен с рабочим органом 6.

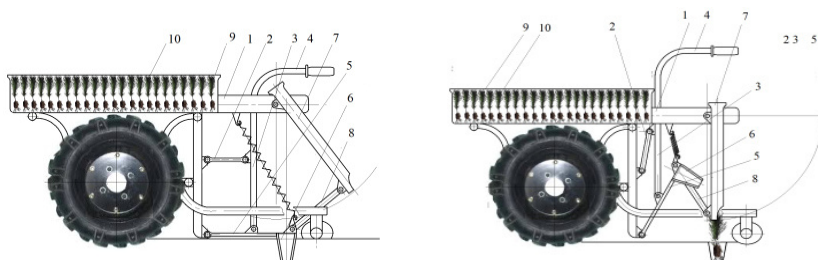


Рис. 1. Устройство для образования лунок под посадку контейнеризированных сеянцев: 1 – рама, 2 – плоский четырехзвенник, 3 – шатун, 4 – упор, 5 – коромысло, 6 – рабочий орган, 7 – полая трубка, 8 – тяга, 9 – ящик, 10 – сеянцы

Устройство работает следующим образом (рис. 2). На раму 1 устанавливают ящик 9 с сеянцами 10, а затем перемещаются на место посадки.

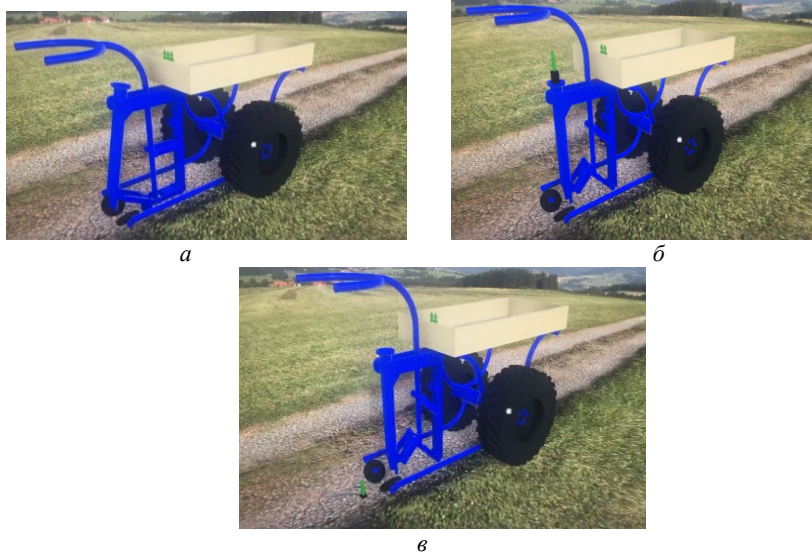


Рис. 2. Фрагменты работы устройства:

- а) формирование лунки, б) заправка саженца пихты в направляющую трубку, в) посадка саженца пихты

На месте посадки при помощи упора 4 шатун 3 с силой опускают вниз. При этом рабочий орган 6 формирует лунку. Затем упор 4 приподнимают вверх, при этом совмещают отверстие полый трубки 7 с отверстием лунки.

После чего берется саженец, его заправляют в направляющую трубу, по которой он попадает в лунку. В завершении посредством ноги подсыпают грунт в лунку и уплотняют. Затем тележку перемещают на новую позицию, и цикл повторяется

Выводы. Предложенная конструкция посадочного устройства позволит сократить время на поднос саженцев, улучшить качество посадки путем уменьшения физических сил для формирования посадочного места и за счет этого повысить производительность труда.

Данное устройство может быть использовано не только для посадки контейнеризованных саженцев плодовых деревьев и кустарников, но и для посадки лесных культур, выращенных контейнеризованным способом в питомниках.

Список источников

1. <https://www.activestudy.info/vyrashhivanie-posadochnogo-materiala-s-zakrytoj-kornevoj-sistemoj> (дата обращения: 05.04.2023).
2. Анисимов Н. С., Анисимов И. С. Устройство для образования лунок под посадку сеянцев пихты // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. 2020. № 2. С. 4-7.
3. Патент РФ №2384038 Устройство для посадки сеянцев, выращенных в контейнерах, заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Творческое внедренческое предприятие «Новатор». Авторы: Головин А. А., Головин А. А. МПК А01С 5/02, А01В1/00, заявл. 27.10.2008, опублик. 20.03.2010 Бюл. № 8.
4. Патент РФ № 2572316 Ручное устройство для образования лунок под посадку контейнеризированных сеянцев, заявитель и патентообладатель ПГТУ. Авторы: Царев Е. М., Калашникова Т. С., Пыркина О. Ю., Татаринов Д. С. МПК А01С 5/02, заявл. 11.07.2014, опублик. 10.01.2016 Бюл. № 1.
5. Патент РФ № 2734926 Ручное устройство для образования лунок под посадку контейнеризированных сеянцев, заявитель и патентообладатель ПГТУ. Авторы: Царев Е. М., Татаринов Д. С., Рукомойников К. П., Анисимов С. Е. МПК А01С 5/02, заявл. 21.05.2020, опублик. 26.10.2020 Бюл. № 30.

Ахмадьянов К. И.

Научный руководитель: Семёнов К. Д., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СРАВНЕНИЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ГИБКИХ И СОЧЛЕНЁННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ

***Аннотация.** В статье сравниваются рабочие зоны сочленённых и гибких манипуляторов с целью выявления более пригодного варианта для работы в машиностроении.*

***Ключевые слова:** гибкий манипулятор, рабочая зона, машиностроение, сочленённый манипулятор, сравнение*

На данный момент манипуляторы активно внедряются во все отрасли промышленности, но наиболее всего они востребованы в машиностроении. Даже в России с учётом её слабо развитого рынка промышленных роботов (0,25% от мировых продаж) идёт активный рост с 2016 года.

Подавляющая часть манипуляторов, используемых в машиностроении, — сочленённые. Обуславливается такой выбор простотой их конструкции и лёгкой модификацией под разные нужды. На данный момент сочленённые манипуляторы способны проводить погрузку, сварку и даже сборку микроэлектроники.

Несмотря на свою многофункциональность, точность и надёжность, они неспособны к выполнению некоторых операций в ограниченном пространстве. Так, например, сочленённые манипуляторы на заводе Nissan проводят лишь внешнюю покраску кузова автомобиля, а обработку внутренней поверхности проводят уже люди, причиной этого является ограниченная рабочая зона.

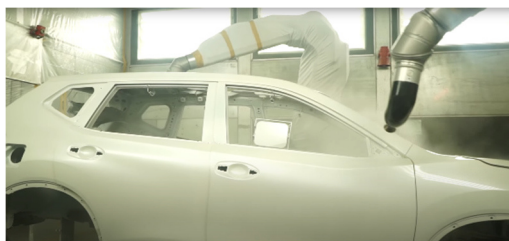


Рис. 1. Покраска кузова автомобиля. Завод компании Nissan

В последние несколько лет всё большее развитие получают гибкие манипуляторы. Компаниями, наиболее активно занимающимися развитием гибких манипуляторов, являются компании OCRobotics и iRobot. Несмотря на то что гибкие манипуляторы имеют такие недостатки, как например, грузоподъёмность, они уже выполняют некоторые задачи, недоступные сочленённым. Уже сейчас гибкие манипуляторы используются в малоинвазивной хирургии, что возможно во многом благодаря конструкции, почти не ограничивающей собственное рабочее пространство.

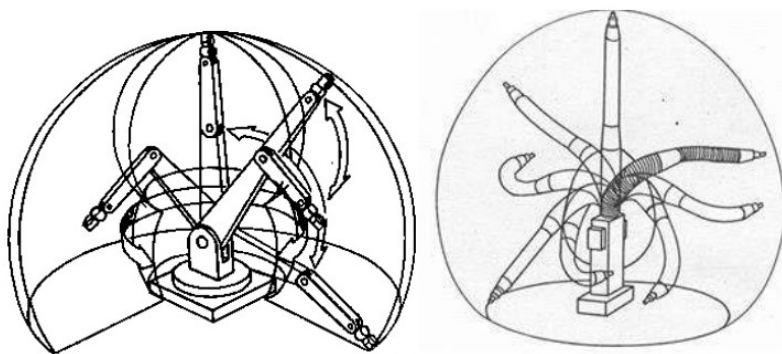


Рис. 2. Сравнение рабочих зон сочленённого и гибкого манипулятора

Таким образом, можно сделать вывод, что гибкие манипуляторы более пригодны для выполнения задач в труднодоступных местах по причине большей рабочей зоны, чем у сочленённых. Однако на данный момент гибкие манипуляторы слабо пригодны для работы с многогабаритными объектами.

Список источников

1. Егоров А. В. Обзор новейших решений в области робототехники, представленных на выставке Hannover Messe 2022. Вестник ПГТУ. 2022. № 3(23). С. 94-104.
2. Семёнов К. Д. Обоснование конструктивно-технологических параметров гибкого манипулятора плодуборочной машины. Дисс. ... канд. техн. наук. Йошкар-Ола, 2002. С. 31-38.
3. Гараев Р. А., Рогожников А. О. Перспектива использования робота-манипулятора в различных отраслях // Пятая международная научно-техническая конференция. 2022. С. 57-60.

Большова О. М.

Научный руководитель: Павлов А. И., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ НАВЕДЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНЫ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ НА ОБЪЕКТ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. Представлен эксперимент на лабораторном стенде «Гидравлический перегрузочный манипулятор СГУ-ГПМ». Предложен способ снижения динамической нагруженности гидросистемы манипулятора установкой датчика.

Ключевые слова: манипулятор, точность позиционирования, рабочий орган, гидропривод, захватное устройство, рукоять, стрела манипулятора, автоматизация, распределитель, надежность

Лабораторная установка «Гидравлический перегрузочный манипулятор СГУ-ГПМ» предназначена для проведения испытаний работ по элементам гидравлического привода. Данный комплекс позволяет определять нагрузочные характеристики гидроприводов (рис. 1).

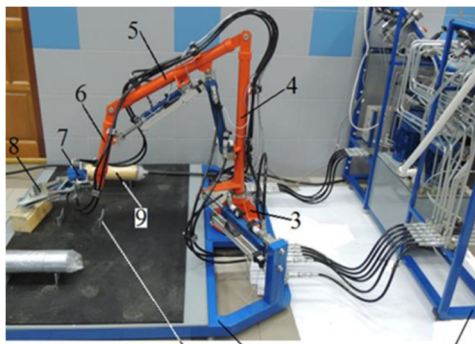


Рис. 1. Гидравлический перегрузочный манипулятор СГУ-ГПМ:
1 – платформа, 2 – ложемент, 3 – основание, 4 – колонна, 5 – стрела, 6 – рукоять,
7 – захват, 8 – рычаги захвата, 9 – груз массой 3 кг, 10 – стол

Устройство и управление исследовательским комплексом описано в лабораторном практикуме [1].

Описание эксперимента

Для эксперимента мы используем оптический датчик, гидрораспределитель с электромагнитным управлением (старт-остановка), ВЕ6 44. Для гидроцилиндра захвата также подобран гидрораспределитель с двухсторонним электромагнитным управлением. Управление рабочими органами манипулятора осуществляется при помощи программируемого контроллера ОВЕН ПЛК160 (рис. 2).

Принципиальная электрическая схема представлена на рис. 2.

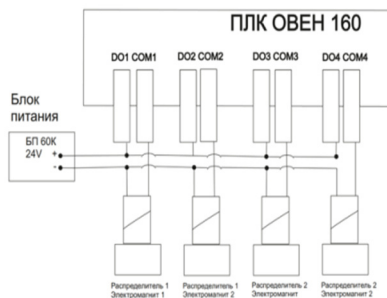


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема подключения ПЛК ОВЕН 160 к ПК

Для подключения ПЛК мы использовали Блок питания БП60К [5]. Для автоматизации управления манипулятором необходим оптический датчик AR-G18-3A 10 PC, установленный на захватном устройстве (ЗУ) [6].

Для коммутации использовали гибкие провода сечением 0,75 мм².

Когда рукоять с захватным устройством движется вниз, то попадает в зону действия датчика. Датчик срабатывает, и сигнал от него поступает на дискретный вход DO1 контроллера ПЛК ОВЕН 160. Контроллер в соответствии со своей программой функционального блока открывает выходные сигналы на электромагниты 1 распределителя 2, соответственно гидроцилиндров ЗУ и рукояти. Начинает действовать электромагнит 1 распределителя рукояти, и жидкость поступает в штоковую полость гидроцилиндра. Рукоять манипулятора останавливается. В этот же момент распределитель переходит в положение 1, в результате жидкость поступает в поршневую полость гидроцилиндра ЗУ и ЗУ срабатывает и раскрывается.

Согласно программе (рис. 3), установлен таймер на 2 секунды (время можно корректировать). Появляется выходной сигнал в ПЛК на электромагнит 2 распределителя рукояти и распределитель переключает

ется в правое положение. Жидкость поступает в штоковую полость гидроцилиндра рукоятки, и рукоятка поднимается.

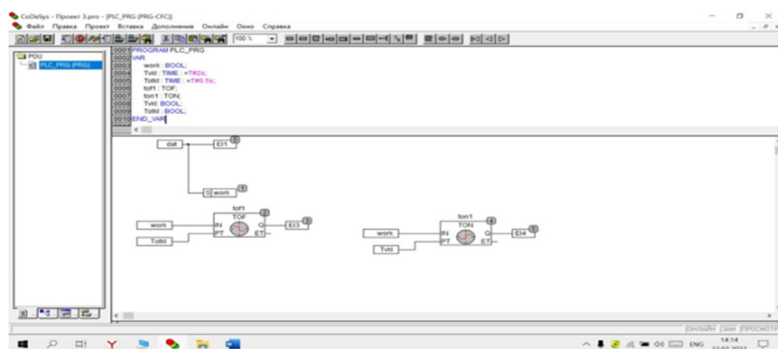


Рис. 3. Программа в среде Codesys

При анализе эксперимента сделаны следующие выводы:

1. встроенная система автоматизации, построенная на оптоволоконной технологии, позволяет более точно наводить рабочий орган манипулятора на объект;
2. эксперимент показал уменьшение количества операций включения и выключения, тем самым уменьшая нагрузку на гидросистему манипулятора;
3. данная техническая система способна работать в оптимальных условиях и повысить производительность лесных манипуляторов;
4. предложенная система автоматизации повышает надежность манипуляторов, снижая износ гидравлической системы.

Список источников

1. Павлов А. И., Щепин В. Д., Вдовин С. Л., Никоноров К. Н., Коротков П. А. Гидравлические и пневматические системы и приводы: лабораторный практикум. Ч. 1. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2021. 130 с
2. https://tau-rus.com/gidrorasprediteli_VE6_14_24_34_44_64#ve6-44 (дата обращения: 24.03.2023).
3. https://www.roskip.ru/OWEN_PLC160 (дата обращения: 24.03.2023).
4. Контроллер программируемый логический ОВЕН ПЛК160 – руководство по эксплуатации
5. <https://insat.ru/prices/info.php?pid=88578> (дата обращения: 03.04.2023).
6. <https://www.kipspsb.ru/catalog/opticheskiy-datchik/element258886.php> (дата обращения: 03.04.2023).

Головина Е. В.

Научный руководитель: Павлов А. И., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ВНЕДРЕНИЕ ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ГИДРОДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН НА ОСНОВЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ МАНИПУЛЯТОРА СГУ-ГПМ

***Аннотация.** Обоснование повышения надежности работы гидропривода лесозаготовительных машин через оригинальную встроенную систему абсолютного позиционного контроля двигателя рукояти гидропривода станда СГУ-ГПМ.*

***Ключевые слова:** повышение надежности лесных машин, автоматизация управления, система абсолютного позиционного контроля, оптоэлектронный бесконтактный датчик*

Надежность и эффективность лесной техники, в первую очередь, зависит от способов контроля точности наведения рабочего органа. Снижение эксплуатационных показателей лесной техники обусловлено чаще всего отсутствием автоматического управления агрегатами гидравлической системы лесной машины.

Гипотеза исследования строится на предположении о том, что при разработке методики автоматизированного управления лесной машины через внедрение микро-гидравлики дает возможность без потери стабильности обеспечить точность движения гидравлических узлов и обеспечить надежность на лесосечных работах.

Целью исследования стало повышение надежности гидроманипуляторов лесных машин путем включения в устройство унифицированных оптоэлектронных модулей мехатронных систем и усовершенствованию ее позиционного контроля.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. разработать методы оценки точности наведения рабочего органа лесозаготовительной машины на дерево с использованием оптоэлектронных датчиков для позиционного контроля системы;
2. усовершенствовать работу гидродвигателей модели гидроманипулятора СГУ-ГПМ через встроенную систему абсолютного позиционного контроля;

3. представить научное обоснование параметров и режимов работы лесозаготовительных машин с использованием мехатронных систем.

Объект исследования: система управления гидроманипуляторами технологических машин.

Предмет исследования: унифицированные электронные модули мехатронных систем в управлении лесными машинами.

Исследовательский комплекс «Гидравлический перегрузочный манипулятор» СГУ-ГПМ, представленный на рис. 1, имеет три рычага управления и не дает возможности разгрузить внимание оператора, облегчить его работу.



Рис. 1. Исследовательский комплекс «Гидравлический перегрузочный манипулятор» СГУ-ГПМ

Динамические свойства гидроманипулятора характеризуют два взаимосвязанных параметра – быстродействие и точность. Быстродействие манипулятора определяется скоростью перемещения его рабочего органа. Точность системы характеризуется погрешностью позиционирования. Данные параметры определяют технический уровень гидравлического манипулятора и значительно влияют на его надежность.

В исследовательской работе предполагается для увеличения надежности работы гидравлического комплекса СГУ-ГПМ внедрить систему автоматического управления рукояти.

Система предполагает включить в устройство следующие технические средства:

1. управляющий – контроллер ПЛК ОВЕН160, представленный на рис. 2.



Рис. 2. ПЛК ОВЕН160

2. формирующий входные сигналы оптический диффузный бесконтактный датчик AR-G18-3A10PC (рис. 2), работающий на зеркальном отражении света.

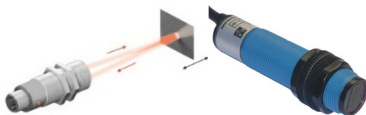


Рис. 3. Оптический бесконтактный датчик AR-G18-3A10PC

3. распределительный – дискретный гидравлический распределитель 4/3 с электромагнитным управлением, пружинным возвратом и закрытым центром - BE6.44 B220

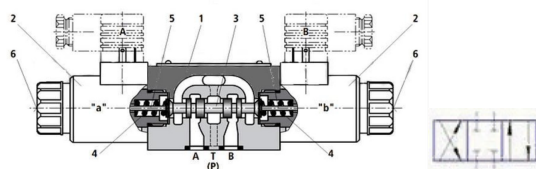


Рис. 4. Схема дискретного гидрораспределителя BE6.44 B220

Для работы системы управления рукояти написана программа на языке CoDeSys, которая реализует автоматическую работу рукояти манипулятора.

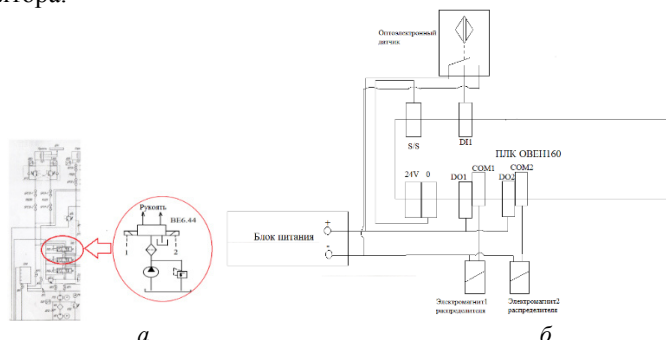


Рис. 5. Схема подключения контроллера к распределителю и датчику

Физическая модель гидроманипуляторов с предложенными как на рис. 5а, б схемами измененной конструкции «Гидравлического перегрузочного манипулятора» СГУ-ГПМ и элементами подключенных мехатронных систем (датчика, ПЛК, электромагнитов распределителя), позволяет смоделировать автоматизированную работу лесных машин. Такое внедрение автоматического наведения рабочего органа или системы лесной машины дает возможность достичь высокую надежную работу гидроманипулятора через быстродействие и точность наведения рукояти.

Список источников

1. Беляев С. В., Пермский С. Н. Гидравлические системы современных лесных машин. Объемные гидромашины: учебное электронное пособие для студ. вузов. Петрозаводск: ПетрГУ, 2016.

2. Иванов Г. М., Свешников В. К., Орлик И. В. Цифровая электрогидравлическая автоматика нового поколения // Гидравлика и пневматика. 2006. №21. С. 3-8.
3. Феофанов А. Н., Гришина Т. Г. Автоматические системы управления технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия», 2022. 240 с.

УДК 630.332

Карасев А. А., Иванова А. В.

Научные руководители: Царев Е. М., д-р техн. наук, профессор;

Рукомойников К. П., д-р техн. наук, профессор;

Сидоров А. Л., преподаватель

Поволжский государственный технологический университет

КОРЧЕВАЛЬНАЯ МАШИНА ДЛЯ ВЫРЕЗАНИЯ ПНЕЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЗАБРОШЕННЫХ И ДЕГРАДИРОВАННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ К ПОСАДКЕ

***Аннотация.** Предложена конструкция устройства рабочего органа для вырезания пней и подготовки заброшенных и деградированных сельскохозяйственных угодий к посадке.*

***Ключевые слова:** пень, корчевальная машина, режущий орган, заброшенные и деградированные сельскохозяйственные угодья, корчевка*

В настоящее время площадь заброшенных и деградированных сельскохозяйственных участков, заросших лесом, из года в год увеличивается. Постановление правительства РФ «Об особенностях использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения» №1509 от 21.09.2020, вступившее в силу с 01.10.2020, позволит восстановить погубленные сельскохозяйственные земли.

Особую актуальность представляет расчистка данных площадей от кустарника, поросли и наземной части пней для подготовки их к посадке сельскохозяйственными и другими культурами. Расчистка осуществляется в следующем порядке: удаление кустарника и поросли; корчевка пней; вспашка земли; дальнейшее ее фрезерование.

Пни затрудняют дальнейшее проведение лесовосстановительных работ после рубок. Поэтому часто возникает необходимость в их удалении.

Все способы корчевания можно условно разделить по степени трудоемкости на ручные и механизированные [1].

Кроме того, их можно разделить по воздействию на пень/корни, то есть корчевание и разрушение.

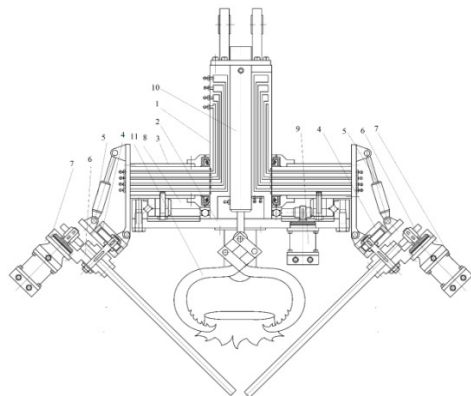
К ручному корчеванию можно отнести химическое разрушение, выжигание, взрывание, выращивание грибов.

Одним из видов корчевания пней механизированным способом является вырезание пней.

Цель работы: создание конструкции устройства для вырезания пней со снижением нагрузок, возникающих на рабочем органе при разрезании корневой системы.

Был произведен литературный и патентный поиск, где были установлены аналог и прототип. Указаны их недостатки [2].

Была предложена конструкция устройства для вырезания пней (рисунок) [3].



Устройство для вырезания пней:

1 – гидравлический коллектор, 2 – неподвижное кольцо, 3 – поворотный корпус, 4 – поворотные гидродвигатели, 5 – гидроцилиндры наклона, 6 – выходные валы, 7 – гидромотор, 8 – подвижное кольцо, 9 – гидромотор, 10 – гидроцилиндр, 11 – захват

Предлагаемая корчевальная машина снабжена гидравлическим распределителем цилиндрической формы в виде гидравлического коллектора 1 распределения гидравлических потоков к исполнительным механизмам, на которой снизу жестко закреплено неподвижное кольцо 2 опорно-поворотного устройства, а на образующую поверхность коллектора установлен поворотный корпус 3, на противоположных сторонах которого шарнирно установлены поворотные гидродвигатели 4,

связанные с гидроцилиндрами наклона 5, а на выходных валах 6 поворотных гидродвигателей установлены рабочие органы, которые представляют собой направляющую металлическую раму с режущей цепью соединенной с гидромотором 7 с возможностью поворота в вертикальной плоскости, причем подвижное кольцо 8 опорно-поворотного устройства, с одной стороны, связано с поворотным корпусом 3, а с другой – с гидромотором 9, при этом внутри гидроколонны по его центральной оси жестко закреплен гидроцилиндр 10, связанный с захватом 11.

Корчевальная машина работает следующим образом. Машина подъезжает к пню, опускает установку. Включается гидроцилиндр 10, и пень надежно захватывается зажимами захвата 11. Включают привод гидроцилиндров 5, при этом происходит наклон режущего органа 7 по отношению к пню. Затем в работу включается рабочий орган 7, происходит вращение цепи, при помощи поворотных гидродвигателей 4 режущий орган опускается в нижнее положение и внедряется в грунт. После чего включают гидромотор 9 вращения корпуса 3, и происходит перерезание корней вокруг пня по конусной поверхности, постепенно перерезая боковые и стержневые корни.

Одновременно с вращением корпуса 3 устройству через подвеску, например манипулятором, придается вертикальное усилие, вытаскивающее пень из земли. В момент отрыва пня от грунта выключается гидромотор 9 вращения корпуса устройства и режущего органа 7.

