

ISSN 2415-7996

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Центр фундаментального образования

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы
XVI международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

Йошкар-Ола, 23-24 апреля 2021 года

Часть 1

Йошкар-Ола
ПГТУ
2021

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. Унженкина, специалист по учебно-методической работе ЦФО

Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XVI
Н 34 международной молодежной научной конференции по естественно-
научным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 23-24 апреля
2021 г.): в 3 ч. / редкол.: Д. В. Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: По-
волжский государственный технологический университет, 2021. –
Ч. 1. – 240 с.

Представлены результаты научно-исследовательских работ молодых ученых, аспирантов и студентов по секциям «Математика», «Теоретическая и экспериментальная физика», «Прикладная механика», «Прикладная геометрия и компьютерная графика», «Органический синтез и химическая технология», «Прикладная и экологическая химия», «Современные информационные технологии в системах управления».

УДК 378.147.88

ББК 74.58

ISSN 2415-7996

© Поволжский государственный
технологический университет, 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

Темпы внедрения научных исследований в хозяйственную деятельность требуют подготовки в системе образования специалистов, способных воспринимать и аккумулировать новые идеи, искать и создавать новейшие технологии, эффективно их внедрять в промышленное производство. Поэтому при организации учебного процесса для формирования у студентов нестандартного мышления и инновационной культуры необходимо переносить акцент на самостоятельную творческую работу. Разумное сочетание между учебной и самостоятельной работой позволит сформировать у обучающихся определенный набор профессиональных компетенций для дальнейшей практической деятельности.

Эффективной формой самостоятельной работы, которая требует повседневного напряженного труда, мобилизации интеллектуальных и нравственных сил, является организация научно-исследовательской работы студентов. Совместная работа преподавателя и студента, направленная на решение конкретной научной задачи или доведение до практического применения научных или технологических достижений, является основой успешной подготовки квалифицированных специалистов.

XVI Международная молодежная конференция по естественнонаучным и техническим дисциплинам, которая прошла 23-24 апреля 2021 года на базе Центра фундаментального образования Поволжского государственного технологического университета, и была направлена на привлечение молодежи к научным исследованиям, формированию у нее инновационной культуры, творческих компетенций, использованию их интеллектуального потенциала для решения актуальных проблем современной науки и практики.

Представители молодого поколения из вузов, научно-исследовательских институтов Российской Федерации, стран ближнего и дальнего зарубежья приняли участие в работе конференции, которая была организована в 20 секциях. Названия секций соответствовали приоритетным направлениям деятельности научных школ ПГТУ. Работу секций курировали ведущие в соответствующих областях науки ученые ПГТУ и других вузов России.

Работа конференции позволила:

- оценить уровень подготовки молодых исследователей с позиций их общего образовательного уровня, технической грамотности, инженерного мышления;
- провести независимую, объективную экспертизу работ, выполненных представителями разных научных школ;
- выявить и отметить талантливых ребят с целью их мотивации и стимулирования для дальнейшего творческого роста;
- привлечь внимание представителей промышленности и бизнеса к научно-техническим разработкам молодежи.

При подведении итогов работы конференции было отмечено благоприятное отношение молодежи к научно-техническому творчеству, ее огромный интеллектуальный потенциал, который в дальнейшем целесообразно направить на решение новых научных и прикладных задач. По представлению руководителей секций лучшие доклады отмечены дипломами соответствующей степени.

По результатам конференции выпускается сборник материалов в 3 частях. В данной части представлены секции: «Математика», «Теоретическая и экспериментальная физика», «Прикладная механика», «Прикладная геометрия и компьютерная графика», «Органический синтез и химическая технология», «Прикладная и экологическая химия», «Современные информационные технологии в системах управления».

Оргкомитет выражает искреннюю признательность участникам конференции, их научным руководителям за высокий уровень представленных докладов. Особая признательность руководителям секций за процедуру отбора и квалифицированную, доброжелательную оценку полученных материалов. Редакционная коллегия сборника благодарит всех, кто предоставил статьи и кто помогал готовить их к публикации.

Желаем всем творческих успехов и удачи в достижении поставленных перед собой целей.

Проведение XVII конференции по традиционной тематике аналогично планируется на апрель 2022 года. До новых встреч!

Директор центра
фундаментального образования ПГТУ
С. Г. Кудрявцев

УДК 519

Васин С. В., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФОВ В СЛОЖНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация. *Актуальность исследования состоит в том, что в современном мире графы широко используются в различных информационных системах.*

Ключевые слова: *граф, псевдограф, дерево, операционные системы.*

Граф – это множество вершин (узел, точка, node, point, vertex), соединенных ребрами (линия, line, edge).

Исходя из характера отношений между ребрами и вершинами определяют различные характеристики графов, например, порядок графа (количество вершин), размер графа (количество ребер), является ли граф псевдографом (содержащим петли – то есть ребра, концевые вершины которых совпадают), или мультиграфом (содержащим кратные ребра, т. е. несколько ребер, соединяющих одни и те же вершины).

Также выделяют ориентированные и неориентированные графы. Ориентированные – это те, ребра которых содержат направление.

Начало теории графов связывают со швейцарским математиком Леонардом Эйлером. А именно с его намерением решить задачу о семи кенигсбергских мостах – можно ли пройти по каждому из семи мостов, не пересекая ни один из них дважды.

И хотя подобная прогулка оказалась невозможной, постановка и решение этой задачи ознаменовали появление графов.

Нужно сказать, что сам термин «граф» появился несколько позже. Его придумал английский математик Джеймс Джозеф Сильвестр (1814-1897). Ему же принадлежат такие определения, как «матрица» и «дискриминант».

В наше время, кроме математики, графы применяются во множестве отраслей: в лингвистике, физике, химии, социальных науках, биологии и, конечно, в информационных системах.

В информационных технологиях, при описании различных систем, их элементов и взаимодействий между ними используют различные модели.

Одна из них – это дерево.

Строго говоря – это тоже граф. А именно – связный ациклический граф. То есть, в нем существует маршрут между любой парой вершин и отсутствуют циклы.

Одним из примеров является служба каталогов Active Directory.

Деревья удобно применять тогда, когда в некоторой структуре можно выделить основание (или корень) и выходящие из него дочерние элементы.

В Active Directory таким основанием является корневой домен (domain). Его дочерними элементами являются поддомены (subdomains), контейнеры (containers), организационные подразделения (organizational units) и значительное количество различных типов объектов.

Если наша структура состоит из нескольких пространств имен, то этот корневой домен будет также родительским элементом для еще одного или нескольких деревьев. В этом случае вся структура называется лесом. Но это в случае, если наша информационная система обладает определенным основанием.

По мере усложнения системы, возможны случаи, когда мы не можем выделить какое-то определенное основание или же таких оснований несколько. Или же система может использоваться для таких задач, когда какие-либо ее основания становятся неважны. В этом случае удобным способом представления является граф в его более широком понимании. Например, графы используются в таких информационных системах, как Microsoft 365, Facebook и Twitter.

Представление структуры объектов в виде графов предполагает унификацию механизма взаимодействия с ними, то есть получения информации об определенном объекте и переход к объектам, имеющим к нему определенное отношение.

Как и многие другие математические модели, граф – это абстракция, подход, широко применяющийся в информационных системах.

Данный подход позволяет анализировать, описывать или взаимодействовать с некоторой сущностью, не вдаваясь в подробности ее реализации за пределами рассматриваемого контекста.

Например, во многих операционных системах взаимодействие с аппаратными устройствами происходит через некий уровень абстракции. И действительно, приложению не нужно знать, как реализуется какая-либо функция устройства, для этого есть драйверы. Когда мы открываем файл в какой-либо программе, он, с точки зрения этой программы, будет открываться одинаково, вне зависимости от того, находится ли он на HDD, SSD или flash-накопителе. Таким же образом, программе не важно, какая файловая система используется на данном накопителе.

Вообще, современные информационные системы – это набор уровней абстракций, на которых решаются свойственные этому уровню задачи.

И одним из этих уровней являются графы.

Рассмотрим Microsoft Graph.

Microsoft Graph – это способ представления и взаимодействия с огромным количеством различных объектов облачного сервиса Microsoft 365, посредством унифицированных запросов. То есть, каждая вершина – это некий объект. Каждое ребро – это связь между этими объектами.

Получается так, что на этом уровне взаимодействия нам не так важно, что за каждой вершиной графа скрывается определенный тип объекта, обладающий своими, зачастую уникальными, свойствами – то есть, некоторой информацией, присущей объекту, и методами – некими действиями, допустимыми для данного типа объектов.

Естественно, мы можем воспользоваться атрибутами определенных типов объектов, таких как пользователь, контакт, задача, однако это никак не влияет на общее представление как их самих, так и связей между ними в информационной системе.

Например, в системе Microsoft 365 мы можем получить объект пользователя, сделав следующий запрос:

<https://graph.microsoft.com/v1.0/users/username@domain.com>

Для получения списка папок в его почтовом ящике:

<https://graph.microsoft.com/v1.0/users/username@domain.com/mailFolders>

Чтобы получить информацию о папке «Отправленные» указанного пользователя, мы выполним следующий запрос:

<https://graph.microsoft.com/v1.0/users/username@domain.com/mailFolders/sentItems>

А чтобы просмотреть список находящихся в ней сообщений:

<https://graph.microsoft.com/v1.0/users/username@domain.com/mailFolders/sentItems/messages>

Таким образом, используя нужные запросы мы фактически переходим по ребрам от одной вершины графа, представляющей определенный объект, к другим вершинам, олицетворяющим объекты, каким-либо образом связанные с исходным.

Естественно, рассмотренные нами механизмы – это всего лишь небольшая часть того, как графы могут использоваться в современных информационных системах, однако, нужно сказать, что целью данной статьи было именно показать, как изначально математическая концепция может быть использована для решения сложных задач в других сферах, а

также, возможно, пробудить интерес читателей для более подробного исследования изложенных в статье технологий.

Литература

1. Лекции по теории графов / В. А. Емеличев, О. И. Мельников, В. И. Сарванов и др. – М.: Наука, 1990. – 384 с.
2. Судоплатов, С. В. Дискретная математика: учебник и практикум для академического бакалавриата / С. В. Судоплатов, Е. В. Овчинникова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 279 с.
3. <https://docs.microsoft.com/microsoft-365>.
4. <https://developer.microsoft.com/graph>.

УДК 51

Гусев Д. В., Салихова Л. М.

Поволжский государственный технологический университет

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Аннотация. В статье представлено описание статистического критерия Уилкоксона, его влияние на статистические значения, а также обозначена область его применения.

Ключевые слова: математический анализ, функция.

Математический анализ – одна из базовых дисциплин. На нее опираются основы экономической теории, математическая статистика, теория вероятностей, различные экономико-математические дисциплины, а также исследование операций. Математический анализ используется в экономике, технике, статистике, физике, информатике, бизнесе, медицине и других областях, где для решения проблем необходимо построить математическую модель и найти оптимальное решение.

Предшественником математического анализа были метод неделимых и метод исчерпывания. Все эти направления роднит исходная идея – исчисление бесконечно малых (алгебраический подход). Он начинается у Валлиса, Джеймса Грегори и Барроу. Ньютон создал исчисление как систему в полной мере, но долгое время он не публиковал свои открытия. Официальное появление дифференциального исчисления можно считать май 1684. В это время была опубликована статья «Новый

метод максимумов и минимумов...» Лейбница. В статье в сжатом и малодоступном формате излагались принципы нового метода, которые и были названы дифференциальным исчислением. Уже в XX веке Робинсон разработал нестандартный анализ – альтернативный подход к обоснованию анализа.

В классической механике и электромагнетизме практически все понятия неразрывно связаны между собой средствами классического математического анализа. Например, при распределении плотности объекта его масса, моменты инерции и полная энергия в потенциальном поле могут быть найдены с помощью дифференциального исчисления. Другим примером является второй закон Ньютона. В нём напрямую используется термин «скорость изменения» в формулировке «Сила = масса $\times$ ускорение», так как ускорение – производная по времени от скорости или вторая производная по времени от траектории или пространственного положения. Теория электромагнетизма Максвелла и общая теория относительности Эйнштейна тоже выражаются языком дифференциального исчисления.

Математический анализ используется и в сочетании с другими дисциплинами. Например, в линейной алгебре, для нахождения лучшей линейной аппроксимации для множества точек в области определения. В теории вероятностей математический анализ используется для определения вероятности непрерывной случайной величины в зависимости от плотности распределения. В биологии с помощью данного анализа производится расчет динамики популяции, учитывающий данные по воспроизводству и смертности вида. В химии можно определить скорость реакции и скорости радиоактивного распада. В медицине математический анализ используется для нахождения оптимального угла ветвления кровеносных сосудов или оценки уровня дозирования лекарственных препаратов. В экономике анализ помогает определить максимальную прибыль.

Также математический анализ используется для нахождения приближённых решений уравнений. Это стандартный способ решения дифференциальных уравнений и нахождение корней в большинстве приложений. Например, метод Ньютона, метод простой итерации и метод линейной аппроксимации. А при расчётах траектории космических аппаратов используется метод Эйлера для аппроксимации криволинейных курсов движения при отсутствии силы тяжести.

Теорема Грина (установление соотношений между криволинейным интегралом по простой замкнутой кривой C и двойным интегралом по

плоской области D , ограниченной этой кривой C) применяется в планиметре. Он используется для расчёта площади плоской поверхности на чертеже. Это его можно использовать при расчёте площади фигуры неправильной формы: цветника или бассейна при проектировании своего участка. Для эффективного расчёта суммы прямоугольных областей на изображениях применяется дискретная теорема Грина, которая позволяет быстро вычислить сумму площадей прямоугольных областей.

Для примера зададим функцию $y(x)$. Это означает, что любому допустимому значению x можно найти значение y . Но нередко оказывается, что нахождение этого значения очень трудоёмко. Например, $y(x)$ может быть определено как решение сложной задачи, где x находится в роли параметра или $y(x)$ измеряется в дорогостоящем эксперименте. Также можно вычислить небольшую таблицу значений функции, но прямое нахождение функции при большом числе значений аргумента будет практически невозможно. Функция $y(x)$ может участвовать как в физико-технических, так и математических расчётах, где её приходится многократно вычислять. В этом случае выгодно заменить функцию $y(x)$ приближённой формулой, то есть подобрать некоторую функцию $j(x)$, которая близка в некотором смысле к $y(x)$ и просто вычисляется. Затем при всех значениях аргумента полагают $y(x) \approx j(x)$.

Множество классических численных анализов опирается на приближении многочленами, так как с ними легко работать. Однако для многих целей используются и другие классы функций.

Выбрав узловые точки и класс приближающих функций, нужно выбрать одну определённую функцию из этого класса посредством некоторого критерия – некоторой меры приближения или «согласия». Прежде чем начать вычисления, необходимо решить также, какая точность будет иметься в ответе и какой критерий мы изберём для измерения этой точности.

Существуют 3 класса или группы функций, широко применяемых в численном анализе. Первая группа включает в себя линейные комбинации функций $1, x, x^2, \dots, x^n$, что совпадает с классом всех многочленов степени n (или меньше). Второй класс образуют функции $\cos ax, \sin ax$. Этот класс имеет отношение к рядам Фурье и интегралу Фурье. Третья группа образуется функциями e^{-ax} . Эти функции встречаются в реальных ситуациях. К ним, например, приводят задачи накопления и распада.

Что касается критерия согласия, то классическим критерием согласия является «точное совпадение в узловых точках». Этот критерий имеет преимущество простоты теории и выполнения вычислений. Однако он

имеет неудобство из-за игнорирования погрешности, возникающей при измерении или вычислении значений в узловых точках. Другой относительно хороший критерий – это «наименьшие квадраты». Он обозначает наименьшую возможную сумму квадратов отклонений в узловых точках. Этот критерий использует ошибочную информацию, чтобы получить некоторое сглаживание погрешностей. Третий критерий связывается с именем Чебышева. Основная идея его состоит в уменьшении максимального отклонения до минимума. Возможны и другие критерии.

В высших учебных заведениях математический анализ преподают в форме лекций, практических занятий, консультаций и отдельные разделы теории предназначены для самостоятельного изучения. Преподавание математического анализа знакомит студентов с основами математического аппарата, который нужен для решения теоретических и практических задач в экономике. Анализ развивает логическое и алгоритмическое мышление, прививая учащимся умение самостоятельно изучать литературу по математическому анализу. Также благодаря математическому анализу воспитывается абстрактное мышление, умение строго излагать свои мысли и усваиваются навыки к математическому исследованию прикладных вопросов. Контроль знаний осуществляется в письменной форме в течение всего обучения. В учебном процессе к анализу относятся дифференциальное и интегральное исчисления, теории рядов (функциональных, степенных и Фурье) и многомерных интегралов, векторный анализ.

Литература

1. Иванова, Ж. В. О методическом обеспечении дисциплин «Математический анализ», «Современные главы математического анализа» / Ж. В. Иванова, Т. Л. Сурин // Инновационные технологии обучения физико-математическим и профессионально-техническим дисциплинам: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., Мозырь, 5-6 марта 2020 г.: в 2 ч. – Мозырь, 2020. – Ч. 1. – С. 40-41.
2. Макеева О. В. Введение в математический анализ: методические указания. –Ульяновск: УлГПУ, 2015. –32 с.
3. Шуркова, М. В. Особенности преподавания курса математического анализа в педагогическом вузе (на примере раздела «Введение в анализ») / М. В. Шуркова, И. О. Ковпак, О. В. Кирюшкина // Педагогическая направленность математических дисциплин в подготовке будущих учителей математики. – М.: ООО «Издательство «Спутник+»», 2016. – С. 20-50.

Еремеев Р. В., Репин И. С., Салихова Л. М.
Поволжский государственный технологический университет

КРИТЕРИЙ УИЛКОКСОНА

Аннотация. *Представлено описание вычисления статистического критерия Уилкоксона и влияние его на статистические значения.*

Ключевые слова: *критерий Уилкоксона, T-критерий, статистический критерий, сравнение 2-х связанных выборок.*

Довольно часто перед учеными (статистами) стоит задача по сравнению двух или более элементов в исследовании. Нередко возникают и задачи, связанные с оценкой показателей в нескольких группах, чтобы определить динамику изменения. Все эти вычисления требуют хороших навыков и точных расчетов, что усложняет процесс обработки данных.

Для решения таких задач используются обширные наборы статистических способов, или по-другому критериев. Критерии позволяют упростить решение задач, а также оценить достоверность различий между показателями.

Одним из таких способов является Критерий Уилкоксона.

Критерий Уилкоксона – это непараметрический статистический критерий, который используется для сравнения двух связанных выборок (например, изменение результата какого-то параметра после каких-либо действий). Данный критерий разработал американский химик и статистик Фрэнк Уилкоксон в 1945 году.

Рассмотрим принцип работы данного критерия в нескольких этапах:

1. возьмем уже 2 связанных измерения в любом порядке;
2. найдем разность между значениями после и до (значение после – значение до);
3. далее найдем модуль разности измерений;
4. определим ранг разности каждого измерения: начиная с наибольшего, присваиваем наибольший ранг элемента до последнего по порядку, перед этим стоит не учитывать не измененные вследствие проведения измерения результаты (разность равна 0);
5. проанализируем полученные значения рангов. Найдем типичный сдвиг, где разность ранга изменялась по одному принципу (большинство значений увеличивалось/изменялось), нетипичный сдвиг, где разность ранга отличается от большинства.

6. рассчитаем T -эмпирический критерий, вычисляемый суммой нетипичных рангов:

$$T = \sum Rr.$$

Найдем « T критическое» из таблицы «Критические значения критерия T Уилкоксона для уровней статистической значимости $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$ (по Wilcoxon F. Etal., 1963)». Для N -количества измерений 1 связанной выборки определяем T критическое. Таблицу можно найти в любом интернет-ресурсе.

8. сравниваем T -эмпирическое и T -критическое;

9. сформулируем вывод: если T эмпирическое $\geq T$ критическому (при $p < 0,05$), то влияние проводимого эксперимента на статистическое значение нет; если T эмпирическое $\leq T$ критическому (при $p < 0,05$), то проводимый эксперимент оказывает значимое влияние на статистику.

Измерения до	Измерения после	Разность измерений	Модуль разности	Ранг разности	T критерий

Рассмотрим критерий Уилкоксона на реальном примере.

Возьмем среднюю температуру воздуха января в Йошкар-Оле 2000-2004 год и 2015-2019 год, чтобы сделать выводы о влиянии парникового эффекта на климат Йошкар-Олы: T эмпирическое = 2, т. к. единственный нетипичный сдвиг имеет ранг 2. N равно 5, следовательно, из таблицы берем T критическое (имеется только для $p < 0,05$).