После перерезания корневой системы установка поднимается, и пень переносится к месту штабелевки. Режущие органы 7 переводятся в горизонтальное положение, зажимы захвата 11 разжимаются, и пень выпадает в штабель временного хранения. Машина переходит к следующему пню и цикл повторяется.

Выводы. При использовании данного механизма достигается снижение нагрузки, возникающей на рабочем органе при разрезании корневой системы. За счет возможности наклона ножей можно выбирать их наклон в зависимости от породы дерева. Так как перерезание корней происходит с использованием режущего цепного органа, они легко перерезаются, а пень при этом легко вытаскивается.

Список источников

1. Поздняков Е. В., Дручинин Д. Ю. Способы и современные средства механизации для удаления пней // Молодой ученый. Ежемесячный научный журнал. 2013. № 11 (58). С. 173-176.
2. Чмелев В. В., Драпалюк М. В. Обзор технических средств для удаления пней // Лес. Наука. Молодежь – 2004: сб. материалов по итогам научно-

исследовательской работы молодых ученых за 2004 г. Воронеж: ВГЛТА, 2005. С. 189-193.

3. Патент 2760590 Российская Федерация. Устройство для вырезания пней. МПК A01G 23/06. Авторы: Царев Е. М., Анисимов С. Е., Рукомойников К. П., Волдаев М. Н., Иванова А. В., заявитель и патентообладатель ПГТУ, заявл. 07.06.2021 опублик. 29.11.2021, бюл. №34.

УДК 630.32

Ласточкин Д. М.

Поволжский государственный технологический университет

СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ КОЛЕБАНИЙ ЛЕСНЫХ МАШИН

Аннотация. *Представлено состояние исследований в области колебаний лесных машин. Приведены основные ученые и их вклад в вопросы колебания при выполнении технологических операций.*

Ключевые слова: *колебания, лесные машины, проектирование, теория колебаний*

При расчете и проектировании лесозаготовительной техники необходимо учесть различные факторы и условия, которые возникают в результате работы как самой техники и его оборудования, так и в результате воздействия внешних факторов окружающей среды и предмета труда. Все эти взаимодействия приводят к появлению динамических процессов как в самой машины, так и в технологическом оборудовании. Любые динамические колебания оказывают значительное влияние на работу элементов системы, ее показатели надежности и в итоге на производительность машины в целом.

Работа крупногабаритной лесозаготовительной техники проходит в условиях значительного влияния окружающей среды и массивного предмета труда, поэтому изучение различных динамических процессов, возникающих при работе таких машин на различных этапах лесозаготовки, является достаточно важным.

Один из главных разделов в теории колебаний техники занимают фундаментальные работы по динамике автотранспортных средств общего назначения отечественных ученых А. С. Литвинова, [1], Р. В. Ротенберга [2], Е. А. Чудакова [3] и др.

Следующим по объему исследований можно отнести теорию колебаний лесовозного подвижного состава автомобильных дорог. В этом направлении известны работы Б. Г. Гастевого [4] и В. И. Мельникова [5].

Анализ влияния различных параметров элементов тягового и сцепного подвижных составов на плавность хода представлены в работах Ю. Д. Силукова [6], Е. И. Лаха [7].

Частные вопросы вертикальной и продольной динамики автопоездов рассматривались Н. А. Взятыхевым [8] и Д. Б. Гельфгат [9].

Проблемы колебаний и подрессирования тракторов общего назначения подробно рассматривались в трудах В. Я. Аниловича [10] и Е. Д. Львова [1]. Вопросам колебания трелевочных машин посвящены труды Г. М. Анисимова [12].

Помимо транспортных операций специализированная лесозаготовительная техника выполняет валку, трелевку, погрузку деревьев, а также множество других операций при помощи разнообразного технологического оборудования. Так как это оборудование имеет сопоставимые массогабаритные параметры, то его использование также вызывает различные динамические явления, самыми опасными из которых являются резонирующие колебания и неустойчивость некоторых рабочих режимов.

Взаимодействия технологического оборудования с предметом труда при формировании пачек деревьев как манипулятором, так и чокером освещены в работах Ю. Г. Артамонова [13], В. Ф. Кушляева [14], В. А. Александрова [15].

Основные вопросы и задачи по развитию и совершенствованию теоретических и практических положений по проектированию специальных лесных машин с учетом их колебаний сформулированы А. В. Жуковым [16] и Л. И. Кадолко [17].

Анализ работ в области колебания специальных лесных машин при выполнении различных технологических операций показывает, что накопленный объем знаний достаточно обширный и охватывает значительные аспекты лесозаготовки. Но появление нового технологического оборудования и ужесточение требований к снижению вибронагруженности операторов подталкивает к более глубокому изучению динамических процессов спецтехники.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00421, <https://rscf.ru/project/23-29-00421/>».

Список источников

1. Литвинов А. С., Фаробин Я. Е. Автомобили. Теория эксплуатационных свойств. М.: Машиностроение, 1989. 237 с.
2. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля и его колебания. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машгиз, 1960. 355 с.
3. Чудаков Е. А. Теория автомобиля. М.: Маш. Изд., 1950. 343 с.
4. Гастев Б. Г. Некоторые вопросы теории перевозок древесины в хлыстах на лесовозных дорогах: автореферат дисс. на соискание ученой степени д-ра техн. наук. Львов, 1955. 30 с.
5. Гастев Б. Г., Мельников В. И. Основы динамики лесовозного подвижного состава. М.: Лесная промышленность, 1967. 115 с.
6. Краткая история развития конструкции автомобилей и тракторов // Машины и механизмы лесозаготовок и лесного хозяйства: учеб. для техник. / под ред. Ю. Д. Силукова. М.: Лесная промышленность, 1980. С.4.
7. Лах Е. И. Некоторые вопросы вертикальной динамики лесовозного автомобильного поезда: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. М., 1961. 28 с.
8. Взятыхшев Н. А. О поперечной устойчивости автопоезда на неустановившемся движении. М.: Автомобильная промышленность, 1965. №7. С. 94-99.
9. Гельфгат Д. Б. Прочность автомобильных кузовов: монография. М.: Машиностроение, 1972. 144 с.
10. Анилович В. Я. Основы статистической теории линейных колебаний скоростных машинно-тракторных агрегатов // Труды ВИМ. М. 1963. Т. 37. С. 83-75.
11. Львов Е. Д. Теория трактора. М.: Машгиз, 1960. 252 с.
12. Анисимов Г. М., Большаков Б. М. Новые концепции теории лесосечных машин: научное издание. СПб.: ЛТА, 1998. 116 с.
13. Артамонов Ю. Г., Гуцелюк Н. А., Козьмин С. Ф. Лесохозяйственный активный полуприцеп к тракторам Т-25А, Т-30, Т-30А. Конструкции узлов: учеб. пособие. Л.: ЛТА, 1981. 25 с.
14. Кушляев В. Ф. Лесозаготовительные машины манипуляторного типа. М.: Лесная промышленность, 1981. 248 с.
15. Александров В. А. Моделирование технологических процессов лесных машин: учеб. для вузов. М.: Экология, 1995. 256 с.
16. Жуков А. В., Леонович И. И. Колебания лесотранспортных машин. Мн.: БГУ им. В. И. Ленина, 1973. 239 с.
17. Жуков А. В., Кадолко Л. И. Основы проектирования специальных лесных машин с учётом их колебаний. Мн.: Наука и техника, 1978. 264 с.

Ляпустин А. С.

Научный руководитель: Семёнов К. Д., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭВАКУАЦИОННАЯ ТЕЛЕЖКА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ РАНЕНЫХ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ МЕСТАХ

Аннотация. В этой статье описаны основные характеристики эвакуационной тележки для раненых.

Ключевые слова: эвакуационная тележка, раненые

Тактическая эвакуационная тележка предназначена для транспортировки раненых в труднодоступной местности. Тележка установлена на колёсах, что позволяет с лёгкостью перевозить раненых. Конструкция позволяет с лёгкостью помещать раненых на тележку без особых усилий.

Спинка тележки может фиксироваться в определённом положении (110, 150, 180 градусов).

Вся тележка выполнена из профильной трубы. Для удобства раненого материал, на котором будет лежать человек, выполнен из ткани. Чтобы раненый не упал, были предусмотрены специальные фиксирующие ремни.

В сложенном состоянии тележку можно зафиксировать на спине человека с помощью ремней.

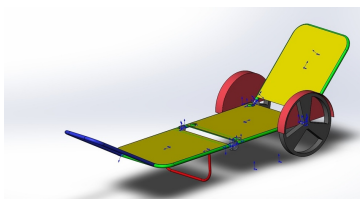


Рис. 1. Эвакуационная тележка

Основные характеристики:

- масса тележки до 15 кг;
- максимальный перевозимый вес не более 250 кг;
- колёса 20 дюймов;
- тележка легко складывается втрое;
- в сложенном состоянии длина составляет 70 см;

– в полностью разложенном состоянии длина тележки составляет 210 см;

– наличие тормозной системы;

– стоимость 17000 рублей.

Существует один русский аналог подобной вышеупомянутой эвакуационной тележки.

Проблема тележки заключается в её конструкции. Она может складываться только вдвое, что значительно увеличивает габариты тележки в сложенном состоянии. [2].



Рис. 2. Русский аналог эвакуационной тележки

Существует также аналог и в Америке [1].



Рис. 3. Носилки для внезапного обнаружения REX

Функционал, характеристики очень схожи, но в России данную тележку не купить и стоимость продукта за пределами 3199,99\$, что в рублях 262 684,80 рублей.

Список источников

1. Носилки для внезапного обнаружения [Электронный ресурс]. URL: <https://hazmatresource.com/product/decontamination/rex-rapid-extrication-stretcher-decent-control-system/> (дата обращения: 12.04.2023).

2. Тележка эвакуационная [Электронный ресурс]. URL: https://www.avito.ru/moskva/sport_i_otdyh/telezhka_evakuatsionnaya_2577216366 (дата обращения: 12.04.2023).

Маннуллин И. М.

Поволжский государственный технологический университет

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы повышения энергоэффективности нефтегазодобывающих производств.*

***Ключевые слова:** энергоэффективность, нефтегазодобыча*

Требуемая мощность предприятий нефтегазодобычи зависит от многих факторов, характеризующихся методами бурения, технологией и техникой сбора нефти и газа, методами поддержания пластовых давлений (вода, газ), мерами по повышению нефтеотдачи, методами добычи скважинной продукции (фонтан, насос, газлифт), принятая техника и технология переработки газа [1].

Потребитель электрической энергии называется электрическим приемником или группой из них, объединенных технологическим процессом и размещенных на определенной территории – площадке. Основными потребителями электроэнергии на нефтяных месторождениях являются электродвигатели технологических объектов, насосные и компрессорные станции, водонасосные станции, вентиляторы, вентиляторные градирни, ремонтно-механические цеха и базы и др.

Как правило, электродвигатели механизмов и узлов комплектуются технологическим оборудованием и подбираются разработчиками технологических частей объектов с учетом частоты вращения. Защита электродвигателей должна соответствовать условиям окружающей среды в соответствии с госстандартом и ПУЭ. Особое внимание следует уделить выбору электродвигателей для взрывоопасных, пожароопасных помещений, который производится с учетом возможных взрывоопасных и пожароопасных зон, образуемых перекачиваемой средой в соответствии с ПУЭ. В то же время взрывобезопасное электрооборудование подразделяется на уровни и типы взрыва, группы и температурные классы.

Все электрические приемники объектов нефтегазодобычи делятся на три категории по надежности электроснабжения, а объекты таких областей, как Западная Сибирь и приравненные к ней, различают:

Первая категория: компрессоры с электроприводом газовые (всех видов и назначений), воздушные; электроприемники, обеспечивающие непрерывность процессов, в том числе насосные откачки сырья и товарной продукции, подачи реагентов, предусмотренных проводимой технологией, циркуляционных систем смазки, уплотнения и охлаждения, насосы масляные, циркуляционные водяные для откачки конденсата и ШФЛУ, подачи абсорбентов объектам подготовки газа (осушка, очистка, отбор тяжелых углеводородов), электропотребители, обеспечивающие объекты подготовки нефти (обезвоживание, обессоливание, стабилизация), кусты добывающих скважин с механизированной добычей (насосная, газлифтная); пункты управления оборудованием и арматурой кустов скважин на базе мини-ЭВМ, включая газораспределительные узлы (батареи); кустовые насосные станции для систем заводнения нефтяных пластов; дожимные нефтяные станции; насосные пластовых и сточных вод; потребители систем телемеханики и связи, вычислительных центров, обеспечивающих контроль за работой объектов добычи, сбора, транспорта и подготовки нефти, газа, воды и другие.

Вторая категория: насосные станции хозяйственно-бытовых стоков; электроприемники операторных, административно-бытовых блоков, блоков обогрева; одиночные скважины; электроприемники промбаз, объектов вспомогательного назначения (котельные, вентсистемы, механоремонтные мастерские и др.). В отдельных случаях при обустройстве мелких нефтяных месторождений (не приравненных по значимости к районам Западной Сибири), не влияющих на общий баланс добычи, к объектам 2-й категории могут быть отнесены и некоторые объекты, отнесенные к первой категории (по надежности); производственного назначения.

Третья категория: все приемники перекачивания нефти, откачки ила, ингибиторы коррозии, зоны инвентаризации, контрольно-пропускные пункты, склады, катодную защиту, насос с электроприводом для откачки воды из поверхностных и подземных источников, канализационные насосные станции сточных вод, все энергоемкое оборудование оператора, административные блоки, зонды и другие здания, сооружения, вспомогательные сооружения, производство из которых не оказывает существенного влияния на баланс отрасли [2].

В связи с прогнозируемым расширением и совершенствованием производственной базы всех отраслей промышленности большое значение имеет внедрение прогрессивных и рациональных решений в практику проектирования и строительства систем электроснабжения объек-

тов добычи нефти и газа. В то же время системы электропитания должны соответствовать требованиям эффективности и надежности; безопасности и простоты использования; обеспечения надлежащего качества электроэнергии; стабильности напряжения и частоты; экономии цветных металлов и электроэнергии; гибкости системы, дать возможность для ее дальнейшего развития без ощутимой реконструкции основных объектов системы в процессе строительства и эксплуатации; максимальное приближение источников более высокого напряжения к электроустановкам потребителей (глубокий ввод), обеспечивающее минимум сетевых звеньев и этапов промежуточного преобразования, снижение первоначальных затрат и снижение потерь энергии при повышенной надежности.

Список источников

1. Абрамович Б. Н., Сычев Ю. А., Устинов Д. А. Электроснабжение нефтегазовых предприятий: учебное пособие. СПб: Санкт-Петербургский государственный горный институт, 2008. 81 с.
2. Каспарьянц К. С. Проектирование обустройства нефтяных месторождений. Самара: «Самвен», 1994. 415 с.

УДК 621.892

Маннуллин И. М.

Поволжский государственный технологический университет

РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА ВОЗМОЖНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ СМАЗЫВАЕМЫХ УЗЛОВ, МЕХАНИЗМОВ И ДЕТАЛЕЙ

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы ранней диагностики возможных неисправностей смазываемых узлов, механизмов и деталей.*

***Ключевые слова:** диагностика, смазка, детали, трение, изнашивание*

Срок службы промышленного оборудования определяется износом его деталей – изменением размеров, формы, массы или состояния их поверхностей вследствие изнашивания, т. е. остаточной деформации от постоянно действующих нагрузок либо из-за разрушения поверхностного слоя при трении. Скорость изнашивания деталей оборудования зави-

сит от многих причин: условий и режима их работы; материала, из которого они изготовлены; характера смазки трущихся поверхностей; удельного усилия и скорости скольжения; температуры в зоне сопряжения; состояния окружающей среды. Об износе деталей машины или станка можно судить по характеру их работы. В машинах, имеющих коленчатые валы с шатунами, например: двигатели внутреннего сгорания, компрессоры, эксцентриковые прессы, насосы – появление износа определяют по глухому стуку в местах сопряжения деталей.

Одним из наиболее важных аспектов технической диагностики, направленной на поддержание технологического оборудования в исправном состоянии, предотвращения поломок и повышения долговечности механизмов является контроль за параметрами износа узлов, применяемых в тех или иных машинах и оборудовании. Существует множество методов контроля износа деталей и узлов оборудования, одним из наиболее распространенных является контроль, основанный на анализе проб смазывающего материала. Широкому распространению данного метода способствовали преимущества процедуры проведения такой диагностики: для проведения операций контроля методом проб масла не требуется выводить механизм из эксплуатации, также данный метод предоставляет возможность обнаружить неисправности на ранних стадиях и для его проведения требуются минимальные затраты как экономические, так и трудовые. Наибольшее распространение для контроля за износом получили визуальный, лабораторный и экспресс-анализы проб масла.

Визуальный метод является самым простым, но наименее точным, поскольку опирается лишь на субъективное мнение проводящего анализ человека. Наиболее распространенным, в силу простоты исполнения, получил метод при помощи шупа – прибора контроля, чаще в виде прутка. Процедура анализа данным способом заключается в изъятии шупа из механизма и осмотра цвета смазывающего материала – результат определяется по его окрасу: более темный цвет масла свидетельствует о присутствии в нем механических частиц и снижении смазывающих свойств материала, а следовательно, и его замене.

Наиболее точным являются методы инфракрасного спектрального и феррографического анализа, которые относятся к методам лабораторной трибодиагностики. Они позволяют диагностировать неисправности смазываемых узлов трения. Феррография – метод магнитного осаждения металлических частиц износа из проб смазочного масла. Он позволяет определить в том числе и вид износа, интенсивность, режимы тре-

ния по форме частиц, состоянию их поверхности, распределению размеров частиц, материалам отдельных частиц, наличию посторонних примесей и продуктов деструкции масла. Метод феррографии используется не только при исследовании магнитных металлических частиц, но и немагнитных материалов: алюминия, бронзы, латуни, графита, полимерных частиц и другие. Совокупность этих параметров позволяет идентифицировать вид износа, определить место возможного отказа и оценить степень опасности дефекта. Систематический анализ проб масла дает возможность точно определять время замены, предотвращая слишком раннее или позднее проведение обслуживания, а также повысить надежность и безопасность эксплуатации двигателя.

Кроме анализа, который проводят в специализированных лабораториях, применяют и экспресс-анализ, для проведения которого используются специальные комплекты простейших приборов и реагенты. Один из элементов экспресс-анализа – так называемая «капельная проба». Принцип анализа данным методом заключается в нанесении капли масла на специальную фильтровальную бумагу, которая дает информацию о диспергирующих свойствах масла (способности смывать и уносить загрязняющие вещества), степени его загрязненности и окисления, наличия в нем воды. Преимуществами экспресс-анализа являются малая трудоемкость, простота и относительно высокая точность анализа качества масла.

Масло является уникальным носителем информации о техническом состоянии механизмов, а проведение диагностики методом анализа масла получает все большее распространение. Анализ четырех (или более) проб дает возможность установить динамику изменения состава и показателей работоспособности масла в зависимости от времени работы. Если изменения протекают закономерно, механизм исправен. Обнаружение аномального изменения одного или нескольких взаимосвязанных показателей свидетельствует о его неисправности и в необходимости проведения более внимательной диагностики и, при необходимости, ремонта.

Список источников

1. Крагельский И. В. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. 562 с.
2. Степанов В. А. Диагностика технического состояния узлов трансмиссий газотурбинных двигателей по параметрам продуктов износа в масле. Рыбинск: «НПО САТУРН», 2002. 232 с.

Маннуллин И. М.

Поволжский государственный технологический университет

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ УДАЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗ РЕЗЕРВУАРА

Аннотация. Рассмотрены вопросы удаления нефтяных отложений из резервуара.

Ключевые слова: резервуар, нефть, отложения, очистка

Резервуары являются одним из основных элементов нефтяной системы и предназначены для хранения нефтепродуктов, производства технологических и учетно-расчетных операций, однако загрязнение резервуаров в процессе их эксплуатации является серьезной проблемой нефтяных предприятий. В работе рассмотрены современные способы борьбы с нефтяными отложениями в резервуарах.

Загрязнение резервуаров в процессе их эксплуатации является серьезной проблемой нефтяных предприятий. Для решения такой проблемы применяют современные способы: механизированный и химико-механизированный способ очистки с применением моющих средств.

Механизированный способ очистки осуществляется подачей горячей воды под давлением через специальные моечные машинки (гидромониторы), пропаркой поверхности резервуаров в течение нескольких суток перегретым паром и последующей механической очисткой, или же с помощью аппаратов струйной абразивной очистки. Такой способ очистки значительно сокращает время очистки, уменьшает простой резервуара, уменьшает объем тяжелых операций, вредных для здоровья человека, и снижает стоимость процесса очистки резервуара. К недостаткам механизированного способа очистки резервуаров следует отнести большой расход тепловой энергии на подогрев холодной воды, необходимость откачки загрязненной воды на очистные сооружения, сравнительно большие потери легких фракций из нефтеостатков.

Суть химико-механизированного способа в том, что очистка резервуаров производится с помощью растворов моющих средств, улучшающих отделение осадка от стенок, днища и внутренних конструкций резервуаров. Применение данных растворов способствует повышению качества очистки, интенсивности процесса очистки, характеризуется незначительной степенью применения ручного труда. Основными недо-

статками способа, которые ограничивают возможности его практического применения, являются дороговизна используемого специального реагента, необходимость дальнейшей очистки растворов моющих средств и утилизации реагента.

Кроме того, существуют комбинированные способы очистки емкостей и резервуаров. Комбинированный способ очистки предусматривает:

- размыв моющим раствором нефтешламовых отложений, накопленных на днище резервуара;
- смыв моющим раствором остатков нефтепродукта (нефти) со стенок резервуара;
- отбор (откачка) нефтешлама, получаемого в процессе размыва отложений со дна резервуара, в емкость временного хранения;
- отделение нефтепродукта (нефти) от моющего раствора и механических примесей;
- закачка выделенного нефтепродукта (нефти) в автоцистерны, трубопровод или емкости;
- дегазация резервуаров и емкостей с применением принудительной напорной вентиляции;
- механизированная зачистка внутренних поверхностей резервуаров и емкостей;
- ручная доочистка внутренних поверхностей резервуаров и емкостей;
- сбор отходов в накопительных быстросборных емкостях.

К одному из перспективных методов удаления нефтеотложений относится универсальная передвижная автоматизированная система SUPERMACS (СуперМакс). Система предназначена для очистки резервуаров технологического оборудования с утилизацией нефтешламов.

Вариантом решения проблемы очистки нефтяных резервуаров является предотвращение накопления осадков. Наиболее рациональным методом из существующих по борьбе с накоплением донных осадков в нефтяных резервуарах являются гидравлические системы размыва. В целях предотвращения накопления на днище резервуара осадков, а также для их удаления должны устанавливаться размывающие системы или винтовые мешалки.

Одним из типов размывающей системы является система размыва и предотвращения накопления осадка, состоящая из группы пригруженных веерных кольцевых сопел, обвязывающих их трубопроводов, насосного агрегата. Осадок размывается распространяющейся по днищу резервуара нефтью в виде веерной струи.

В процессе длительного накопления структура осадка изменяется. Он переходит из рыхлого состояния в уплотненное. Следует не допускать образования уплотненного осадка на днище резервуара.

Предотвращение накопления осадка следует осуществлять включением системы размыва по графику при высоте рыхлого осадка не более 10 см. Наиболее эффективный размыв рыхлого осадка происходит при расходе нефти (150-250) м³/ч на одно сопло.

При образовании в резервуаре уплотненного осадка его следует размывать прокачиванием нефти через систему в течение нескольких последовательных циклов заполнения и опорожнения. Наиболее эффективный размыв уплотненного осадка происходит при расходе нефти (200–300) м³/ч на одно сопло.

Однако накопление осадков не всегда удастся предотвратить. В этом случае применяют различные способы очистки. Таким образом, наиболее эффективным методом очистки является химико-механизированный, заключающийся в использовании растворителя парафина в сочетании с перемешиванием и подогревом осадков. Подобная технология сокращает затраты времени и труда и позволяет извлекать из осадков углеводородную часть.

Список источников

1. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов ПБ 03-605-03.
2. Новосёлов В. В, Иванов В. А, Шутов В. Е. и др. Резервуары для хранения нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов. М.: ОАО Издательство «Недра», 1999. 365 с.
3. ПБЭ НП-2001 «Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств».

УДК 621.311

Метелёв П. Н.

Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДЫМОВОГО ГАЗА

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы применения рукавных фильтров для очистки дымового газа. В настоящее время рукавные фильтры с функцией им-*

пульсной продувки активно устанавливают и применяют на современных тепловых электростанциях в качестве установок. Принцип работы рукавного фильтра заключается в улавливании частиц фильтровальной тканью при продувке через нее задымленного воздуха. Сами же фильтровальные устройства могут различаться, но чаще их изготавливают подобно тканевому цилиндрическому мешку.

Ключевые слова: рукавный фильтр, фильтр, очистка дымового газа, фильтрация воздуха

В настоящее время рукавные фильтры с функцией импульсной продувки активно применяют на современных тепловых электростанциях в качестве установок.

В качестве материалов для современных рукавных фильтров используют различные кислотостойкие и термостойкие полимеры (политетрафторэтилен PTFE, полиимид PI) и их сочетания, стекловолокна, иглопробивные полотна с армирующим каркасом и другие материалы, устойчивые к химической деградации и обеспечивающие хорошую глубинную фильтрацию газов в диапазоне температур до 240-260 °С.