В нашем случае T эмпирическое $> T$ критического ($2 > 0$), следовательно, влияния на статистические значения нет. Это может говорить о том, что парниковый эффект не повлиял на климат Йошкар-Олы, что может быть связано с тем, что парниковый эффект оказал слишком малое влияние на климат за такой, казалось бы, огромный период.

Год	Температура 2000-2004 г.	Температура 2015-2019 г.	Разность температур	Модуль разности	Ранг разности	T критерий
00\15	-7,3	-7,5	-0,2	0,2	1	2
01\16	-5,2	-11,2	-6	6	5	
02\17	-6,6	-12	-5,4	5,4	4	
03\18	-9,7	-7,1	2,6	2,6	2	
04\19	-8,7	-12,5	-3,8	3,8	3	

Рассмотрим применение метода Уилкоксона на деле: данный метод широко используется в статистике для определения влияния на статистические значения тех или иных событий, также этот метод используется во многих программах, для удобства использования, например, программа SPSSStatistics. Мы опробовали эту программу в действии и повторили эксперимент, описанный выше, и у нас получилось значение $0,138 > 0,05$, следовательно, влияния на статистические значения также нет.

Существуют и ограничения критерия:

- критерий Уилкоксона можно использовать при объёме выборки от 5 до 50 элементов, иначе распределение данного критерия стремительно приближается к нормальному;
- нулевые сдвиги исключаются из рассмотрения.

В ходе выполнения данной работы мы познакомились с одним из видов критериев, подробно разобрав случаи и способы применения. Показали ограничения в использовании и некоторые особенности критерия. Теперь ясно представляем, как и в каких ситуациях можно воспользоваться этим методом и какой в итоге получим ответ.

Литература

1. Архив погоды [Электронный ресурс]: Гисметео. Дневник погоды для школьников. – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/diary> (дата обращения 22.03.2021).
2. Алгоритм нахождения и вывод из вычислений, примеры использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://statpsy.ru/wilcoxon/primer-wilcoxon/> (дата обращения 22.03.2021).
3. Биография Уилкоксона [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Уилкоксон,_Фрэнк (дата обращения 22.03.2021).
4. Определение и алгоритм нахождения критерия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/1149376/page/5/> (дата обращения 22.03.2021).
5. Минусы критерия [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Критерий_Уилкоксона (дата обращения 22.03.2021).

Ефимов А. С., Салихова Л. М.
Поволжский государственный технологический университет

КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Аннотация. Свойства комплексных чисел нашли своё применение во многих областях математики, физики, техники. Преобразования комплексной плоскости оказались полезны в картографии и гидродинамике. Современная физика полагается на описание мира с помощью квантовой механики, которая опирается на систему комплексных чисел.

Ключевые слова: комплексное число, мнимая единица, формула Муавра.

Термин «комплексное число» ввёл в науку Гаусс в 1831. Первоначально необходимость использования комплексных чисел возникла при решении кубических уравнений, при которых по формуле Кардано под знаком корня получалось отрицательное число. Эйлер ввёл общепринятое обозначение i для мнимой единицы. На множестве комплексных чисел выполняется основная теорема алгебры: любой многочлен n -ой степени ($n \geq 1$) имеет n корней.

Рассмотрим свойства комплексных чисел и их применение в электротехнике и квантовой механике.

Комплексные числа можно представить в трёх различных формах:

1. алгебраическая форма:

$$z = x + iy;$$

2. тригонометрическая форма:

$$z = r(\cos\varphi + i\sin\varphi),$$

где $r = |z| = \sqrt{x^2 + y^2}$.

В тригонометрической форме проще производить операции со степенями с помощью формулы Муавра:

$$\begin{aligned} z^n &= r^n(\cos(n\varphi) + i\sin(n\varphi)), \\ z^{\frac{1}{n}} &= \sqrt[n]{r} \left(\cos \frac{\varphi + 2\pi k}{n} + i\sin \frac{\varphi + 2\pi k}{n} \right), \end{aligned}$$

где $k = 0, 1, 2, \dots, n - 1$.

Для комплексных чисел возможно извлечение корня из любого числа любой степени, однако результат неоднозначен – комплексный корень n -й степени из ненулевого числа имеет n различных комплексных значений.

3. показательная форма:

$$z = re^{i\varphi}.$$

Подобную форму чаще всего используют в электротехнике.

В 1893 году электротехник Карл Август Штейнмец выступил в Чикаго на Международном электротехническом конгрессе с докладом «Комплексные числа и их применение в электротехнике», чем фактически знаменовал начало практического применения инженерами комплексного метода расчетов электрических цепей переменного тока.

Из курса физики нам известно, что переменный ток – это такой ток, который изменяется во времени как по величине, так и по направлению.

В технике встречаются различные формы переменного тока, однако наиболее распространен сегодня ток переменный синусоидальный, именно такой используется всюду, при помощи него электроэнергия передается, преобразуется трансформаторами и потребляется нагрузками. Синусоидальный ток периодически изменяется по синусоидальному (гармоническому) закону.

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_I),$$

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi_U),$$

i, u – мгновенные значения тока и напряжения

I_m, U_m – амплитудные значения тока и напряжения

φ_I, φ_U – начальные фазы тока и напряжения

Действующие значения тока и напряжения меньше амплитудных значений в корень из двух раз:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}},$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}.$$

В электротехнике мнимая единица обозначается буквой « j », поскольку буква « i » уже занята здесь для обозначения тока.

Из закона Ома определяют комплексное значение сопротивления:

$$Z = \frac{U}{I} = z e^{j\varphi} \varphi = \varphi_U - \varphi_I,$$

где z – модуль комплексного сопротивления

$$Z = z e^{\pm j\varphi} = z \cos \varphi \pm j z \sin \varphi = r \pm jx.$$

Комплексное сопротивление участка цепи представляет собой комплексное число, вещественная часть которого соответствует величине активного сопротивления, а коэффициент при мнимой части – реактивному сопротивлению.

По виду записи комплексного сопротивления можно судить о характере участка цепи:

$$R + jx,$$

– активно-индуктивное сопротивление;

$$R - jx,$$

– активно-емкостное.

Комплексные числа применяются для удобного расчета электрических цепей. На этой же основе работают и многие электронные измерительные приборы.

Основой квантовой механики является понятие комплексной волновой функции. Для описания динамики квантовой системы используются дифференциальные уравнения с комплексными коэффициентами типа уравнения Шредингера. Решения этих уравнений заданы в комплексном гильбертовом пространстве. Операторы, соответствующие наблюдаемым величинам, эрмитовы. Коммутатор операторов координаты $\hat{x}$ и импульса $\hat{p}_x$ представляет собой мнимое число

$$[\hat{x}, \hat{p}_x] = \hat{x}\hat{p}_x - \hat{p}_x\hat{x} = i\hbar.$$

Здесь $\hbar$ – редуцированная постоянная Планка, то есть $\hbar/2\pi$ – постоянная Дирака.

Важную роль в квантовой механике играют матрицы Паули и матрицы Дирака, некоторые из них содержат комплексные значения.

Заключение. Вещественные числа являются частным случаем комплексных, на множестве которых доступны свойства, которые открыли возможности для многих отраслей науки, в частности в электротехнике и квантовой механике.

Литература

1. ru.wikipedia.org.
2. Касаткин, А. С. Основы электротехники: учебное пособие для технических училищ / А. С. Касаткин. – М.: Высшая школа, 1986. – 287 с.
- 3 Письменный, Д. Т. Конспект лекций по высшей математике / Д. Т. Письменный. – М.: Айрис пресс, 2009. – 608 с.

УДК 519.2

Казанцева А. А., Салихова Л. М.

Поволжский государственный технологический университет

НОВЕЙШИЕ ОТКРЫТИЯ В МАТЕМАТИКЕ

Аннотация. В свете глобального развития технологий и математической теории данная тема приобретает особую актуальность. Роль математики как учебного предмета и науки неоспоримо высока, так как представляется важной для всех без исключения.

***Ключевые слова:** гипотеза Пуанкаре, теорема Пуанкаре-Перельман, квантовые интегрируемые модели, теорема Атьи-Зингера, теорема Ферма, задачи Кельвина.*

Современные открытия в области математики связаны с именем петербургского математика Григория Перельмана. Он известен своими работами по теории пространств Александрова и тем, что сумел доказать ряд гипотез.

В 2002 году Григорием Перельманом была впервые опубликована новаторская работа, посвященная решению одного из частных случаев гипотезы геометризации Уильяма Терстона. Из этого следует справедливость известной гипотезы Пуанкаре, которую сформулировал в 1904 году французский математик, физик и философ Анри Пуанкаре. В 2006 году Григорий Перельман решил гипотезу Пуанкаре, за это ему присудили международную премию «Медаль Филдса», но он от нее отказался. В 2006 году журнал «Science» назвал доказательство теорем Пуанкаре научным прорывом года. Это первая работа, которая заслужила такое звание. Итак, гипотеза Пуанкаре превратилась в теорему Пуанкаре – Перельмана, которая имеет огромное значение и для внутреннего развития математики, а также из-за ее применимости к космологии. Некоторые авторитетные ученые заявляют, что доказанная теорема позволяет объяснить процесс формирования черных дыр. С точки зрения математики, главное достижение Перельмана состоит в найденном им способе ее доказательства.

Что касается других современных открытий в области математики, за прошедшие годы был решен ряд важнейших классических проблем, которые сохраняют актуальность в современной науке. В Математическом институте им. В. А. Стеклова академик А. А. Болибрух решил классическую проблему сведения произвольной неприводимой системы линейных дифференциальных уравнений с рациональными коэффициентами к стандартной биркгофовой форме при помощи аналитических преобразований. В Санкт-Петербургском отделении того же института академик Л. Д. Фадеев разработал новый метод исследований квантовых интегрируемых моделей, в основе которого лежит постулирование дискретности переменных пространства-времени при сохранении точной интегрируемости моделей. Из единой дискретной модели как предельные случаи могут быть получены основные модели квантовых интегрируемых систем с непрерывным пространством-временем.

Потом Фаддеев внес решающий вклад в задачи трехмерного рассеяния, в теорию квантовых групп. По мнению коллег, его отличает феноменальная интуиция. Он всегда на переднем фронте, всегда умеет предвидеть, какое направление науки находится на пороге взрыва. В начале

научной деятельности кто-то говорил, что Фаддееву везет. Но когда ему повезло много раз, стало ясно, что Фаддеев – законодатель научной моды. И так уж получается, что каждая из его работ со временем приобретает для науки все большее значение.

В 2000 году Межведомственный суперкомпьютерный центр совместно с НИИ «Квант», Институтом прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН создал и ввел в эксплуатацию многопроцессорную вычислительную систему МВС-1000/М с пиковой производительностью 1 триллион операций в секунду. Данная система представляет собой самый мощный суперкомпьютер в сфере науки и образования страны и является головным образцом нового поколения отечественной линии систем массового параллелизма.

Высшая награда в области математики – норвежская Премия Абеля – присуждена двум ученым: британцу сэру Майклу Фрэнсису Атьи и Айсаку Зингеру из Соединенных Штатов за работу на стыке физики и математики. Норвежская Академия наук и литературы выделила 6 млн. крон (\$858 тыс.) «за открытие и доказательство теоремы об индексе с помощью топологии, геометрии и математического анализа, а также за их выдающуюся роль в создании новых связей между математикой и теоретической физикой». 75-летний Атья из университета Эдинбурга и 79-летний Зингер из технологического института Массачусетса разработали его 40 лет назад, поэтому она называется теоремой Атьи-Зингера. Законы природы могут быть описаны дифференциальными уравнениями, которые являются математическими формулами, на базе переменных. Такие формулы могут иметь индекс, который по теореме Атьи-Зингера можно рассчитать с помощью геометрии. «Теорема об индексе Атьи-Зингера – одно из крупнейших достижений в области математики XX века, глубоко повлиявших на многие важные позднейшие разработки в области топологии, дифференциальной геометрии и теории квантовых полей», – говорится в сообщении о присуждении награды. Награда вручена королем Норвегии Харальдом V на торжественной церемонии, которая состоялась в Осло 25 мая.

В отличие от других наук, математика как представительница точной науки развивается постоянно, вне зависимости от увлечений человечества на том или ином историческом промежутке времени, от революций и катаклизмов общества. Иногда математики любят ставить проблемные вопросы, на решение которых уходят столетия. Юрист по профессии и математик по увлечению Пьер Ферма (1601-1665) в письме другу, написанном в 1636 году, выдвинул любопытное утверждение из теории чисел, впоследствии получившее название Великой теоремы Ферма. На полях он оставил

следующее сопровождение: «Я располагаю изумительным доказательством, но оно слишком велико для размещения на полях». То есть великий ученый прямо заявил, что доказал свою теорему. Потомкам пришлось 360 лет разбираться с тем, действительно ли Ферма доказал или просто соврал. Благо еще удалось бы показать, что теорема неверна, найти один единственный опровергающий пример, но, несмотря на все усилия, сделать этого не удалось. Выражение имеет вид: уравнение $X^n + Y^n = Z^n$ не имеет целочисленных решений при $n > 2$. При $n=2$ эта теорема (так называемая теорема Пифагора, предложенная ненавистником бобов более двух тысячелетий тому назад) имеет бесконечное множество решений.

Решение задачи Кельвина. Математики из Университета Бата построили очередной контрпример к гипотезе Кельвина. Им удалось создать удобную технологию генерирования контрпримеров, которая позволит получать их в большом количестве. Задача Кельвина: Необходимо предъяснить такую схему распределения многогранников одинакового объема в пространстве, чтобы площадь стенок разбиения была минимальной.

Математика является системообразующей наукой, играющей особую роль во всей системе знаний. С уровнем развития математики непосредственно связан уровень развития других наук. Математика является основной производящей силой в обществе, поэтому современные открытия в области математики влияют на судьбу человечества в целом. Благодаря своей точности и строгости наука математика в XXI веке является важным инструментом для всех наук.

Вывод. В результате проделанной работы нам удалось познакомиться с математическими открытиями XX и XXI веков.

Ни одно человеческое исследование не может называться истинной наукой, если оно не прошло через математические доказательства. Леонардо да Винчи.

Литература

1. Дэпман, И. Я. Рассказы о решении задач / И. Я. Дэпман. – Л.: Детгиз, 1964. – 153 с.
2. https://nsportal.ru/sites/default/files/2019/10/06/matematicheskie_otkrytiya.docx.
3. История отечественной математики: в 4 т. / Глав. ред.: И. З. Штокало (отв. ред.) и др.; АН СССР. Ин-т истории естествознания и техники. АН УССР. Сектор истории техники и естествознания Ин-та истории. – Т.1: С древнейших времен до конца XVIII в. – Киев: Наукова думка, 1966. – 492 с.
4. Рыбников К. А. История математики: учеб. для вузов по направлению «Математика» / К. А. Рыбников. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 495 с.

Кремененко А. В., Пигалин А. И., Салихова Л. М.
Поволжский государственный технологический университет

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ КАК НАУКИ

Аннотация. *Понятие вероятности получило большое распространение в естественных науках: в физике, в астрономии, в медицине, в биологии, в химии, в теории игр и т. д.*

Ключевые слова: *вероятность, теория вероятностей, предельные теоремы.*

Причиной появления во второй половине XVII века основных понятий и методов теории вероятностей для случайных величин с конечным числом значений служили, в основном, проблемы, возникающие в азартных играх, впрочем, область применения теории вероятностей почти сразу начинает расширяться, включая в себя прикладные задачи демографической статистики, страхового дела и теории приближённых вычислений. На данном этапе ценный вклад в идеи новой науки внесли Паскаль и Ферма. Гюйгенс ввёл два фундаментальных понятия: числовая мера вероятности события, а также понятие математического ожидания случайной величины.

За два столетия развития теории вероятностей основными ее достижениями были предельные теоремы. Однако не были обнаружены границы их использования и возможности дальнейшего обобщения.

Понятие вероятности получило колоссальное распространение в естественных науках, в первую очередь, это относится к физике. Появляются работы Максвелла, а затем Больцмана и Д. Гиббса. Их трудами создается статистическая физика. Но это внедрение вероятностных методов и понятий в физику шло в сильном отрыве от достижений теории вероятностей.

Развитие теории вероятностей в начале XX в. привело к необходимости пересмотра и уточнения ее логических основ, в первую очередь, понятия вероятности. Следует иметь в виду и то, что к началу XX в. аксиоматический метод стал основываться во многих областях математики (работы Д. Гильберта, Пеано и др.), что также оказало влияние на теорию вероятностей. В итоге всего этого возникла нужда аксиоматизации теории вероятностей и ее основного понятия – понятия вероятности.

Благодаря аксиоматике теория вероятностей стала абстрактно-дедуктивной математической дисциплиной, тесно связанной с другими математическими дисциплинами. Это зарождало небывалую широту исследо-

ваний по теории вероятностей и ее использованиям, начиная от хозяйственно-прикладных вопросов и кончая самыми тонкими теоретическими вопросами теории информации и теории случайных процессов.

Начальные работы этого периода связаны с именами С. Н. Бернштейна, Р. Мизеса, Э. Бореля. Окончательное установление аксиоматики произошло в 30-е годы XX в. Анализ тенденций развития теории вероятностей позволил А. Н. Колмогорову создать общепринятую аксиоматику.

В это время понятие вероятности проникает почти во все сферы человеческой деятельности, становясь одним из фундаментальных понятий современной науки. Возникают самые различные определения вероятности, не сводимые друг к другу. Многообразие определений основных понятий – существенная черта современной науки, и понятие вероятности не исключение.

Методы теории вероятностей широко применяются в различных отраслях естествознания и техники: в теории надежности, теории массового обслуживания, теоретической физике, геодезии, астрономии, теории стрельбы, теории ошибок наблюдений, теории автоматического управления, в азартных и компьютерных играх, в общей теории связи и во многих других теоретических и прикладных науках.

Сегодня теория вероятности играет важнейшую роль в медицине. Далее приведем примеры из медицины, про компьютерные игры и случайные событиях.

Сейчас по всему миру эпидемия Коронавируса «Covid-19». В настоящее время несколько стран изобрели вакцину. Но вакцина имеет побочные эффекты. Через месяц имеет шанс 30% и каждый месяц шанс растет на 10%. У Коронавируса есть шанс того, что он мутирует, и делается сильнее, шанс небольшой, примерно 2% на каждые 10 дней ожидания. Найти шанс того, что вакцина будет иметь 100% работоспособность, без побочных эффектов.

Очень часто мы сталкиваемся с теорией вероятностей на практике в играх. Например, в играх от BlizzardOverwatch и WorldofWarcraft есть шанс того, что произойдет какое-то важное событие с небольшим шансом.

Еще один пример в игре, т. к. она является настольной игрой, то в ней есть «ячейки», в которые можно сделать ход, всего в игре 81 «ячейка», каждая ячейка, кроме 5 центральных и 4 боковых, имеет свою различную генерацию, она может заполниться «Равниной, болотом, лесом, горами, подземельем и кругом жизни», с помощью формул вероятности можно посчитать, с каким шансом, сколько появится различных ячеек (все они имеют одинаковый шанс на появление).

Понятие вероятности получило колоссальное распространение в естественных науках: в физике, в астрономии, в медицине, в биологии, в теории игр и т. д. и в повседневной жизни.

Литература

1. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов / В. Е. Гмурман. – М.: Юрайт, 2020. – 479 с.
2. Теория вероятностей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%BE%D1%8F%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B9.
3. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
4. Данко, П. Е. Высшая математика в упражнениях и задачах: учебное пособие для вузов: в 2 ч. / П. Е. Данко, А. Г. Попов, Т. Я. Кожевникова. – 4-е изд., испр. и доп. – Ч. 2. – М.: Высш. школа, 1986. – 415 с.

УДК 510.6:164

Лазарев М. М., Салихова Л. М.

Поволжский государственный технологический университет

РАЗВИТИЕ ЛОГИКИ И МЫШЛЕНИЯ КАК РЕЗУЛЬТАТ ИЗУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКИ

Аннотация. *Изучение влияния математики на развитие у человека мышления и логики.*

Ключевые слова: *математическая логика, математика, мышление, познавательный процесс.*

Математика стала первой наукой, в которую нас посвящают с самого раннего детства. Последовательность чисел, простейшие математические операции, и, конечно, подсчёт количества яблок. Всё это крепко и неотъемлемо связано с нашей жизнью.

Математика – наука, исторически основанная на решении задач о количественных и пространственных соотношениях реального мира путём идеализации необходимых для этого свойств объектов и формализации этих задач; наука, занимающаяся изучением чисел, структур, пространств и преобразований.

Мышление – познавательный процесс, характеризующийся обобщенным и опосредованным отражением действительности.

Логика – «наука о правильном мышлении», нормативная наука о формах, методах и законах интеллектуальной познавательной деятельности, формализуемых с помощью логического языка.