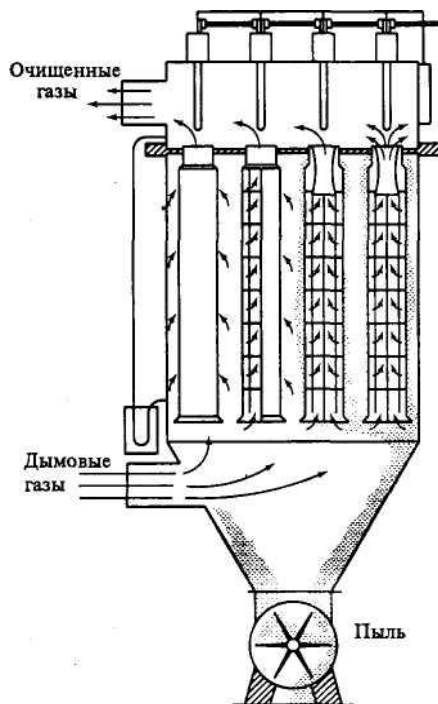
Сами фильтровальные устройства могут различаться. Но чаще их изготавливают подобно тканевому цилиндрическому мешку. Они параллельно подсоединяются в блоки. Очистка проводится поочередно в каждом из блоков, располагающихся друг после друга. В одной паре происходит фильтрация. В последнем блоке – разгрузка шлама.

К преимуществам рукавных фильтров можно отнести:

- высокую эффективность золоулавливания (до 99,9 % и выше);
- могут использоваться за котлами любой производительности;
- отсутствие влияния удельного электрического сопротивления (УЭС) золы и режима работы энергоблока на эффективность золоулавливания;
- высокая степень улавливания тонких частиц (размером 0,3-1,0 мкм);
- возможность улавливания соединений ртути;
- частичная нейтрализация сернистых газов SOX (до 40-50%) за счет сухой и полусухой сорбции благодаря прохождению дымовых газов через слой золы на поверхности фильтровальных систем, поскольку при одних и тех же условиях рукавные фильтры имеют существенно меньшие габариты по сравнению с электрофильтрами, то при модернизации ТЭС секции рукавных фильтров легко размещаются в корпусах действующих электрофильтров.

Недостатками рукавных фильтров являются:

- повышенное гидравлическое сопротивление (1,5-2,2 кПа);
- истирание рукавов и их частая замена;
- высокие эксплуатационные затраты, которые больше, чем при эксплуатации электрофильтров, сильная зависимость срока службы рукавов от температуры и состава дымовых газов (важно: температура входящего потока газа должна быть на 25 °С выше точки росы для предотвращения образования серной кислоты).



Принципиальная схема рукавного фильтра

Принцип работы рукавного фильтра заключается в улавливании частиц фильтровальной тканью при продувке через нее задымленного воздуха. Загрязненная газовая смесь доходит до рукавного фильтра по воздушному каналу через направляющий патрубок. Затем попадает в бокс для неочищенного воздуха. Далее она продвигается через ткань рукава, где твердые загрязняющие частички удерживаются снаружи на

плоскости ткани. Отфильтрованный воздух следует в чистый бокс и выводится из установки через клапан. Но постепенно налет пыли на ткани увеличивается и уплотняется. Противодействие продвижению воздуха через него возрастает. Пропускная и очищающая способности ткани падают. Для регенерации и рассчитана импульсная продувка сжатым воздухом. Во время регенерации загрязняющие частички попадают в приемный бункер, а оттуда – в устройство пылеудаления.

Доступность устройства рукавных фильтров с импульсной продувкой и эффективность очистных возможностей сделала такой тип элементов востребованным. Они имеют свою систематизацию, которая характеризует применяемые материалы и специфику очищаемой газовой смеси. Для эффективной работы рукавного фильтра основа, из которой его изготовили, должна отвечать нужным показателям, а подбор тканевой основы должен соответствовать параметрам загрязненного потока и тепловым режимам фильтрования.

Список источников

1. Маврищев В. В. Основы экологии: учебник. Мн.: Выш. шк., 2003. 416 с.
2. Хотунцев Ю. Л. Экология и экологическая безопасность: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. 2-е изд., перераб. М.: Академия, 2004. 480 с.
3. Официальный сайт компании «ALL Filtration Solution» [Электронный ресурс]. URL: <https://allfiltrs.ru/> (дата обращения: 22.06.2021).

УДК 620.9

Метелёв П. Н.

Поволжский государственный технологический университет

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы перспектив развития мирового топливно-энергетического комплекса.*

***Ключевые слова:** перспективы, развитие, инновации, энергетика, сырьё*

Количество энергетических проблем человечества из года в год становится все больше. Связано это с ростом населения планеты и быст-

рым развитием технологий в целом, что естественно приводит к постоянному росту потребления энергии. Невзирая на использование ядерной и альтернативной энергии, человечество продолжает добывать огромную долю топлива из недр нашей планеты. Уголь, природный газ, нефть являются невозобновляемыми энергетическими ресурсами, поэтому их запасы снизились до предельного уровня.

Глобализация энергетической проблемы человечества началась в семидесятых годах прошлого столетия, когда эра дешевой нефти закончилась. Нехватка и резкое удорожание данного вида топлива спровоцировало серьезный экономический кризис. И хотя стоимость нефти уменьшалась со временем, ее объемы быстро продолжают сокращаться, поэтому проблема человечества в области энергетики и сырья становится все более острой. Например, только в период с 60-х по 80-е годы XX века мировая добыча угля составила 45%, нефти – 70%, природного газа – 75% от общего объема этих ресурсов, использованных с начала столетия.

Невзирая на то, что в 70-х годах началась нехватка топлива и было обнаружено, что энергетическая проблема является глобальной проблемой для человечества, прогнозы не предусматривали увеличения его потребления. Предполагалось, что объем добычи к 2000 году увеличится в 2,5-3 раза. Впоследствии эти планы были сокращены, но в результате чрезвычайно расточительной эксплуатации ресурсов, которая длилась десятилетиями, сегодня их практически не стало [1].

Одной из причин растущей нехватки топлива являются ухудшающиеся условия его производства и, как следствие, стоимость этого процесса. Если несколько десятилетий назад природные ресурсы лежали на поверхности, то сейчас необходимо постоянно увеличивать глубину шахт, нефтяных и газовых скважин, горно-геологические условия для появления энергоресурсов в старых промышленных регионах Западной Европы, Северной Америки, Украины и России особенно ухудшились. Учитывая географические аспекты энергетических и сырьевых проблем человечества, следует отметить, что их решение заключается в расширении границ ресурсов. Следует освоить новые районы с более легкими горно-геологическими условиями.

Подобным способом можно снизить стоимость производства топлива. Следует иметь в виду, что общая капиталоемкость производства энергии на новых местах, как правило, значительно выше.

Истощение запасов природного топлива привело к жесткой конкуренции в политической, экономической и геополитической областях.

Гигантские топливные компании занимаются разделением топливно-энергетических ресурсов и перераспределением сфер влияния в этой отрасли, что влечет за собой постоянные изменения цен на мировом рынке нефти газа и угля. Нестабильность ситуации серьезно обостряет энергетическую проблему человечества [2].

С начала XXI века все большее значение приобретает концепция глобальной энергетической безопасности. Принципы такой стратегии безопасности предусматривают долгосрочное, надежное и экологически приемлемое энергоснабжение, цены, которые будут оправданы и удовлетворяют страны, импортирующие и экспортирующие топливо. Осуществление этой стратегии возможно только в случае ликвидации причин энергетической проблемы человечества и принятия практических мер, нацеленных на дальнейшее обеспечение мировой экономики как традиционными видами топлива, так и энергией из альтернативных источников. Более того, развитию альтернативной энергетики следует уделять особое внимание.

Еще одной концепцией современности является политика энергосбережения. Во времена дешевого топлива во многих странах мира сложилась очень ресурсоемкая экономика. Прежде всего, такое явление наблюдалось в государствах, богатых минеральными ресурсами. США, Канада Советский Союз, Австралия и Китай возглавили этот список. В то же время в Советском Союзе стандартный расход топлива был в несколько раз больше, чем в Америке. Такое положение дел потребовало безотлагательного введения политики энергосбережения в промышленном, бытовом, транспортном и других секторах экономики.

Таким образом, принимая во внимание все аспекты энергетических и сырьевых проблем человечества, начали разрабатываться и вводиться новые технологии, направленные на снижение удельной энергоемкости ВВП этих стран.

Список источников

1. Боровский Ю. В. Современные проблемы мировой энергетики. М.: Navona, 2011. 231 с.
2. Зеркалов Д. В. Мировая энергетика. К.: Основа, 2009. 173 с.
3. Родионов В. Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. М.: ЭНАС, 2010. 352 с.

Метелёв П. Н.

Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПИРОМЕТРОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СФЕРАХ

Аннотация. Рассмотрены вопросы применения оптических пирометров в различных производственных сферах.

Ключевые слова: приборы, измерения, электроэнергетика, теплоэнергетика, строительство, производство

Благодаря пирометрам – приборам для бесконтактного измерения температуры тел – измерение высоких температур стало более доступным во множестве сфер деятельности: электроэнергетике, теплоэнергетике, строительстве, промышленных областях, также пирометры находят и бытовое применение. Принцип действия основан на измерении мощности теплового излучения объекта преимущественно в диапазонах инфракрасного излучения и видимого света. Основной особенностью пирометров то, что контроль температуры проводится без необходимости прямого контакта пирометра с контролируемым объектом, это дает преимущество и позволяет измерять температуру сильно нагретых объектов и перемещающихся объектов.

Диагностирование яркостных температур оптическими пирометрами с исчезающей нитью основано на сопоставлении эффективной длины волны света в видимой зоне спектра яркости диагностируемого объекта с яркостью нити пирометрической лампы, тогда как глаз человека, проводящего измерение, является чувствительным элементом (лучепринимающим) для фиксации наличия или отсутствия равновесия яркости двух одновременно рассматриваемых изображений тел, вследствие чего контроль температуры пирометром с исчезающей нитью характеризуется известной субъективностью, которую следует иметь в виду при их применении. В области наблюдения телескопом наблюдатель увидит участок излучающей поверхности объекта диагностирования, и на его фоне – нить лампочки. При условии, что яркость нити и диагностируемого нагретого тела различны, нить будет отличаться по цвету от фона. Человек, проводящий диагностирование, изменяет температуру накала нити реостатом и до достижения одинаковых яркостей, при это нить и фон станут одного цвета (нить «исчезнет»). В этот момент яркостная

температура нити равна яркостной температуре диагностируемого объекта. Человеческий глаз довольно чувствителен к изменению яркостей и момент «исчезновения» нити замечается весьма легко.

Также имеются оптические пирометры, в которых контроль яркостей нити и объекта выполняется не визуально, а фотоэлектрическим устройством. Такой метод диагностирования позволяет автоматизировать контроль и повысить точность измерения яркостной температуры. Однако при этом конструкция прибора существенно усложняется, а следовательно, и увеличивается стоимость проведения измерений.

В промышленных оптических пирометрах в качестве измерительного прибора применяется милливольтметр со шкалой, позволяющей производить контроль яркостной температуры, выраженной в градусах Цельсия. В некоторых типах оптических пирометров в качестве измерительного прибора используется миллиамперметр, последовательно включенный с нитью лампы. Необходимо отметить, что в начале свечения нити лампы ток составляет около 50% тока при накале нити, соответствующем температуре верхнего предела измерения, тогда как напряжение на зажимах лампы достигает около 25% от напряжения, соответствующего той же температуре. Следовательно, контролировать напряжение на зажимах лампы экономически выгоднее, нежели ток, ведь в таком случае шкала электроизмерительного прибора задействована более продуктивно.

В оптических пирометрах высокой точности и образцовых в качестве измерительных приборов применяются потенциометры, обеспечивающие высокую точность контроля.

Также в оптических пирометрах для монохроматизации света используют светофильтр из красного стекла КС-15. Человеческий глаз через красный светофильтр воспринимает лишь небольшую область спектра, что делает возможным представить сетевой поток как эквивалентное монохроматическое излучение со значением эффективной длины волны, определяемым с погрешностью, обычно не превышающей 0,01-0,02 мкм. При использовании оптических пирометров с красным светофильтром из стекла КС-15 эффективная длина волны лежит в пределах 0,65-0,66 мкм.

При увеличении температуры контролируемого объекта максимальное количество энергии излучения смещается в сторону коротких волн; что объясняет уменьшение эффективной длины волны пирометра.

Для пирометра, использующего для монохроматизации красный светофильтр, смещение эффективной длины волны не превышает

0,002-0,003 мкм, при измерении температуры от 800 до 3000°C. Это смещение невелико и для рабочих пирометров не учитывается.

Достоверность использования оптических пирометров определяется стабильностью характеристик пирометрической лампы и постоянством показаний контролирующего прибора. У пирометрической лампы с вольфрамовой нитью в течение весьма долгого промежутка времени наблюдается постоянство характеристик, т. е. видна четкая зависимость яркости нити от силы тока, протекающего через нее, если нить лампы не подвергается нагреву выше 1400°C. Поэтому для контроля яркостной температуры выше 1400°C телескоп оптического пирометра оснащают поглощающим стеклом, помещаемым между объективом и пирометрической лампой. Поглощающее стекло может быть установлено и перед объективом в целях уменьшения его нагрева. Поглощающее стекло, предназначенное для ослабления яркости источника излучения, обычно характеризуют его коэффициентом пропускания. Значение этого коэффициента показывает, какая доля лучистой энергии спектрального участка, используемого в оптическом пирометре, упавшая на стекло, пропускается им. Таким образом, измерение яркостных температур с включенным поглощающим стеклом производится путем сравнения неослабленной яркости нити пирометрической лампы с ослабленной яркостью источника излучения.

Контроль температуры – весьма важная составляющая при диагностировании многих систем. Применение пирометров позволяет осуществлять операции по контролю за температурой без непосредственного контакта измерительного прибора с объектом измерения, также они могут выступать в роли безопасного дистанционного средства измерения температур раскаленных объектов. Это делает пирометры незаменимыми для обеспечения должного контроля в тех случаях, когда физическое взаимодействие с контролируемым объектом невозможно из-за высоких температур. Кроме этого, пирометры активно применяются в качестве теплотокаторов, для определения областей критических температур в различных производственных сферах.

Список источников

1. Гордов А. Н. Основы температурных измерений. М.: Энергоатомиздат, 1992. 304 с.
2. Савватимский А. И., Коробенко В. Н. Высокотемпературные свойства металлов атомной энергетики. М.: Издательство МЭИ, 2012. 216 с.
3. Чернин С. М., Коган А. В. Измерение температуры малых тел пирометрами излучения. М.: Энергия, 1980. 96 с.

Метелёв П. Н.

*Поволжский государственный технологический университет***ПРИМЕНЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ**

Аннотация. Рассмотрены вопросы применения паровых котлов. Паровые котлы и паровые турбины являются основными агрегатами тепловой электростанции (ТЭС).

Ключевые слова: паровой котёл, классификация, энергетика

Паровые котлы и паровые турбины являются основными агрегатами тепловой электростанции (ТЭС). Паровой котел – это устройство, имеющее систему поверхностей нагрева для получения пара из непрерывно поступающей в него питательной воды путем использования теплоты, выделяющейся при сгорании органического топлива (рисунок).

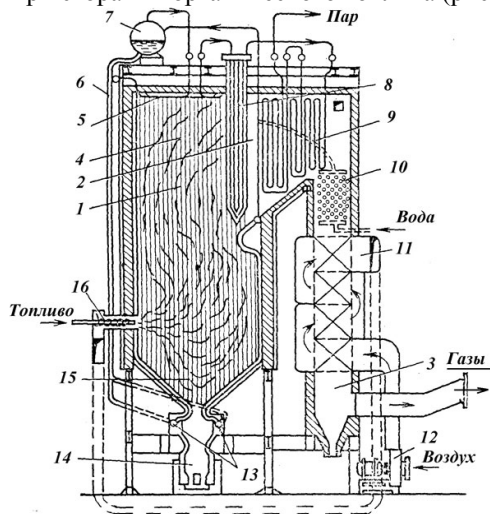


Схема парового котла: 1 – топочная камера (топка); 2 – горизонтальный газоход; 3 – конвективная шахта; 4 – топочные экраны; 5 – потолочные экраны; 6 – спускные трубы; 7 – барабан; 8 – радиационно-конвективный пароперегреватель; 9 – конвективный пароперегреватель; 10 – водяной экономайзер; 11 – воздухоподогреватель; 12 – дутьевой вентилятор; 13 – нижние коллекторы экранов; 14 – шлакоуловитель; 15 – холодная коронка; 16 – горелки. На схеме не показаны золоуловитель и дымосос

В современных паровых котлах организуется факельное сжигание топлива в камерной топке, представляющей собой призматическую вертикальную шахту. Факельный способ сжигания характеризуется непрерывным движением топлива вместе с воздухом и продуктами сгорания в топочной камере. Топливо и необходимый для его сжигания воздух вводятся в топку котла через специальные устройства – горелки. Топка в верхней части соединяется с призматической вертикальной шахтой (иногда с двумя), называемой по основному виду проходящего теплообмена конвективной шахтой. В топке, горизонтальном газоходе и конвективной шахте находятся поверхности нагрева, выполняемые в виде системы труб, в которых движется рабочая среда. В зависимости от преимущественного способа передачи тепла к поверхностям нагрева их можно подразделить на следующие виды: радиационные, радиационно-конвективные, конвективные.

В топочной камере по всему периметру и по всей высоте стен обычно расположены трубные плоские системы – топочные экраны, являющиеся радиационными поверхностями нагрева.

Паровые котлы характеризуются основными параметрами: номинальной паропроизводительностью, давлением, температурой пара (основного и промежуточного перегрева) и питательной воды.

Классифицировать паровые котлы можно по следующим параметрам.

В зависимости от характеристики соответствующего тракта и его обслуживания вводится соответствующая классификация паровых котлов.

По виду сжигаемого топлива различают паровые котлы для газообразного, жидкого и твердого топлива.

По особенностям газозвоздушного тракта различают котлы с естественной тягой, с уравновешенной тягой и с наддувом. Паровые котлы, в которых движение воздуха и продуктов сгорания обеспечивается напором, возникающим под действием разностей плотностей атмосферного воздуха и газа в дымовой трубе, называются котлами с естественной тягой. Если сопротивление газового тракта (так же, как и воздушно-го) преодолевается работой дутьевых вентиляторов, то котлы работают с наддувом. Котлы, в которых давление в топке и начального газохода (перед поверхностью нагрева) поддерживается близким к атмосферному с совместной работой дутьевых вентиляторов и дымососов, называют котлами с уравновешенной тягой. В этих котлах воздушный тракт находится под давлением и его сопротивление преодолевается с помощью дутьевого вентилятора, а газовый тракт находится под разрежением (сопротивление этого тракта преодолевается дымососом). Работа газо-

вого тракта под разрежением позволяет уменьшить выбросы из газоходов в котельное помещение высокотемпературных газов и золы. В настоящее время стремятся все котлы, в том числе и с уравновешенной тягой, изготавливать в газоплотном исполнении.

Таким образом, паровые котлы обладают широкой классификацией и активно применяются на теплоэнергообеспечивающих предприятиях.

Список источников

1. Волков Э. П., Ведяев В. А., Обрезков В. И. Энергетические установки электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1983. 280 с.
2. Лезин В. И., Липов Ю. М., Селезнев М. А., Сыромятников В. М. Пароперегреватели котельных агрегатов. М.: Энергия, 1965. 290 с.

УДК 674.8

Михайлов С. А., Порубов А. В.

Научные руководители: Царев Е. М., д-р техн. наук, профессор;

Рукомойников К. П., д-р техн. наук, профессор;

Сидоров А. Л., преподаватель

Поволжский государственный технологический университет

МОБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АРБОЛИТА

Аннотация. *Предложена конструкция устройства по производству смеси из древесного материала и связующего материала с целью повышения качества арболита за счет объемного перемешивания древесных частиц со связующими материалами.*

Ключевые слова: *арболит, связующий материал, смеситель, пенобетон, газобетон*

В настоящее время при строительстве используется множество материалов: древесина, кирпич, пенобетон, газобетон. Арболит – это легкий бетон, состоящий из минеральных вяжущих и заполнителей (отходов лесозаготовок, деревообработки, конопли и другого органического целлюлозного сырья), а также химических добавок и воды. Размеры блока арболита с несущими свойствами до 3х этажей – 500х300х200 мм (0,03 м³), плотность – 600 кг/м³. Кирпич с несущими свойствами до 3х

этажей – стандартный размер – 250x120x65 мм, объём 0,00195 м³, плотность 1500-2000 кг/м³.

Соответственно, вес кирпичной стены с учетом различий в тепловых свойствах в 10-15 раз больше, чем у аналогичной по качеству стены из арболита [1, 2].

Применительно к сельскому хозяйству арболит может применяться для постройки административно-хозяйственных помещений, коровников, свинарников, складов для хранения кормов и других помещений.

Цель работы: разработка конструкции устройства по производству смеси из древесного материала и связующего материала с целью: повышения качества арболита за счет объемного перемешивания древесных частиц со связующими материалами, возможностью загружать щепу и связующие с водой в одном месте, а выгружать – в другом.

Для производства арболита используются разные конструкции смесителей [3], основным недостатком которых является низкое качество перемешивания древесных частиц со связующим материалом, что приводит к снижению качества продукции, привязка к конкретному источнику энергии, большие энергозатраты при производстве арболита. Для решения поставленной задачи были проведены литературные и патентные исследования, которые позволили разработать новое устройство [4].

Предлагаемое устройство (рис. 1) состоит из корпуса 1, внутри которого размещен перемешивающий механизм, состоящий из двух беличьих колес 2 и 3.

На внешних поверхностях этих колес жестко закреплены шнековые спирали 4 и 5. При этом одно колесо смонтировано внутри другого таким образом, что их валы 6 и 7 установлены в подшипниковых узлах 8 и 9 с возможностью противовращения посредством гидромоторов 10 и 11, размещенных с противоположных сторон корпуса 1 и связанных с силовым агрегатом погрузчика 12. К корпусу 1 жестко закреплен на раме подъемника погрузчик 13.

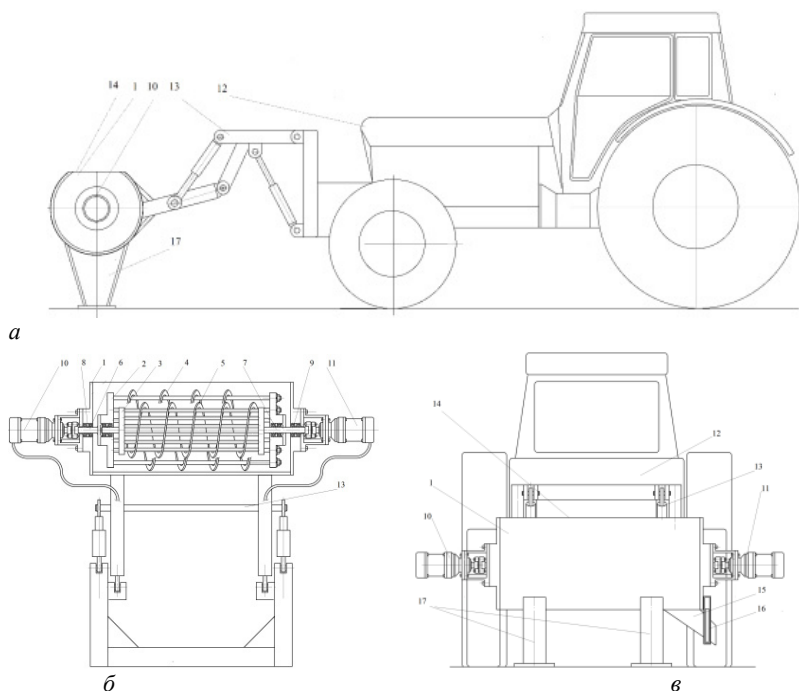


Рис. 1. Устройство для производства арболита:

а – общий вид, б – вид сбоку, в – вид сверху

1 – корпус; 2, 3 – беличьи колеса; 4, 5 – шнековые спирали; 6, 7 – валы; 8, 9 – подшипниковые узлы; 10, 11 – гидромоторы; 12 – силовой агрегат погрузчика; 13 – подъемник; 14 – загрузочный люк; 15 – выгрузочный люк; 16 – шибер; 17 – опоры, 18 – электродвигатель, 19 – шибер, 20 – выгрузочное окно

Устройство работает следующим образом. Во внутреннее пространство корпуса 1 устройства загружается щепа со связующими и водой. Включается электродвигатель 18, от которого вращение передается на звездочку 16, которая за счет цепи 15 перемещает портал либо в один конец корпуса, либо в другой.

За счет зубчатой рейки 12 приходит во вращение центральный вал 8, приводя во вращение пластину 9, на которой размещены подшипниковые корпуса 10 с перемешивающими лопатками 7, так как шестеренки 5 перекатываются по зубчатому венцу 4, они приводят во вращение валы 6 и перемешивающие лопатки 7.

При этом происходит перемешивание за счет вращения перемешивающих лопаток 7 относительно своих осей, а также за счет перемещения

вместе с порталом 3, это сказывается на ее качестве перемешивания. После завершения перемешивания смеси открывается шибер 19, и она удаляется через выгрузочное окно 20 наружу.

Выводы. Предлагаемая конструкция устройства обеспечивает высокое качество перемешивания смеси при производстве арболита за счет объемного перемешивания древесных частиц со связующими материалами, повышается качество продукции. Кроме того, работа осуществляется автономно без привязки к конкретному источнику энергии и с наименьшими энергозатратами, вследствие того что этим источником является или аккумуляторная батарея, или ДВС погрузчика.

Список источников

1. Полищук А. И., Рубинская А. В., Трофимук В. Н., Чистова Н. Г. Производство арболита как одно из перспективных направлений комплексной переработки древесины // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2012. №32. С. 108-110.
2. Чемоданов А. Н., Горинов Ю. А., Сафин Р. Г., Алибеков С. Я. Применение арболита // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 3. С. 43-54.
3. Попова М. А., Миронов В. А. Устройство для производства арболита // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. 2012. №2. С. 58-61.
4. Патент №2755882. Мобильное устройство для получения арболита. Российская Федерация. Авторы: Царев Е. М., Тюлькин Д. В., Анисимов С. Е., Миронов В. А., Попова М. А., заявитель и патентообладатель ПГТУ, МПК В27N1/02 В01F7/08 В28C5/14, заявл. 24.05.2020 опублик. 22.09.2021 Бюл. № 23.

УДК 004.93

Скулкин А. А.

Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аннотация. Рассмотрены вопросы применения искусственного интеллекта в различных сферах деятельности, в том числе для распознавания лиц.

Ключевые слова: искусственный интеллект, система распознавания лиц

С малых лет человек способен распознавать, узнавать, отличать лица среди множества других лиц. Таким примером может быть младенец, чувствующий себя комфортно и в безопасности находящийся на руках у матери, видя ее знакомое лицо. Но находясь в контакте с человеком с незнакомым лицом в большинстве случаев младенец начинает плакать, искать взглядом знакомое лицо и проситься на руки к этому человеку. Помимо простого распознавания лиц человек способен по выражению лица определить, в каком настроении собеседник, сколько ему лет или более сложное – определить расу, этническую принадлежность, национальность. В отдельных случаях, например, доктора, исходя из опыта могут предположить заболевание пациента.

С развитием технологий, из желания изучить способность человека мгновенно распознавать лица появилось желание научить машины распознавать лица, а затем добиться такой же скорости и точности распознавания лиц системами машинного зрения, как у человека. На сегодняшний день системы распознавания лица достигли невероятных успехов, они способны отыскать человека в базе из 1 миллиарда изображений менее чем за 0,5 секунды [1], а точность распознавания, в большинстве случаев выше 95 процентов [2, с. 108]. Помимо распознавания лица человек смог обучить нейронную сеть определять пол человека с точностью 99%, возраст человека в диапазоне 5 лет с точностью до 95% и эмоциональное состояние человека.

Одной, более востребованной, из области применения таких систем является обеспечение безопасности. Система в режиме реального времени отслеживает всех находящихся в помещении людей, сравнивает их с базой лиц, когда-либо нарушивших закон, при совпадении сообщает местонахождение человека. Некоторые системы распознавания могут отслеживать модель поведения человека, и на основе своего опыта выявлять отклонения от нормы поведения человека в подобных местах, после чего сообщают о подозрительных действиях в службу охраны или другие службы безопасности. Еще одной новинкой в области обеспечения безопасности стала технология Face ID [3]. Использование лица вместо постоянного ввода пароля для разблокировки смартфона во многом упростила жизнь пользователям, несмотря на это, Face ID не всегда способна отличить живого человека от маски человека, данная технология еще требует доработки.

Другой областью применения служит таргетированная реклама [4]. Сейчас данная область больше привлечена к сети интернет – в социальных сетях показывают рекламу, интересную людям определенного пола, возраста, мировоззрения и других предпочтений. Системы распознава-

ния, к примеру, можно использовать в крупных торговых сетях. В таких сетях часто можно увидеть информационные табло с рекламой, используя системы видеослежения и нейронные сети, можно определить возраст и пол людей, находящихся вблизи определенного табло, и показывать на нем рекламу товаров, интересных для этой категории людей.

Также системы распознавания лиц могли бы с легкостью заменить скидочные, накопительные и прочие карты. Установив такую систему на кассе, клиенту больше не потребуется предъявлять карту, а кассиру проводить ее, что уменьшит время обслуживания клиента и позволит заинтересовать его скидкой на определенный товар при следующей покупке.

В будущем, возможно, такие системы будут применять в детских садах и школах для определения эмоционального состояния ребенка, как системы дополнительной поддержки ребенка. Также возможно использовать такие системы в учреждениях здравоохранения, в дополнение к системам предварительной постановки диагноза систему распознавания лица можно научить выявлять определенные признаки, характерные для каких-либо болезней: неестественный цвет кожи, отеки лица или под глазами и многое другое.

Основными требованиями для систем распознавания лиц являются такие параметры, как точность распознавания лица – во многих областях точность является важнейшим требованием, ради которого жертвуют скоростью распознавания лиц или затратами на оборудование; скорость распознавания лиц – особенно это важно в случаях обеспечения безопасности в режиме реального времени; ресурсозатратность – не всегда выгодно устанавливать дорогостоящее оборудование, поэтому попытки оптимизировать алгоритмы и снизить требования к оборудованию, необходимому для таких систем, актуальны; функциональность – чем больше функция сможет выполнять система (определение пола, возраста, эмоционального состояния и прочее), тем больше она востребована.

Если не так давно их применение было весьма ограничено и такие системы преимущественно применялись в военной технике и службами правопорядка, то сейчас системы распознавания лиц все чаще внедряют в устройства ежедневного пользования, и они все сильнее интегрируются в повседневную жизнь человека. Поэтому исследования возможностей и недостатков таких систем являются актуальным вопросом как с точки зрения функционала, так надежности и безопасности таких систем.

Список источников

1. Распознавание лиц и силуэтов людей, автомобилей и номерных знаков [Электронный ресурс]. URL: <https://ntechlab.ru/> (дата обращения: 11.10.2022).
2. Спицын В. Г., Болотова Ю. А., Шабалдина Н. В., Буй Тхи Тху Чанг, Фан Нгок Хоанг Распознавание лиц на основе метода главных компонент с применением вейвлет-дескрипторов Хаара и Добеши // Национальный исследовательский Ядерный Университет «МИФИ», 2016. Т. 8. № 5. С. 103-112.
3. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Face_ID (дата обращения: 13.10.2022).
4. Таргетированная реклама: в чем ее преимущества и выгоды для вашего бизнеса? [Электронный ресурс]. «Нетология» – это университет по подготовке и дополнительному обучению специалистов в области интернет-маркетинга, управления проектами, дизайна, проектирования интерфейсов и веб-разработки. URL: <https://netology.ru/blog/218-targetirovannaya-reklama-v-chem-preimushchestva-i-vygody-dlya-vashego-biznesa> (дата обращения: 15.10.2022).

УДК 621.791

Скулкин А. А.

Поволжский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СВАРОЧНЫХ АВТОМАТОВ

Аннотация. В статье рассмотрены виды сварочных устройств.

Ключевые слова: автоматизированная сварка, дуговой автомат, сварочный трактор

Автоматизация и механизация процесса дуговой электросварки может быть признана одной из важнейших задач современной сварочной техники. Ручная дуговая сварка слишком трудоемка, требует большого количества квалифицированных кадров, сравнительно дорога, и, естественно, не может обеспечить однородность продукции, а так как последующий контроль качества сварки затруднителен, недостаточно надежен и не всегда выполняем, то доверие к качеству сварки снижается и заведомо уменьшаются допускаемые напряжения для сварных швов, поэтому на современных производствах ручная сварка заменяется автоматизированной.

Конструкции автоматов отличаются простотой: трехфазный асинхронный электродвигатель с постоянным числом оборотов через короб-

ку передач приводит во вращение ролик, подающий электродную проволоку. Скорость подачи проволоки изменяется сменой передаточных зубчатых колес.

Дуговой автомат представляет собой автоматический регулятор, поддерживающий постоянство режима дуговой сварки по возможности независимо от воздействия внешних и случайных возмущающих факторов. Для осуществления процесса сварки недостаточно одного автомата, требуется еще ряд дополнительных устройств, образующих вместе с одним или несколькими дуговыми автоматами установку для автоматической дуговой сварки. Эти устройства и механизмы могут быть весьма разнообразны, в зависимости от конфигурации и размеров изделия, характера производства и других факторов.

Перемещение дуги может осуществляться движением как автомата, так и изделия, в особенности при сварке круговых швов. В первую очередь, следует отметить механизмы перемещения дуги вдоль шва, затем механизмы регулирования и установочных перемещений автомата и изделия. В автоматических сварочных установках важную роль играют устройства для перемещения и поворота изделия с целью постановки швов в наиболее удобное для сварки положение, в особенности для угловых швов «в лодочку», или же для вращения изделия с заданной равномерной скоростью при сварке круговых швов. Часто существенное значение имеют транспортные приспособления для укладки, поворачивания и перемещения изделий. Кроме того, необходимы электрические измерительные и регулировочные приборы, подводка электрического тока, флюсовая аппаратура и разные специальные устройства.

Также необходим источник тока, питающий автоматическую установку с относящейся к нему аппаратурой. Дуговые автоматы обычно питаются сварочным током от сварочных трансформаторов. При небольшом сварочном токе достаточны стандартные сварочные трансформаторы, обычно применяемые для ручной дуговой сварки. Для более значительных токов, требующихся обычно при сварке под флюсом, применяют более мощные сварочные трансформаторы – на 1000 и 2000 А. При отсутствии мощных трансформаторов можно применить параллельное соединение нескольких менее мощных трансформаторов. При автоматической дуговой сварке токи обычно настолько велики, что характеристика дуги становится возрастающей, т. е. ее напряжение повышается с увеличением силы тока. Это обстоятельство и особенности саморегулирования дуги при постоянной скорости подачи электрода делают возможным питание дуги от источников тока с жесткими или возрастающими характеристиками.

Автоматы могут быть снабжены дополнительными устройствами: для правки электродной проволоки, поворота, наклона и точной установки автомата над швом, указателями и копирами, корректирующими положение конца электрода относительно оси шва. Автоматы с постоянной скоростью подают проволоку все время в направлении к изделию, зажигание дуги производится кратковременным пуском электродвигателя автомата в обратную сторону. После зажигания дуги электродвигатель автомата переключается на подачу электродной проволоки к изделию и вследствие саморегулирования сварочной дуги быстро устанавливается нормальная работа автомата. В конце сварного шва выключается механизм перемещения дуги и автомат, подающий электродную проволоку; сварочный ток не выключается, и дуга продолжает гореть до естественного обрыва вследствие ее удлинения. Таким образом, заваривается конечный кратер.

Управляют автоматом обычно через установленный в удобном месте кнопочный пульт. Дуговой автомат поддерживает горение дуги и подает электродную проволоку. Для получения сварного шва необходимо перемещать дугу по линии сварки. В зависимости от способа перемещения дуги различают подвесные автоматы, самоходные автоматы и сварочные тракторы. Подвесные автоматы не имеют механизма перемещения, оно производится отдельным устройством. Перемещаться может изделие при неподвижном автомате или же автомат, установленный на самоходную тележку, вдоль изделия, например, при сварке длинных прямолинейных швов. Возможно и одновременное перемещение автомата и изделия, удобное при выполнении некоторых криволинейных швов. У самоходных автоматов имеется механизм перемещения, конструктивно объединенный с автоматом. Самоходный автомат перемещается по специальному рельсовому пути.

Сварочным трактором называется легкий компактный самоходный автомат, перемещающийся непосредственно по поверхности свариваемого изделия или по легкому переносному рельсовому пути либо по направляющей линейке, укладываемому на поверхность изделия. Сварочные тракторы особенно удобны для сварки изделий больших размеров таких, как корпуса судов, крупные резервуары и т. п.

Автоматизации хорошо поддаются все основные виды дуговой сварки, и за последние годы достигнуты такие успехи, что уже сейчас этот процесс по степени автоматизации основных операций может считаться одним из наиболее передовых и прогрессивных технологических процессов металлообработки.

Список источников

1. Львов Н. С., Гладков Э. А. Автоматика и автоматизация сварочных процессов. М.: Машиностроение, 1982. 302 с.
2. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.

УДК 621

Скулкин А. А.

Поволжский государственный технологический университет

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Аннотация. *Рассмотрены перспективы развития машиностроительной отрасли.*

Ключевые слова: *машиностроение, инновации, перспективы, развитие*

Машиностроение – это одна из наиболее высокотехнологичных и инновационных отраслей промышленности. Без инноваций и постоянного развития предприятия не могут иметь каких-либо перспектив в дальнейшем. Время не стоит на месте так же, как и рыночные процессы, и новые потребности человека. Из этого следует, что компания должна поддерживать высокий уровень в своей отрасли и следовать технологическому прогрессу.

Одной из главных целей деятельности машиностроительных предприятий в сфере инноваций является создание основных планировочных решений, что составляет основу стратегии развития на долгосрочный период и коммерциализацию проекта.

Машиностроение является ведущей отраслью, ядром отечественной промышленности как по величине (около 40% всех занятых в промышленности и около 20% ВВП), так и по значению для национальной экономики [1]. Машиностроительное производство характеризуется крупными размерами предприятий – около 2000 сотрудников (при этом в промышленности в среднем около 850 человек), более высокой стоимостью ОПФ на одного работника, высоким уровнем профессионализма и квалификации [1]. Эффективность любого производ-

ства зависит от прогрессивности машин и оборудования. Поэтому постоянное креативное обновление технической базы предприятий, рост знаний и конкурентоспособности машиностроительной продукции является необходимым условием ускорения развития экономики страны.

Уровень развития различных отраслей экономики определяется инновационной активностью в области машиностроения. Для укрепления своих позиций на товарном рынке и повышения собственной производительности предприятия создают, выводят и применяют инновации, позволяющие им иметь дополнительные преимущества перед конкурентами. В связи с этим спрос на инновации в области машиностроения остается постоянным.

С учетом причин, которые обуславливают потребность в инновациях, выделяют:

- реактивные инновации, которые вызваны новыми идеями конкурентов и носят актуальный характер;
- стратегические инновации, разрабатываемые и внедряемые для получения конкурентных преимуществ и увеличения доли рынка [2].

По виду применения можно выделить инновации:

- технологические,
- продуктовые,
- рыночные,
- организационно-управленческие [2].

Продуктовые инновации связаны с предложением потребителю новых либо усовершенствованных путей достижения цели.

Рыночные инновации схожи по смыслу с продуктовыми инновациями. Благодаря изменениям и улучшениям они расширяют сферу применения продукта.

Организационно-управленческие инновации – это изменения в процессах машиностроительного предприятия в целях повышения его эффективности и конкурентоспособности.

По степени новизны инновации можно разделить на высшие, средние и низшие.

Высшие инновации понимаются как уникальные или, наоборот, радикально измененные продукты и технологии. Средние инновации состоят в улучшении процессов путем внесения значительных изменений, но без изменения в их основе. Низшие инновации означают незначительные изменения, которые приводят компанию к преимуществам перед конкурентами [1].

Усилия специалистов таких отраслей машиностроения, как автомобилестроение, авиастроение и космическая промышленность, направлены на создание нового материала с минимальным весом и высокой прочностью, поскольку данные характеристики обеспечивают экономичность, безопасность и экологичность выпускаемых в этих отраслях транспортных средств. Поэтому для достижения наибольшей эффективности производства и качества продукции все чаще применяются лазерные установки.

Сейчас наиболее инновационная технология машиностроения, связанная с применением лазера, касается метода лазерного послойного синтеза. Благодаря ему выполняют выращивание деталей сложной формы. При помощи лазерного синтеза создают различные детали из жаропрочной стали, алюминия или титана. Происходит этот процесс по 3D-технологии: лазер оплавляет порошок, из которого за несколько часов выполняется деталь. Такие изделия характеризуются идеальной плотностью, что позволяет широко применять их в авиационной и космической отрасли. Этот подход позволяет свести к нулю возможные деформации и поломки, которые возникали при применении старых методов [3].

Таким образом, основой современного машиностроения справедливо считаются наукоёмкие технологии и инновации, возникающие на пересечении нескольких наук. В данный момент технический прогресс совместил в себе развитие энергетики, физические и химические достижения, высокоэффективные компьютерные технологии, программные продукты и пр. Это сочетание позволяет разрабатывать и выпускать многокоординатные, гибкие, многофункциональные машины и находить новые методы их производства.

Список источников

1. Кондратьев В. Б. Глобальный рынок машиностроения // Главный механик. 2014. №1. С. 13-27.
2. Празднов Г. Ф. Инновации в машиностроении: цель, проблемы, эффективность // Креативная экономика. 2017. №11. С. 55-59.
3. Тебекин А. В. Проблемы стратегического инновационного развития предприятий отечественного машиностроения и потенциальные пути их решения // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. 2018. №1. С. 22-26.

Суслова Е. В.

Научный руководитель: Николаева Н. В., преподаватель
Йошкар-Олинский аграрный колледж ФГБОУ ВО «ПГТУ»

ИЗУЧЕНИЕ ПРИЧИН БРАКА В ПРОЦЕССЕ ПЕЧАТИ 3D – ПРИНТЕРА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

***Аннотация.** В статье рассмотрена важность применения аддитивных технологий. Выявлены причины брака в процессе 3D-печати. Предложены пути решения проблемы возникновения брака при выполнении печати.*

***Ключевые слова:** аддитивные технологии, 3D-печать, термоустойчивость, дефекты печати, филамент*

Современный мир не стоит на месте и уже не представляет себя без информационных технологий. Перспективным направлением информационных технологий является технология «3D моделирования», «3D проектирования». При помощи аддитивных технологий в настоящее время создаются детали, различные предметы быта, а также строятся дома. В процессе макетирования возможны различные проблемы: с качеством изготовления детали, с точностью выполнения детали, несоблюдение техники безопасности и охраны труда на производстве, обнаружение брака на детали в ходе печати. Пути решения данных задач являются актуальными, и результаты работы помогут повысить уровень производства деталей

Цель исследования: изучение причин брака в процессе печати 3D-принтера и пути их решения.

Задачи исследования:

1. изучить и проанализировать литературу;
2. выявить причины брака 3D-печати;
3. найти пути устранения брака в процессе 3D-печати.

Для выполнения печати рабочей машиной является 3D-принтер Picaso Designer X, программное обеспечение – Polygon X, скорость печати прототипа составляет 100 мм/с [1]. Чтобы использовать первый слой в качестве основы, необходимо надежно прикрепить его к поверхности платформы, чтобы настроить принтер, необходима его первая пробная прокатка [2].



Рис. 1. Принтер 3D печати
Picaso Designer X

Отметим, что при выполнении работы на 3D-принтере Picaso Designer X чаще всего встречаются два вида дефектов: физические и программные.

Физические дефекты возникают при неправильной настройке механизмов принтера, устранение таких дефектов получается при правильном проведении сервисного обслуживания.

Программные – появляются при неправильной настройке слайсера или прошивки принтера.

При выполнении печати детали нами применялся материал полиактид, данный материал славится своими свойствами: биоразлагаемый материал, для его производства применяются кукуруза и сахарный тростник, но его экологичность ведет к недолговечности. Такой материал не служит для долговечный изделий, предназначен для выполнения сувенирных изделий.

Чаще всего при печати 3D применяется акрилонитрилбутадиенстирол, подвид термопластика. Данный материал отличается устойчивостью к влаге, маслам и кислотам, отличается высоким уровнем термостойкости – от 90° до 110°C [3].

В ходе выполнения печати нами были выявлены следующие причины брака:

1. проблема подачи печатающего материала – в данном случае, нам необходимо произвести осмотр катушки с филаментом, при завершении филамента произвести смену катушки; происходит обрыв филамента и если эта проблема возникает и далее, необходимо произвести замену материала;

2. смещение слоёв – для решения данной проблемы необходимо уменьшить толщину слоя и установить оптимальную температуру пластика, при выполнении печати стоит перепроверять работу сопел, чтобы уменьшить количество смещения слоев;

3. сбой работы принтера – произвести обслуживание принтера, сброс настроек, установить новые настройки;

4. засорение сопел – произвести очистку сопел, выставить низкую температуру плавления пластика;

5. плохая печать мелких деталей – изменить настройку принтера, запустить печатную головку в извилистую и длинную траекторию печати;

6. точность размеров – для решения необходимо воспользоваться мультиметром и прозвонить щели после контроллера, следить за состоянием и количеством филамента, изменить параметры детали, ошибки и неточности.

7. плохие мосты и плохая заполняемость – произвести настройку слайсера, следует найти параметр Gap Fil, который отвечает за перекрытие участков и заполнение промежутка между тонкими стенками и плохими мостами [4].

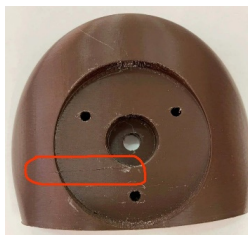


Рис. 2. Деталь с дефектом



Рис. 3. Деталь без дефектов

В ходе выполнения работы было установлено, что необходимо произвести дополнительные исследования для выяснения и решения причин брака. В свое время производить ремонт сопел, замену филамента, тщательно осматривать и подбирать материал для печати.

Список источников

1. Бельсков Д. С., Пальмов С. В. 3D-печать // Форум молодых ученых. 2018. №9 (25). [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/3d-pechat> (дата обращения: 05.04.2023).
2. Пашкова О. В. Срочная печать и оперативная цифровая полиграфия // Вестник МГУП. 2012. №6. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/srochnaya-pechat-i-operativnaya-tsifrovaya-poligrafiya> (дата обращения: 05.04.2023).
3. Сачёва А., Джармагамбетов А., Картушин А. П. Обзор мировых тенденций в области 3d-технологий // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2022. №1. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-mirovyh-tendentsiy-v-oblasti-3d-tehnologiy> (дата обращения: 05.04.2023).
4. Тарасов И. В. Технологии Индустрии 4.0: влияние на повышение производительности промышленных компаний // CPPM. 2018. №2 (107). [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-industrii-4-0-vliyaniya-na-povyshenie-proizvoditelnosti-promyshlennyh-kompaniy> (дата обращения: 05.04.2023).

Шевелев Б. В.

Поволжский государственный технологический университет

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (ТЭС) НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Аннотация. *Современные тепловые электростанции работают на органическом топливе, в качестве которого используют сравнительно дешевые уголь и мазут. Применяемые виды топлив в процессе сжигания образуют вредные выбросы, которые негативно воздействуют на окружающую среду.*

Ключевые слова: *ТЭС, теплоэнергетика, окружающая среда, загрязнение атмосферы, защита окружающей среды*

Современные тепловые электростанции работают на органическом топливе, в качестве которого используют сравнительно дешевые уголь и мазут. Эти виды топлива – невозполнимые природные ресурсы. Основные энергетические ресурсы в мире сегодня – уголь (40%), нефть (27%), газ (21%). Сжигание топлива на ТЭС связано с образованием продуктов сгорания, содержащих летучую золу, частицы недогоревшего пылевидного топлива, сернистый и серный ангидрид, оксиды азота и газообразные продукты неполного сгорания, а при сжигании мазута, кроме того, соединения ванадия, соли натрия и частицы сажи. В золе некоторых топлив имеется мышьяк, свободный диоксид кремния, свободный оксид кальция и др. Перевод с твердого топлива на газовое ведет к значительному удорожанию вырабатываемой энергии, не говоря уже о дефиците и того, и другого. Кроме того, это не решит проблемы загрязнения атмосферы. Перевод установок на жидкое топливо существенно уменьшает золообразование, но практически не влияет на выбросы окиси серы, так как мазуты, применяемые в качестве топлива, содержат более 2% серы. При сжигании газа в дымовых выбросах также содержится оксид серы, а содержание оксидов азота не меньше, чем при сжигании угля. Так как не хватает качественного топлива, ТЭС работают на низкосортном. В процессе сгорания такого топлива образуются загрязняющие вещества, которые выводятся в атмосферу с дымом и попадают в почву с золой. Помимо того, что эти выбросы неблагоприятно влияют на окружающую среду, продукты сгорания вызывают выпадение кислотных осадков и парниковый эффект, который грозит засухами.

Одним из факторов воздействия угольных ТЭС на окружающую среду являются выбросы систем складирования топлива, его транспортировки, пылеприготовления и золоудаления. При транспортировке и складировании возможно не только пылевое загрязнение, но и выделение продуктов окисления топлива. Для золошлакоотвалов требуются значительные территории, которые долгое время не используются и являются очагами накопления тяжелых металлов и повышенной радиоактивности, которые воздушным путем или же с водой попадают в биосферу [1]. Кроме того, происходит значительное тепловое загрязнение водоемов при сбрасывании в них теплой воды, что способствует цепным природным реакциям: зарастанию водоемов водорослями, нарушению кислородного баланса, что создает угрозу для жизни обитателей рек и озер. Значительны площади подтопления в результате повышения уровня грунтовых вод. Эти земли переходят в категорию заболоченных. В равнинных условиях подтопленные земли могут составлять 10% и более от затопленных. Уничтожение земель и свойственных им экосистем происходит также в результате их разрушения водой (абразии) при формировании береговой линии. Абразионные циклы обычно продолжаются десятилетиями, имеют следствием переработку больших масс почвогрунтов, загрязнение вод, заиление водохранилищ [2].

Основными факторами воздействия ТЭС на гидросферу являются выбросы теплоты, следствием которых могут быть: постоянное локальное повышение температуры в водоеме; временное повышение температуры; изменение условий ледостава, зимнего гидрологического режима; изменение условий паводков; изменение распределения осадков, испарений, туманов. На ТЭС с охлаждающей водой сбрасывается от 4 до 7 кДж теплоты на каждый 1 кВт·ч выработанной электроэнергии. По санитарным нормам тепловые сбросы не должны повышать собственную температуру водоема более чем на 5°C в зимнее время и 3°C – в летнее. Источниками загрязнения атмосферы являются производственные стоки и выбросы продуктов сгорания. К сточным водам ТЭС относятся следующие воды: содержащие нефтепродукты, после обмывки поверхностей нагрева паровых котлов, сбросные после установок химической очистки, консервации и промывок оборудования, а также систем гидрозолоудаления. Количество сточных вод, содержащих нефтепродукты, не зависит от мощности станции и типа оборудования, хотя при использовании жидкого топлива несколько выше, чем для ТЭС на твердом топливе. В то же время в основном

количество их зависит от качества монтажа и эксплуатации оборудования электростанции.