Добавим смысла всему нашему исследованию, ответив на простой вопрос: зачем человеку логическое мышление?

Зачастую логическое мышление человека проявляется на интуитивном уровне, независимо от прилагаемых усилий. Использование логики дает возможность ускорить процесс мышления, сделать его более качественным, правильнее излагать свои мысли, а также делать истинные выводы, избегая ложных суждений.

Почему это необходимо?

Это позволяет человеку:

1. четко, в доступной форме излагать все свои мысли и доводы;
2. быстро находить правильное решение проблем, даже находясь в критической ситуации;
3. исправлять свои ошибки, избегать совершения новых промахов;
4. развивать навыки построения объективных связей, помогает добиться успехов в карьере или учебе;
5. творческий подход в решении задач порой бывает более продуктивным, чем общепринятые стандарты.

Два абстрактных понятия, представленные выше (логика и мышление), неосвязаемы, как и математика, но на этом только начинаются элементы их сходства. Используя возможность мыслить логически и изучая математику, человек совершенствуется. Следствием этого становится развитие нового типа мышления.

Математическое мышление (логика) – это абстрактное теоретическое мышление, объекты которого лишены вещественности, но при этом они могут быть интерпретированы любым произвольным образом с одним лишь условием: должны сохраняться заданные между объектами отношения.

Такой своевременный симбиоз математики и мышления дал человеку следующие преимущества:

- понимание, что у любой проблемы есть решение.
- умение раскладывать поиск решений проблем на последовательные этапы.
- восприятие неудачи и ошибки не как причину опускать руки, а как возможность развиваться.

Возникновение математической логики полностью изменило представления учёных как о методах исследования логики, так и о том, что составляет сам предмет её изучения. В наше время заявления, что логика есть наука о правильных рассуждениях, кажутся настолько же справедливыми, насколько утверждение «математика – это наука о правильных вычислениях».

Аналогия между рассуждениями и вычислениями несколько глубже, чем кажется на первый взгляд. Возникновение логики как математической науки было связано с работами британских учёных Джорджа Буля и Августа де Моргана, которые обнаружили, что с логическими высказываниями можно оперировать как с алгебраическими выражениями.

Математическая логика – особая область исследований внутри математики. В рамках этой дисциплины был создан точный язык и математический аппарат для исследования целого пласта явлений, ранее относившихся к чисто гуманитарному знанию. В этой роли математическую логику можно сравнить с такой областью современной математики, как теория вероятностей, которая ещё в начале XX века не была строго математической дисциплиной.

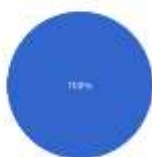
Математическая логика по предмету своему есть логика, а по методу – математика. (П. С. Порецкий, 1884 год, Казань.)

Таким образом можно понять, что саму логику можно написать и прочитать на математическом языке. Это доказывает, что математика подчиняется логическим законам, а значит, очень даже подходит для развития логики и математического мышления.

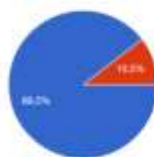
Для полноценного рассмотрения поставленного вопроса нами было проведено анкетирование студентов, которое призвано дать живую оценку значению математики в развитии изучаемых навыков.

Опрос состоял из 5 вопросов. Собрав статистику, мы увидели следующие результаты:

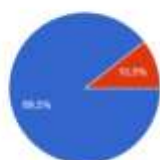
Я изучаю математику с самого детства
155-вопросов



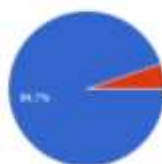
Я использую математику достаточно часто
156-вопросов



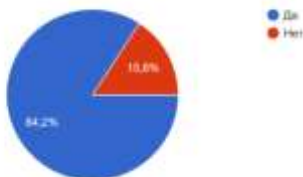
Мне бы было трудно отказаться от её использования
166-вопросов



В каждой науке, которую я изучаю на протяжении жизни (История, Биология, Физика, и т.д.) имеются элементы математики.
166-вопросов



Математика оказала серьёзное влияние на развитие моего мышления и логики.
15% безответно



Данный опрос показывает фундаментальность математики в развитии логики и мышления, так как изучение происходит с самого раннего детства. Обосновывает её повсеместное применение, а значит, и постоянное развитие вследствие соприкосновения с другими науками и повседневной жизни. Закрепляет уверенность в непосредственном влиянии математики на развитие мышления и логики человека.

Литература

1. u.wikipedia.org/wiki/Математическая_логика.
2. Основы математической логики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mathprofi.ru/osnovy_matematicheskoi_logiki.html.
3. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/mathematics/text/2192332>.

УДК 539.376

Лежнина А. С., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Аннотация. *Представлены примеры логических задач, решаемых с помощью теории графов.*

Ключевые слова: *граф, плоский граф, Эйлер.*

Рассматривается решение логических задач при помощи графов.

Графом называется совокупность конечного числа точек, называемых вершинами графа, и попарно соединяющих некоторые из этих вершин

линий, называемых ребрами или дугами графа. Вершины чаще всего обозначаются окружностями (точками), а ребра – прямыми (или кривыми), соединяющими эти вершины. Существует огромное количество различных графов – от плоских графов до двудольных ориентированных графов смежности.

Плоский граф – множество точек на плоскости – вершин, соединенных между собой линиями ребрами, лежащими в этой же плоскости, причем никакие два ребра не пересекаются.

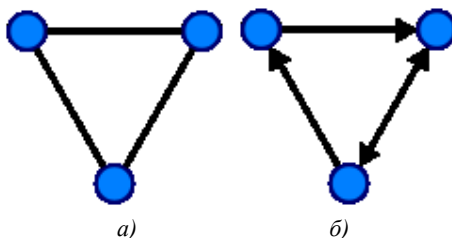


Рис. 1. Плоский граф *a)*, ориентированный граф *б)*

Граф называется ориентированным, если на ребрах задана ориентация, т. е. указан порядок прохождения вершин.

Полный плоский граф – граф, у которого каждая пара вершин соединена ребром.

Степенью вершины называется число ребер, выходящих из вершины.

Вершина называется нечетной, если степень этой вершины нечетная, четной, если степень этой вершины четная.

При изображении графов на рисунках или схемах отрезки могут быть прямолинейными или криволинейными. Длины отрезков и расположение точек произвольны. Если полный граф имеет n вершин, то количество ребер будет равно $n(n-1)/2$.

В теории графов выделяются следующие закономерности.

1. Степени вершин полного графа одинаковы, и каждая из них на 1 меньше числа вершин этого графа.
2. Сумма степеней вершин графа число четное, равное удвоенному числу ребер графа.
3. Число нечетных вершин любого графа четно.
4. Невозможно начертить граф с нечетным числом нечетных вершин.
5. Если все вершины графа четные, то можно, не отрывая карандаш от бумаги («одним росчерком»), проводя по каждому ребру только один раз, начертить этот граф. Движение можно начать с любой вершины и закончить его в той же вершине

6. Граф, имеющий всего две нечетные вершины, можно начертить, не отрывая карандаш от бумаги, при этом движение нужно начать с одной из этих нечетных вершин и закончить во второй из них.

7. Граф, имеющий более двух нечетных вершин, невозможно начертить «одним росчерком». Фигура (граф), которую можно начертить, не отрывая карандаш от бумаги, называется уникурсальной.

Одной из первых работ по теории графов можно считать работу Л. Эйлера (1736), относящуюся к решению головоломок и математических развлекательных задач. Самая известная задача, связанная с теорией графов – о кенигсбергских мостах. К XVIII

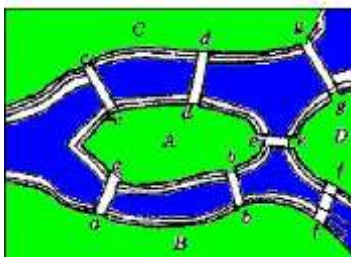


Рис. 2. Кенигсбергские мосты

веку через реку, на которой стоял город Кенигсберг (ныне Калининград), было построено 7 мостов, которые связывали с берегами и друг с другом два острова, расположенные в пределах города как показано на рис. 2.

Задача заключается в следующем:

нужно пройти (если это возможно) по всем семи мостам так, чтобы на каждом из них побывать лишь по одному разу и вернуться к тому месту, откуда начался маршрут.

Ход решения задачи представим в виде графа, где вершины – острова и берега, а ребра – мосты.

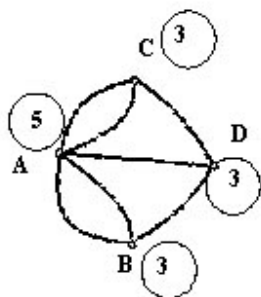


Рис. 3. Граф к решению задачи о Кенигсбергских мостах

Прохождение по всем мостам при условии, что нужно на каждом побывать один раз и вернуться в точку начала путешествия, на языке теории графов выглядит как задача изображения «одним росчерком» графа, представленного на рис. 3. Далее нужно различать, является ли число мостов, ведущих к этим отдельным участкам, четным или нечетным. Так, в этом случае к участку А ведут пять мостов, а к остальным – по три моста.

То есть нужно определить степень каждой вершины и узнать, какие вершины четные, а какие – нечетные. Подпишем степени вершин в кружочках. И посчитаем количество нечетных вершин. Нечетные вершины: А, В, С, D. Но, поскольку граф на этом рисунке имеет четыре нечетные вершины, то, согласно седь-

мой закономерности, такой граф начертить «одним росчерком» невозможно. Значит, и пройти по кенигсбергским мостам, соблюдая заданные условия, нельзя.

В итоге проведенных исследований можно сказать, что, с одной стороны, графы помогают проследить все логические возможности изучаемой ситуации, с другой, – благодаря своей обозримости, помогают тут же, в ходе решения задачи, классифицировать логические возможности, отбрасывать неподходящие случаи, не доводя до полного перебора всех случаев.

Литература

1. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест и др. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 1296 с.
2. Самуйлов, К. Е. О применении теории графов к решению задачи маршрутизации сигнальных сообщений в цифровых сетях связи / К. Е. Самуйлов, А. В. Чукарин // Вестник РУДН. Сер. Прикладная и компьютерная математика. – 2002. – №1. – С.40-50.

УДК 514.1(091)

Охотников И. Ю., Журавлев Е. А.

Поволжский государственный технологический университет

ЭЙЛЕРОВСКОЕ РЕШЕНИЕ ОБОБЩЕННОЙ ЗАДАЧИ ПАППА

Аннотация. Производится анализ содержания работы Л. Эйлера, посвященной решению обобщенной задачи Паппа Александрийского о построении вписанного в окружность треугольника, продолжения сторон которого проходят через 3 произвольно заданные точки. Перевод этой работы Эйлера на русский язык выполнен впервые.

Ключевые слова: теоремы Паппа, доказательство Эйлера, Евклидова геометрия на плоскости.

Папп Александрийский (около 290 – 350 г.г.) – последний из великих эллинских геометров [1] оставил потомкам трактат «Математическое собрание», который был переведен на латинский язык и издан в Европе лишь в 1588 г. В 7-ой книге трактата Паппом была решена задача: *через 3 заданные коллинеарные точки провести 3 прямые, так, чтобы образованный ими треугольник был вписан в заданную окружность* [1].

Эта задача привлекла внимание многих выдающиеся европейских математиков нового времени, которые предложили решения её различных обобщенных вариантов [1].

В 1780 г. Л. Эйлер опубликовал в «Известиях Петербургской академии наук» статью [2], в которой решил задачу Паппа, отказавшись от требования коллинеарности трех точек. В этой статье давались доказательства 2-х вспомогательных теорем, а затем приводился алгоритм решения самой задачи. В доказательствах теорем использовались известные положения Евклидовой планиметрии, тригонометрии и элементарные алгебраические преобразования.

Теорема 1. Для заданной окружности радиуса r и отрезка $AB = c$ произвольной прямой (рис. 1) можно так выбрать расположение точек F и G на AB , что будет выполняться равенство

$$f^2 - r^2 = g^2 - r^2 = \frac{(a^2 - r^2)(b^2 - r^2)}{c^2}, \quad (1)$$

где $a = AO$, $b = BO$, $f = FO$, $g = GO$.

Соответствующий выбор точек F и G определяется равенствами

$$AF = \frac{a^2 - r^2}{c}, \quad BG = \frac{b^2 - r^2}{c}. \quad (2)$$

Здесь курсивом обозначены длины отрезков, а прямым шрифтом – точки.

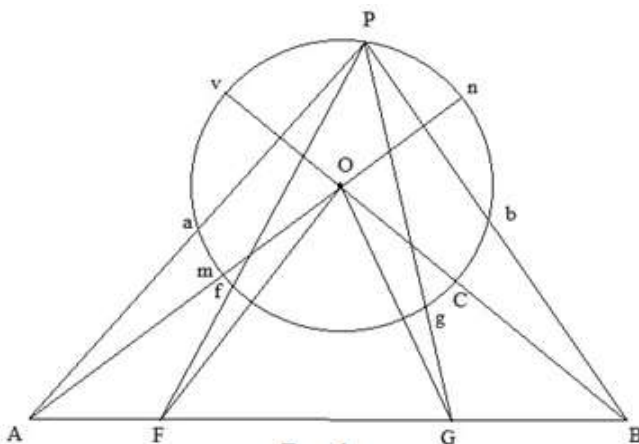


Рис. 1

Теорема 2. Если отрезки OF и OG , соединяющие вершину O треугольника ABO , с противоположной стороной AB имеют одинаковую длину (рис. 2), то выполняется равенство:

$$AO^2 - AB \cdot AF = BO^2 - AB \cdot BG. \quad (3)$$

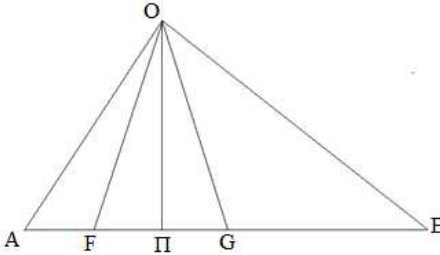


Рис. 2

Следствие. При выполнении условий теоремы 1 из теоремы 2 следует равенство

$$OF = OG, \text{ т. е. } f = g.$$

Во второй части своей работы Эйлер формулирует обобщенную задачу Паппа и предлагает, *без каких-либо разъяснений и обоснований* алгоритм её решения.

Задача. На плоскости заданы окружность и три произвольно расположенные точки A, B, C . Построить вписанный в окружность треугольник, продолжения сторон которого, проходят через эти точки.

Алгоритм решения. Пусть A, B, C – заданные точки, $AO = a$, $BO = b$, $CO = c$, а радиус окружности равен 1 (рис. 3).

1. Отложим отрезок $BF = \frac{b^2 - 1}{AB}$, или $FO^2 - 1 = \frac{BF(a^2 - 1)}{AB}$.
2. На прямой FC отложим отрезок $FK = \frac{FO^2 - 1}{FC} = \frac{BF(a^2 - 1)}{AB \cdot FC}$, так что $KO^2 - 1 = \frac{FK(c^2 - 1)}{FC}$.
3. Проводим радиус Om так, чтобы $\cos(KOm) = \frac{\cos(BFC)}{KO}$.
4. Строим биссектрису FS угла BFC .
5. Проводим прямую bm , параллельную FS . Точка b и будет одной из вершин искомого вписанного треугольника.
6. Вторую вершину c получаем, как точку пересечения окружности и продолжения отрезка Ab .
7. Третья вершина a (рис. 3) получается при пересечении окружности и прямой Cb .

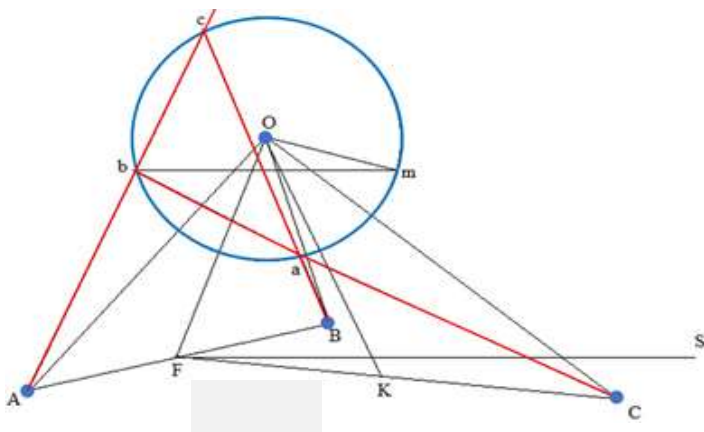


Рис. 3

Следует отметить, что эта наиболее важная часть работы совершенно не соответствует современным требованиям к строгости и обоснованности научных публикаций. О причинах такой авторской небрежности мы можем только гадать.

Далее, учитывая возможность симметричных построений, Эйлер указывает на существование шести вариантов решения задачи. Затем он рассматривает решения задачи для двух частных случаев, когда одна или две из трех заданных точек являются бесконечно удаленными.

Завершается работа указанием на то, что подобная задача может быть поставлена и решена и в сферической геометрии.

Перевод на русский язык выполнен с англоязычного перевода латинского оригинала, размещенного в электронном архиве работ Эйлера <https://scholarlycommons.pacific.edu/euler-works/543/>.

Литература

1. Шаль, М. Исторический обзор происхождения и развития геометрических методов / М. Шаль. – Т. 1. История геометрии. – М.: Университетская типография, 1888. – 311 с.
2. Euler L. Problematis cuiusdam Pappi Alexandrini construction // Acta Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae. – 1780. – V.1. – PP. 91-96.

Пирогов Д. А., Салихова Л. М.
Поволжский государственный технологический университет

МАТЕМАТИКА И МУЗЫКА

Аннотация. *Исследованию музыки посвящали свои работы многие величайшие математики. В своих трудах ученые неоднократно делали попытки представить музыку как некую математическую модель.*

Ключевые слова: алгебра, музыка, лира.

Применение математических методов в биологических, социальных и гуманитарных науках и их развитие неизмеримо. Хотя значение математики для социальных дисциплин (как и для биологических наук) выражается в форме подсобной науки – математической статистики. В окончательном же анализе социальных явлений моменты качественного своеобразия каждого исторического этапа приобретают столь доминирующее положение, что математический метод часто отступает на задний план.

Таким образом, математика не только проникает в ранее чуждые для нее области, завоевывает их, она при этом и сама трансформируется, становится менее формальной, менее ригористичной, меняет свои методологические черты, приближаясь к наукам гуманитарным. Ж. Фурье сказал: «Существует еще одна причина высокой репутации математики: именно математика дает точным естественным наукам определенную меру уверенности в выводах, достичь которой без математики они не могут».

В своих трудах ученые неоднократно делали попытки представить музыку как некую математическую модель. Приведем, к примеру, одну из цитат из работы Леонарда Эйлера «Диссертация о звуке», написанной в 1727 году: «Моей конечной целью в этом труде было то, что я стремился представить музыку как часть математики и вывести в надлежащем порядке из правильных оснований все, что может сделать приятным объединение и смешивание звуков».

Однако одним из первых, кто попытался выразить красоту музыки с помощью чисел, был Пифагор. Он создал свою школу мудрости, положив в ее основу два предмета – музыку и математику. Музыка как один

из видов искусств воспринималась наряду с арифметикой, геометрией и астрономией как научная дисциплина, а не как практическое занятие искусством.

Пифагор основал науку о гармонии сфер, утвердив ее, как точную науку. Пифагор считал, что гармония чисел сродни гармонии звуков и что оба эти занятия упорядочивают хаотичность мышления и дополняют друг друга. Одним из достижений Пифагора и его последователей в математической теории музыки был разработанный ими «Пифагоров строй».

Доли струны	1	8/9	64/81	3/4	2/3	16/27	128/243	1/2
Интервальные коэффициенты	1	9/8	81/64	4/3	3/2	27/16	243/128	2/1
Частоты колебаний звуков (в гц)	260,7 c ¹	293,3 d ¹	330 e ¹	347,6 f ¹	391 g ¹	440* a ¹	495 h ¹	521,5 c ²

* Стандартная частота.

Взяв квинту за основу, Пифагор вывел музыкальную формулу, которая позволяет получить искомое значение частоты следующей ноты. В результате последовательного применения формулы получаются звуки, отстоящие друг от друга на квинту. В этом ряду есть все ноты звукоряда. Повторяя операцию деления несколько раз, можно заполнить весь диапазон инструмента.

Новая технология использовалась для настройки популярного в то время инструмента – лиры. Тем не менее, «Пифагоров строй» был несовершенен, как и древнегреческая арифметика. Расстояние между соседними звуками «Пифагорова строя» неодинаково. Он – неравномерный. Чтобы сыграть мелодию, от какой-либо другой ноты, лиру каждый раз нужно перенастраивать.

Исследованию музыки посвящали свои работы многие величайшие математики, такие как: Рене Декарт (его первый труд – «Трактат о музыке»), Готфрид Лейбниц, Христиан Гольдбах, Жан Д’Аламбер, Даниил Бернулли и другие.

Пирогов Д. А., Салихова Л. М.
Поволжский государственный технологический университет

МАТЕМАТИКА И ЕЕ СВЯЗЬ С ДРУГИМИ НАУКАМИ

Аннотация. Математика связана с огромным количеством наук: физика, химия, биология, астрономия, информатика, экономика.

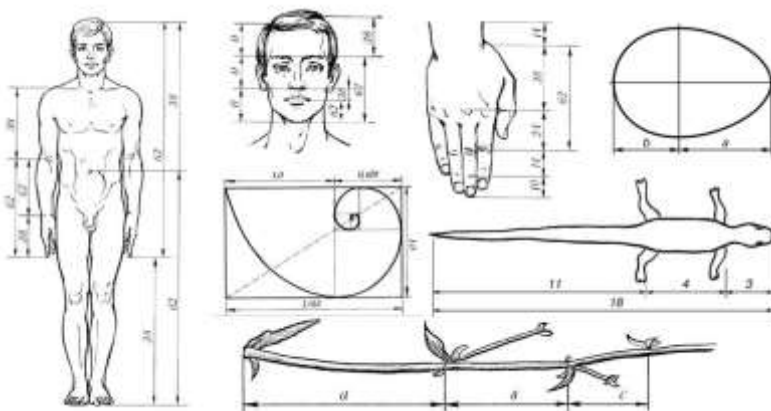
Ключевые слова: математика, статистика, применение математических методов.

Математика связана с огромным количеством наук, таких как: физика, химия, биология, астрономия, информатика, экономика и даже музыка.

Математика для химиков – это, в первую очередь, полезный инструмент решения многих химических задач. Именно математика превратила химию из описательной науки в экспериментальную. Именно с помощью математики мы производим как простейшие расчёты по химическим формулам, так и в уравнениях химических реакций, сложнейшие математические операции, моделирующие сложнейшие химические процессы. Очень трудно найти раздел математики, который совсем не используется в химии. Функциональный анализ и теория групп широко применяются в квантовой химии. Теория вероятностей составляет основу статистической термодинамики. Теория графов используется в органической химии для предсказания свойств сложных органических молекул. Дифференциальные уравнения – основной инструмент химической кинетики, методы топологии и дифференциальной геометрии применяются в химической термодинамике. Существует даже раздел теоретической химии, область исследований, посвящённых новым применениям математики к химическим задачам – математическая химия.

Не только химики, но и биологи давно прибегают к математике. Каждый биолог-исследователь должен согласовывать полученные им результаты со статическими критериями, а соотношения, которые он установил, обычно изображаются кривыми из аналитической геометрии. Уравнения термодинамики широко используются в биохимии. А статические методы сыграли очень важную роль в расшифровке генетического кода и в составлении хромосомных карт. Всё это – традиционная математика. В биологических исследованиях 1970-1990 годов, биологи сделали важное открытие, что, начиная с вирусов и растений и заканчивая организмом

человека, всюду выявляется золотая пропорция, характеризующая соразмерность и гармоничность их строения. Золотое сечение было признано универсальным законом живых систем.



Золотое сечение в биологии

Для животного мира характерны: симметрия форм, наличие парных органов, членение на три части тела (голова, грудь, брюшко), членение конечностей на 3 и 5 частей, а брюшка на 3. Это является характерной чертой морфологии насекомых. Строению форм представителей более высокого уровня животного мира также подчиняется закону чисел Фибоначчи.

Информатика использует методы математики для построения и изучения моделей обработки, передачи и использования информации. Можно смело утверждать, что математика создаёт тот самый теоретический фундамент, на котором строится всё знание информатики. Важную роль в информатике играет такой раздел математики, как математическая логика. Она разрабатывает методы, позволяющие использовать достижения логики для анализа различных процессов, в том числе и информационных, с помощью компьютеров. Теория алгоритмов, теория параллельных вычислений, теория сетей и другие науки берут своё начало в математической логике и активно используются в информатике. Используя логические операции, можно провести моделирование логической структуры правовой нормы.

Широкое применение в экономических исследованиях занимают математические методы, основанные на математическом моделировании. Исследования строящихся на статистической или вероятностной основе,

позволяют учесть изменение факторов, которое практически полностью учесть не представляется возможным. Связи в экономической жизни, экономической динамике, поведение экономических субъектов, их прогнозирование основывается на построении теоретических моделей математическим методом – это важнейший инструмент анализа экономических явлений и процессов. Для учёных всех стран мира математическое моделирование становится языком современной экономической теории. Например, задача о планирования работы предприятия – это пример использования математических моделей в экономике.

Астрономия и физика тесно переплетаются с математикой. В физике, как и в астрономии почти не существует областей, не требующих применения развитого математического аппарата. Математика предоставляет аппарат, с помощью которого могут быть точно сформулированы многие законы. В астрономии на многие учения повлиял математический метод. Примером этому служат - закон всемирного тяготения Ньютона и три закона Кеплера (законы движения небесных тел).

Типичным примером полного господства математического метода является небесная механика, в частности учение о движении планет. В астрономии математика помогла сделать многие открытия. Новые алгоритмы, разработанные математиками, переходили на службу астрономам.

Разделы современной астрономии, основываясь на применении различных систем координат, определяют размеры галактики, скорость её вращения, траектории движения планет и их размер. Запуски спутников и космических кораблей, любые виды прогноза основываются на применении различных систем координат. С помощью системы координат астрономы определяют расстояние до звёзд, их местоположение на карте звёздного неба.

Основываясь на этом, можно с уверенностью сказать, что математика – «царица наук» и её роль в других науках была, есть и будет иметь свой вес всегда.

Литература

1. Письменный, Д. Т. Конспект лекций по высшей математике / Д. Т. Письменный. – М.: Айрис пресс, 2009. – 608 с.
2. <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/074/306.htm>.
3. Роль математики в современном мире, ее связь с другими науками [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hintfox.com/article/rol-matematiki-v-sovremennom-mire-ee-svjaz-s-drygimi-naykami.html>.

Романов А. Л., Салихова Л. М.
 Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛОВ В ФИЗИКЕ

Аннотация. Изучена связь между интегралом и физикой и приведены примеры их практического применения.

Ключевые слова: интеграл, физика.

Физика – естественная наука, очень сильно переплетенная с математикой, настолько, что физику называют «прикладной математикой». Одно из важнейших понятий математического анализа – интеграл. С его помощью можно находить не только первообразную, но и площадь под кривой графика и объём фигуры, образованный вращением функции. Практически всё, что есть в математике, используется в физике, и интегралы – не исключение.

Физика поделена на множество разделов, и в каждом из них интеграл нашёл своё применение.

В динамике длина пути, пройденного телом, за промежуток времени от t_1 и t_2 определяется из следующей формулы:

$$S = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt.$$

Задача 1. Скорость движения материальной точки задаётся формулой $v(t) = 5t^5 + t$. Найти путь, пройденный телом за 2 секунд.

Решение: по формуле, имеем

$$S = \int_0^2 (5t^5 + t) dt = \left(t^6 + \frac{t^2}{2} \right) \Big|_0^2 = 66 \text{ (м)}.$$

Ответ: 66 м.

Сама скорость является интегралом ускорения по времени:

$$V = \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt.$$

Аналогичные формулы используются в динамике вращательного движения.

Работа силы F_s на участке траектории и работа от изменяющейся мощности $N(t)$ определяются следующими формулами:

$$A = \int_1^2 F_s ds = \int_{t_1}^{t_2} N(t) dt,$$

где 1 и 2 – начальное и конечное положения точки, s – траектория движения точки, причём последняя может быть произвольной.

Если известна плотность ρ тонкого стержня, причём даже с неоднородным составом, то его массу m можно найти следующим образом:

$$m = \int_{x_1}^{x_2} \rho(x) dx,$$

где x_1 и x_2 – координаты концов стержня.

Аналогично можно найти массу плоской пластины D :

$$m = \iint_D \rho(x; y) dx dy.$$

И даже если тело имеет объём V , то его масса:

$$m = \iiint_V \rho(x; y; z) dx dy dz.$$

Статические моменты относительно осей Ox и Oy :

$$S_x = \iint_D y \rho(x; y) dx dy \text{ и } S_y = \iint_D x \rho(x; y) dx dy.$$

Моменты инерции:

$$M_x = \iint_D y^2 \rho(x; y) dx dy \text{ и } M_y = \iint_D x^2 \rho(x; y) dx dy.$$

Статические моменты и моменты инерции аналогично можно найти и для тела с объёмом V , используя тройной интеграл. Также все эти величины находятся у кривых через интеграл I рода, поверхностей – интеграла II рода.

Момент инерции J_z относительно оси Oz для твёрдого тела массой m :

$$J_z = \int_m r^2 dm = \rho \int_V r^2 dV,$$

где r – расстояние от него до оси вращения, ρ – плотность тела, V – его объём. Знак « m » у интеграла означает, что интегрирование ведётся по всем элементам твёрдого тела, обладающего массой.

Задача 2. Найти момент инерции тонкого однородного стержня длиной l и плотностью ρ относительно оси перпендикулярной стержню и проходящий через его конец А (рисунок).

Решение:

Направим вдоль АВ координатную ось Ax , тогда от объёма V можно перейти к его длине l :

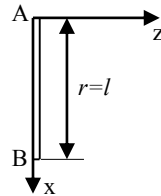
$$J_A = \rho \int_0^l r^2 dr = \rho \frac{l^3}{3}.$$

Ответ: $J_A = \rho \frac{l^3}{3}$

В молекулярной физике и термодинамике при расчёте работы газа при изменении объёма с V_1 до V_2 пользуются следующим:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV,$$

где p – давление газа.



Основываясь на вышеперечисленном, можно сделать вывод, что интеграл является важной частью не только математического анализа, но и физики. С его помощью можно найти величины, зависящие от переменных значений по времени, координатам, длине контура, площади, объёму. Не только определённый интеграл нашёл своё применение, но и двойные, тройные, неберущиеся, I и II рода. Приведённые формулы являются основными в физике, но существует ещё множество теорий, где также применяется интеграл.

Литература

1. Выгодский, М. Я. Справочник по высшей математике / М. Я. Выгодский. – М.: АСТ: Астрель, 2008. – 991 с.
2. Огурцов, А. Н. Физика для студентов: в 8-ми ч. / А. Н. Огурцов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2017. – 32 с.
3. Письменный, Д. Т. Конспект лекций по высшей математике / Д. Т. Письменный. – М.: Айрис пресс, 2009. – 608 с.
4. Чертов, А. Г. Задачник по физике: учеб. пособие для вузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство математической литературы, 2003. – 640 с.

УДК 519.62

Сергеева А. В., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ. МЕТОДЫ ПРАВЫХ, ЛЕВЫХ И СРЕДНИХ ПРЯМОУГОЛЬНИКОВ

Аннотация. В статье изложено краткое описание сути численного интегрирования. Рассмотрены методы интегрирования, такие как левые, правые и средние прямоугольники.

Ключевые слова: численное интегрирование, методы интегрирования, интегрирование, метод прямоугольников.

Численное интегрирование – это вычисление приближенного значения определенного интеграла.

Численное интегрирование целесообразно, если:

– само подынтегральное выражение не задается аналитически. Например, он может быть представлен с помощью таблицы или массива значений в узлах некоторой вычисляемой сетки.

– известно аналитическое представление подынтегрального выражения, но его первообразная не выражается с помощью аналитических функций.

Цель работы:

1. ознакомиться с методом прямоугольников;
2. сделать выводы о плюсах данного метода.

Изложение результатов исследования

Проблема вычисления интегралов образуется во многих областях прикладной математики. В большинстве случаев невозможно найти аналитическую формулу, т. е. выразить неопределенный интеграл в виде алгебраических и трансцендентных функций. Иногда, если аналитическая формула найдена, она оказывается такой сложной, что вычислить интеграл с её помощью сложнее, чем другими методами. Нередки также случаи, когда подынтегральное выражение определяется таблицей или графиком экспериментально полученных значений. В таких ситуациях используются разные методы численного интегрирования, основанные на том, что интеграл можно представить в виде предела интегральной суммы / суммы площадей, которые позволяют определить эту сумму с достаточной точностью.

Существует несколько способов численного интегрирования:

- метод прямоугольников,
- метод трапеций,
- метод Симпсона,
- методы Ньютона-Котеса,
- метод Гаусса.

В данной статье мы рассмотрим метод прямоугольников.

В случаях, когда логичнее и удобнее использовать численное интегрирование, невозможно вычислить интеграл по формуле Ньютона-Лейбница. Поэтому мы можем использовать метод прямоугольника. Суть этого метода заключается в том, что интегральная сумма берется как приближенное значение некоторого интеграла.

Метод прямоугольников – это метод численного интегрирования функции одной переменной, заключающийся в замене подынтегральной функции на многочлен нулевой степени (или же константу), на каждом элементарном отрезке. При рассмотрении графика подынтегральной функции метод будет заключаться в приближенном вычислении пло-

щади под графиком суммированием площадей конечного числа прямоугольников, ширина которых – расстояние между соответствующими соседними узлами интегрирования, а высота – значение подынтегральной функции.

Если отрезок не подвергается дальнейшему разбиению и является элементарным, то значение интеграла можно вычислить с помощью:

- формулы средних прямоугольников:

$$\int_a^b f(x)dx \approx f\left(\frac{a+b}{2}\right)(b-a),$$

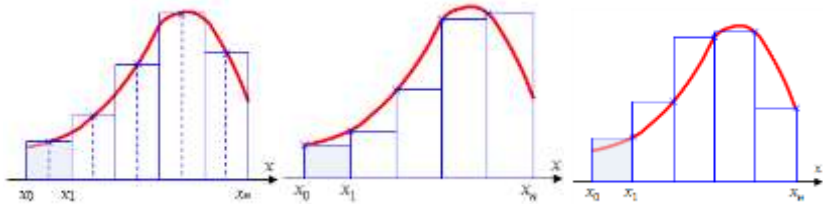
- формулы левых прямоугольников:

$$\int_a^b f(x)dx \approx f(a)(b-a),$$

- формулы правых прямоугольников:

$$\int_a^b f(x)dx \approx f(b)(a-b),$$

графики которых представлены на следующих рисунках.



а) средние прямоугольники б) левые прямоугольники в) правые прямоугольники

Также стоит отметить, что этот метод имеет абсолютную погрешность:

- правых и левых прямоугольников

$$E(f) = \frac{f'(\varepsilon)}{2}(b-a)^2,$$

- средних прямоугольников

$$E(f) = \frac{f''(\varepsilon)}{24}(b-a)^3,$$

– составных формул правых и левых прямоугольников при равномерной сетке

$$E(f) = \frac{f'(\varepsilon)}{2}(b-a)h,$$

- составных формул средних прямоугольников

$$E(f) = \frac{f''(\varepsilon)}{24}(b-a)h^2.$$

Выводы

Наглядно рассмотрев приведённый метод, можно отметить, что – это самый простой способ приближённого вычисления определённого интеграла;

- априорная оценка погрешности метода прямоугольников намного меньше, чем у метода трапеций;
- имеет упрощённые для понимания формулы.

Литература

1. Пискунов, Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления: учеб. пособие для вузов / Н. С. Пискунов. – М.: Наука, 1970.
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Численное_интегрирование.
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_прямоугольников.
4. http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Методы_прямоугольников_и_трапеций.

УДК 519.2

Силдайкин Д. Н., Салихова Л. М.

Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Аннотация. *Рассмотрим, каким образом рассчитываются статистические данные в службе государственной статистики.*

Ключевые слова: *описательная статистика, теория оценивания, теория проверки гипотез, статистический последовательный анализ.*

Математическая статистика – раздел математики, разрабатывающий методы регистрации, описания и анализа данных наблюдений и экспериментов с целью построения вероятностных моделей массовых случайных явлений. В зависимости от математической природы конкретных результатов наблюдений статистика математическая делится на статистику чисел, многомерный статистический анализ, анализ функций (процессов) и временных рядов, статистику объектов нечисловой природы. Выделяют описательную статистику, теорию оценивания и теорию проверки гипотез.

Описательная статистика – это совокупность эмпирических методов, используемых для визуализации и интерпретации данных (расчет выборочных характеристик, таблицы, диаграммы, графики и т. д.), как правило, не требующих предположений о вероятностной природе данных. Некоторые методы описательной статистики предполагают использование возможностей современных компьютеров. К ним относятся, в част-

ности, кластерный анализ, нацеленный на выделение групп объектов, похожих друг на друга, и многомерное шкалирование, позволяющее наглядно представить объекты на плоскости.

Методы оценивания и проверки гипотез опираются на вероятностные модели происхождения данных. Эти модели делятся на параметрические и непараметрические. В параметрических моделях предполагается, что характеристики изучаемых объектов описываются посредством распределений, зависящих от (одного или нескольких) числовых параметров. Непараметрические модели не связаны со спецификацией параметрического семейства для распределения изучаемых характеристик. В математической статистике оценивают параметры и функции от них, представляющие важные характеристики распределений (например, математическое ожидание, медиана, стандартное отклонение, квантили и др.), плотности и функции распределения и пр. Используют точечные и интервальные оценки.

Большой раздел современной математической статистики – статистический последовательный анализ, фундаментальный вклад в создание и развитие которого внес А. Вальд во время Второй мировой войны. В отличие от традиционных (непоследовательных) методов статистического анализа, основанных на случайной выборке фиксированного объема, в последовательном анализе допускается формирование массива наблюдений по одному (или, более общим образом, группами), при этом решение о проведении следующего наблюдения (группы наблюдений) принимается на основе уже накопленного массива наблюдений. Ввиду этого, теория последовательного статистического анализа тесно связана с теорией оптимальной остановки.

В математической статистике есть общая теория проверки гипотез и большое число методов, посвящённых проверке конкретных гипотез. Рассматривают гипотезы о значениях параметров и характеристик, о проверке однородности (то есть о совпадении характеристик или функций распределения в двух выборках), о согласии эмпирической функции распределения с заданной функцией распределения или с параметрическим семейством таких функций, о симметрии распределения и др.

Большое значение имеет раздел математической статистики, связанный с проведением выборочных обследований, со свойствами различных схем организации выборок и построением адекватных методов оценивания и проверки гипотез.

Экономические системы отличает сложность устройства и наличия множества элементов. Методы математической статистики позволяют

оптимизировать научное исследование и структурировать анализ. Например, с помощью математической статистики можно оценить такие параметры, как: физические объекты – товары, продукцию, материалы; деньги, рассматриваемые, как показатель их суммы; информация в виде событий или значений, описывающих работу информационной системы.

Медицинская статистика ставит перед собой следующие задачи:

1. разрабатывать и внедрять специальные методы исследования массовых явлений и процессов в медицине и здравоохранении;
2. своевременно получать и обрабатывать данные о смертности, инвалидности, заболеваемости, физическом развитии отдельных категорий и групп лиц и населения в целом;
3. выявлять наиболее существенные закономерности и тенденции в здоровье в различных группах лиц (половых, возрастных, профессиональных и др.) и населения в целом во взаимосвязи с образом жизни и другими конкретными условиями;
4. своевременно получать и обрабатывать данные о состоянии, размещении, оснащении, укомплектованности медицинскими кадрами учреждений здравоохранения;
5. своевременно получать и обрабатывать данные о лабораторных и клинических исследованиях.

Для изучения и применения статистических данных и их обработки выбрано применение математической статистики в демографии.

Население Республики Марий Эл с 2009 по 2014 год

Год	Численность	Смертность	Коэффициент смертности
2009	701 609		14,9
2010	699 389		15,2
2011	695 389		14,2
2012	692 435		13,7
2013	690 349		13,8
2014	688 686		13,7

Среднее арифметическое

Среднее арифметическое численности населения: $(701609 + 699389 + 695389 + 692435 + 690349 + 688686) / 6 = 694643$.

Среднее арифметическое смертности: $(14,9 + 15,2 + 14,2 + 13,7 + 13,8 + 13,7) / 6 = 14,25$.

Размах: $W_{\max} = X_{\max} - X_{\min} = 701\,609 - 688\,686 = 12\,923$.

$W_{\max} = X_{\max} - X_{\min} = 15,2 - 13,7 = 1,5$.

Медиана: 13,7; 13,7; 13,8; 14,2; 14,9; 15,2. $Me = 14$.

Мода: 13,7; 13,7; 13,8; 14,2; 14,9; 15,2.

Мода: 13,7

В этом примере разобрано подетально, каким образом рассчитываются статистические данные в службе государственной статистики для определения демографического состояния республики.