Таким образом, на современных тепловых электростанциях необходимо уделить внимание совершенствованию конструкции оборудования и тщательному соблюдению правил его эксплуатации, что позволит снизить до минимальных значений количество поступающих в сточные воды нефтепродуктов, а также активно применять различного типа ловушек и отстойников, что позволит исключить попадание загрязняющих факторов в окружающую среду.

Список источников

1. Маврищев В. В. Основы экологии: учебник. Мн.: Выш. шк., 2003 416 с.
2. Хотунцев Ю. Л. Экология и экологическая безопасность: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. 2-е изд., перераб. М.: «Академия», 2004. 480 с.
3. Григорьева В. А., Зорин В. М. Тепловые и атомные электрические станции: справочник. М.: Энергоатомиздат, 1982. 14 с.

УДК 621.791.18

Шевелев Б. В.

Поволжский государственный технологический университет

ДИФфуЗИОННАЯ СВАРКА КАК ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Аннотация. *Рассмотрен вопрос диффузионной сварки как технологического процесса.*

Ключевые слова: *сварка, технология*

Значительную часть изделий, содержащих элементы из неметаллических материалов, выполняют с помощью диффузионной сварки: полупроводников, стекла, керамики с металлами и сплавами.

Преимущества диффузионной сварки:

- большая надежность и качественность соединений;
- минимальная энергозатрата по сравнению с остальными инверторами;
- возможность соединения деталей с любой геометрической формой;

- безопасность рабочего процесса;
- высокие эксплуатационные характеристики.

Диффузионную сварку керамики с металлом применяют, в основном, для торцовых соединений. Параметрами, определяющими процесс сварки, являются:

- температура нагрева изделий;
- давление;
- время сварки и среда, в которой производят сварку (вакуум, водород, формирующий газ).

В технологическом цикле сварки последовательно выполняют следующие операции:

1. получение в камере заданного вакуума (газовой среды) и контроль за его состоянием;
2. нагрев свариваемых деталей с заданной скоростью и выход на заданную температуру сварки при заданном предварительном сжатии свариваемых деталей;
3. создание заданного сварочного давления и поддержание его в процессе изотермической выдержки и охлаждения;
4. проведение изотермического нагрева и поддержание его на заданном уровне; охлаждение свариваемых деталей с заданной скоростью.

Для диффузионной сварки керамических материалов используют универсальные и специализированные сварочные установки, а также различное оборудование для горячего и изостатического прессования.

Установка СДВУ-50/006 предназначена для диффузионной сварки изделий любой формы размером 200х250х400 мм из различных металлических и неметаллических материалов. На установке предусмотрено применение индукционного, радиационного и контактного способов нагрева соединяемых деталей. Установка оснащена электромеханической передачей усилия сжатия до 100 кН.

Установка для сварки изделий из порошковых материалов модернизирована и изготовлена на основе установки СДВУ-17, работает в комплекте с высокочастотным генератором мощностью 60 кВт. Стойки имеют свободное перемещение по направляющим рамы, что позволяет с помощью обычных болтовых соединений осуществлять жесткое крепление кварцевой трубы любой длины на направляющей. Собранные элементы помещают внутрь кварцевой трубы и упорами прижимают к толкателю. Один из концов собранной трубы удерживается сферической частью упора в крышке. Крышка уплотняется резиновым кольцом и прижимается эксцентриком. На другом конце кварцевой трубы смон-

тирован сильфонный вентиль для поджатия свариваемых деталей. После загрузки в пневматическую камеру через регулятор давления, обеспечивающий регулировку давления (до 60 МПа) подводится сжатый воздух, который с помощью толкателя передает давление на свариваемую трубку из порошкового материала. Усилие сжатия поддерживается в процессе сварки постоянным. Нагрев зоны шва осуществляется токами высокой частоты через одновитковый индуктор, расположенный на внешней стороне кварцевой трубы. После окончания сварки одного шва стойки передвигаются с помощью маховика механизма подачи относительно индуктора на следующий шов.

Для диффузионной сварки силовых полупроводниковых приборов создан конвейерный комплекс УДС-5. Основными элементами комплекса являются рабочая и две шлюзовые вакуумные камеры, проходная электропечь, гидравлический пресс, холодильник, механизмы перемещения свариваемых деталей, системы откачки воздуха, водяного охлаждения и измерения основных параметров сварки. Сварочный цикл комплекса автоматизирован полностью.

Соединение неметаллических тугоплавких материалов между собой и с металлами может быть осуществлено и другими известными способами сварки:

- дуговой и электронно-лучевой сваркой (с подогревом керамического или узла из порошкового материала до температуры, при которой материал становится электропроводным и нечувствительным к термодуру);

- сваркой трением (преимущественно через пластичную алюминиевую прослойку).

В этих случаях используют соответствующее сварочное оборудование, оснащенное специальными устройствами, источниками нагрева, оснасткой и др. Для сварки керамических материалов перспективно применение также энергии излучения СВЧ, лазера, электрического взрыва проводника, взрывного компактирования, самораспространяющегося высокотемпературного синтеза и пр.

Список источников

1. Томас К. И., Ильященко Д. П. Технология сварочного производства: учебное пособие. Томск: ТПУ, 2011. 247 с.
2. ГОСТ 20549-75. Диффузионная сварка в вакууме рабочих элементов разделительных и формообразующих штампов. Типовой технологический процесс (с Изменениями № 1, 2).

Шевелев Б. В.

Поволжский государственный технологический университет

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Аннотация. *Технология машиностроения – наука, занимающаяся изучением закономерностей процессов изготовления машин с целью использования этих закономерностей для обеспечения выпуска машин заданного качества, в установленном производственной программой количестве и при наименьших народнохозяйственных затратах.*

Ключевые слова: *машиностроение, сборка технологических комплексов, тип производства*

При современных темпах развития науки и техники главным требованием к производству является готовность и способность в любой момент безубыточно прекратить изготовление освоенной продукции и в короткий срок приступить к выпуску любой по количеству партии новых изделий.

Задачи совершенствования машиностроения:

1. увеличение производительности труда (в основном производстве, во вспомогательном производстве, в области технологической подготовки производства);
2. повышение интеллектуального уровня труда всех участников производства;
3. сохранение ранее затраченных трудовых ресурсов (физического труда рабочих, интеллектуального труда конструкторов, технологов, программистов)
4. всемерная экономия материальных, трудовых и энергетических ресурсов;
5. сокращение цикла конструкторской и технологической подготовки;
6. сокращение объёмов строительно-монтажных работ за счёт реконструкции производства и переконфигурации технологического производства;

Одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций. Коэффициент закрепления операций – отношение числа всех различных технологических операций, выпол-

ненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.

В зависимости от типа производства (единичного, серийного и массового) изменяется и организация процессов сборки.

В единичном производстве технологические процессы детально не разрабатывают, а делают только наброски последовательности операций и приблизительно определяют рабочее время. Детальная разработка экономически нецелесообразна. Сборка выполняется последовательно, операции не разделяются на более простые переходы. Большинство операций выполняется одной бригадой высококвалифицированных слесарей, способных выполнять различные сборочные работы. Специализация существует только по профессиям, например, слесарь, электрик. Небольшие изделия собираются одним высококвалифицированным слесарем. Такая организация работ называется сборка по принципу концентрации.

Разнообразная номенклатура изделий в единичном производстве не позволяет оснащать сборочные участки специальной высокопроизводительной оснасткой и инструментами. Такую оснастку применяют только в тех случаях, когда без неё невозможно выполнить какую-нибудь сборочную операцию. В основном, применяются универсальные ручные инструменты и оснастка, не отличающиеся высокой производительностью. Поэтому качество сборки зависит от выполняющих её рабочих. В единичном производстве выполняется много подготовительных работ: зачистка заусенцев, пригонка, промывка и т. д.

В серийном производстве изделия выпускаются сериями через определённые промежутки времени. Технологический процесс построен по принципу параллельно-последовательного выполнения операций. Сложные операции разделяются на более простые переходы, различные узлы собираются в различных бригадах. При такой организации работ существует специализация, т. е. некоторые виды работ выполняются одним рабочим или бригадой. Специализация позволяет значительно повысить производительность труда и привлекать к работам менее квалифицированных рабочих. Выпуск сериями делает экономически целесообразным оснащать сборочные участки специализированной оснасткой, механизированным инструментом, что также значительно повышает производительность труда. Пригоночные и подготовительные работы на сборке стараются исключить.

В массовом производстве производят детальную разработку технологического процесса сборки. Специализация сборочных работ наивысшая, т. е. за каждым рабочим местом закреплена одна сборочная операция, что позволяет оснащать рабочие места высокопроизводительной специальной оснасткой, механизированным инструментом, специальными сборочными стен-

дами, в ряде случаев, сборочными линиями. Поэтому работу могут выполнять рабочие низкой квалификации. Качество сборки в большей степени зависит от применяемого оборудования и инструментов. Такая организация работ называется сборкой по принципу дифференциации. Пригоночные и подготовительные работы на сборочных участках полностью исключаются.

Список источников

1. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1969. 358 с.
2. Замятин В. К. Технология и оснащение сборочного производства: Справочник. М.: Машиностроение, 1995. 608 с.
3. Замятин В. К. Технология и автоматизация сборки. М.: Машиностроение, 1993. 464 с.

УДК 621.642

Шевелев Б. В.

Поволжский государственный технологический университет

СПОСОБЫ УДАЛЕНИЯ НЕФТЕШЛАМА ИЗ РЕЗЕРВУАРА

Аннотация. *Зачистку резервуаров делают перед сменой заливаемого в резервуар нефтепродукта, перед подготовкой резервуара к очередному или внеочередному ремонту, при освобождении от пирофорных высоковязких осадков, содержащих влагу, ржавчину и т. д., что в отдельных случаях может произойти и раньше установленных сроков.*

Ключевые слова: *резервуар, очистка нефти, ремонт резервуара*

Для поддержания резервуарных парков и отдельных резервуаров в работоспособном состоянии недостаточно регулярного капитального ремонта. В периоды между капитальными ремонтами необходимо проводить качественное техническое обслуживание и своевременный текущий ремонт, однако для проведения таких работ необходимо откачать нефть из резервуара и очистить его от остатков нефтепродуктов.

Зачистку резервуаров производят в следующие сроки: не менее 1 раза в 2 года при хранении автомобильных бензинов и дизельных топлив; не менее 1 раза в год при хранении смазочных масел, имеющих компоненты присадок.

Резервуары, предназначенные для других аналогичных по физико-химическим свойствам нефтепродуктов, зачищают по мере необходимости, определяемой условиями сохранения качества нефтепродуктов и техническим состоянием резервуаров.

Зачистку резервуаров делают также перед сменой заливаемого в резервуар нефтепродукта, перед подготовкой резервуара к очередному или внеочередному ремонту, при освобождении от пирофорных высоковязких осадков, содержащих влагу, ржавчину и т. д., что в отдельных случаях может произойти и раньше установленных сроков.

Ручная очистка резервуаров от нефтешламов остается наиболее распространенным методом очистки. Однако применение ручного метода очистки нефтяных резервуаров имеет следующие недостатки:

- значительный риск для здоровья и безопасности людей, производящих очистку резервуаров ручными методами;
- вывод емкости из эксплуатации;
- при ручной очистке происходит загрязнение окружающей среды (водного и воздушного бассейнов и почвы земли);
- объем нефтеотходов создает проблемы с их последующей транспортировкой, захоронением, повторной переработкой и обезвреживанием.

Регулярная очистка нефтяного резервуара от нефтешлама является технологически обязательной операцией.

Самым трудоемким и требующим соблюдения повышенных требований по безопасному ведению работ является подготовительный процесс по откачке отложений. Для выполнения этих работ применяют следующие способы:

- использование струи воды с высоким давлением для размыва отложений;
- размыв осадка нефтью;
- разжижение осадка с помощью растворителей;
- разогрев донных отложений теплоносителями.

Способ размыва водой относится к самым дешевым, более быстрым и относительно безопасным способом подготовки отложений к откачке. Таким способом производят очистку топливных резервуаров. Для этой технологии предусматривается использование автономных размывающих головок, которые устанавливаются в резервуаре и размывают осадок струей воды под давлением. Данный способ имеет ряд существенных недостатков. Для размыва отложений в топливных резервуарах упрощенно используют ручные брандспойты или гидромониторы. В воду добавляют различные химические вещества с целью лучшего отделения осадка от стенок и днища топливного резервуара. Размытые

отложения откачивают шнековым насосом для последующей фильтрации и переработки в емкость для отстоя.

При втором способе очистка резервуаров от нефтешламов производится нефтяными гидромониторами в закрытом резервуаре. Для этого разогретую струю нефти под давлением направляют на отложения, размывают и перемешивают их с последующей откачкой для отделения твердых фракций. После удаления механических примесей нефть опять разогревают и подают на монитор.

Третий способ предусматривает применение растворителей для разжижения донных отложений при помощи химических веществ. Эти вещества вводятся в осадок и вследствие химических реакций разжижают его до текучего состояния. Полученная суспензия откачивается в отстойник для специальной переработки.

Применение четвертого способа возможно для круглогодичной очистки нефтяных резервуаров от отложений, преимущественно в зимний период при отрицательных температурах окружающей среды. Процесс очистки включает разогрев резервуара теплоносителем, подачу размывающего агента, разжижение и перемешивание донных отложений, отвод и транспортировку разжиженных отложений на стадию переработки. При этом разогрев внутреннего объема резервуара и донных отложений до плюсовой температуры и поддержание положительной температуры в течение всего технологического процесса очистки осуществляют посредством подачи под давлением водяного пара с использованием парогенератора, а размыв, разжижение и перемешивание отложений осуществляют с использованием дистанционно управляемых роботизированных пушек, снабженных системой видеонаблюдения и освещения, помещаемых внутрь резервуара через нижние технологические люки. Отвод разжиженных отложений осуществляют насосами, установленными на самоперемещаемые установки с дистанционным управлением, также помещаемыми внутрь резервуара через нижние технологические люки. Размыв и перемещение осуществляют размывающим агентом в зависимости от температуры окружающей среды до 310°C под давлением от 1,0-10,0 МПа.

Список источников

1. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов ПБ 03-605-03.
2. Шалай В. В., Макушев Ю. П. Проектирование и эксплуатация нефтебаз и АЗС: учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. 296 с.
3. Суворов А. Ф., Лялин К. В. Сооружение, крупных резервуаров. М.: Недра, 1979. 224 с.

УДК 621.311.22

Аверьянова А. А., Нуруллин Н. Ж.

Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА

Аннотация. В статье рассматривается один из способов повышения энергоэффективности пластинчатого рекуператора – замена гладких пластин на пластины с вставками, увеличивающих процесс теплообмена. В программе *Ansys Fluent* смоделирован процесс рекуперации, построены профили температур и турбулентности при разных скоростях движения, на основе которых сделаны выводы.

Ключевые слова: рекуператор, интенсификация, теплообмен, поверхность, пластина

Для повышения экономичности и энергоэффективности систем вентиляции применяют рекуператоры воздуха, в которых происходит передача тепла от вытяжного воздуха к приточному.

Выделяют следующие виды рекуператоров: роторный, пластинчатый, с промежуточным теплоносителем, фреоновый [1]. Наибольший опыт в эксплуатации нашли пластинчатые рекуператоры. Они представляют собой пластинчатый теплообменник, по каналам которого движутся потоки приточного и вытяжного воздуха, каналы чередуются. Преимуществом является высокий КПД, достигающий 79%; отсутствие взаимного смешивания потоков, загрязнения и передачи запахов, как происходит в случае применения роторного рекуператора; несложность конструкции; отсутствие промежуточного теплоносителя, повышающего стоимость системы.

Целью данной работы стало проведение исследования по способам повышения эффективности работы пластинчатого рекуператора. В общем случае такие способы можно разделить на конструкционные и эксплуатационные. Эксплуатационные подразумевают своевременную очистку поверхностей теплообмена, использование оборудования согласно заявленным паспортным режимам. Конструкционные подразу-

мевают модернизацию или замену основных или вспомогательных элементов рекуператора. К такому методу относят, например, интенсификацию теплообмена, заключающуюся в применении различных поверхностей пластин, имеющих определенную структуру и геометрию [2]. Увеличение теплопередачи объясняется нарушением упорядоченности движения потока, увеличением его турбулентности и перемешиванием слоев относительно друг друга.

Для наглядности в среде моделирования ANSYS FLUENT построены и рассчитаны на предмет тепловой эффективности и аэродинамического сопротивления 2D-модели пяти пластин (рис. 1): гладкие, с турбулизирующими вставками треугольной формы, в виде полукругностей, в виде волны 4 на 4 мм, в виде волны 4 на 8 мм.

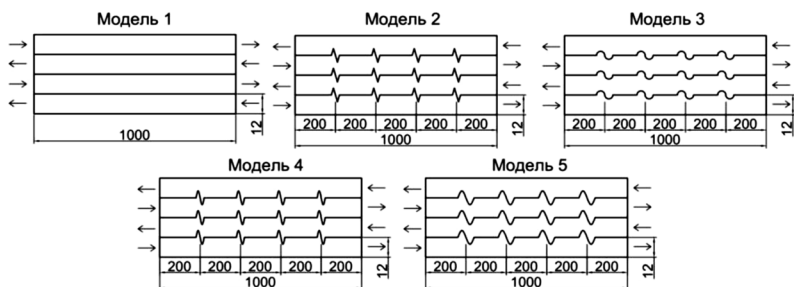


Рис. 1. Расчетные схемы пластинчатого противоточного рекуператора

Также проведено исследование 3D-моделей рекуператора с гладкими пластинами, с сегментированными каналами, с частичным перекрытием каналов (рис. 2).

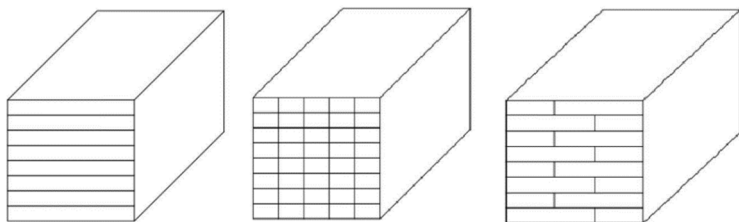


Рис. 2. Слева направо: рекуператор с гладкими пластинами, с сегментированными каналами, с частичным перекрытием каналов

Для каждого из вида моделей были построены профили температур и турбулентности при скоростях движения 0,1 м/с, 0,5 м/с, 1 м/с, 2 м/с, 3 м/с.

На основе полученных данных по 2D-моделям можно сделать вывод, что:

1. наименьшую теплопередачу имеют гладкие пластины, причем наблюдается уменьшение эффективности аппарата с увеличением скорости потока;

2. модели с вставками на поверхности пластин имеют больший теплообмен относительно модели с гладкими пластинами, объясняется это перемешиванием слоев потока воздуха;

3. рассмотренные модели вставок в меньшей степени отличаются между собой по температурной эффективности и в большей по аэродинамическому сопротивлению;

4. из моделей, представленных на рис. 1, наибольшую эффективность по значениям аэродинамического сопротивления и теплового КПД имеют пластины с турбулизирующими вставками в виде волны 4 на 8 мм.

Анализ полученных данных по 3D-моделям позволяет сделать вывод, что:

1. рекуператор с сегментированными каналами имеет тепловую эффективность несколько больше, чем с гладкими пластинами, но также наблюдается увеличение сопротивления;

2. в рекуператоре с частичным перекрытием потоков при сохранении постоянного расхода через рекуператор повышается скорость в сечении, так как поток после входа в канал не распределяется по всей его площади, а движется по кратчайшему пути до выхода. Следствием такого движения является пониженная площадь контакта горячего и холодного воздуха через стенку, что ведет к понижению эффективности.

Работа выполнена по гос. заданию №075-03-2023-291.

Список источников

1. Посохин В. Н., Сафиуллин Р. Г., Бройда В. А. Вентиляция / под общ. ред. проф. Посохина В. Н. М.: Издательство АСВ, 2015. 624 с.
2. Горшенин А. С. Методы интенсификации теплообмена: уч. пособие. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. 82 с.
3. Лаптев А. Г., Николаев Н. А., Башаров М. М. Методы интенсификации и моделирования тепломассообменных процессов: учебно-справочное пособие. М.: Теплотехник, 2011. 335 с.

Акбиров Р. И., Курочкин И. С.

Научный руководитель: Измайлова Е. В., канд. техн. наук, доцент

Казанский государственный энергетический университет

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНВЕКТИВНОЙ ЧАСТИ ПЕЧИ КОСВЕННОГО НАГРЕВА НЕФТИ

Аннотация. В данной статье проведен анализ метода повышения энергетической эффективности печи косвенного нагрева нефти путем изменения конструкции конвективной части.

Ключевые слова: *энергосбережение, нефть, промышленная печь, теплоноситель, косвенный нагрев*

В данной статье проведен анализ метода увеличения конвективного теплообмена в пучках гладких труб, обеспечивающего более глубокое охлаждение продуктов сгорания, что приводит к экономии топлива и снижению выбросов вредных и токсичных продуктов горения в атмосферу.

Косвенный нагрев нефти – это процесс нагрева нефти с помощью промежуточного теплоносителя.

В промышленной печи косвенного нагрева нефти, производителем которой является ООО «СКБ-Нефтехим», в качестве промежуточного теплоносителя используется масло БС-1 [1].

Масло БС-1 нагревается в топке печи за счет сжигания топлива, а остывает в теплообменных аппаратах, тем самым нагревая нефть.

Теплообменные аппараты, в которых протекает процесс нагрева нефти, могут быть как пластинчатого, так и кожухотрубчатого исполнения.

Транспортировка теплоносителя и нефти по технологической сети трубопроводов осуществляется благодаря центробежным насосам.

После того как масло нагрело нефть и потеряло часть своего теплового потенциала, оно возвращается обратно в топку и процесс повторяется [2].

Преимуществами варианта косвенного нагрева нефти в печи являются:

- неограниченность в нагреве теплоносителя до температуры кипения воды;
- отсутствие необходимости в блоке химической подготовки воды;

- низкий расход газа;
- безопасность;
- возможность работы на попутном нефтяном газе (ПНГ).

Недостатками варианта косвенного нагрева нефти являются большие капитальные затраты [3].

Повышение эффективности использования тепловой энергии возможно путем максимального снятия температуры с потока продуктов сгорания в конвективной части печи. Для этого необходимо обеспечить максимальный охват конвективных пучков продуктами сгорания.

Максимальный охват конвективных труб продуктами сгорания возможен путем установки в конвективной части печи перегородок, благодаря которым для продуктов сгорания задается необходимый маршрут.

Практическое применение данного решения позволило получить следующие результаты:

- применение перегородок позволило получить рост теплоотдачи на 5-7%;
- изготовление и установка перегородок не вызвало больших материальных расходов, что показало их малозатратность;
- установка проработала в течение долгого времени, и каких-либо поломок и простоев по вине турбулизаторов (перегородок) не наблюдалось, что подтвердило их надежность и долговечность.

Применение данного способа интенсификации теплообмена позволяет обеспечивать более глубокое охлаждение продуктов сгорания, что приводит к значительной экономии топлива и снижает объемы выбросов в атмосферу токсичных продуктов сгорания.

Список источников

1. Сугиров Д. У., Оспанова С. М., Суйменова М. К., Избасар А. И., Есболай Г. И. Повышение тепловой эффективности конвективных поверхностей нагрева: монография. М.: Мир науки, 2021. 69 с.
2. Денисенко В. А. Характеристики подогревателей нефтяной эмульсии при прямом и косвенном нагреве продуктами сгорания топлива // Энергосберегающие процессы и аппараты в пищевых и химических производствах: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Воронеж, 2016. С. 241-245.
3. Акбиров Р. И., Курочкин И. С., Измайлова Е. В. Энергосберегающий нагрев нефти на объектах нефтеподготовки // Научному прогрессу-творчество молодых: материалы XVII международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. С. 236-238.

Васильев И. Н., Яковлева А. Б., Семенов И. В.,
Михадаров Д. Г., Калинин А. Г., Зиновьева Е. Г.
Научный руководитель: Михадаров Д. Г., канд. техн. наук, доцент
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ЖИДКОСТНОГО ОХЛАДИТЕЛЯ

***Аннотация.** В работе представлены результаты по исследованию охлаждающей способности гибридного жидкостного охладителя.*

***Ключевые слова:** охладитель, теплоноситель, баланс*

Силовые полупроводниковые сильноточные модули применяются в различных отраслях промышленности. Сила тока в ряде таких элементов превышает сотни ампер, что в силу наличия сопротивления $p-n$ перехода приводит к нагреву модуля.

Вопрос охлаждения актуален для всех полупроводниковых изделий, начиная от дискретных компонентов и маломощных микросхем с милливаттными тепловыми потерями и заканчивая силовыми полупроводниковыми приборами, от которых необходимо отводить до нескольких киловатт мощности потерь [1].

Эффективным способом охлаждения корпуса модулей является использование охладителей (радиаторов). Как правило, радиаторы имеют естественное или принудительное воздушное охлаждение. Для снятия значительных тепловых нагрузок эффективно применение жидкостных охладителей проточного типа.

В Чувашском государственном университете им. И. Н. Ульянова спроектирован и изготовлен стенд для исследований характеристик биметаллического радиатора [2]. В работах [3-5] рассмотрена конструкция гибридного медь-алюминиевого жидкостного охладителя и проведено сравнение характеристик различных теплоносителей.

В настоящей работе изложены результаты исследования охлаждающей способности жидкостного охладителя.

Работа полупроводникового модуля имитировалась при помощи нагревателя с температурой до 270°C. Для минимизации тепловых потерь от охладителя в окружающую среду использовалась теплоизоляция (рис. 1) из вспененного полиэтилена и базальтовой ваты.