Литература

1. Вероятность и математическая статистика. Энциклопедия / Гл. ред. Ю. В. Прохоров. – М.: Большая Российская Энциклопедия, 1999. – 914 с.
2. Вальд, А. Последовательный анализ / А. Вальд; пер. с англ. – М.: Физматгиз, 1960. – 328 с.
3. Математическая статистика / Ю. В. Прохоров // Большая российская энциклопедия: в 35 т. / гл. ред. Ю. С. Осипов. – М.: Большая российская энциклопедия, 2004-2017.
4. Натан, А. А. Математическая статистика: учеб. пособие / А. А. Натан, О. Г. Горбачёв, С. А. Гуз. – М.: МЗ Пресс – МФТИ, 2004. – 160 с.
5. Ширяев, В. Д. Статистический последовательный анализ. Оптимальные правила остановки / В. Д. Ширяев. – М.: Наука, 1976. – 272 с.
6. Остапенко Р. И. Математические основы психологии: учебно-методическое пособие для студентов и аспирантов психологических и педагогических специальностей вузов / Р. И. Остапенко. – Воронеж: ВГПУ, 2010. – 76 с.

УДК 51:531

Силдайкин Д. Н., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ТЕНЗОР

***Аннотация.** Работа посвящена тензорам и их применению в различных областях математики и физики.*

***Ключевые слова:** тензор.*

Тензор (от лат. тензор – ранг, валентность, порядок ранга).

Понятие тензора:

1. математическое представление некоторого объекта (геометрического или физического), существующего в пространстве, в виде таблицы величин – компонент тензора;
2. значения компонент зависят от принятой системы координат и изменяются (преобразуются) при переходе к другим координатам;

3. преобразование компонент таково, что оставляет, тем не менее, неизменными некоторые особые величины – инварианты.

Тензоры различаются по типу (рангу, валентности), который определяется парой натуральных чисел (s, r) , где s – так называемая контравариантная, а r – ковариантная валентность или ранг (и говорят s -раз контравариантный и r -раз ковариантный тензор), а сумма $s + r$ называется просто рангом тензора. Ранг тензора вместе с размерностью пространства V определяет количество компонент тензора n^{s+r} , а ковариантный и контравариантный ранг – характер зависимости (пересчета) их от базиса в пространстве V .

Тензоры ранга 1 – это векторы самого пространства V , а также – линейные функционалы (ковекторы) на V , образующие сопряженное пространство V^* той же размерности. Тензоры 2 ранга – это билинейные формы, линейные операторы и бивекторы на V , также образующие соответствующие линейные пространства. К тензорам (ранга 0) относятся также скаляры поля, на котором задано пространство V – обычно это действительные или комплексные числа. Скаляры не изменяются при смене базиса (инвариантны). На практике чаще всего применяются тензоры второго ранга (не считая скаляры и векторы).

Компоненты тензора валентности (s, r) записываются с помощью s верхних (контравариантных) и нижних (ковариантных) индексов:

$$T \begin{matrix} i1 & i2 & \dots & is \\ j1 & j2 & \dots & jr \end{matrix},$$

(в физике компоненты тензора могут обозначаться также просто различными буквами для соответствующих физических величин). Например, векторы в тензорном обозначении записываются с одним верхним индексом x^i , линейные операторы – с нижним и верхним индексами: a_j^i , билинейные формы (дважды ковариантные тензоры) – с двумя нижними индексами F_{ij} . Тензор типа $(1, 3)$ (например, тензор кривизны Римана) будет записан как R_{jkl}^i .

Компоненты (координаты) тензора целесообразно структурировать в виде многомерной (в общем случае) таблицы $n * n * \dots * n$, где число множителей равно рангу тензора. При ранге 0 подразумевается просто одно число (скаляр), при ранге 1 – упорядоченный набор чисел (вектор-столбец или вектор-строка), при ранге 2 – квадратная матрица, при ранге 3 – трёхмерный куб и т. д. В общем случае визуальное представление для больших рангов затруднительно.

В различных приложениях часто применяются так называемые тензорные поля, когда различным точкам пространства (многообразия) со-

ответствуют разные тензоры (например, тензор напряжений внутри объекта может различаться от точки к точке). Тем не менее, часто их упрощенно тоже называют тензорами.

Тензоры были придуманы в 1900 году Туллио Леви-Чивита и Грегорио Риччи-Курбастро, которые продолжили более ранние работы Бернхарда Римана и Элвина Бруно Кристоффеля.

Примеры тензоров в различных областях математики и физики.

Тензоры широко применяются в различных разделах математики и физики. Многие уравнения в физике и математике при использовании тензорной записи становятся более короткими и удобными. Использование тензоров позволяет увидеть различные симметрии физических величин, уравнений и моделей, а также записать их в общековариантной форме (не зависящей от конкретной системы отсчета).

В математике тензоры являются предметом исследования тензорного исчисления, включающего тензорную алгебру и тензорный анализ. В дифференциальной топологии и геометрии, изучающей гладкие (в том числе римановы) многообразия, рассматриваются различные тензоры: касательный вектор, билинейная форма, метрический тензор, градиент скалярной функции, связность или ковариантная производная, тензор кручения, тензор кривизны Римана и его свертки – тензор Риччи и скалярная кривизна и т. д.

В физике термин тензор имеет тенденцию применяться только к тензорам над обычным физическим 3-мерным пространством или 4-мерным пространством-временем, или, в крайнем случае, над наиболее простыми и прямыми обобщениями этих пространств (хотя принципиальная возможность применения его в более общих случаях остаётся).

Литература

1. Акивис, М. А. Тензорное исчисление / М. А. Акивис, В. В. Гольдберг. – М.: Наука, 1969. – 351 с.
2. Винберг, Э. Б. Курс алгебры / Э. Б. Винберг. – 3-е изд. – М.: МЦНМО, 2017. – 592 с.
3. Димитриенко, Ю. И. Тензорное исчисление: учеб. пособие / Ю. И. Димитриенко. – М.: Высшая школа, 2001. – 576 с.
4. Корнев, Г. В. Тензорное исчисление: учеб. пособие / Г. В. Корнев. – М.: Издательство МФТИ, 2000. – 240 с.
5. Кострикин, А. И. Введение в алгебру / А. И. Кострикин: в 3 ч. – 2-е изд. – М.: МЦНМО, 2012. – Ч. 2: Линейная Алгебра. – 368 с.
6. Кочин, Н. Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления / Н. Е. Кочин. – М.: Наука, 1965. – 424 с.

Солоницын С. А., Кулагина С. В.

*Поволжский государственный технологический университет***ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ ПИФАГОРА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Аннотация. Актуальность исследования состоит в том, что в современном мире теоремой Пифагора пользуются не только в математике, но и в других областях, например, в строительстве и архитектуре.

Ключевые слова: теорема Пифагора, египетский треугольник, двухскатная крыша, балка, стропила, прямоугольный треугольник.

Великий древнегреческий ученый Пифагор родился в VI веке до нашей эры. Впервые с Восточной математикой он познакомился в Древнем Египте. Примерно в 530 году до нашей эры Пифагор переехал жить в Кротон, именно там он открыл свою знаменитую теорему. Некоторые случаи теоремы Пифагора были известны древним народам ещё до её открытия. Например, в строительной практике Египта, часто упоминалось использование «египетского треугольника» со сторонами 3, 4, 5. Жители Египта знали, что указанный треугольник является прямоугольным и подчиняется закону: $3^2 + 4^2 = 5^2$, именно это и утверждает великая теорема Пифагора.

Теорема звучит следующим образом: В прямоугольном треугольнике квадрат длины гипотенузы равен сумме квадратов длин катетов [3].

В настоящее время ученые различных наук смогли привести более 400 доказательств этой теоремы, что говорит об ее активном использовании. Приведем доказательство данной теоремы:

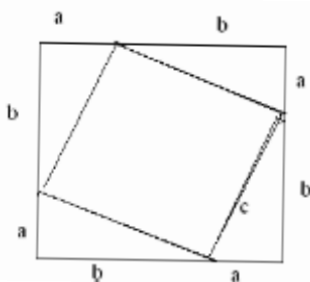


Рис. 1

Дан прямоугольный треугольник ABC с катетами a , b и гипотенузой c . Нужно доказать, что квадрат гипотенузы равен сумме квадратов длин катетов: $c^2 = a^2 + b^2$.

Доказательство: соединим четыре равных между собой прямоугольных треугольников так, чтобы получился квадрат со сторонами, $a + b$ (рис. 1). Найдем площадь этого квадрата:

$$S = (a + b)^2, S_1 = 4 * \frac{1}{2} * ab + c^2 = 2ab + c^2.$$

Теперь, приравниваем площади $S = S_1 \quad a^2 + 2ab + b^2 = 2ab + c^2$.
 Таким образом получаем: $c^2 = a^2 + b^2$.

Теорема нашла свое применение в области строительства и архитектуры:

- её активно используют при расчетах двускатных крыш;
- при расчете центра тяжести масс, размещении опор и балок,
- в готическом и романском стилях верхние части окон разделяют каменными ребрами, которые, в свою очередь, служат украшением и обеспечивают прочность окон.

Если посмотреть на маленький дом с небольшой и невысокой крышей, то сразу же появятся мысли, что намного проще померять рулеткой длину балки. Но так кажется только на первый взгляд. Ведь если дом будет достаточно большой, то рулеткой померять длину балки будет невозможно и опасно. Именно поэтому самый удобный и безопасный способ узнать длину балки – это применить теорему Пифагора.

Построение двускатной крыши

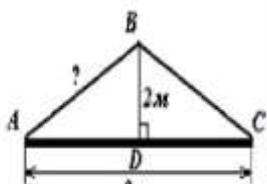


Рис. 2

ABD – прямоугольный треугольник, известны катеты AD и DB (рис. 2). Необходимо найти длину стропил. Для этого применим теорему Пифагора. $AB = \sqrt{AD^2 + DB^2} = \sqrt{4^2 + 2^2} = 4,47$. То есть для двускатной крыши такого размера необходимо взять стропила не меньше 4,5 метров.

Романская архитектура

В романской архитектуре достаточно сильно распространен стиль, представленный на картинке (рис. 3).

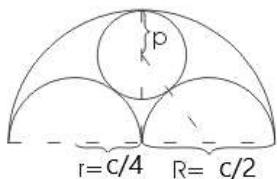


Рис. 3

Ширину окна возьмем за c , радиусы нижних полуокружностей будут равны $R = c/2$ и $r = c/4$. Радиус p верхней не-

большой окружности вычисляется по теореме Пифагора, гипотенуза этого треугольника, проходящая через точку касания окружностей, равна $c/4 + p$, катеты равны $c/4$ и $c/2 - p$. По теореме Пифагора имеем соотношение:

$$(c/4 + p)^2 = (c/4)^2 + (c/2 - p)^2,$$

из этого следует

$$c^2/16 + cp/2 + p^2 = c^2/16 + c^2/4 - cp + p^2,$$

откуда

$$cp/2 = c^2/4 - cp.$$

В итоге мы получаем соотношение

$$(\sqrt[3]{2})p = c/4, p = c/6.$$

Задача очень легко решается, если применить к ней теорему Пифагора.

Таким образом, изучив варианты использования теоремы Пифагора в строительстве, делаем вывод, что этот метод является эффективным и необходимым при расчетах домов и сооружений.

Литература

1. Литцман, В. Теорема Пифагора. Книга для учеников старших классов средней школы / В. Литцман. – М.: Физматлит, 1960. – 116 с.
2. Волошинов, А. В. Пифагор. Союз истины, добра и красоты / А. В. Волошинов. – М.: Просвещение, 1993. – 224 с.
3. Геометрия 7-9. / Л. С. Атанасян, В. Ф. Бутузов, С. Б. Кадомцев и др. – М.: Просвещение, 2014. – 390 с.

УДК 519

Стяжкин И. А., Кулагина С. В.

Поволжский государственный технологический университет

МЕТОДЫ БЕЗУСЛОВНОЙ ОДНОМЕРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются некоторые методы решения наиболее простого типа задач оптимизации – поиска экстремума функций одной переменной без ограничений. Одномерные методы достаточно понятны, легко могут быть проиллюстрированы графически, что позволяет глубже понять сущность задач оптимизации и способствует приобретению навыков их решения.

Ключевые слова: оптимизация, аппроксимация, Метод Пауэлла.

1. Метод квадратичной аппроксимации

Основан на аппроксимации функции полиномом второго порядка в некоторой окрестности и расчета на его основе координаты точки оптимума. Пусть известны значения функции в трех точках x_0, x_1, x_2 и составляющие соответственно y_0, y_1, y_2 . Тогда функцию $f(x)$ можно аппроксимировать полиномом $g(x) = a_0 + a_1(x - x_0) + a_2(x - x_0)(x - x_1)$ с коэффициентами $a_0 = y_0, a_1 = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}, a_2 = \frac{1}{x_2 - x_1} \left(\frac{y_2 - y_0}{x_2 - x_0} - \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \right)$.

Оптимальное значение оценивается по формуле

$$x^* \approx \frac{x_1 - x_0}{2} - \frac{a_1}{2a_2}.$$

2. Метод Пауэлла

Основан на последовательном применении квадратичной аппроксимации. Рассмотрим алгоритм метода задав начальную точку – x_0 и шаг по оси $x - \Delta x$.

1. Вычислить $x_1 = x_0 + \Delta x$.
2. Вычислить $y_0 = f(x_0)$ и $y_1 = f(x_1)$.
3. Если $y_0 > y_1$, то вычислить $x_2 = x_0 + 2\Delta x$, иначе, т. е. если $y_0 \leq y_1$, то $x_2 = x_0 - \Delta x$.
4. Вычислить $y_2 = f(x_2)$.
5. Используя значения x_0, x_1, x_2 и y_0, y_1, y_2 , вычислить x с помощью квадратичной аппроксимации.
6. Найти $y_{min} = \min(y_0, y_1, y_2)$ и x_{min} , соответствующую y_{min} .
7. Проверить условие окончания поиска $|x_{min} - x^*| \leq \varepsilon$, где ε – заданная точность поиска. Если условие выполняется, закончить поиск; в противном случае перейти к следующему шагу.
8. Выбрать «наилучшую» точку (x_{min} или x^*) и две точки по обе стороны от нее и перейти к шагу 5. Если выбранная точка является «крайней», то отбрасывается точка с наибольшим значением целевой функции.

3. Метод половинного деления

Метод половинного деления, называемый также **методом дихотомии**, является процедурой последовательного поиска. Пусть определен отрезок $[a_0, b_0]$, которому принадлежит точка локального минимума x^* , и функция $f(x)$ является унимодальной на этом отрезке. Далее для сужения промежутка используем две точки x_1 и x_2 , расположенные симметрично на расстоянии $\delta > 0$ от середины отрезка:

$$x_1 = \frac{a_0 + b_0}{2} - \delta,$$
$$x_2 = \frac{a_0 + b_0}{2} + \delta.$$

Константа δ должна быть меньше допустимой конечной длины отрезка, $\Delta_k = b_k - a_k > 0$.

Рассчитываем значение функции в этих точках $y_1 = f(x_1)$ и $y_2 = f(x_2)$ и в зависимости от их соотношения новые границы отрезка $[a_1, b_1]$ будут следующие:

$$y_1 < y_2, \quad a_1 = a_0 \text{ и } b_1 = x_2,$$
$$y_1 > y_2, \quad a_1 = x_1 \text{ и } b_1 = b_0,$$
$$y_1 = y_2, \quad a_1 = x_1 \text{ и } b_1 = x_2.$$

Название метода половинного деления мотивировано тем, что если величина ε достаточно мала, то длина отрезка $(b - a)$ уменьшается почти вдвое.

В этом суженном промежутке $[a_1, b_1]$ вновь рассчитываются две точки $x_1^{(1)}$ и $x_2^{(1)}$, симметричные относительно его середины, и значение функции в этих точках. Процедура будет повторяться до тех пор, пока не будет выполняться условие $\Delta_k = b_k - a_k \leq \varepsilon$, где ε – точность поиска, и тогда в качестве точки локального минимума можно приближенно принять середину отрезка

$$x^* \approx \frac{a_k + b_k}{2}.$$

4. Метод локализации оптимума

С целью повышения точности и уменьшения числа расчетов $f(x)$ можно усовершенствовать стратегию равномерного поиска. После обычного равномерного поиска в новом отрезке $[x - d, x + d]$ вновь производится разбиение на то же количество частей, определяется новый отрезок и т. д. Поиск производится до тех пор, пока длина нового отрезка не станет меньше заданной точности. Доказано, что данный метод работает наиболее эффективно если текущий отрезок делится на четыре части, т. е. $n = 3$. При этом значение целевой функции в середине нового отрезка уже известно, и на каждой по следующей итерации требуется вычислить только два значения функции. В результате каждый раз отрезок делится надвое, поэтому метод получил также название **метода деления отрезка пополам**.

Литература

1. Базара, М. Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы. / М. Базара, К. Шетти; Пер. с англ. Т. Д. Березневой, В. А. Березнева. – М.: Мир, 1982. – 583 с.
2. Банди, Б. Методы оптимизации: вводный курс / Б. Банди; пер. с англ. О. В. Шихеевой; под ред. В. А. Воынского. – М.: Радио и связь, 1988. – 127 с.
3. Васильков, Ю. В. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / Ю. В. Васильков, Н. Н. Василькова. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 255 с.
4. Ракитин, В. И. Практическое руководство по методам вычислений: С прил. программ для персон. компьютеров / В. И. Ракитин, В. Е. Первушин. – М.: Высш. шк., 1998. – 383 с.
5. Химмельблау, Д. Прикладное нелинейное программирование / Д. Химмельблау; Пер. с англ. И. Н. Быховской и Б. Т. Вавилова; Под ред. М. Л. Быховского. – М.: Мир, 1975. – 534 с.

Федорова А. И., Харитонов А. В., Кулагина С. В.
Поволжский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФОВ В РАЗНЫХ НАУКАХ

Аннотация. *Актуальность исследования состоит в том, что использование графов имеет огромное значение в различных науках: от математики и биологии до истории и социологии.*

Ключевые слова: *граф, полный граф, связный граф, нуль-граф.*

Граф – это конечное множество точек – вершин, которые могут быть соединены линиями – ребрами. Число ребер, которое принадлежит одной вершине, называется степенью вершины графа. Если степень вершины – нечетное число, вершина называется нечетной. Если степень вершины – число четное, то и вершина называется четной. Нуль-граф – это граф, состоящий только из изолированных вершин, не соединенных ребрами. Полный граф – это граф, каждая пара вершин которого соединена ребром. N-угольник, в котором проведены все диагонали, может служить примером полного графа. Если в графе выбрать такой путь, когда начальная и конечная точка совпадают, то такой путь называется циклом графа. Если прохождение через каждую вершину графа происходит не более одного раза, то цикл называется простым. Если в графе каждые две вершины связаны ребром, то это связанный граф. Граф называется **несвязным**, если в нем есть хотя бы одна пара несвязанных вершин. Если граф связанный, но не содержит циклов, то такой граф называется деревом.

Химия. Каждую молекулу предельного углеводорода можно представить в виде дерева. При удалении всех атомов водорода атомы углеводорода, которые остались, образуют дерево с вершинами, степень которых не выше четырех. Значит, количество возможных искомых структур (гомологов данного вещества) равняется числу деревьев, степени вершин которых не больше 4. Это задача сводится к задаче о перечислении деревьев отдельного вида. Д. Пойа рассмотрел эту задачу и ее обобщения. Также графы используются для изображения кристаллических решеток. Где вершинами являются молекулы, а ребра – связь между ними.

Биология. Процесс размножения бактерий – это одна из разнообразно-

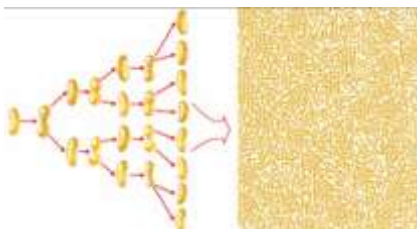


Рис. 1

стей ветвящихся процессов, встречающихся в биологической теории. Пусть каждая бактерия по истечении определенного времени или погибает, или делится на две. Следовательно, для одной бактерии мы получим двоичное дерево размножения ее потомства (рис. 1).

Физика. Сложная утомительная задача для любого радиолюбителя – создание печатных схем (пластина диэлектрика – изолирующего материала и вытравленные дорожки в виде металлических полосок).

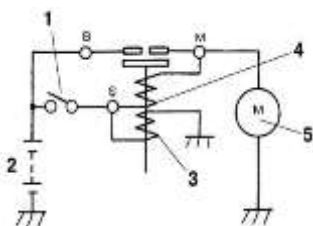


Рис. 2

Пересечение дорожек происходит только в определенных точках (местах установления триодов, резисторов, диодов и пр.) по определенным правилам. В результате перед ученым стоит задача: вычертить плоский граф вершинами в указанных точках (рис. 2). Также графы используются в представлении термоядерных реакций.