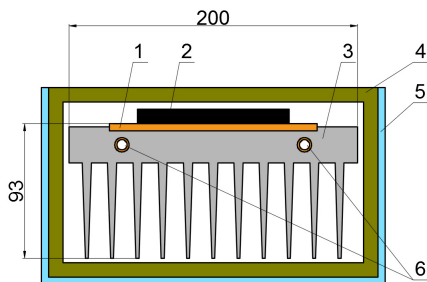


Рис. 1. Изолированный жидкостный охладитель:

1 – медная часть охладителя, 2 – нагреватель, 3 – алюминиевая часть охладителя, 4 – базальтовая вата, 5 – вспененный полиэтилен, 6 – штуцеры для входящей и выходящей жидкости

Циркуляция теплоносителя осуществлялась с помощью насоса. Расход охлаждающей жидкости установлен 8,67 л/мин.

На рис. 2 показано изменение температуры входящей и выходящей охлаждающей жидкости в зависимости от времени.

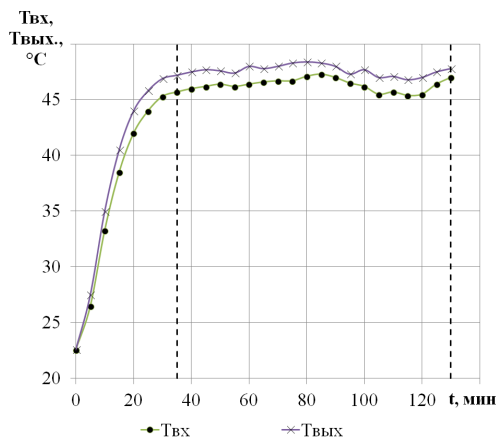


Рис. 2. Зависимость температуры теплоносителя от времени

По полученным данным для установившегося теплового режима рассчитан баланс.

Приходная часть баланса, кДж

$$W_{эл} = U \cdot I \cdot t \cdot 3600 = 230 \cdot 4,5 \cdot 1,58 \cdot 3600 = 5899,5 ,$$

где U – напряжение питающей сети, В;

I – сила тока, А;

t – время, ч.

Тепло, отводимое охлаждающей жидкостью (расходная часть), кДж:

$$Q_B = c \cdot m \sum \Delta T_i = 4181 \cdot 51,85(1,8 + \dots + 1,4) = 5571,4,$$

где c – теплоемкость, Дж/кг·°С; m – масса, кг; $\Delta T_i = T_{i \text{ вых}} - T_{i \text{ вх}}$ – разность температур выходящей и входящей жидкости за пятиминутный интервал, °С.

Уравнение баланса можно записать в виде:

$$P_{\text{эл}} = Q_B.$$

Тогда:

$$5899,5 \approx 5571,4.$$

Несоответствие порядка 5,6% приходной и расходной части уравнения баланса возникает из-за несовершенства теплоизоляции.

Расчет баланса с приемлемой погрешностью позволяет оценить эксплуатационные свойства охладителя.

Список источников

1. Колпаков А. Охлаждение силовых модулей: проблемы и решения. Ч. 1 // Силовая электроника. 2012. Т. 3. № 36. С. 72-78.
2. Осипов Т. А., Трилинская А. Н., Смирнов Е. В., Калинин А. Г., Зиновьева Е. Г., Михадаров Д. Г. Стенд для исследования отвода тепла в устройствах силовой электроники на основе биметаллического радиатора с жидкостным теплоносителем // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XVII междунар. научн. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2022. С. 158-159.
3. Васильев П. А., Калинин А. Г., Михадаров Д. Г., Зиновьева Е. Г. Гибридный медь-алюминиевый жидкостный охладитель // Силовая электроника. 2022. № 4 (97). С. 44-46.
4. Зиновьева Е. Г., Михадаров Д. Г., Калинин А. Г. Применение жидких теплоносителей для металлоконструкций и сооружений // Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды: материалы IX Всерос. конф., посв. 55-летию Чувашского государственного университета имени И. Н. Ульянова. Чебоксары: изд-во Чуваш. гос. ун-та, 2022. С. 16.
5. Зиновьева Е. Г., Калинин А. Г., Михадаров Д. Г., Определение удельной теплоемкости теплоносителей для алюминиево-медных конструкций // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: матер. VI Междунар. науч.-техн. конф. Чебоксары: изд. Чуваш. ун-та. 2022. С. 256-259.

Гарнышова Е. В.

Научный руководитель: Измайлова Е. В., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

СНИЖЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ

Аннотация. Важными задачами в развитии теплоснабжения являются повышение надежности трубопроводов, снижение тепловых потерь при транспортировке теплоносителя и прогнозирование аварийных ситуаций. На стенках трубопроводов со временем образуются различные дефекты и отложения. Для снижения риска повреждения оборудования и сложности контроля локализации проблемных зон проводят диагностику трубопроводов методами неразрушающего контроля при помощи созданного аппаратно-программного комплекса.

Ключевые слова: трубопроводные системы, методы неразрушающего контроля, LabVIEW

Основной производственной задачей при эксплуатации трубопроводных систем является обеспечение надежной и бесперебойной работы. Для этого используется диагностика трубопроводов неразрушающими методами контроля [1], которая выполняется в следующих случаях: при планировании ремонтных работ с последующим их проведением; в качестве профилактики возможных неисправностей; для оценки состояния труб после выполненного ремонта. Подвергать проверке состояние трубопроводов необходимо также, когда они уже используются, а не только перед вводом в эксплуатацию.

В настоящее время существует несколько методов диагностики неразрушающими методами, такие как: магнитооптическая дефектоскопия, ультразвуковая диагностика, опрессовка повышенным давлением, видеодиагностика/теледиагностика, акустико-эмиссионный метод, метод свободных колебаний, которые используют для диагностики в зависимости от различных условий.

В теледиагностике для анализа используется информация, зафиксированная специальными видеокамерами, смонтированными на проталкиваемом стеклопластиковом прутке или на роботах. Роботы, перемещаясь внутри магистрали, снимают все, что встретят на своем пути. Затем изображение анализируется. Эта техника способна выявить грубые

нарушения целостности труб, протечки на сегментах в грунтах или закрытых тоннелях, места образования крупных засоров и илистых отложений.

Авторами была разработана установка/самоходное устройство для мониторинга состояния трубопроводов натуральных объектов [2], которая относится к области диагностики трубопроводов на основе использования метода акустической эмиссии (АЭ) неразрушающего контроля и может быть использована в химической, нефтехимической, энергетической, металлургической промышленности.

Запись и обработка записанного сигнала этим устройством производится при помощи аналого-цифрового преобразователя и компьютера со специальной программой, написанной в среде LabVIEW фирмы National Instruments [3].

Программа выполняет следующие функции: регистрацию сигнала; вывод и запись сигнала; чтение записанных данных; суммарный счет АЭ и определение координат источников АЭ (дефектов) по разнице во времени прихода сигнала (рис. 1); запись в отчет и вывод информации по классификации источника АЭ (о состоянии исследуемого участка).

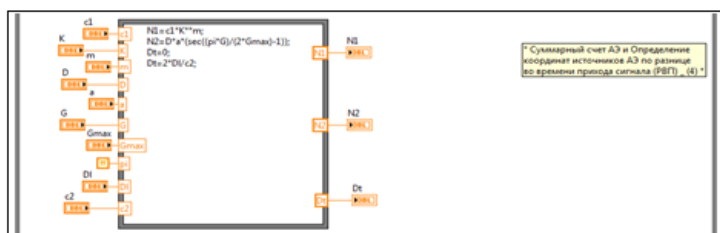


Рис. 1. Часть блок-диаграммы программы, реализующей суммарный счет импульсов АЭ и определение координат источника АЭ

Также авторами было создано компактное мобильное устройство для контроля состояния поверхностей трубопроводов [4, 5].

Корпус устройства устанавливают на диагностируемый участок, ударником возбуждаются колебания на поверхности теплообмена, пьезоэлектрический датчик принимает аналоговый сигнал на аналогово-цифровой преобразователь, на выходе которого цифровой сигнал попадает в оперативную память компьютера, где, посредством специального программного обеспечения, регистрируется, записывается звуковой сигнал, анализируется (рис. 2).

Для анализа записанных сигналов используется программа, созданная в среде LabVIEW [6], которая выполняет следующие функции: счи-

тываются сигналы, по каждому сигналу формируется амплитудно-частотный спектр, спектры сравниваются по коэффициентам корреляции, полученные коэффициенты, относящиеся к одной серии экспериментов, усредняются, усредненные коэффициенты сравниваются с границей доверительного интервала.

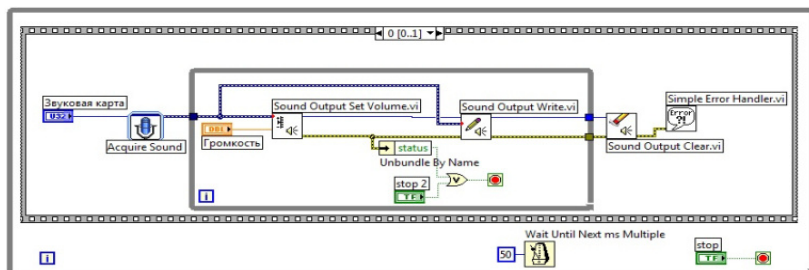


Рис. 2. Часть блок-диаграммы программы для анализа записанных сигналов

Использование методов неразрушающего контроля при диагностике трубопроводов и устройств, созданных авторами, позволяет обнаруживать зарождающиеся повреждения и отложения на стенках трубопровода, а также снижать трудоемкость мониторинга состояния трубопроводов.

Список источников

1. Зиганшин Ш. Г., Ваньков Ю. В., Измайлова Е. В. Контроль технического состояния трубопроводов акустическими методами: монография. Казань: изд-во Казан. ун-та, 2015. 160 с.
2. Измайлова Е. В., Ваньков Ю. В., Серов В. В., Загреддинов А. Р., Кондрачев А. Е. Патент на полезную модель RU № 129255 от 20.06.2013. Установка для мониторинга состояния трубопроводов.
3. Измайлова Е. В., Ваньков Ю. В., Серов В. В., Горбунова Т. Г. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2012617704 от 27.08.2012 «FlawDefiner».
4. Измайлова Е. В., Ваньков Ю. В., Гарнышова Е. В., Зиганшин Ш. Г. Патент на полезную модель RU № 198469 от 13.07.2020. Устройство для контроля отложений на поверхностях теплообмена.
5. Гарнышова Е. В., Измайлова Е. В., Ваньков Ю. В. Устройство для контроля отложений на поверхностях теплообмена // Сборник трудов V Нац. науч.-практ. конф. «Приборостроение и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ». Казань. КГЭУ, 2019. С.668.
6. Измайлова Е. В., Ваньков Ю. В., Гарнышова Е. В., Зиганшин Ш. Г., Загреддинов А. Р. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2019615470 от 26.04.2019 «2RsoundSA».

Глухова П. Е.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ СТАНЦИЙ

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы применения ГеоТЭС, работающие на тепловой энергии Земли, а также принцип действия таких электростанций. Представлены виды термальных станций и основные особенности их использования.

Ключевые слова: геотермальная тепловая станция, геотермический градиент, гидротермальная электрическая станция, петротермальная тепловая электростанция

Наиболее распространённый метод добычи электроэнергии в промышленности – это кручение турбины значительным потоком горячего пара на тепловой электрической станции.

Для того чтобы поддержать работу на ГеоТЭС с доступной ценой и с достаточно высоким КПД устройства, нужна вода, расположенная на некотором уровне под землёй и обладающая достаточной высокой температурой. Под большим давлением она разогревается до 250 °С, только потом вода может подняться наружу, подобно перегретому пару. Далее принцип действия полностью совпадает с электростанцией, работающей на ископаемом топливе – пар используется для кручения турбины для того, чтобы получить электричество. Геотермальная энергетика характеризуется применением тепла нашей Земли для генерации пара [1].

На глубине примерно 5000 км температура ядра нашей планеты составляет около 4500 °С. Степень теплоты понемногу уменьшается по мере подхода к поверхности Земли.

Существует геотермический градиент – это изменение температуры в начальной точке пласта Земли, который представляет собой в среднем 3°С через каждые 100 м. Как пример, в шахте на расстоянии 2 км будет шестидесятиградусная жара.

Типы термальных станций [2]

Гидротермальная электрическая станция. Данный тип станций использует прямой цикл, при этом перегретый пар вырабатывается из подземных труб, вращает генератор и потом выбрасывается в окружающую среду. При условии, что степень нагретости воды на оптимальной глу-

бине будет менее 100 °С, то стоит основать сложную бинарную ГеоТЭС. В ней рабочая жидкость из скважины подаётся в другой форме, где вода с низкой температурой нагревается в теплообменнике и превратится в пар, который запускает турбину, конденсируется и возвращается в теплообменник. В качестве рабочего вещества можно взять хладагент фреон. Бинарные циклы также можно совместить с комбинированными циклами, в них пар подаётся в первую турбину, потом остальная рабочая жидкость направится во второй контур для нагревания теплоносителя, у него более низкая температура кипения [3].

Петротермальные тепловые электростанции. Горячих подземных источников воды во всём мире очень мало, что существенно ограничивает территории, где можно развивать геотермальную энергетику. В связи с этим разработали альтернативу: когда рабочая жидкость отсутствует на глубине литосферы, нужно искусственным путём залить воду в подземные источники тепла. Принцип такой выработки тепла и электроэнергии состоит в том, что вода закачивается вглубь скважины, а нагретые слои земли превращают жидкость в пар. Затем пар поступает в турбины станции. Должны прокапываться не менее двух скважин: из одного ствола вода должна преобразовываться в пар под влиянием тепла Земли, через другой ствол выпускаться на поверхность [4].

Далее процесс выработки электроэнергии в этом случае будет таким же, как и на гидроэлектростанции.

Разумеется, соединять две скважины под землёй нецелесообразно, и воду приходится транспортировать через трещины (гидроразрыв), созданные путём закачки жидкости под высоким давлением. В воду добавляют песок и другие зёрна, чтобы предотвратить открытие этих трещин. Примерно одна установка термической обработки для данного типа электростанции обеспечивает поток, достаточный для смешивания пара и воды, вырабатывает около 4-6 МВт энергии [5]. Но ни одна похожая установка не была реализована в промышленности, однако соответствующие усилия предпринимаются, особенно в Японии и Австралии.

Список источников

1. Кондратьев А. Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы VI Национальной научно-практической конференции: в 2 т., Казань, 10-11 декабря 2020 года. Т. 1. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 417-419.

2. Шарафисламова Э. А., Кондратьев А. Е. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XI междунар. научн. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 4 ч. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016. Ч. 2. С. 256-258.

3. Information-measuring system for monitoring the location of underground gas pipelines on the basis of improved acoustic resonance method / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series: Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings, Kazan, 05–08 ноября 2018 года. Vol. 1328. – Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012055. DOI 10.1088/1742-6596/1328/1/012055.

4. Горбунов К. Г., Кондратьев А. Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XI междунар. научн. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 4 ч. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2019. Ч. 2. С. 111-113.

5. Гилязова Г. Р., Кондратьев А. Е. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XI междунар. научн. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 2 ч. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2020. Ч. 2. С. 25-27.

УДК 621.577

Даутов Р. Р.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСКРИТИЧЕСКОГО ЦИКЛА ПАРОКОМПРЕССИОННОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА, РАБОТАЮЩЕГО НА ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА

***Аннотация.** В статье представлен теоретический обзор использования в качестве хладагента R744 парокомпрессионных тепловых насосов. Также рассмотрены особенности работы и рекомендации по применению данного вида тепловых насосов.*

***Ключевые слова:** тепловой насос, диоксид углерода, транскритический цикл, природные хладагенты, теплоснабжение*

Глобальное потепление является серьезной проблемой, которая существенно влияет на экологию и безопасность Земли. Для её решения необходимо принять эффективные методы сокращения выбросов парниковых газов и потребления ископаемого топлива.

В данной работе предлагается использование парокомпрессионных тепловых насосов с эффективным способом рекуперации тепловой энергии из естественных, а также отработанных источников тепла и снижение потребления первичной энергии [1].

Традиционные хладагенты, используемые в тепловых насосах, как правило, обладают высоким потенциалом глобального потепления и при утечке создают значительный парниковый эффект. Поэтому рассматривается применение диоксида углерода в качестве рабочего агента теплового насоса. Протекающие процессы с хладагентом в данном случае характеризуются транскритическим циклом, отличающимся термодинамически от обычного цикла сжатия процессом отвода тепла.

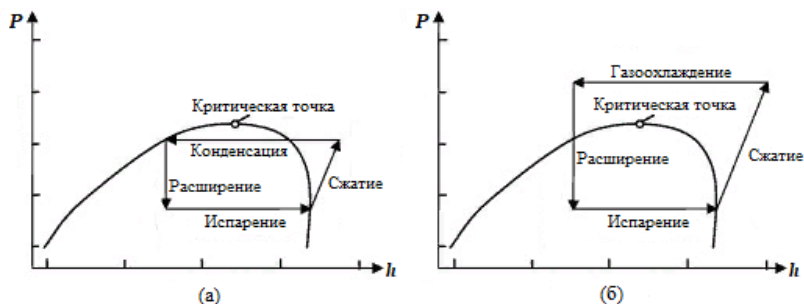
Хладагент R744 (диоксид углерода) обладает более высокой плотностью всасывания компрессором, что увеличивает его массовый расход и повышает нагревательную способность в условиях низких температур.

В транскритическом цикле сверхкритическом состоянии осуществляется охлаждение газообразного хладагента, в то время как при обычном процессе парокомпрессии отвод тепловой энергии происходит в подкритической области за счет фазового перехода, что способствует выделению высокотемпературного тепла [2].

При использовании CO_2 в обычном субкритическом цикле эффективность чрезвычайно низка и не является рентабельной. Если пары CO_2 сжаты до сверхкритического давления, это может обеспечить более высокую энтальпию за счет охлаждения. Поэтому можно считать, что транскритический цикл способствует повышению эффективности системы отопления [3].

Цикл нагрева, при котором теплообмен происходит при температуре выше критической (31,1 °C) и, соответственно, не сопровождается конденсацией, называется транскритическим. Поэтому в такой системе вместо конденсатора используется газоохладитель – теплообменник, который охлаждает CO_2 при постоянном давлении, но при медленно снижающейся температуре. Для достижения сверхкритического давления диоксида углерода в газовом охладителе тепловой насос работает при гораздо более высоком давлении (9-13 МПа) по сравнению с традиционно применяемыми фреонами [4].

На рисунке проиллюстрирована разница между обычными субкритическим и транскритическим циклами теплового насоса. Представлена зависимость давления P от энтальпии h :



P - h диаграммы: субкритический (а) и транскритический (б) циклы теплового насоса

Критическая точка хладагента R744 соответствует температуре $31,1^{\circ}\text{C}$ и давлению 7,38 Мпа. При более высоких температурах и давлениях диоксид углерода может существовать только в виде газа (при сверхкритических параметрах).

В процессе сжатия при субкритическом цикле хладагент сжимается в соотношении давлений от трёх до четырёх, тогда как при транскритическом цикле сжатие производится в соотношении давлений до восьми. Такая степень сжатия способствует достижению более высокого коэффициента трансформации теплового насоса [5].

Таким образом, большой перепад давлений делает возможным использование тепловых насосов на диоксиде углерода для теплоснабжения жилых и производственных зданий благодаря высокой температуре в системе.

Список источников

1. Алдажуманов Ж. К., Сатыбалдинова А. Е., Нургалиев Д. Н Сравнительный анализ термодинамической эффективности циклов тепловых насосов, работающих на различных озонобезопасных холодильных агентах // Казахстан-Холод 2022: Сб. докл. межд. науч-техн. конф (23 сентября 2022 г.). Алматы: АТУ, 2022. С. 46-49.

2. Гатауллина И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции: в 3 т., Казань, 24-27 апреля 2018 года / Под общей редакцией

Э. Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 160-162.

3. Рулев А. В., Усачева Е. Ю. Влияние рабочих агентов, используемых в тепловых насосах, на озоновый слой атмосферы и потепление климата // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнерго-снабжения. Саратов. 2020. №1. С. 138-145.

4. Таценко М. Е. Сравнительный анализ тепловых насосов различной мощности на диоксиде углерода // Инновационная экономика и современная наука: Материалы международной научно-практической конференции, Челябинск, 25 мая 2022 года / Отв. редактор А. А. Зарайский. Саратов: ООО «Центр профессионального менеджмента «Академия Бизнеса»», 2022. С. 110-119.

5. Li Y., Rosengarten G., Cameron S., Mojiri A. Electrification of residential heating, cooling and hot water: Load smoothing using onsite photovoltaics, heat pump and thermal batteries // Journal of Energy Storage. 2022. Vol. 56, part B. PP. 105873.

УДК 620.276.6:536.7

Курочкин И. С., Акбиров Р. И.

Научный руководитель: Измайлова Е. В., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ТЕХНОЛОГИИ СЕРООЧИСТКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА

***Аннотация.** В статье представлена технология очистки попутного нефтяного газа (ПНГ) от сероводорода.*

***Ключевые слова:** попутный нефтяной газ, сероводород, естественная сера*

С увеличением добычи тяжелых карбоновых нефтей, содержащих до 1% сероводорода, возросла проблема очистки попутного нефтяного газа (ПНГ) для дальнейшего его применения в качестве топлива [1]. Очистка этого газа от сернистых соединений и, прежде всего, от сероводорода необходима и в целях защиты трубопроводов, оборудования от коррозии, а также в связи с требованием охраны окружающей среды от токсического воздействия сероводорода.

Содержащийся в составе ПНГ диоксид углерода является балластом и увеличивает затраты на транспортировку газа.

Наиболее простым способом промышленной очистки углеводородных газов от сероводорода и углекислого газа является щелочно-каталитическая очистка [2].

В основе этого процесса лежат реакции взаимодействия сероводорода и углекислого газа с 10%-м водным раствором едкого натрия с образованием сульфида и карбоната натрия.

Щелочная сероочистка ПНГ требует большого расхода щелочи, технологической воды и сопровождается образованием больших объемов токсичного сульфидно-карбонатного раствора, который далее направляется на утилизацию путем смешения с дренажной водой блока подготовки нефти для последующей закачки в систему повышения пластового давления.

Однако в скважинах из сульфатов натрия может вновь образоваться сероводород, провоцирующий сероводородную коррозию оборудования, что является существенным недостатком данного метода.

Большинство методов аминовой очистки газов от сероводорода основано на выделении поглощенного сероводорода путем нагревания аминовых растворов до 120-170 °С. При этом возникает проблема утилизации выделяющегося концентрированного сероводорода, трудно решаемая в промышленных условиях.

Наибольший интерес для промышленных условий представляют абсорбционные способы очистки ПНГ от сероводорода, сопровождающиеся окислением поглощенного сероводорода в безвредную элементную серу [3].

Использование метода очистки ПНГ с помощью абсорбции позволяет получить очищенный ПНГ и отдельный продукт – естественную серу.

В целях повышения технико-экономической эффективности предприятий нефтедобычи и нефтеподготовки рекомендуется использование абсорбционных методов [4], которые позволяют подготовить попутный нефтяной газ и рационально использовать его в качестве топлива, а также получать дополнительный продукт реализации – естественную серу.

Список источников

1. Курочкин И. С., Акбиров Р. И., Измайлова Е. В. Использование попутного нефтяного газа в качестве топлива в узлах нагрева на объектах нефтеподготовки // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XVII междунар. научн. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. С. 276-279.

2. Мазгаров А. М., Корнетова О. М. Технологии очистки попутного нефтяного газа от сероводорода: учебно-методическое пособие. Казань, 2015. С. 162.
3. Исмагилов Ф. Р., Вольцов А. А., Аминов О. Н., Сафин Р. Р., Плечев А. В. Экология и новые технологии очистки сероводородсодержащих газов. Уфа: Экология, 2000. 214 с.
4. Сайфуллин Э. Р., Ларионов В. М., Ваньков Ю. В. Численное моделирование стабилизации теплопроизводительности парового котла при сжигании попутного нефтяного газа // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21. №3-4. С. 17-24.

УДК 662.998-494

Макарова А. Р.

Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ИЗОЛЯЦИИ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Аннотация. В данной статье описывается установка для определения коэффициента теплопроводности тепловой изоляции на основе базальтового волокна в условиях отрицательных температур.

Ключевые слова: базальтовое волокно, коэффициент теплопроводности, отрицательные температуры

Исследование свойств тепловой изоляции в условиях отрицательных температур имеет высокую актуальность, особенно в регионах с холодным климатом, где теплоизоляция играет важную роль в поддержании комфортной температуры в зданиях и транспортных средствах [1]. Ниже приведены некоторые примеры, демонстрирующие актуальность этой проблемы:

1. сохранение энергии: в условиях низких температур потери тепла могут быть значительными, что может привести к увеличению затрат на отопление и охлаждение. Исследования свойств тепловой изоляции в условиях отрицательных температур могут помочь разработать более эффективные материалы, которые смогут сократить энергопотребление.
2. защита от промерзания: некоторые материалы для теплоизоляции могут не обеспечивать должной защиты от промерзания при низких

температурах. Исследования могут помочь определить наиболее подходящие материалы для работы в экстремальных условиях.

3. защита от обледенения: некоторые поверхности могут стать скользкими и опасными в условиях обледенения. Исследования могут помочь разработать материалы, которые могут предотвратить образование льда и обледенения на поверхностях.

4. сохранение качества продуктов [2].

В целом, исследования свойств тепловой изоляции в условиях отрицательных температур имеют большое значение для повышения эффективности и экономичности систем отопления и охлаждения, защиты от холода и сохранения качества продуктов в условиях низких температур [3].

Однако теплоизоляционный материал характеризуется прежде всего свойством теплопроводности, который является его паспортной характеристикой [4]. Для решения задач по определению теплопроводности разных тел в лабораторных условиях была собрана экспериментальная установка (рисунок), состоящая из термоконтнера 1, на дне которого расположена медная пластина 2. Поверх пластины вертикально располагаются аккумуляторы холода 3 в количестве 3 штук, благодаря кото-

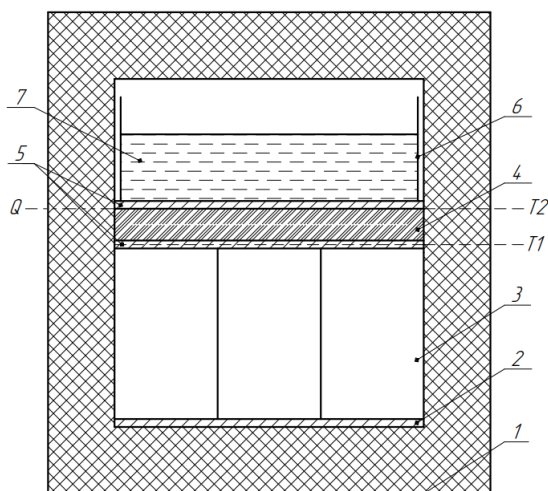


Схема установки: 1 – термоконтнер из пенопласта; 2 – медная пластина; 3 – аккумулятор холода; 4 – теплоизоляционный материал; 5 – медные пластины; 6 – медная тара; 7 – лед

рым внутри термоконтейнера поддерживается температура в диапазоне $-14\div-17^{\circ}\text{C}$. Далее идет замороженный теплоизоляционный материал с массовым содержанием влаги на основе базальтового волокна 4, сверху и снизу которого расположены медные пластины 5, на которых закреплены датчик теплового потока Q и 2 термодатчики Т1, Т2 типа К. Для поддержания отрицательной температуры внутри термоконтейнера сверху расположена медная герметичная тара 6, в которой находится лед 7.

Для измерения температуры использовались 2 термодатчика. Они изготовлены из материалов хромели и алюмели. Аналого-цифровой преобразователь считывал и преобразовывал сигнал с датчиков

Обработка полученного сигнала происходила в ПК с помощью разработанного программного комплекса Arduino. Данная программа представляет собой систему управления, считывающую сигнал с датчиков при помощи модулей MAX6675. И преобразовывая его из аналогового в цифровой, отображает результаты измерения в диаграмме зависимости амплитуды от времени. Результат измерений автоматически сохраняется [5].

Предложена новая экспериментальная установка и методика для определения коэффициента теплопроводности материала в условиях отрицательных температур, основанная на использовании платформы Arduino.

Работа выполнялась в рамках гос. задания # 075-03-2021-175/3.

Список источников

1. Ваньков Ю. В., Базукова Э. Р., Якимов Н. Д. Исследование температурной деструкции теплоизоляции паропровода // Труды Академэнерго. 2019. № 4(57). С. 98-108.
2. Базукова Э. Р., Ваньков Ю. В., Гапоненко С. О. Устройство для измерения плотности теплового потока. [и др.] Патент на полезную модель № 204511 U1 Российская Федерация, МПК.
3. Ваньков Ю. В., Базукова Э. Р., Исламова С. И., Бусаров А. В. Оценка транспортных потерь тепла при старении изоляции // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2017. № 1. С. 572-576.
4. Гапоненко С. О., Фазлиев Р. А., Калинина М. В. Метод повышения эффективности тепловой изоляции трубопроводов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13. № 2(50). С. 142-147
5. Э. Р. Базукова, Ю. В. Ваньков, С. О. Гапоненко, Н. Н. Смирнов Исследование коэффициента теплопроводности изоляции из базальтового волокна при различных температурных режимах // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2021. № 4. С. 15-24.

Марков А. С.

Научный руководитель: Измайлова Е. В., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ПЕРЕВОД С ПАРОВОГО НА ВОДОГРЕЙНЫЙ РЕЖИМ КОТЕЛЬНОЙ ООО «БАШНЕФТЬ–ДОБЫЧА Г. ОКТЯБРЬСКИЙ

Аннотация. Одним из путей реконструкции существующих котельных является перевод паровых котлов в водогрейный режим работы без генерации пара. Реконструкция котлов в водогрейные повышает экономичность установки за счет снижения затрат топлива и электроэнергии на собственные нужды. Отпадает также необходимость в дорогостоящей бойлерной установке, требующей дополнительных эксплуатационных затрат.

Ключевые слова: теплоснабжение, тепловая энергия, котельная, водогрейный режим, КПД, экономический эффект

В настоящее время обязательным условием существования человека является тепловая энергия. Поскольку теплоснабжение играет важную роль в жизни людей, повышение его надежности, качества и экономичности является основной задачей. Любые сбои в поставке тепловой энергии негативно воздействуют на производство или предприятие, где она используется [1].

Повышение надежности и экономичности систем теплоснабжения зависит от множества факторов, таких как: бесперебойная работа теплогенерирующих агрегатов; правильно спроектированная тепловая схема котельной; внедрение энергосберегающих технологий и альтернативных источников энергии; экономия топлива, тепловой и электрической энергии, а также модернизация и реконструкция оборудования или реконструкция действующей технологии [2-4].

Из вышесказанного следует, что проблемы технической модернизации котельных с целью повышения эффективности, безопасности, надежности и экономичности работы оборудования актуальны.

Объектом исследования является котельная № 2, которая находится на балансе ООО «Башнефть–Добыча», Октябрьский цех по эксплуатации объектов тепловодоснабжения в городе Октябрьский.

Октябрьский – город в Башкортостане, в России. Его площадь составляет 100 км². Является пятым по величине городом в республике,

находится на ее западе, в 180 км от Уфы. Его площадь составляет 100 км². Расположен в Приуральской зоне (Бугульминско-Белебеевская возвышенность), на правом берегу реки Ик, являющейся одновременно границей с Республикой Татарстан.

Целью работы является котельная № 2, которая находится на балансе ООО «Башнефть-добыча», с заменой парового на водогрейный режим паровых котлов ДКВР 6,5-13.

Для реализации поставленной цели определены следующие задачи:

- рассмотреть характеристики и исследовать техническое состояние существующей котельной;
- предложить вариант реконструкции системы теплоснабжения, который повысит эффективность ее работы;
- рассчитать предельно допустимые концентрации (ПДК) веществ в атмосфере;
- раскрыть технико-экономическую целесообразность предлагаемых мероприятий.

Предметом изучения являются показатели, характеризующие эффективность и экономичность производства тепловой энергии [5].

По проведенному исследованию технического состояния котельной № 2 города Октябрьский, характеристик и технико-экономических показателей существующего оборудования котельной было выявлено, что потребителей становится меньше, на текущий момент котлы отработали свой нормативный срок службы, большие потери с уходящими газами, а следовательно, КПД котлов очень низкий. Поэтому реконструкция системы теплоснабжения объектов путем замены паровых котлов на водогрейные является обязательной задачей.

Список источников

1. Варфоломеев Ю. М. Отопление и тепловые сети. М.: ИНФРА-М, 2007. 480 с.
2. ГОСТ 21563-93 (2003) Котлы водогрейные. Основные параметры и технические требования.
3. ПБ 10-574-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды.
4. ГОСТ 21.605-82. Сети тепловые (тепломеханическая часть).
5. Болбот С. С., Карницкий Н. Б. Анализ схем перевода паровых котлоагрегатов в водогрейный режим работы // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 15-й Международной научно-технической конференции. Минск: БНТУ, 2017. Т. 1. С. 131.

Махмутов А. Д.

Научный руководитель: Вагапов Г. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

ВИБРОАКТИВНОСТЬ НА ЭЛЕМЕНТАХ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

***Аннотация.** Представлены понятия энергообеспечения предприятия и ее основные элементы. Кроме того, показаны требования проектирования линий электропередач, значение виброактивности и пляски проводов и методы борьбы.*

***Ключевые слова:** вибрация, виброактивность, пляска, ЛЭП*

Система энергообеспечения предприятий заключается в обеспечении различными видами энергии, включая ее передачу, преобразование, генерацию, получая в результате эффективное функционирование [1].

Более подробно рассмотрим один из видов энергоносителей – электрическую энергию. Это один из основных элементов производства, тем самым, грамотно спроектированный процесс снабжения электричеством оптимизирует издержки и сокращает себестоимость [2].

Компонентами всей системы, предназначенными для передачи электроэнергии на дальние расстояния, достигающие значения километра, являются линии электропередач. Поэтому необходимо уделить особое внимание к требованиям проектирования, к примеру:

- климатические условия района,
- ветровое давление,
- особенности при гололёде,
- температура воздуха,
- степень агрессивного воздействия окружающей среды,
- интенсивность гроз,
- пляска проводов и тросов,
- вибрация [3].

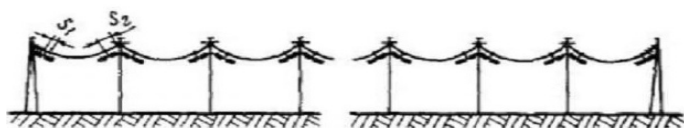
Виброактивность появляется вследствие преобразования или передачи энергии в энергетических установках. Виброактивность определяется как источник колебаний, которые характеризуются или вибрацией, или шумом. Данные процессы проявляются в результате переменных сил, которые приводят к технологическим изменениям элементов устройств [4].

Основные причины появления пляски и вибрации проявляются в:

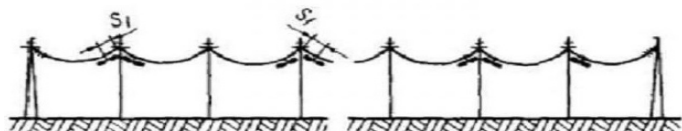
- действию воздушного потока – процесс продолжителен с возрастанием амплитуды и частоты;
- коммутационных процессах – тех, которые приводят провод в движение из-за скачков;
- механических нагрузках – сопровождаются ударами или силовыми воздействиями.

Для борьбы с виброактивностью применяются гасители вибрации и пляски:

- мостовые, имеющие определенный груз, к которым отводится вибрация с поглощением от провода. Особенностью является простота конструкции и легкость в обслуживании.
- петлевые гасители. Используется в проводах со значением напряжения от 6 до 10 кВ, выполняющиеся в виде гибкой распорки.



с обеих сторон пролета



с одной стороны пролета

Пример установки гасителей вибрации

Для линий высокого напряжения используется расщепление фазы, в этом случае провода соединяются распорками [5].

Рассмотрим негативные воздействия на линии электропередач от вибрации и пляски:

- обрыв проводов, сопровождаемая за собой короткое замыкание;
- распушивание, приводящее к повреждению линий, ослабляя механическую прочность;
- схлестывание проводов – появление негативного электрического контакта при соприкосновении параллельных линий;
- перекрытие воздушного промежутка – возникновение дуги и появление пробоя при движении смежных фаз с различной амплитудой.

Список источников

1. Брякин И. В., Бочкарев И. В. Датчик виброперемещений для систем мониторинга состояния конструктивных элементов высоковольтных линий электропередач // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. №24(4). С. 63-76.
2. Гатиятов И. З., Сабитов Л. С. Способы и установки контроля опор из трубчатых стержней, применяемых в энергетическом строительстве при воздействии на них статических и динамических нагрузок. Известия высших учебных заведений // Проблемы энергетики. 2018. №20(5-6). С. 93-101.
3. Ярославский Д. А., Нгуен В. В., Садыков М. Ф., Горячев М. П., Наумов А. А. Модель собственных гармонических колебаний провода для задач мониторинга состояния воздушных линий электропередачи. Известия высших учебных заведений // Проблемы энергетики. 2020. №22(3). С. 97-106.
4. Голенищев-Кутузов А. В., Иванов Д. А., Потапов А. А., Кротов В. И. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. №21(4). С. 123-133.
5. Федотов А. И., Вагапов Г. В., Абдуллазянов А. Ф., Шаряпов А. М. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях электропередачи. Известия высших учебных заведений // Проблемы энергетики. 2021. №23(1). С. 146-155.

УДК 621.315.1:62-752.2

Махмутов А. Д.

Научный руководитель: Вагапов Г. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

ПЛЯСКА НА ЭЛЕМЕНТАХ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

***Аннотация.** Представлено понятие пляски проводов линии электропередач. Кроме того, рассмотрены методы борьбы с ней, и опасность появления вибрации.*

***Ключевые слова:** вибрация, виброактивность, пляска, ЛЭП*

В воздушных линиях электропередач возникает колебание проводов со значительной амплитудой, сопровождающееся схлестыванием проводов разных фаз, называемое пляской. Данное явление выводит всю линию из работы.

Периодические колебания провода, возникающие при малой амплитуде и большой частоте, в вертикальной плоскости называются вибрацией. Эти колебания возможны при небольшом ветре (0,5-8 м/с) при условии исключения гололеда.

Для возникновения вибрации в проводах воздушных линий электропередач необходимо достичь диапазона частоты от 3 до 150 Гц, а расстояние между двумя узлами должна быть до 30 метров.

Степень защиты от вибрации зависит от характеристик самого провода линии электропередач. Для алюминиевых с сечением от 95 до 300 мм² в пролетах до 120 м в обязательном порядке должны быть защищены от вибрации. Со значением пролета меньше указанного необходимость в защите отсутствует. Также исключается защита на линиях с расщеплением фазы на два провода, в случае достижения напряжения 4,0 даН/мм² для алюминия, 4,5 – для сталеалюминевых.

При расщеплении фазы на 3-4 провода в защите не нуждается. Кроме того, при нахождении провода в укрытом месте от ветра также защита не нужна. В близости к реке или водоёму защита обязательна.

На линиях с напряжением до 330кВ устанавливают виброгасители, они выглядят как 2 груза, которые подвешены на тросе.

Данный механизм необходим для поглощения энергии от проводов в состоянии вибрации и пляски, с их помощью уменьшается амплитуда у зажимов.

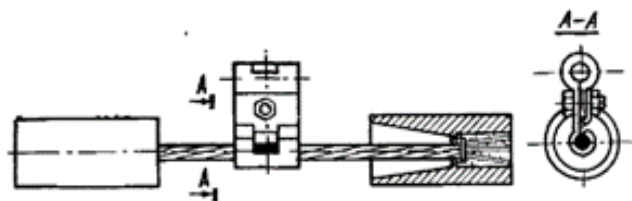


Рис. 1. Виброгаситель на проводе

Расстояние между вибрационными гасителями устанавливается в зависимости от значения напряжения и марки провода.

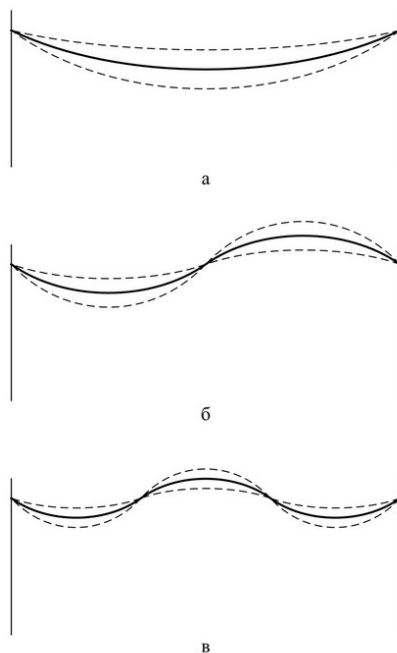


Рис. 2. Виды пляски проводов в пролете: а – однополуволновая; б – двухполуволновая; в – трёхполуволновая

Также существует понятие пляска проводов, показанное на рис. 2. В отличие от вибрации перемещение осуществляется по вертикальной плоскости со значением частоты 0,2-2Гц и амплитуды 0,3-5 м, при увеличении расстояния до 500 метров амплитуда может возрасти до 14 метров. Опасно данное явление для любых линий электропередач и ее элементов. Для линий низких вольт до 10кВ. Из-за небольшого расстояния между опорами, колебания незначительны.

Список источников

1. Брякин И. В., Бочкарев И. В. Датчик виброперемещений для систем мониторинга состояния конструктивных элементов высоковольтных линий электропередач // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. №24(4). С. 63-76.
2. Гатиятов И. З., Сабитов Л. С. Способы и установки контроля опор из трубчатых стержней, применяемых в энергетическом строительстве при воздей-

ствии на них статических и динамических нагрузок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. №20(5-6). С. 93-101.

3. Ярославский Д. А., Нгуен В. В., Садыков М. Ф., Горячев М. П., Наумов А. А. Модель собственных гармонических колебаний провода для задач мониторинга состояния воздушных линий электропередачи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. №22(3). С. 97-106.

4. Голенищев-Кутузов А. В., Иванов Д. А., Потапов А. А., Кротов В. И. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. №21(4). С. 123-133.

5. Федотов А. И., Вагапов Г. В., Абдуллазянов А. Ф., Шаряпов А. М. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях электропередачи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. №23(1). С. 146-155.

УДК 620.95

Мустафина Г. Р.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

БИОГАЗ КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Аннотация. *Представлены преимущества использования альтернативного источника топлива в виде биогаза, необходимые элементы для установки и процесс получения.*

Ключевые слова: *биогаз, биореактор, удобрения, энергия*

На сегодняшний день в связи с высокими ценами на традиционные источники энергии получил широкое распространение альтернативный вид получения энергии. Биогаз стал источником получения тепла и удобрения [1].

С помощью биогазовых установок можно добиться следующего:

- меньшие выбросы в окружающую среду;
- сокращение объема потребляемой воды;
- ввиду сокращения выбросов и избавления отходов степень загрязнения меньше;
- использование альтернативных источников, а не природных ресурсов.

Компоновка установки для получения зависит от вида и количества сырья. В конструкции необходимо [2]:

- ёмкость гомогенизации;
- транспортер отходов;
- реактор;
- система автоматики;
- измерительные приборы для контроля;
- сепаратор;
- система насосов;
- система отопления, перемешивания воды, транспортера газа;
- газгольдер и мешалки.

Процесс получения биогаза осуществляется в следующей последовательности [3]:

1. для начала загружается органическое сырье;
2. в специальном реакторе данное сырье проходит процесс гомогенизации и постоянного перемешивания;
3. осуществляется анаэробное сбраживание;
4. биогаз направляется для использования;
5. отработанное сырье направляется на использование в качестве биоудобрения высокого качества.

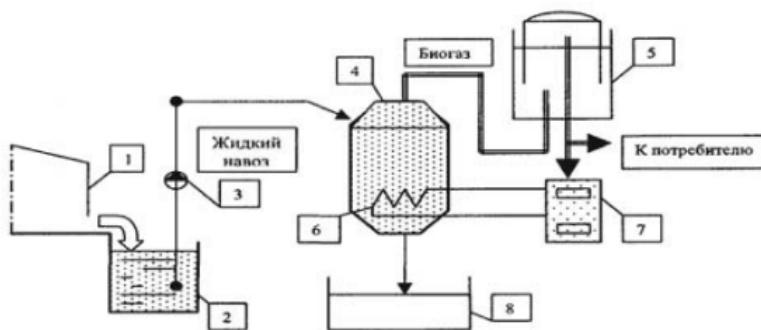


Схема биогазовой установки

С помощью использования конечных компонентов от установки возможно:

- покрыть использование топлива на собственные нужды;
- получение пара и ГВС;
- обработка вышедших отходов горячим воздухом;
- использование в качестве топлива;

- использование как горючее для двигателей авто;
- получение не только тепла, но и электричества.

Для производственных комплексов биогаз решает энергетические, экологические и экономические проблемы. Особенно данная установка повысит уровень развития сельского хозяйства РФ [4]. Применение обработанных отходов в качестве удобрений увеличит урожайность до 50%.

Кроме того, биогазовая энергетика – надежная альтернатива магистральному природному газу, централизованному энергоснабжению и солнечной энергетике [5].

Список источников

1. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes / S. O. Gaponenko, R. Z. Shakurova, A. E. Kondratiev, R. Dimova // E3S Web of Conferences : 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. Vol. 124. Kazan: EDP Sciences, 2019. – P. 01021. – DOI 10.1051/e3sconf/201912401021.
2. Мустафина Г. Р., Кондратьев А. Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: II международная научная конференция, Сумгаит, 12-13 ноября 2020 года. Сумгаит: Сумгаитский государственный университет, 2020. С. 277-280.
3. Мустафина Г. Р., Кондратьев А. Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов III Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. С. 88-90.
4. Кондратьев А. Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы VI Национальной научно-практической конференции: в 2 т., Казань, 10-11 декабря 2020 года. Т. 1. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 417-419.
5. Гилязова Г. Р., Кондратьев А. Е. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XV междунар. научн. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 2 ч. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2020. Ч. 2. С. 25-27.

Мустафина Г. Р.
 Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА

Аннотация. Представлены факторы, влияющие на качество биогаза и удобрения, производительность установки и зависимость типа сырья от конечного продукта. Также показаны необходимые требования для производства.

Ключевые слова: биогаз, метан, реактор, мезофильный

Главным фактором, влияющим на объем биогаза, является количество органического сырья [1]. Кроме того, необходимо следовать некоторым требованиям, к примеру, влажность должна быть больше 85% для зимнего периода и 92% – для летнего. Возможно допустить добавление воды с высокой температуры, количество которой определяется: где H – объем сырья, в виде навоза;

B_1 – влажно загружаемого сырья в виде навоза;

B_2 – требуемая влажность навоза;

B – объем воды.

Ниже представлена таблица, в которой представлено какое количество необходимо для достижения необходимой влажности [2].

Таблица 1. Необходимый объем воды
 для достижения оптимальной влажности на 100 кг навоза

Необходимая влажность	Первоначальная влажность сырья						
	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
85%	166 л.	133 л.	100 л.	67 л.	33,5 л.	-	-
92%	400 л.	337 л.	275 л.	213 л.	150 л.	87,5 л.	25 л.

В основном, соотношение, достигаемое сельскими установками, составляет 1 к 3 или 2 к 1.

Количество суточной загрузки для биогазовых установок с мезофильным режимом составляет 10% от полного объема загруженных органических отходов [3].

Известно, что наиболее выгодное получение биогаза исходит из отходов, содержащихся в хозяйстве животных.

Для получения точного количества вырабатываемого биогаза возможно воспользоваться таблицей 2, определяющей примерную производительность по биогазу на 1 животное.

Таблица 2. Примерная производительность по биогазу, м³/сутки на 1 животное

Тип животного	Объем биогаза в сутки, м ³ /сутки на 1 животное
Корова	1,5-2
Бык	1
Свинья	0,2
Птица	0,015

Полученное топливо с установки содержит в себе:

- 65% метана;
- 30% углекислого газа;
- 1% сероводорода;
- незначительное количество азота, кислорода, водорода.

Значение теплотворной способности достигает значения 20-25 МДж/м³.

Использования биогаза возможно путем сжигания биогаза в газовых горелках. В этом случае из газгольдеров газ направляется в газгольдер с низким давлением.

В крупных установках возможно получить хим.продукты, предназначенные для аграрного хозяйства. На биогазе могут работать газосжигающие устройства, которые вырабатывают тепловую и электрическую энергию совместно с солнечными коллекторами [4]. Особенно выгодны такие установки:

- птицефабриками, фермам, растениеводческим хозяйствам;
- заводам;
- тепличным комплексам;
- коммунальным и очистным предприятиям.

В производстве биогаза отходы полностью идут в дело, в результате не только улучшается санитарное состояние территории, но и решается проблема снабжения энергией, особенно в совокупности с другими источниками тепловой энергии [5].

Список источников

1. Мустафина Г. Р., Кондратьев А. Е. Перспективы применения биогазовой установок при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов III Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и

студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. С. 88-90.

2. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes / S. O. Gaponenko, R. Z. Shakurova, A. E. Kondratiev, R. Dimova // E3S Web of Conferences: 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. Vol. 124. Kazan: EDP Sciences, 2019. P. 01021. DOI 10.1051/e3sconf/201912401021.

3. Мустафина Г. Р., Кондратьев А. Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: II международная научная конференция, Сумгаит, 12-13 ноября 2020 года. Сумгаит: Сумгаитский государственный университет, 2020. С. 277-280.

4. Гилязова Г. Р., Кондратьев А. Е. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XV междунар. научн. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 2 ч. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2020. Ч. 2. С. 25-27.

5. Кондратьев А. Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы VI Национальной научно-практической конференции: в 2 т., Казань, 10-11 декабря 2020 года. Т. 1. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 417-419.

УДК 620.91

Панькина А. Д.

Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Аннотация. В статье представлен краткий обзор использования тепловой энергии недр Земли. Приведены преимущества и недостатки геотермальной энергетики. Рассмотрен принцип работы геотермальной электростанции, а также варианты схем использования природного пара на ГеоТЭС.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, энергия недр Земли, геотермальная энергия, альтернативная энергетика

С увеличением потребности в энергии общество все лучше понимает, что доступных на сегодняшний день источников недостаточно, чтобы обеспечить будущие потребности человечества. Поэтому существует срочная необходимость поиска новых способов получения энергии, более экологических, не зависящих от полезных ископаемых.

Геотермальная энергетика – направление энергетики, основанное на использовании тепловой энергии недр Земли для производства ЭЭ геотермальными электростанциями (ГеоТЭС) или непосредственно для отопления или горячего водоснабжения. Этот способ получения ЭЭ основан на факте, что температура пород с глубиной растет, и на уровне 2-3 км от поверхности Земли превышает 100°C. Запасы геотермальной энергии в 35 млрд раз превышают годовое мировое потребление энергии. Лишь 1% геотермальной энергии земной коры (глубина 10 км) может дать количество энергии, в 500 раз превышающее все мировые запасы нефти и газа. В вулканических районах циркулирующая вода перегревается выше температур кипения на относительно небольших глубинах и по трещинам поднимается к поверхности, иногда проявляя себя в виде гейзеров.

Принцип работы геотермальной электростанции можно видеть на рисунке.