История. Генеалогическое дерево также является графом, где вершинами служат члены рода, а родственные связи выступают в качестве ребер графа.

Социология. Социальным графом, является граф, вершины которого – это социальные объекты, такие, как пользовательские профили с различными атрибутами (например: имя, день рождения, родной город и т. п.), сообщества, медиа-контент и т. д., а ребра – социальные связи между ними.

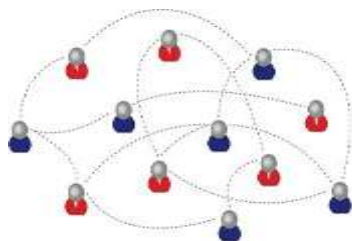


Рис. 3

Литература

1. <https://infourok.ru/>.
2. <https://school-science.ru/>.

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

ГИПОТЕЗА ПУАНКАРЕ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Аннотация. *Актуальность исследования состоит в том, что гипотеза Пуанкаре, а ныне теорема Пуанкаре-Перельмана, описывает окружающий нас мир с небольшими оговорками и имеет большое значение для астрофизики и космологии.*

Ключевые слова: *гипотеза Пуанкаре, трехмерное многообразие, односвязность, сфера, тор.*

Анри Пуанкаре (1854-1912), занимающийся рекордным для нашего времени количеством наук одновременно – физикой, математикой и астрономией; очевидно, не мог себе представить, что одна из его гипотез, а ныне теорем, станет такой эпохальной.

Есть некоторое тонкое свойство, называемое односвязностью, которое объясняется с помощью аналогии. Рассмотрим поверхность мяча. По аналогии с нашим миром, поверхность мяча можно назвать двумерной поверхностью. То есть в каждой точке на поверхности мяча можно определить только два направления, которые будут друг другу перпендикулярны. А чтобы провести третье, придется покидать эту поверхность. И для плоского существа, живущего на этой поверхности, это третье направление было бы неосознаваемым. Но вернемся к односвязности. Давайте положим на поверхность мяча тонкую нить, она может быть по диаметру, может в окрестности, как угодно. Эту ниточку всегда можно постепенно стянуть в одну точку и убрать с мяча. Но если мы рассмотрим поверхность бублика (то, что называется в математике тор), все предыдущие наблюдения верны и для нее также. Но что отличает этот бублик от сферы? То, что, пропустив бублик через нитку, уже нельзя их разделить. Это уже называется неодносвязностью. То есть существуют такие петли, которые снять нельзя. На сфере таких петель нет, а на бублике есть.

Обратимся к истории вопроса. Эту идею о поверхности разработал Леонард Эйлер. Он первый показал, как одной математической формулой отличить поверхность мяча от поверхности бублика, поэтому его считают основателем топологии. Он рисовал на сфере любой многогранник и считал количество вершин, ребер и граней. И $V-P+G$ всегда равно 2. Если сделать то же самое на поверхности бублика, то $V-P+G$ равно 0. V – количество вершин на картинке, P – количество ребер на картинке, а

Γ – количество граней на картинке. Это инвариант. Какую бы картинку ни нарисовать, это число всегда будет одинаковым на сфере и всегда будет равно 2, всегда одинаковым на торе и всегда равно 0. Это доказательство того, что эти две поверхности не могут быть перетянуты друг в друга без разрывов и склеивания. Если перетянуть эти фигуры друг в друга, тогда в процессе непрерывной перетяжки не может меняться число вершин, ребер и граней. Неизменное число граней – противоречие.

Для многих остается непонятным, зачем сравнивать фигуры, которые очевидно различаются. Это очевидно в двумерной ситуации, а в трехмерной, четырехмерной и других это абсолютно неочевидно. Если хотим представить фигуру, похожую на трехмерный тор, то необходимо развивать в себе топологическую интуицию, а без этого утверждать нельзя. Если хотим доказать очевидное без топологической интуиции, необходимы строгие математические формулы, которые будут работать там, где не видим. В этом и был вопрос гипотезы Пуанкаре. Со времен Эйлера было понятно, а затем и доказано, что существует семейство двумерных поверхностей. Дискретное семейство, которое начинается со сферы и продолжается бубликами с дырочками. Потом из двух бубликов создаются кренделек с двумя дырками. И так далее.

Это полная классификация двумерных конечных поверхностей – компактных двумерных многообразий. Если наложить дополнительное условие односвязности – веревочку, которую завяжем, всегда можно снять, – то уйдут бублики и крендельки, потому что с них нитку нельзя снять. Остается только сфера, поэтому здесь применяется гипотеза Пуанкаре – математическая гипотеза о том, что любое двумерное, ориентируемое, компактное многообразие является сферой.

«Всякое односвязное компактное трёхмерное многообразие без края гомеоморфно трёхмерной сфере».

В переводе на общедоступный язык, это означает, что любой трёхмерный объект, например, стакан можно преобразовать в шар путём одной только деформации, то есть его не нужно будет ни разрезать, ни склеивать. Иными словами, Пуанкаре предположил, что пространство не трёхмерно, а содержит значительно большее число измерений.

Эйлера считают основоположником идей о топологии, а Пуанкаре развил эти идеи до состояния точной науки, которая находится в сердце всех математических знаний. Если математика считается сердцем всех естественнонаучных знаний, то ядром для математики служит топология. Гипотеза Пуанкаре стала сложнейшей теоремой, которую доказали только через 102 года.

Пару слов из истории. В 1904 году Пуанкаре поднял проблему доказательства того, что любое трехмерное тело, обладающее некоторыми

свойствами сферы, ею и является с точностью до деформации. Позднее она была расширена и обобщена и стала частным случаем гипотезы Терстона, сформулированной в 1982 году. И все же на протяжении длительного времени именно изначальная задача вызывала больше всего проблем и была решена лишь через 100 лет после ее появления.

Сам Пуанкаре не успел закончить работу, но его исследования серьезно продвинули всю топологию. В 1930-х годах интерес к гипотезе вернулся. Прежде всего, формулировка была расширена до « n -мерного пространства». В 60-70-х сразу два математика – Смейл и Столлингс – практически одновременно, но разными способами разработали решение для всех n больше 4. В 1982 году и для 4 было найдено доказательство, оставалось только 3. В том же году Терстон сформулировал гипотезу о геометризации, при этом теория Пуанкаре стала ее частным случаем. На 20 лет гипотеза Пуанкаре была как будто забыта. В 2002 году российский математик Григорий Перельман представил решение в общих чертах, спустя полгода сделав некоторые дополнения. Уже позже это доказательство проверяли и доводили «до блеска» американские и китайские ученые. А сам Перельман словно потерял к проблеме весь интерес, хотя он решил более общую задачу о геометризации, для которой гипотеза Пуанкаре является лишь частным случаем.

Литература

1. Александров, П. С. Пуанкаре и топология / П. С. Александров // Успехи математических наук. – 1972. – Т. 27. – №1 (163). – С. 147-158.
2. Вейль Г. Анри Пуанкаре // Математическое мышление. – М.: Наука, 1989. – С. 270-273.
3. Жюлиа, Гастон. Анри Пуанкаре, его жизнь и деятельность // Пуанкаре А. Избранные труды в трёх томах. Указ. соч. – М.: Наука, 1972. – Т. 3. – С. 664-673.
4. Клайн, М. Математика. Утрата определённости / М. Клайн – М.: Мир, 1984. – 446 с.

УДК 531.31

Кадыров И. В., Никитина Х. А.

Научный руководитель: Андреева Л. А., ст. преп.

Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ КАЧЕНИЯ И ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ НАКЛОННОГО МАЯТНИКА

Аннотация. Метод наклонного маятника использован для определения коэффициентов трения скольжения и трения качения.

Ключевые слова: сила трения, трение скольжения, трение качения, наклонная поверхность.

Знание коэффициентов трения скольжения и качения играет большую роль в современном машиностроении, так как работа любой машины неизбежно сопровождается трением при движении её частей. Сила трения пропорциональна силе нормальной реакции и зависит от материала поверхностей. [1]. Особенно важно трение скольжения. Величина износа при непосредственном контакте поверхностей прямо пропорциональна работе сил трения. Большинство деталей машин выходят из строя именно вследствие износа. Для исследования процесса трения в данной работе используется метод наклонного маятника, предложенный проф. А. С. Ахматовым. [2]. Работа выполнена с помощью установки ФМ-16 (рис. 1).

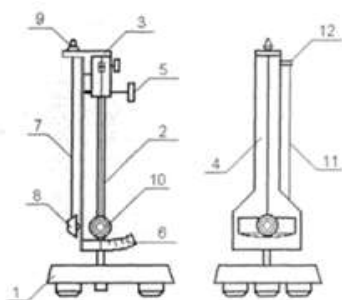


Рис. 1

На основании 1 укреплена стойка 2, к верхней части которой на кронштейне 3 крепится наклонная платформа 4 с окном, в котором устанавливаются образцы из разного материала. Угол платформы можно изменять с помощью винта 5. Значение этого угла индицируется на шкале 6 отвесом 10 с нитью 11, закрепленной на кронштейне 12. В верхней части платформы крепится наклонный маятник, состоящий из стержня 7 с

обоймой 8, в которой закрепляется шар. Метод основан на том, что если маятник массой m отклонить вдоль наклонной плоскости на некоторый угол α и отпустить, то начнутся колебания, которые будут затухать под действием силы трения маятника о плоскость, остальные силы малы и ими можно пренебречь.

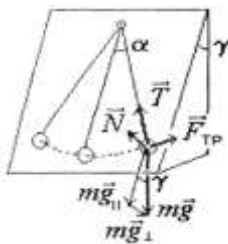


Рис. 2

Сила трения связана с силой реакции опоры N законом Амонтона-Кулона $F_{mp} = \mu N$, где μ – коэффициент трения. Сила N компенсирует $mg_{\parallel}$. $N = mg \sin \gamma$, где γ – угол отклонения плоскости от вертикали. Тогда $F_{mp} = \mu N = \mu mg \sin \gamma$. Обозначим: α_0 – начальный угол отклонения маятника, $\alpha_{1/2}$ – угол через половину периода, α_1 – через 1 период. При медленном убывании амплитуды A , потери энергии $\Delta E = \text{const}$ и $\alpha_{1/2} \approx \frac{\alpha_0 - \alpha_1}{2}$. За 1 период маятник проходит путь:

$$S = l(\alpha_0 + 2\alpha_{1/2} + \alpha_1) = 2l(\alpha_0 + \alpha_1).$$

$$\text{Тогда } A_{mp} = -F_{mp}S = -2l(\alpha_0 + \alpha_1)\mu mg \sin \gamma$$

$$A_{mp} = mgh_0 - mgh_1, \quad (1)$$

где h_0 и h_1 – высоты при углах α_0 и α_1 . В отклоненном положении центр тяжести маятника поднят на отрезок $BD=AC$. $AC = l - l \cos \alpha = l(1 - \cos \alpha)$.

$$h = BD \cos \gamma = l(1 - \cos \alpha) \cos \gamma = (l\alpha^2 / 2) \cos \gamma.$$

Учли, что $1 - \cos \alpha = 2 \sin^2(\alpha / 2)$ и при малых углах $\sin \frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2}$.

В формулу (1) подставим выражения для h_0 и h_1 и получим выражение: $2\mu \sin \gamma = 1/2 \cos \gamma (\alpha_0 - \alpha_1)$. Получим расчетную формулу (2):

$$\mu = \frac{\cos \gamma (\alpha_0 - \alpha_1)}{4 \sin \gamma} = \frac{\text{ctg} \gamma}{4} (\alpha_0 - \alpha_1).$$

Для n последовательных колебаний формула, аналогичная (2) будет справедлива для каждого из n периодов. После сложения всех выражений получим окончательную формулу:

$$\mu = \frac{\text{ctg} \gamma (\alpha_0 - \alpha_n)}{4n}.$$

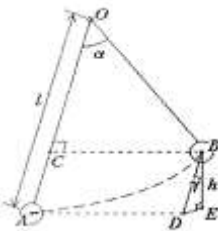


Рис. 3

Для маятника в виде шарика, катящегося без проскальзывания, основной диссипативной силой является сила трения качения $F_{mp}R = \mu N$, где R – радиус кривизны шарика. Рассуждения можно повторить для трения качения. Тогда получим:

$$\mu = \frac{ctg\gamma}{4n}(\alpha_0 - \alpha_1)R.$$

Условия и результаты измерений коэффициента трения скольжения приведены в таблице. Угол наклона плоскости $=2^\circ$; $n = 2$; $\alpha_0 = 10$.

	Сталь		Латунь		Алюминий		Пластмасса	
	μ_0	μ_t	μ_0	μ_t	μ_0	μ_t	μ_0	μ_t
Al	0,40	0,18-0,20	0,40	0,22-0,25	0,32	0,15-0,21	0,47	0,34-0,38
Латунь	0,21	0,15-0,20	0,25	0,17-0,19	0,23	0,25-0,27	0,25	0,25-0,28
Сталь	0,46	0,15-0,21	0,46	0,15-0,20	0,35	0,18-0,20	0,48	0,35-0,38

Условия и результаты измерений коэффициента трения качения в таблице ($\mu = \mu \cdot 10^{-3}$). $\mu_{01}(\gamma = 10^\circ, n = 5; \alpha_0 = 10^\circ)$, $\mu_{02}(\gamma = 2^\circ, n = 5; \alpha_0 = 3^\circ)$.

	Сталь			Латунь			Алюминий			Пластмасса		
	μ_{01}	μ_{02}	μ_t	μ_{01}	μ_{02}	μ_t	μ_{01}	μ_{02}	μ_t	μ_{01}	μ_{02}	μ_t
Алюминий	4,2	1,0	1,0-4,0	4,2	1,0	1,0	4,0	0,8	1,0	5,0	0,9	1,0
Латунь	5,5	1,0	1,0-2,0	5,4	1,1	1,0	5,1	1,0	1,0	4,1	0,8	1,0
Сталь	5,1	1,1	0,5-1,0	5,3	1,2	1,0-2,0	5,0	1,1	1,0-4,0	6,0	1,1	1,0

При расчете коэффициентов трения скольжения с помощью установки ФМ-16 требуется учесть α_{00} – угловой путь затухающих колебаний маятника при нулевом наклоне платформы. С учетом этого затухания коэффициенты трения хорошо согласуются с табличными величинами. Также данную установку можно использовать для исследования свойств жидких смазочных материалов.

Литература

1. Трофимова, Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М.: Академия, 2008. – 557 с.
2. Ахматов, А. С. Лабораторный практикум по физике / А. С. Ахматов. – М.: Высшая школа, 1980. – 359 с.

Коковихина А. А., Солоницын С. А., Шухаренко А. В.
 Научный руководитель: Красильникова С. В., канд. хим. наук, доцент
 Поволжский государственный технологический университет

СНЯТИЕ КРИВЫХ ПОГЛОЩЕНИЯ БЕТА-ЧАСТИЦ РАЗЛИЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Аннотация. В работе анализируются кривые поглощения β -частиц в различных материалах.

Ключевые слова: β -излучение, кривые поглощения, материалы.

Как известно [1], радиоактивное излучение бывает трех типов: α -, β - и γ -излучение. Поток ядер гелия представляет собой α -излучение, который отклоняется электрическими и магнитными полями, обладает высокой ионизирующей способностью и малой проникающей способностью (например, поглощается слоем алюминия толщиной 0,05 мм). Поток быстрых электронов (позитронов) представляет собой β -излучение, ионизирующая способность которого значительно меньше, а проникающая способность гораздо больше (поглощается слоем алюминия толщиной 2 мм), чем у α -частиц. Поток γ -квантов (фотонов) называется γ -излучением и обладает относительно слабой ионизирующей способностью и очень большой проникающей способностью (проходит через слой свинца толщиной 5 см).

Цель данной работы заключалась в снятии кривых ослабления различными материалами при прохождении β -частиц через вещество. Работа проводилась на установке, изображенной на рис. 1. В качестве объектов исследования были взяты: картон, плексиглас, латунь и алюминиевая фольга.



Рис. 1. 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. Наблюдаемое суммарное ослабление пучка β -частиц в зависимости от толщины поглощающего слоя описывается выражением:

$$I = I_0 e^{-\mu x}, \quad (1)$$

где I и I_0 – соответственно интенсивность излучения до поглотителя и после прохождения поглотителя толщиной x , μ – линейный коэффициент поглощения.

Поскольку интенсивность β -излучения пропорциональна числу регистрируемых β -частиц регистрирующим прибором, то выражение (1) можно записать в виде:

$$N = N_0 e^{-\mu x}, \quad (2)$$

где N и N_0 – число регистрируемых β частиц до поглотителя и после прохождения поглотителя толщиной x соответственно.

Экспериментальные кривые поглощения различными материалами представлены на рис. 2, по которым были определены толщина слоя половинного ослабления $x_{1/2}$ и коэффициент поглощения μ . Также были рассчитаны плотности исследуемых веществ, которые близки с табличными значениями. Все результаты сведены в таблицу.

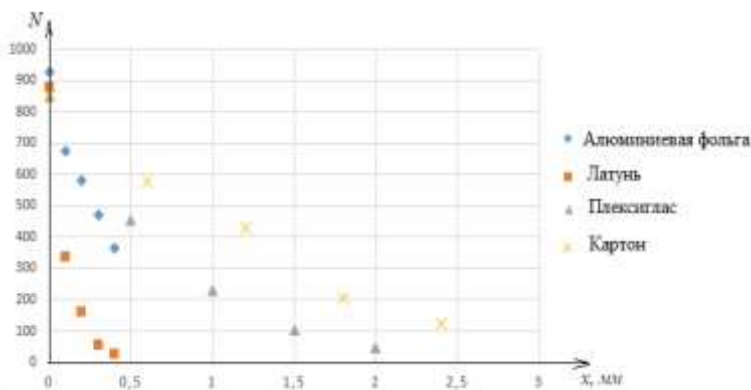


Рис. 2. Кривые ослабления

Сравнительный анализ данных таблицы показал, что лучшей поглощательной способностью β -частиц обладает латунь, а меньшей – картон. Рассчитанные значения коэффициентов поглощения сопоставимы со значениями плотностей исследуемых материалов, что свидетельствует о

корреляции полученных результатов и может служить некоторым критерием для оценки достоверности экспериментальных данных.

Материал	$x_{1/2}$, мм	μ	ρ , г/см ³ (расчет)	ρ , г/см ³ (теорет.)
Картон	1,5	0,46	0,67	0,75
Плексиглас	0,8	0,86	1,25	1,19
Алюминиевая фольга	0,3	2,31	2,63	2,70
Латунь	0,09	7,70	7,10	8,20

Литература

1. Детлаф, А. А. Курс физики: учеб. пособие для вузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1999. – 718 с.

УДК 534.014

Михеева Р. К., Лежнина И. А., Ямбулатов А. И.

Научные руководители: Красильникова С. В., канд. хим. наук, доцент;

Комелин П. А., зав. лаб. кафедры физики

Поволжский государственный технологический университет

ИЗУЧЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМЫ С ОДНОЙ СТЕПЕНЬЮ СВОБОДЫ

Аннотация. В работе экспериментально исследуются основные характеристики механической колебательной системы с одной степенью свободы.

Ключевые слова: пружинный маятник, период колебаний, логарифмический декремент затухания.

Колебательные процессы широко распространены в природе и технике. Во многих случаях они играют отрицательную роль, так, например, колебания моста, возникающие из-за толчков, сообщаемых ему колесами поезда при прохождении через стыки рельсов, колебания (вибрации) корпуса корабля, вызванные вращением гребного винта или вибрации крыльев самолета – все эти процессы могут привести к катастрофическим последствиям. Вместе с тем колебательные процессы лежат в основе различных отраслей техники, например, радиотехники [1]. Поэтому изучение колебаний различной природы является весьма актуальной задачей.

В нашей работе в качестве рассматриваемой механической колебательной системы с одной степенью свободы использовался пружинный маятник. При малых потерях энергии в колебательной системе движение представляет собой затухающие колебания. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний имеет вид:

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0 x = 0, \quad (1)$$

где $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ – циклическая частота, $\delta = \frac{r}{2m}$ – коэффициент затухания, которые связаны с параметрами самой системы.

Цель работы заключалась в определении зависимости периода собственных колебаний пружинного маятника от массы подвешиваемого груза при постоянной жесткости пружины и определение логарифмического декремента затухания пружинного маятника в воздухе и воде. Работа выполнялась на установке, представленной на рис. 1.

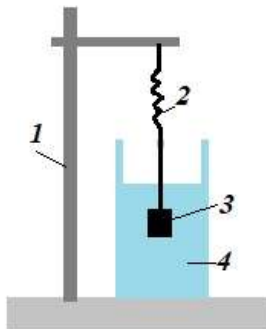


Рис. 1. Схема установки: 1 – штатив со шкалой, 2 – пружина, 3 – подвешиваемые грузы, 4 – сосуд с водой

Используя набор грузов известной массы, была определена жесткость пружины двумя способами: по удлинению пружины под нагрузкой и по измеренному периоду колебаний при различных массах подвешиваемого груза (рис. 2). Коэффициент упругости был найден как угловой коэффициент прямой:

$$k_1 = ctg\alpha = \frac{\Delta mg}{\Delta l},$$

$$k_2 = tg\alpha = \frac{4\pi^2 \Delta m}{\Delta T^2}.$$

Значения коэффициентов получились: $k_1 = 8,25 \pm 0,16$ Н/м, $k_2 = 10,24 \pm 0,28$ Н/м.

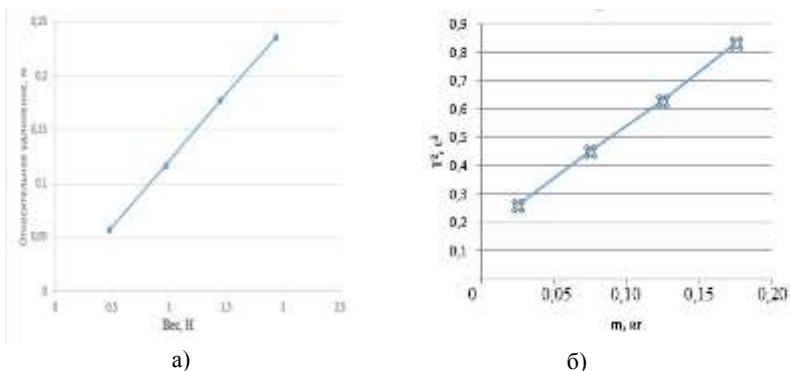


Рис. 2. График зависимости удлинения пружины от веса подвешиваемого груза (а) и график зависимости квадрата периода колебаний пружинного маятника от массы подвешиваемого груза (б)

Для определения логарифмического декремента затухания колебательная система выводилась из положения равновесия и измерялось время, в течение которого амплитуда колебаний маятника уменьшится в два раза. Логарифмический декремент затухания рассчитывался по формуле:

$$\theta = \frac{T}{t} \ln 2 = \frac{T}{t} \cdot 0,693.$$

Логарифмический коэффициент затухания в воздухе составил $\theta = 0,004$, в воде $\theta = 0,171$, что свидетельствует о том, что в воде существует большее трение в системе, чем в воздухе, поэтому колебания быстро затухают.

Таким образом, результаты работы показали, что решение уравнения (1) для воздушной и водной сред в колебательной системе с одной степенью свободы описываются уравнением вида:

$$x = x_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi_0),$$

где $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ – циклическая частота затухающих колебаний.

Литература

1. Детлаф, А. А. Курс физики: учеб. пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1999. – 718 с.

Осипова К. С., Березина Ю. В.

Научный руководитель: Ладычук Д. В., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСШИРЕНИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ И ЖИДКОСТЕЙ

Аннотация. В работе определены температурные коэффициенты линейного и объемного расширения для твердых тел и жидкостей.

Ключевые слова: температурный коэффициент, линейное и объемное расширение, кристаллическая решетка, межмолекулярное взаимодействие.

Изменение линейных размеров твердых тел и объема жидкостей при нагревании имеет сходный характер. Это связано с различием в законе сил притяжения и отталкивания при смещении атомов из положений равновесия. При сближении атомов энергия сил отталкивания возрастает быстрее, чем энергия сил притяжения при соответствующем удалении атомов. С увеличением амплитуд тепловых колебаний атомов в кристалле минимальные расстояния между атомами при их сближении уменьшаются, а максимальные – увеличиваются. Однако при взаимодействии по указанному закону при удалении атомов происходит увеличение расстояний на большую величину, чем уменьшение расстояний при сближении атомов, вследствие чего размеры твердого тела при нагревании увеличиваются. Подобным образом в жидкостях с ростом температуры расстояние между молекулами также увеличивается за счет несимметричной формы потенциальной кривой межмолекулярного взаимодействия, что является причиной термического расширения жидкости [1].

Известно, что изменение линейного размера (L) твердых тел и объема (V) жидкости при их нагревании до определенной температуры (t) происходит по законам [2]:

$$\begin{aligned} L &= L_0(1 + \alpha \Delta t), & V &= V_0(1 + \beta \Delta t), \\ \alpha &= \frac{L - L_0}{L_0 \Delta t} = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta t}, & \beta &= \frac{V - V_0}{V_0 \Delta t} = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta t}, \end{aligned}$$

где L_0 и V_0 – длина и объем тела при начальной температуре (t_0), α и β – температурные коэффициенты линейного и объемного расширения, соответственно.

Работа выполнялась с помощью flash-анимации физической экспериментальной установки. Образцы твердых тел различной длины

($L_0=0,15-0,25$ м) нагревались при $t=0-100$ °С и определялись относительные изменения длины для каждого материала. Жидкости нагревались в колбах ($V_0=1$ л) при $t=0-50$ °С и фиксировалось относительное увеличение их объема.

Графики зависимостей относительного изменения длины (рис. 1) и объема (рис. 2) от температуры для изученных веществ являются линейными в исследованных температурных интервалах, по их наклону определены величины α (табл.1) и β (табл. 2).

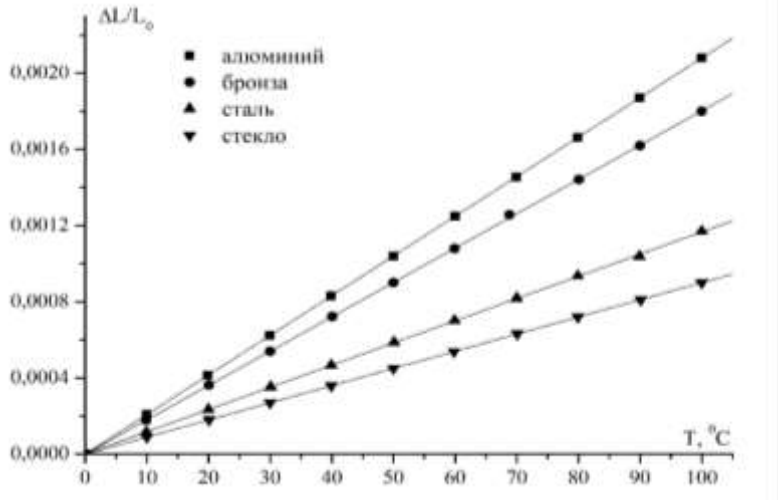


Рис. 1. Зависимости относительного изменения длины исследованных твердых тел от температуры ($L_0=0,15$ м)

Таблица 1

Материал	$\alpha_{\text{эксп. ср.}} \cdot 10^{-5},$ °C ⁻¹	$\alpha_{\text{табл.}} \cdot 10^{-5},$ °C ⁻¹	$\varepsilon, \%$
Алюминий	2,25	2,30	2,2
Бронза	1,80	1,75	2,9
Сталь	1,16	1,17	0,9
Стекло	0,91	0,90	1,1

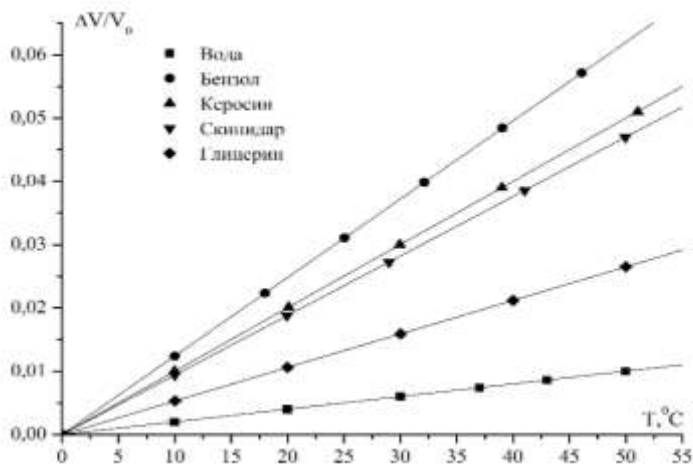


Рис. 2. Зависимости относительного изменения объема исследованных жидкостей от температуры

Таблица 2

Материал	$\beta_{\text{эксп.ср.}} \cdot 10^{-4},$ $^{\circ}\text{C}^{-1}$	$\beta_{\text{табл}} \cdot 10^{-4},$ $^{\circ}\text{C}^{-1}$	$\epsilon, \%$
Вода	2,0	2,1	4,8
Бензол	12,3	12,4	0,8
Керосин	9,9	9,6	3,1
Скипидар	9,5	9,4	1,1
Глицерин	5,3	5,1	3,9

Данные эксперимента показали, что величины α и β для твердых тел и жидкостей являются постоянными в исследованных температурных интервалах и их значения хорошо согласуются с табличными величинами температурных коэффициентов линейного и объемного расширения для изученных веществ.

Литература

1. Трофимова, Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М.: Academia, 2008. – 557 с.
2. Детлаф, А. А. Курс физики: учеб. пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1999. – 718 с.

Романов А. Л.

Научные руководители: Гогелашвили Г. Ш., канд. хим. наук, доцент;

Целищева Л. В., канд. техн. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

ЗАВИСИМОСТЬ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ МАЯТНИКА ОБЕРБЕКА ОТ ПОЛОЖЕНИЯ ГРУЗОВ

Аннотация. Показана зависимость момента инерции маятника Обербека от положения грузов на оси маховика.

Ключевые слова: физика, механика, маятник Обербека, момент инерции, момент силы, угловое и линейное ускорение.

Одной из лабораторных работ практикума по физике для студентов всех технических специальностей является работа «Изучение законов вращательного движения на маятнике Обербека» [1]. В данной работе осуществляется экспериментальная проверка основного закона динамики вращательного движения: изучается зависимость углового ускорения ε маятника при неизменном его моменте инерции от величины вращающего момента M .

Цель данной работы – изучение зависимости момента инерции маятника Обербека от положения грузов по оси стержней.

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 .

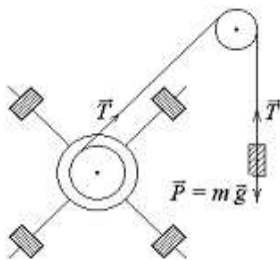


Рис. 1. Экспериментальная установка «Маятник Обербека»

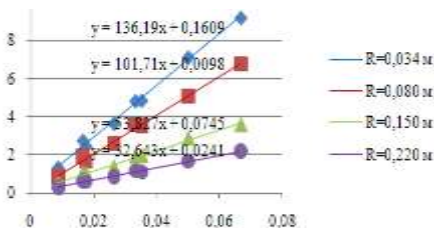


Рис. 2 Зависимость углового ускорения от момента силы для четырех положений груза вдоль оси маятника

На рис. 2 представлены результаты экспериментальных данных для четырех положений R груза вдоль оси маховика. Как видно из графика, все экспериментальные точки укладываются на прямые, по тангенсу угла наклона которых был определен момент инерции маховика I (результаты представлены в табл. 1).

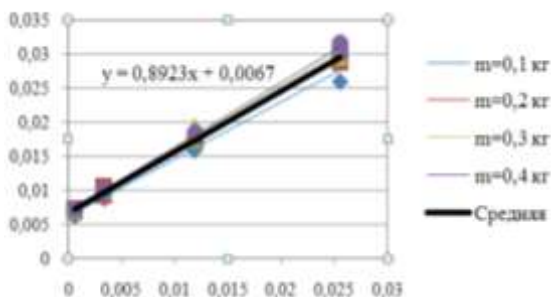


Рис. 3. Зависимость момента инерции маховика I от $4mR^2$

Согласно экспериментальным данным, получили зависимость момента инерции маховика в целом от момента инерции 4-х передвигающихся грузиков на стержнях $4mR^2$, представленную на рис. 3. Зависимость I от $(4mR^2)$ позволяет сделать вывод, что момент инерции маятника Обербека не зависит от массы груза m , прикрепленного к свободному концу нити, а определяется только положением грузов на четырех взаимно перпендикулярных стержнях маятника. Получили уравнение $I = I_0 + 4\pi R^2$ и по графику определили момент инерции маятника без перемещающихся по стержням грузов $I_0 = 0,0067 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Воспользуемся законом сохранения полной механической энергии для консервативной системы:

$$E_{\Pi} = E_{K1} + E_{K2},$$

где E_{K1} – кинетическая энергия поступательного движения, E_{K2} – кинетическая энергия вращательного движения, E_{Π} – потенциальная энергия. Данное уравнение можно записать:

$$mgh = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{I'\omega^2}{2}.$$

Выразим из последней формулы момент инерции I' с учетом того, что угловая скорость $\omega = \frac{\vartheta}{R} = \frac{2\vartheta}{d}$ (где d – диаметр шкива) и $\vartheta = at = \frac{2h}{t}$ (где h – высота, с которой падают грузы). Получим следующее выражение для момента инерции:

$$I' = \frac{md^2}{4} \left(\frac{gt_{\text{пад}}^2}{2} - 1 \right).$$

В табл. 1 представлены значения моментов инерции, определенных графическим способом I и по закону сохранения полной механической энергии I' .

N	R , м	I , кг·м ²	I' , кг·м ²
1.	0,034	0,0073	0,0070
2.	0,080	0,0098	0,0098
3.	0,150	0,0186	0,0175
4.	0,220	0,0306	0,0298

Как видно из таблицы, значения, полученные двумя способами, совпадают в пределах погрешности.

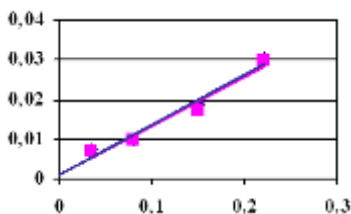


Рис. 4. Зависимость I и I' от R

По графику зависимости I и I' от R (рис. 4) можно прогнозировать и контролировать получение результата студентами всех технических специальностей при выполнении лабораторной работы «Изучение законов вращательного движения на маятнике Обербека» во время лабораторных занятий по физике.

Литература

1. Механика: лабораторный практикум / Г. Н. Косова, Л. П. Кулакова, Г. Ю. Кожина и др.; ред. Г. Н. Косова. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – 86 с.

Хохлов А. А.

Научные руководители: Косова Г. Н., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯ МАГНИТНОГО ДИПОЛЯ

Аннотация. Исследована зависимость индукции магнитного поля плоской катушки с током от расстояния до точки наблюдения вдоль осевой линии. Оценено расстояние, на котором поле катушки отличается от поля магнитного диполя на величину, не превышающую погрешность измерения.

Ключевые слова: вектор магнитной индукции, магнитное поле Земли, магнитный диполь.

За основу исследовательского проекта была взята лабораторная работа «Определение горизонтальной составляющей вектора индукции магнитного поля Земли с помощью тангенс-буссоли» [1]. Эта работа выполняется на установке тангенс-буссоль (рис. 1), основными элементами которой являются плоская катушка с током и компас.

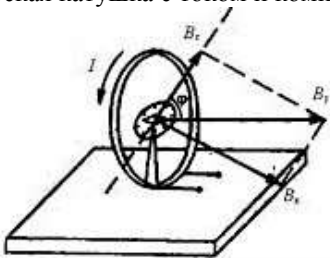


Рис. 1. Изображение установки

В рамках данного исследования ставились следующие задачи: во-первых, проверить, как меняется индукция магнитного поля при удалении точки наблюдения от плоскости катушки вдоль её осевой линии; во-вторых, на каком расстоянии поле катушки будет отличаться от поля магнитного диполя на величину, не превышающую погрешность измерений.

Электрическим диполем называют систему из двух равных по модулю разноименных точечных зарядов $+q$ и $-q$, расстояние между которыми значительно меньше расстояния до рассматриваемых точек поля.

Основная характеристика такой системы – дипольный электрический момент. «Магнитным аналогом» электрического диполя будет замкнутый контур с током, который также характеризуется магнитным дипольным моментом $P_m = I * S$, где I – сила тока в витке, а S – площадь, ограниченная контуром с током. Магнитное поле контура с током в любой точке пропорционально дипольному моменту P_m . Если витков несколько, например n , то дипольный момент и магнитная индукция увеличатся в n раз.

Согласно закону Био-Савара-Лапласа [2], магнитная индукция поля для точки x на оси равна:

$$B_x = \frac{\mu_0 I R^2 * n}{2(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}. \quad (1)$$

С помощью этой формулы можно найти величину магнитной индукции в любой точке на оси X и построить теоретический график. Если $R \ll x$, то плоскую катушку с током можно считать магнитным диполем с индукцией:

$$B_{\text{дип}} = \frac{\mu_0 2 P_m * n}{4 \pi x^3}. \quad (2)$$

В ходе работы с помощью установки тангенс-буссоль была найдена магнитная индукция горизонтальной составляющей поля Земли B_r по формуле:

$$B_r = \frac{\mu_0 n}{2R} C,$$

где C – это постоянная тангенс-буссоли.

Зная B_r и угол отклонения стрелки, можно вычислить индукцию катушки на заданном расстоянии по формуле:

$$B_{\text{катушки}} = B_r * \tan \alpha. \quad (3)$$

где α — угол, регистрируемый стрелкой компаса.

На основе этих измерений и расчетов построен экспериментальный график зависимости индукции магнитного поля катушки от расстояния.

Экспериментальный график так же, как и теоретический показывает, что величина магнитной индукции убывает с расстоянием. Более информативно выглядят линеаризованные (спрямленные) графики. Для этого построена зависимость индукции магнитного поля не от x , а от $\frac{1}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$.

В работе была проведена оценка погрешности экспериментально определённой индукции магнитного поля катушки с током. Относительная погрешность составила величину порядка 10%. С учетом этой погрешности следует отметить, что график, полученный на основе теоретической формулы, и график, построенный по экспериментальным данным в пределах погрешности, практически совпадают (рис. 2).

Используя формулы индукции магнитного поля i витков с током (1) и магнитного диполя (2), было определено расстояние, на котором данную катушку можно считать магнитным диполем с погрешностью, не превышающей 10 %. Это расстояние составляет 37,9 см.

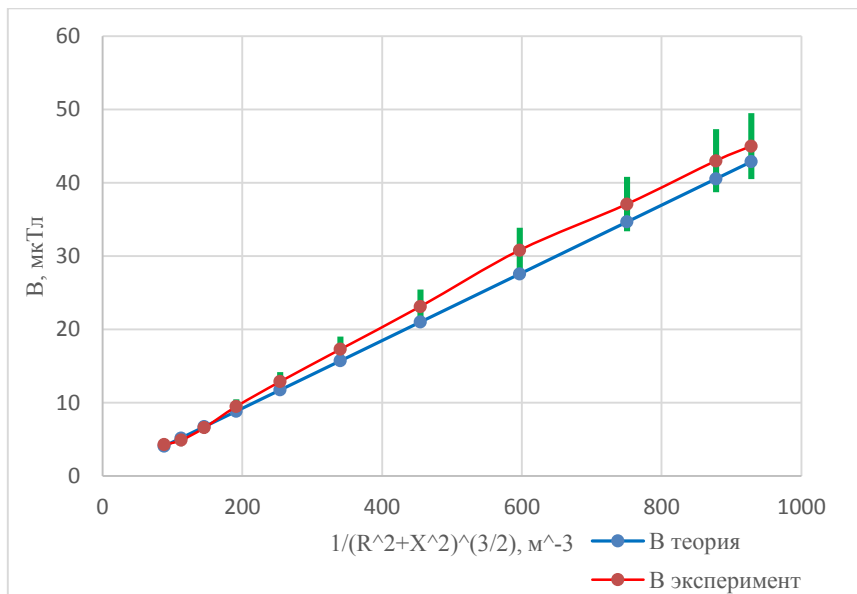


Рис. 2. Линеаризованные теоретический и экспериментальный графики зависимости индукции магнитного поля от расстояния

Выводы. В проведенной работе показано, что установку тангенс-бус-соль можно использовать не только для определения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли, но и для исследования поля магнитного диполя. Таким образом, можно расширить спектр заданий в лабораторной работе «Определение горизонтальной составляющей вектора индукции магнитного поля Земли с помощью тангенс-буссоли».

Литература

1. Магнетизм: лабораторный практикум / Л. А. Григорьев, Г. Н. Аврамчик, А. С. Масленников и др. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2012. – 104 с.
2. Трофимова, Т. И. Курс физики. учеб. пособие для студ. учреждений высш. образования / Т. И. Трофимова. – 22-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 560 с.

УДК 629.373

Андрианов Д. Ю.

Военный инновационный технополис «Эра»

Шкуров Н. В.