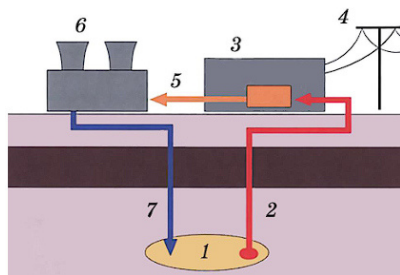


Схема геотермальной станции:

- 1 – полости с горячей водой; 2 – горячая вода (пар); 3 – электростанция (турбогенератор); 4 – электросеть; 5 – остаточная вода; 6 – пункт теплоснабжения; 7 – возврат холодной воды

Использование природного пара может происходить по нескольким схемам (таблица).

Прямая схема	Непрямая схема	Смешанная схема
природный пар направляется по трубам в турбины, соединенные с электрогенераторами	пар предварительно (до того, как попадает в турбины) очищают от газов, вызывающих разрушение труб	неочищенный пар поступает в турбины, а затем из воды, образовавшейся в результате конденсации, удаляют не растворившиеся в ней газы

Геотермальная энергетика соответствует условиям, необходимым для причисления ее к экологически чистым методам производства энергии. Её основными преимуществами являются:

1. неисчерпаемость. Температура ядра Земли составляет 6000°C, а скорость остывания оценивается в 300-500°C за 1 млрд лет.

2. стабильность. Геотермальная электростанция имеет полную независимость от условий окружающей среды, времени года и суток.

3. безопасность для окружающей среды. Само по себе функционирование геотермальной станции практически безвредно: её выброс углекислого газа в атмосферу оценивается в 45 кг CO₂ на 1 кВт·ч выработанной энергии.

4. возможность использовать в виде геотермальной воды или смеси воды и пара напрямую для нужд горячего водо- и теплоснабжения.

Из недостатков можно отметить:

1. необходимость подбора подходящей территории;

2. относительно низкая мощность. ГеоТЭС в принципе пока не могут сравниться по выработке ЭЭ с ГЭС, АЭС и ТЭС. Даже при бурении большого количества скважин поток пара все равно будет невелик, а произведённой ЭЭ хватит лишь для небольших населённых пунктов.

3. высокая стоимость кВт энергии. Несмотря на относительную простоту конструкции ГеоТЭС, дорого обходятся геологоразведка и анализ.

4. высокая вероятность минерализации термальных вод большинства месторождений и наличия в воде токсичных соединений и металлов.

Список источников

1. Сидорович В. Мировая энергетическая революция: Как возобновляемые источники энергии изменят наш мир. М.: Альпина Паблишер, 2015. 208 с.

2. Богуславский Э. И. Освоение тепловой энергии недр: монография. СПб.: Научно-технические технологии, 2020. 435 с.

3. Алексахина В. В. Перспективы развития мировой энергетики и проблемы сохранения экологического равновесия в биосфере. Ч. II. Альтернативная энергетика // Akademia. Архитектура и градостроительство. М.: Российская академия архитектуры и строительных наук, 2013. № 3. С. 60-71.

Ульябаева Г. Ш., Гапоненко С. О.
Казанский государственный энергетический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОГО ТРУБОПРОВОДА ПУТЕМ МОДАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Аннотация. В данной статье выполнен расчет собственных (резонансных) частот трубопровода с помощью модального анализа. Определен информационно-частотный диапазон собственных (резонансных) частот колебаний исследуемого трубопровода.

Ключевые слова: трубопровод, модальный анализ, информационно-частотный диапазон

В качестве объекта исследования был выбран трубопровод из стеклопластика диаметром $d = 70$ мм, толщиной стенки $\delta = 5$ мм, длина $L = 1000$ мм.



Рис. 1. Исследуемый трубопровод

Расчет собственных частот производится с помощью модального анализа, который является базисом любого динамического анализа, позволяющий оценить динамическое поведение объекта [1].

Расчет собственных частот проводился в следующей последовательности:

1. построение геометрии исследуемого объекта;
2. проведение прочностного анализа;
3. модальный анализ.

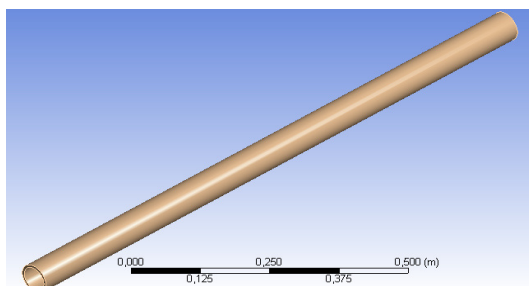


Рис. 2. Геометрия трубопровода

В результате проведенного исследования определяются 30 первых мод колебаний исследуемого трубопровода.

Информативно-частотный диапазон исследуемого трубопровода

Номер мод колебаний	Частота, Гц	Номер мод колебаний	Частота, Гц	Номер мод колебаний	Частота, Гц
1	401,65	11	1618,7	21	2823,6
2	401,65	12	1859,4	22	2823,6
3	1028,7	13	1859,4	23	3130,4
4	1028,7	14	1859,5	24	3225,7
5	1437,6	15	1860,1	25	3226
6	1438,3	16	2218,4	26	3833,7
7	1487,8	17	2218,8	27	3834
8	1488,5	18	2526,1	28	3875,4
9	1565,2	19	2680,7	29	3875,4
10	1618	20	2681,1	30	4021,2

Форма колебания 7 моды при частоте 1487,8 Гц показана на рис. 3.

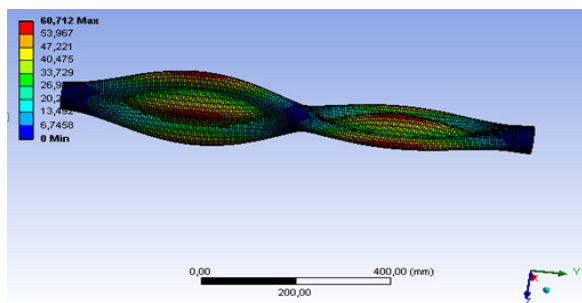


Рис. 3. Форма колебания 7 моды

С использованием полученных результатов планируются экспериментальные исследования для проверки численного моделирования. Экспериментальные исследования будут проводиться на информативно-диагностическом комплексе, предназначенном для мониторинга технического состояния трубопроводов.

Впоследствии результаты теоретических и экспериментальных исследований позволят разработать методику практического обнаружения дефектов, а также определения их размеров.

Список источников

1. Гапоненко С. О., Кондратьев А. Е., Ульябаева Ш. У. Анализ результатов численного моделирования колебательных процессов в бездефектных и дефектных трубопроводах // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №3(55). С. 38-47.
2. Шакурова Р. З., Гапоненко С. О., Кондратьев А. Е. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. №6. С. 188-201.

УДК 62-93

Федотова А. О.

Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В АККУМУЛЯТОРАХ ТЕПЛОТЫ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ ПОСРЕДСТВОМ ДОБАВЛЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В работе предлагается решение проблемы интенсификации теплообмена в аккумуляторах теплоты на основе фазового перехода с помощью модификации воды посредством углеродных наноматериалов.

Ключевые слова: аккумулятор теплоты на фазовом переходе, углеродные нанотрубки, модификация, теплопроводность

Проблема неравномерности потребления тепловой энергии приводит к аналогичной эксплуатации мощностей энергоустановок, заключающейся в наиболее полном их использовании только в моменты максимальных нагрузок. Именно поэтому повышение эффективности работы

энергетического оборудования неразрывно связано с вопросом теплового аккумулирования, перспективным направлением которого является использование теплоаккумуляторов с фазовым переходом.

Аккумуляторы на основе фазового перехода (АФП) – устройства для накопления, хранения и дальнейшего использования тепловой энергии за счет изменения фазового состояния теплоаккумулирующих материалов (ТАМ) [1].

В качестве ТАМ для низкотемпературных АФП (до 120°C), пригодных к использованию в энергетическом секторе, широко распространены органические соединения такие, как парафины. Это связано с достаточной для АФП теплотой фазового перехода, устойчивым плавлением – затвердеванием без изменения состава и свойств, распространенностью, дешевизной, безопасностью. Помимо достоинств есть также и недостаток, заключающийся в низком коэффициенте теплопроводности данного материала, что негативно сказывается на времени зарядки и разрядки аккумулятора.

В данной работе для интенсификации в АФП теплообмена между водой и парафином предлагается модифицирование первой посредством добавления специальных нанодобавок.

Существуют следующие типы наноматериалов, которые образуют наножидкости: металлы (Al, Cu, Fe, Ag, Au), оксиды металлов (Al_2O_3 , CuO, SiO_2), углерод (MWCNT, DWCNT, SWCNT, графен), карбиды (SiC , TiC) и нитриды (AlN , SiN) [2].

Наилучшим наноматериалом для модифицирования теплоносителей являются углеродные нанотрубки (УНТ) (рисунок 1).

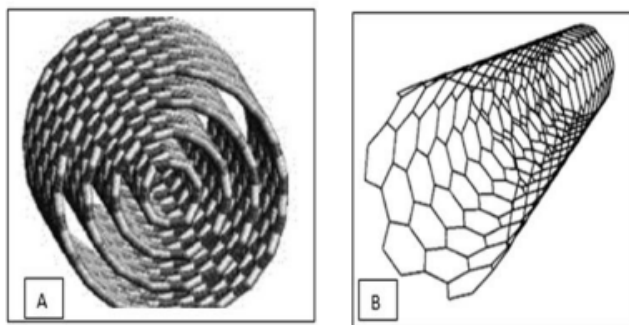


Рис. 1. Углеродные нанотрубки: а) многослойные, б) одностенные

Преимущества (УНТ):

1. уникальная структура, которая обеспечивает высокую прочность на растяжение и коэффициент эластичности;
2. высокая теплопроводность (рис. 2);
3. малый вес;
4. хорошие электропроводные свойства.

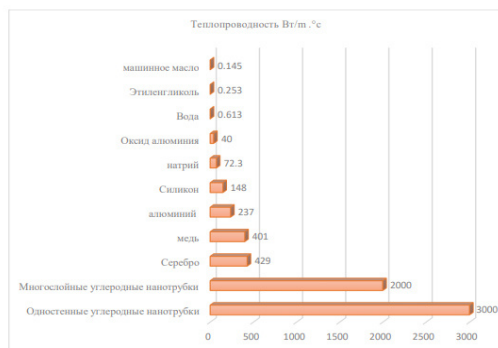


Рис. 2. Теплопроводность жидкостей и твердых тел при комнатной температуре

Однако есть также и недостатки, а именно: возможная токсичность углеродных наноматериалов и высокая стоимость по сравнению с другими наночастицами.

Изучение литературы касательно данного вопроса показывает, что теплопроводность теплоносителей при добавлении УНТ значительно увеличивается.

Так, в [3] при добавлении в дистиллированную воду 1,0 об. % объемных долей, обработанных многостенных углеродных нанотрубок (ТМУНТ), наблюдалось увеличение теплопроводности на 19,6%.

В [4] авторами проводилось исследование углеродных нанотрубок с различными объемными долями (0,22 – 1 об. %) при температуре теплоносителя 30-90°C. В результате обнаружилась нелинейная зависимость теплопроводности от объемной доли УНТ.

Помимо объемного содержания УНТ на рост теплопроводности наножидкостей влияет также и увеличение температуры.

Таким образом, введение в теплоноситель углеродных нанотрубок позволяет повысить теплопроводность, что в свою очередь уменьшит время, необходимое для зарядки и разрядки аккумуляторов на фазовом переходе, чему и будут посвящены дальнейшие исследования.

Работа выполнялась в рамках гос. задания # 075-03-2023-291.

Список источников

1. Лукьянов А. В., Остапенко В. В., Александров В. Д. Аккумуляторы тепловой энергии на основе фазового перехода // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2010. № 6(86). С. 64-68.
2. Аль-Шариф Али Джалаль Али Интенсификация теплопроводности и теплообмена при наномодифицировании жидких теплоносителей: дис. канд. техн. наук: 05.16.08. Тамбов, 2021.
3. Nanofluids containing multiwall carbon nanotubes and their enhanced thermal conductivities / H. Xie, H. Lee, W. Youn, M. Choi // Journal of applied physics. 2003. Vol. 94(8). P. 4967-4971.
4. Jiang H. Effective thermal conductivity of carbon nanotube-based nanofluid / H. Jiang, Q. Zhang, L. Shi // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2015. Vol. 55. P. 76-81.

УДК 62-93

Федотова А. О.

Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В АККУМУЛЯТОРАХ ТЕПЛОТЫ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ

Аннотация. В работе обозначена проблема низкого коэффициента теплопроводности парафина, выступающего в качестве теплоаккумулирующего материала в аккумуляторах теплоты с фазовым переходом, которую предлагается решить путем интенсификации теплообмена посредством ошиповки и оребрения поверхности. Приводятся аналитические зависимости и анализ эффективности применения отдельных видов ребер и шипов.

Ключевые слова: ТАМ, АФП, фазовый переход, коэффициент теплопроводности, оребрение, ошиповка

В настоящее время важной проблемой энергетического сектора является тепловое аккумулирование энергии, поскольку из-за крайне неравномерного ее потребления снижается эффективность и надежность теплогенерирующих установок и всего рабочего оборудования.

Наиболее перспективным направлением в тепловом аккумулировании является использование аккумуляторов на основе фазового перехода (АФП), которые за счет циклического плавления (зарядки) – затвердевания (разрядки) теплоаккумулирующих материалов (ТАМ) позволяют накопить гораздо большие объемы энергии.

Для низкотемпературных АФП (до 120°C), используемых в энергетической отрасли, эффективным является применение парафинов, ввиду свойств: устойчивость к циклу плавление – затвердевание; отсутствие эффекта переохлаждения; химическая стабильность; безопасность; доступность; совместимость с конструкционными материалами и т. д. [1]. Однако применение парафина в качестве ТАМ имеет следующий недостаток – низкий коэффициент теплопроводности, из-за чего время зарядки и разрядки аккумулятора велико.

В данной работе проблему низкого коэффициента теплопроводности предлагается решить с помощью интенсификации теплообмена, а именно посредством использования развитых теплообменных поверхностей с оребрением и ошиповкой. На практике применяются следующие виды ребер и шипов (рис. 1).

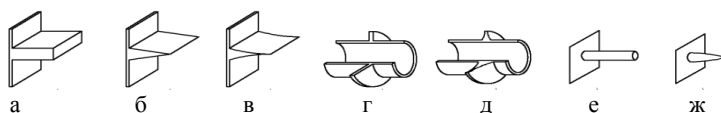


Рис. 1. Конструкции оребрения и ошиповки: а) продольное ребро прямоугольного профиля, б) продольное ребро треугольного профиля, в) продольное ребро вогнутого параболического профиля, г) круглая труба с радиальным ребром прямоугольного профиля, д) круглая труба с радиальным ребром параболического профиля, е) цилиндрический шип, ж) параболический шип

Расчет и оценка эффективности применения того или иного вида ребер и шипов производятся на основании трех характеристик:

1. теплового потока, который передается через основание ребра;
2. эффективности ребра, то есть отношения потока тепла, который действительно отводится ребром, к потоку, который отело бы такое же идеально проводящее ребро с однородной температурой;
3. распределения температурного напора по высоте ребра [2].

На основании опытных данных были получены следующие зависимости эффективности ребер и шипов различной формы от произведения mb (рис. 2).

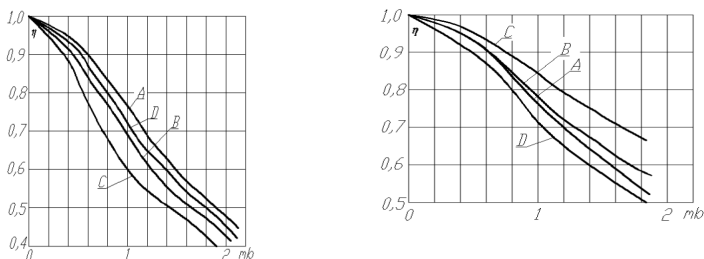


Рис. 2.

Слева: Эффективность продольных ребер: прямоугольного (А), выпуклого параболического (D), треугольного (В), вогнутого параболического (С);
Справа: Эффективность шипов различной формы: А – постоянного поперечного сечения, В – конического, С – вогнутого параболического, D – выпуклого параболического

Сравнение и определение наилучшего из видов продольных ребер осуществляется на основе наименьшей площади профильного сечения, необходимого для передачи заданного потока тепла (таблица) [3].

Вид профиля	Тепловой поток, q_0	Площадь профиля ребра, A_p
Прямоугольный	$1,26 \cdot (\alpha^2 \cdot A_p \cdot \lambda)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta t_0$	$\frac{0,5}{\alpha^2 \cdot \lambda} \left(\frac{q_0}{\Delta t_0} \right)^3$
Треугольный	$(2 \cdot \alpha \cdot \lambda)^{\frac{1}{2}} \cdot \delta_0^{\frac{1}{2}} \cdot \Delta t_0 \cdot \frac{I_1(2mb)}{I_0(2mb)}$	$\frac{0,347}{\alpha^2 \cdot \lambda} \left(\frac{q_0}{\Delta t_0} \right)^3$
Вогнутый параболический	$1,442 \cdot (\alpha^2 \cdot A_p \cdot \lambda)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta t_0$	$\frac{1}{3 \cdot \alpha^2 \cdot \lambda} \left(\frac{q_0}{\Delta t_0} \right)^3$

Анализируя выражения, можно сделать выводы:

1. при равных внешних условиях и одинаковых отношениях теплового потока через основание к температурному напору наименее металлоемким при изготовлении является вогнутый параболический профиль;
2. площадь профиля находится в обратной зависимости от теплопроводности материала;
3. площадь профиля возрастает как куб теплового потока.

Работа выполнялась в рамках гос. задания # 075-03-2023-291.

Список источников

1. Eletsii A. V. Phase Change Materials with Enhanced Thermal Conductivity and Heat Propagation in Them // Physchem. 2022. Т. 2. №. 1. С. 18-42.
2. Белозерцев В. Н., Бирюк В. В., Довгялло А. И., Некрасова С. О., Угланов Д. А., Сармин Д. В. Интенсификация теплообмена: учеб. пособие. Самара: изд-во Самарского университета, 2018. 208 с.
3. Горшенин А. С. Методы интенсификации теплообмена: учеб. пособие. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. 82 с.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аверьянов А. Д., *I*, 145
Аверьянова А. А., *I*, 352
Акбиров Р. И., *I*, 355, 368
Акилбаева Д. С., *I*, 3
Александров А. Н., *I*, 281
Александров В. А., *I*, 6
Алибеков С. Я., *I*, 261
Андреев А. Б., *I*, 8
Андреева А. А., *I*, 10
Анисимов И. С., *I*, 284, 287, 290
Анисимов Н. С., *I*, 284, 287, 290
Анисимова А. А., *I*, 148
Ахмадьянов К. И., *I*, 293
Ахтямов К. Д., *I*, 13
- Бастраков В. М., *I*, 278
Барабашева О. А., *I*, 16
Бачурин И. А., *I*, 139
Богатырев А. Д., *I*, 151
Большова О. М., *I*, 295
Бородинкин П. Д., *I*, 243
Булдакова Ю. М., *I*, 154, 183
- Вальдэр А. В., *I*, 210
Васенева А. Д., *I*, 18
Васильев И. Н., *I*, 241, 357
Вершинин А. А., *I*, 207
Веткина Е. В., *I*, 120
- Галеев Д. О., *I*, 20
Галимова А. Р., *I*, 123
Гапоненко С. О., *I*, 123, 388
Гарнышова Е. В., *I*, 360
Гилязова Т. А., *I*, 284
Глухова П. Е., *I*, 363
Головина Е. В., *I*, 298
Горбунов А. В., *I*, 23
Градобаев Р. А., *I*, 246, 248
- Гумаров Т. И., *I*, 25
- Даутов Р. Р., *I*, 365
Домрачева П. И., *I*, 210
Домрачева С. С., *I*, 157
- Егоров Е. Н., *I*, 231, 235
Ермохин А. А., *I*, 125
Ефимова В. Д., *I*, 27
- Забродин А. Г., *I*, 251
Забродина Н. А., *I*, 251
Загайнова В. А., *I*, 30
Закирова О. В., *I*, 32, 35
Зиновьева Е. Г., *I*, 241, 357
- Иванов С. П., *I*, 145, 151, 157, 160, 162, 180
Иванова А. В., *I*, 301
Иванова А. С., *I*, 120, 171
Иванова Е. С., *I*, 160
Иванова Е. С., *I*, 213, 216
Иванчиков А. В., *I*, 252
- Казанкина А. С., *I*, 38, 128, 183, 219
Казанцева А. С., *I*, 41, 131
Калинин А. Г., *I*, 241, 357
Калинин И. Н., *I*, 222
Караваев А. В., *I*, 256
Караваева М. С., *I*, 259
Карасев А. А., *I*, 301
Карданов А. В., *I*, 44
Кашков А. В., *I*, 46
Кисилёва А. А., *I*, 131
Коновнина Е. Д., *I*, 49
Коньшева О. П., *I*, 51
Коптелова К. А., *I*, 54, 57

Косарева Е. А., *I*, 60, 131

Крылова А. С., *I*, 63

Кудрявцев С. Г., *I*, 154

Куклин Д. А., *I*, 65

Кулагина С. В., *I*, 6, 10, 18, 20,
23, 25, 30, 44, 46, 49, 54, 57, 63,
65, 74, 76, 81, 95, 98, 107, 113

Курочкин И. С., *I*, 355, 368

Кутонова Е. В., *I*, 261, 273

Ласточкин Д. М., *I*, 304

Лачкова И. С., *I*, 263

Лежнин Р. А., *I*, 266

Лепихина Э. А., *I*, 186

Ляпустин А. С., *I*, 307

Ляшко Д. В., *I*, 68

Макарова А. Р., *I*, 370

Макарова П. П., *I*, 71

Маннудлин И. М., *I*, 309, 311,
314

Масленников П. Н., *I*, 74

Маргин А. Н., *I*, 269

Маргина А. А., *I*, 269

Марков А. С., *I*, 373

Махмутов А. Д., *I*, 375, 377

Метелёв П. Н., *I*, 316, 319, 322,
325

Михадаров Д. Г., *I*, 241, 357

Михайлов С. А., *I*, 327

Мустафина Г. Р., *I*, 380, 383

Мустафина С. С., *I*, 38, 92

Мотовилов И. В., *I*, 131

Насакин О. Е., *I*, 213, 216

Нефедов М. С. *I*, 133

Николаева Е. Е., *I*, 76

Нуруллин Н. Ж., *I*, 352

Ожиганов А. А., *I*, 78

Оносов Е. Р., *I*, 133

Оюн Л. А., *I*, 224

Пакеев Д. А., *I*, 81

Панькина А. Д., *I*, 271, 385

Паукова С. А., *I*, 228

Пахомова М. М., *I*, 84, 136

Петрова А. В., *I*, 136

Пирогова Д. А., *I*, 162

Поликарпова А. А., *I*, 141

Попов Д. С., *I*, 87

Попова Д. С., *I*, 89, 131, 166

Порубов А. В., *I*, 327

Репина Н. О., *I*, 188

Роев С. А., *I*, 92

Рябинина Е. С., *I*, 95

Салихова Л. М., *I*, 87, 101, 103

Сапожникова А. И., *I*, 98

Саракеева Т. А., *I*, 231

Сеитов С. К., *I*, 169

Семёнов А. Е., *I*, 233

Семенов И. В., *I*, 241, 357

Семенова Н. А., *I*, 238

Середар Н. С., *I*, 224

Сибгатуллин Р. Р., *I*, 101

Сильдяйкин И. В., *I*, 103

Скулкин А. А., *I*, 330, 333, 336

Сластихина С. В., *I*, 261, 273,
275

Снигирева А. А., *I*, 128

Спиридонов И. С., *I*, 233

Старикова А. А., *I*, 105

Стародубцева О. Н., *I*, 273, 275,
278

Суслова Е. В., *I*, 339

Турашов Д. А., *I*, 171

Ульябаева Г. Ш., *I*, 388

Ускова Д. В., *I*, 148

Устюгов М. С., *I*, 139

Фёдорова Е. А., *I*, 192

Федотова А. О., *I*, 390, 393

Химич А. В., *I*, 174

Хитров Д. Е., *I*, 177

Христофорова С. С., *I*, 107

Чамеева А. Н., *I*, 235

Чепайкина Е. В., *I*, 141

Чернова М. А., *I*, 238

Черных Ю. А., *I*, 110

Чугунова Э. С., *I*, 195

Чуприна А. Е., *I*, 198

Чучелин М. А., *I*, 201

Шевелев Б. В., *I*, 342, 344, 347,
349

Шлычков С. В., *I*, 177

Шуралёв А. А., *I*, 113

Щеглова М. И., *I*, 114

Щекотова М. И., *I*, 180

Юрьев И. С., *I*, 204

Якупова Л. А., *I*, 117

Яковлева А. Б., *I*, 241, 357

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «Прикладная математика»	3
Секция «Теоретическая и экспериментальная физика»	120
Секция «Прикладная механика»	145
Секция «Прикладная геометрия и компьютерная графика»	183
Секция «Прикладная и экологическая химия»	207
Секция «Материаловедение и технология машиностроения»	243
Секция «Эксплуатация машин и оборудования»	281
Секция «Энергообеспечение предприятий»	352
<i>Авторский указатель</i>	397

Электронное научное издание

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

*Материалы
XVIII Международной молодежной
научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам*

Часть 1

Отв. за выпуск Э. В. Унженина

Компьютерная верстка Э. В. Унжениной

Сборник разработан с помощью программного
обеспечения Microsoft Office Word, Adobe Acrobat Pro

Подписано к использованию 28.07.2023.
Объем издания 388,5 Мб

Поволжский государственный технологический университет
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3