Научный руководитель: Кудрявцев И. А., с. н. с

Поволжский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БЕСПИЛОТНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ПЛАТФОРМЫ СО СМЕЩАЕМЫМ ЦЕНТРОМ ТЯЖЕСТИ

Аннотация. Разработана и предложена установка (стенд) для определения координат расположения центра тяжести платформы и определен предельный угол поперечной устойчивости.

Ключевые слова: транспортная платформа, стенд, устойчивость, технические параметры, полезная нагрузка.

При проектировании беспилотной транспортной платформы со смещаемым центром тяжести (далее по тексту «платформа») в качестве донора был использован снегоход «ТІКСІ 250».

В результате анализа базовой платформы с учетом массогабаритных параметров разрабатываемого навесного оборудования (система смещения центра тяжести полезной нагрузки) были определены ожидаемые технические параметры.

Ожидаемые технические параметры:

- длина – 2600 мм;
- ширина (с лыжами) – 1060 мм;
- высота – 1380 мм;
- база лыж – 715 мм.
- Двигатель – РМЗ-250;
- рабочий объем – 249 куб. см;
- номинальная мощность – 22 л. с.;
- максимальный крутящий момент – 24 Нм;
- максимальная скорость – 57 км/ч;
- сухая масса снегохода – 210 кг;
- полезная нагрузка – 90 кг.

При этом критически важным для беспилотной платформы являются параметры координат положения центра тяжести платформы. С целью минимизации погрешности в определении координат центра масс было принято решение определения координат положения центра тяжести платформы с применением стенда, обеспечивающего моделирование критических наклонений платформы.

Стенд для определения координат расположения центра тяжести снаряженной платформы представляет собой два связанных круговых сектора, на полках-хордах которых располагается платформа с передними лыжами и гусеницей.

Такой стенд позволяет осуществлять наклонение платформы до неустойчивого равномерного положения, когда проекция центра масс платформы оказывается на границе опорной площади платформы, которая определяется крайними точками лыж и крайними точками гусеницы в поперечном направлении, образуя опорную площадку в виде трапеции.

В результате с помощью датчика угла и лазерного указателя были определены координаты центра масс снаряженной платформы.

Ключевыми координатами расположения центра тяжести платформы при разработке системы смещения центра тяжести платформы являются высота – 560 мм и расстояние от центральных точек подвеса лыж по горизонтали – 710 мм.



Расположение платформы на стенде

На этом же стенде был определен статический угол поперечной устойчивости, который составил 43° . Это значение является отправной точкой для определения допустимых углов наклонения платформы, обеспечивающих уверенную ее устойчивость.

С учетом необходимости введения коэффициента запаса, динамических воздействий на платформу при маневрировании ее на повышенных скоростях, возможных ветровых нагрузок, возможного нарушения (человеческий фактор) правильного распределения полезной нагрузки в грузовом отсеке был принят предельный угол наклона платформы – 30° . Значение этого угла будет положено в основу расчетов при разработке электромеханических исполнительных механизмов системы смещения центра тяжести платформы.

Принципиальная схема системы смещения центра тяжести отражена в патенте RU 159557 «Беспилотная снегоходная транспортная платформа со смещаемым центром тяжести».

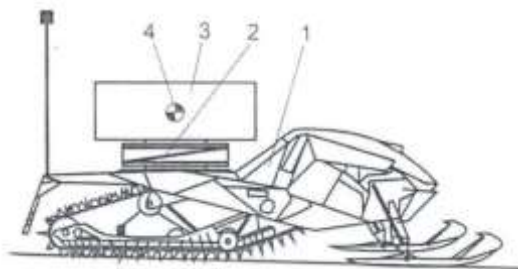


Рис. 1. Беспилотная снегоходная транспортная платформа: 1 – снегоход, 2 – основание с системой изменения положения центра тяжести, 3 – груз, 4 – система управления

Беспилотная снегоходная транспортная платформа 1 содержит опорно-поворотное устройство 2, несущее полезную нагрузку 3 с центром тяжести 4. Опорно-поворотное устройство 2 выполнено в виде кинематически связанных между собой двух приводных скошенных колец с возможностью их относительного поворота.

В результате работ по данному разделу был определен предельный угол поперечной устойчивости равный 30° , который будет взят в основу разработки системы смещения центра тяжести платформы, включая систему управления ее.

Литература

1. Беспилотная снегоходная транспортная платформа по смещаемым центрам тяжести RU 159557 (29.07.2015).
2. Патент Российской Федерации на изобретение – Многоцелевая транспортно-технологическая платформа со смещенным центром тяжести (Андрианов Д. Ю. и др.) RU № 2715098. (25.02.2020).

Андрианов Д. Ю.; Андрианов Ю. С., Фищенко П. А.
Поволжский государственный технологический университет

УСЛОВИЕ БОКОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БЕСПИЛОТНОГО ПЛАНЕТОХОДА

Аннотация. В работе путём математического моделирования движения беспилотного планетохода получено условие боковой устойчивости, когда он не падает, не заваливается на бок при погрузке, движении и разгрузке.

Ключевые слова: планетоход, беспилотный, платформа, математическое моделирование движения, условие боковой устойчивости.

Актуальность. В марте 2021 гендиректор Роскосмоса Дмитрий Рогозин и глава Китайского национального космического управления Чжан Кэцзянь подписали от имени правительств России и Китая меморандум о взаимопонимании и сотрудничестве в области создания Международной научной лунной станции.

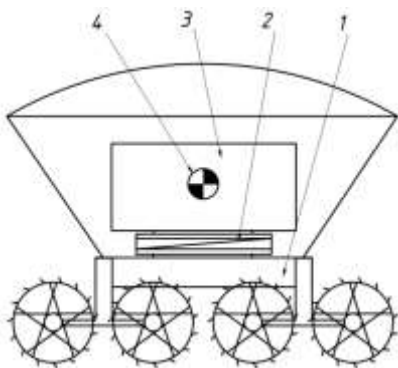
«Международная научная лунная станция – комплекс экспериментально-исследовательских средств, создаваемый на поверхности и/или на орбите Луны, предназначенный для проведения многопрофильных и многоцелевых научно-исследовательских работ, включая проверку технологий с возможностью длительной беспилотной эксплуатации [1].

При исследовании Луны и других планет предлагается беспилотный планетоход со смещаемым центром тяжести [2]. Основные признаки действия данного технического решения в том, что беспилотная платформа (планетоход) со смещаемым центром тяжести (рисунок), несущая полезную нагрузку, содержит систему обеспечения устойчивости, представляющую собой несущее опорно-поворотное устройство, с возможностью смещения центра тяжести полезной нагрузки относительно оси планетохода посредством кинематических связанных между собой приводных скошенных колес с возможностью их относительного поворота.

Целью настоящей работы является поиск условия боковой устойчивости планетохода, когда он не падает, не заваливается на бок во время погрузки, движения и разгрузки.

Постановка задачи. Зная m – массу всей системы (то есть массу самого планетохода вместе с массой груза), $g_{пл}$ – ускорение свободного падения на соответствующей планете (Луне, Марсе и т. п.), L – ширину

опорной площадки, H – высоту расположения центра тяжести всей системы над опорной площадкой, R – радиус кривизны траектории планетохода в некоторый момент времени, получить условие боковой устойчивости.



Беспилотный планетоход (1 – планетоход, 2 – основание с системой изменения положения центра тяжести, 3 – груз, 4 – система управления)

Решение задачи. Для упрощения применим математическую модель равномерного движения планетохода ($|v|=\text{const}$) по горизонтальной плоской кривой линии, которую раздробим на участки, похожие на дуги окружностей разных диаметров, и рассмотрим движение по одной из них, когда $R=\text{const}$.

Беспилотный планетоход вместе с грузом моделируется как материальная точка, имеющая массу m и вес $P=mg_{\text{пл}}$.

При равномерном движении по окружности a_τ – касательное ускорение определяется как производная от постоянной скорости по времени, и поэтому равно нулю $a_\tau=0$. Нормальное (перпендикулярное к траектории) ускорение при движении по окружности является центростремительным ускорением и определяется по величине как отношение квадрата скорости к радиусу кривизны траектории в точке касания, т. е. $a_n=v^2/R$. Полное ускорение, являясь суммой векторов касательного и нормального ускорений, получается равным нормальному ускорению, то есть $\vec{a}=\vec{a}_\tau+\vec{a}_n=0+\vec{a}_n$.

Сила инерции, приложенная в центре масс всей системы (планетоход вместе с грузом), по величине равна произведению массы системы на полное ускорение и направлена противоположно этому ускорению. Получаем $F_{ин} = |\overline{F_{ин}}| = |-\overline{ma}| = ma = m a_y = m \frac{v^2}{R}$.

Сила инерции направлена горизонтально на некоторой высоте H над горизонтальной опорной площадкой и создаёт «опрокидывающий момент», который стремится наклонить и опрокинуть планетоход на бок вокруг прямой, проходящей по краю опорной площадки и параллельной скорости.

Известно, что момент силы равен произведению силы на плечо. Следовательно, модуль опрокидывающего момента равен

$$F_{ин} \cdot H = m \frac{v^2}{R} \cdot H.$$

Моментом, который наоборот стремится удержать движущийся планетоход в «нормальном» положении и стремится прижать платформу к горизонтальной опорной площадке, является момент силы тяжести всей системы относительно той же прямой, проходящей по краю опорной площадки. Считая, что центр тяжести такой системы (платформы с грузом) расположен в серединной вертикальной плоскости и, принимая ширину опорной площадки равной L , получаем плечо $L/2$. Поэтому модуль удерживающего момента равен $P \cdot \frac{L}{2} = m g_{пл} \cdot \frac{L}{2}$.

Беспилотный планетоход, движущийся по горизонтальной поверхности, не упадёт на бок, если опрокидывающий момент не преодолеет удерживающего момента, то есть, если выполняется **условие** боковой устойчивости $m \frac{v^2}{R} \cdot H \leq P \cdot \frac{L}{2}$.

Выводы и практические рекомендации. Из полученного условия можно сделать следующие выводы.

1. При резких поворотах (при резком изменении направления движения), то есть при малых радиусах кривизны траектории, условие боковой устойчивости будет нарушаться, и будет иметь место опрокидывание на бок.

2. Для увеличения вдвое максимально допустимой скорости движения, исключающей опрокидывание платформы на бок (при сохранении веса P и высоты центра тяжести H всей системы), надо ширину опорной площадки L увеличить в четыре раза.

Литература

1. ТАСС, 9 марта, 15:44.
2. Андрианов, Д. Ю. Беспилотная транспортная платформа со смещаемым центром тяжести / Д. Ю. Андрианов // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2016»: материалы Международной научно-технической конференции «(МНТК «ИМТОМ - 2016»)). – Ч. 1. – Казань: Акционерное общество «Казанский научно-исследовательский институт авиационных технологий», 2016. – С. 248-251.

УДК 539.3

Воробьева Е. Г.

Научный руководитель: Куликов Ю. А., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ ВИАДУКА МИЛЛАУ

***Аннотация.** Выполнен обзор публикаций, рассмотрены особенности конструкции и безопасность сооружений виадука Миллау.*

***Ключевые слова:** виадук Миллау, конструкции, безопасность.*

Одним из удивительных мегасооружений является виадук Миллоу (viaduct de Millau). Он построен на юге Франции в долине реки Тарн. Это одно из уникальных достижений инженерной мысли. Авторами проекта являются инженер М. Вирложе и архитектор Н. Фостер. Сооружению принадлежат три мировых рекорда 2005 года: самая высокая опора – 245 м; рекордная высота одного из пилонов вместе с опорой – 343 м; максимальная высота дорожного полотна над землей – 270 м. Конструкция виадука отмечена престижной премией Международной ассоциации мостостроения и конструкторской инженерии.

Мост имеет ряд интересных конструктивных и технологических особенностей. Его протяжённость 2460 метров. Он включает восемь пролетов: длина шести центральных – 342 м каждый, длина двух крайних – 204 м. Путепровод шириной 32 м имеет небольшой уклон в 3,025%, спускающаяся с юга на север, и изгиб в горизонтальной плоскости с радиусом кривизны около 20 километров.

Каждая опора установлена на сваях. Для их возведения бурились скважины-колодцы глубиной до 15 метров и диаметром 5 метров, которые заполнялись армированным бетоном. На постройку опор ушло 200 тыс. тонн бетона и 16 тыс. тонн стальной арматуры.

Опоры держат вантовые пролётные строения весом 36 000 тонн и 7 пилонов, вес каждого – 700 тонн. При установке пилонов использовалась технологии строительства обелисков древних египтян.

Каркас дорожного полотна изготовлен из стальных коробчатых балок жёсткости с прямоугольным профилем сечения. Поперечное сечение имеет форму перевернутого крыла самолета (антикрыла). Форма сечения отрабатывалась в процессе испытаний модели в аэродинамической трубе. При сильном ветре воздушный поток не поднимает, а, наоборот, прижимает дорожное полотно к опорам.

Монтаж пролётных строений осуществлялся путём продольной надвижки дорожного полотна по капитальным и временным опорам при помощи накаточных устройств. Полотна собирались из отдельных секций длиной 22 метра, каждая секция имела свою оригинальную геометрию. На каждой опоре были установлены гидравлические домкраты с клинообразными направляющими, которые, передвигаясь, поднимали и одновременно перемещали дорожное полотно целиком в продольном направлении на 60 см за цикл. Система управления обеспечивала синхронную работу всех домкратов. При выдвигении дорожного полотна для увеличения жёсткости свободно висящих консольных участков использовались пилоны и ванты, которые перемещались вместе с полотном. В ходе строительства применялась спутниковая система позиционирования GPS, которая обеспечила высокую точность выполнения монтажных работ. Так, при замыкании дорожного полотна над центральным пролётом, после продвижения его с двух сторон на расстояние 2460 метров, расхождение между контактными поверхностями составило менее 1 см.

Сверху на каркас уложили около 10 тыс. тонн асфальта, установили пилоны и натянули 154 ванта. Использовался особый вид асфальтобетона. Два года исследований понадобилось для поиска оптимальной формулы покрытия, в основе которого минеральная смола. Материал оказался достаточно мягким (деформативным) для адаптации к совместным деформациям с металлом, без образования трещин. Он соответствует всем требованиям к дорожному покрытию, таким как износостойкость, сцепление покрышек, плотность, отсутствие наплывов и колеиности. После этого мост прошел испытание 900 тонной нагрузкой, максимальный прогиб пролёта под нагрузкой составил 26 см.

Несмотря на впечатляющие весовые характеристики, мост выглядит лёгким и воздушным. Он построен по вантовой схеме и, в отличие от известных вантовых сооружений, поддерживается не двойным, а одинарным рядом стальных тросов. Кроме того, если в традиционных большепролётных мостовых переходах один конец несущего троса крепится к жёсткому основанию (к «земле»), то в многопролётной конструкции виадука «Миллоу» ванты перекинута через пилоны, скрепляя таким образом два смежных пролёта друг с другом. В этом случае, при недостаточной жёсткости на изгиб дорожного полотна и перегрузке одного из пролётов, существует опасность потери устойчивости сооружения целиком, связанная с выпучиванием участков полотна и образованием волн.

Каждый трос состоит из отдельных пучков (стрендов), свитых из тонких проволочек повышенной прочности. Он имеет тройную защиту от коррозии: гальваническая обработка, покрытие защитным восковым слоем и полиэтиленовое экструдированное покрытие. На внешней поверхности тросов сделана оплётка, по всей длине которой проходят спиральные гребни (канавки) для направленного стока воды. Это сделано для предотвращения развития аэроупругих явлений, связанных с отрывом гидравлических струй и образованием завихрений при дожде и сильном ветре. При этом многотонные ванты испытывают сильное воздействие стихии, что вызывает автоколебания. Чтобы упругие колебания вант не передавались балкам жёсткости дорожного полотна, используются демпферы, представляющие собой гидравлические цилиндры с поршнями.

Спустя три года после начала строительства, 14 декабря 2004 года, состоялось открытие Виадука Мийо. На строительство было потрачено 477 млн. долларов, однако платный проезд автотранспорта (до 50 тыс. автомобилей в день) достаточно быстро возместил все затраты.

Конструкция мегасооружения содержит десятки километров электрических кабелей: около 30 км высоковольтных кабелей, 20 км оптоволоконных и 10 км слаботочных кабелей. Используются различные датчики и системы слежения за состоянием моста. Приборы измеряют температуру, изменения уклонов, скорость и направление ветра, а также массу и другие параметры. На самой высокой опоре деформации измеряют 12 датчиков-тензометров, проводится до 100 измерений в секунду. Контрольная аппаратура предназначена для отслеживания колебаний и сдвигов всей конструкции целиком, а также её отдельных участков. Все данные о состоянии виадука стекаются в центр контроля и управления, расположенный в районе пункта оплаты проезда.

Литература

1. Виадук Мийо – самый высокий мост в мире // Достопримечательности мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cattur.ru/europa/france/viaduk-miyo.html>.
2. Парабола. Подвесные и вантовые мосты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.liveinternet.ru/users/sveta_1950/post393983171/.
3. Виадук Мийо (Миллау). Самый высокий мост в мире [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://grandstroy.blogspot.com/2011/02/blog-post_26.html.
4. Большепролетный висячий мост новой конструкции // Деловой Петербург [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://blog.dp.ru/post/5191/>.
5. Как устроен вантовый мост? // Популярная Механика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.popmech.ru/technologies/13950-veer-i-arfa/>.

УДК 539.3

Зими́на Е. Ю., Шлы́чков С. В.

Поволжский государственный технологический университет

ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ НА УПРУГО-ДИССИПАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

Аннотация. Разработана и апробирована экспериментальная установка для определения упругих и диссипативных свойств древесины. На ее основе проведен сравнительный анализ влияния анизотропии древесины на ее упруго-диссипативные свойства. Установлено, что стержневые образцы из древесины, ориентированные вдоль волокон, имеют в несколько раз меньший логарифмический декремент колебаний, чем образцы, ориентированные поперек волокон. При этом модули упругости в этих направлениях различаются в сотни раз.

Ключевые слова: логарифмический декремент колебаний, упругие и диссипативные свойства, собственная частота.

Введение. Механизмы рассеяния энергии механических колебаний в материалах и конструкциях до настоящего времени остаются малоизученными. Математическое моделирование этих явлений оказывается приближенным и недостаточно обоснованным. В этой связи исследования в этой области являются актуальными и востребованными.

Эксперимент. Принципиальная схема устройства для анализа диссипативных свойств изображена на рис. 1, а. Для передачи электромагнитного воздействия на немагнитический образец 1 использован металлический колпачок 2 массой $m = 0,47$ г. (рис. 1), плотно надетый на свободный конец образца. Другой конец образца закрепляется в станине с помощью

зажимного устройства 3 (рис. 1, б). На электромагнитный датчик 4 подается гармонический сигнал звуковой платы компьютера 6. Посредством электромагнитного датчика 5 сигнал от колеблющегося образца вместе с колпачком поступает на вход 6 и колебательный процесс отображается на экране монитора 7 посредством графопостроительной программы. В случае прекращения подачи сигнала на электромагнитный вибратор 4 образец переходит в режим свободных затухающих колебаний (рис. 2). Дальнейший анализ полученной затухающей кривой позволяет делать выводы о диссипативных свойствах образца. Определяются величины амплитуд колебаний (A_1 и A_{11}) по виброграмме (рис. 2).

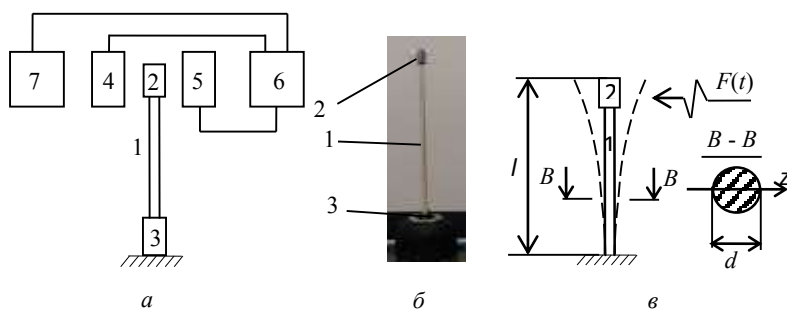


Рис. 1. а – установка для определения упруго-диссипативных свойств материалов; б – образец 1 с «колпачком» 2; в – расчетная схема образца (1) с «колпачком» (2)

В случае прекращения подачи сигнала на электромагнитный вибратор 4 образец переходит в режим свободных затухающих колебаний (рис. 2). Дальнейший анализ полученной затухающей кривой позволяет делать выводы о диссипативных свойствах образца. Определяется величина амплитуд колебаний на виброграмме. С помощью представленных формул определяется логарифмический декремент колебаний δ

$$\delta = \ln\left(\frac{1}{d}\right); d^{k-1} = \frac{A_k}{A_1}.$$

Здесь k – это количество условных периодов затухающих колебаний, в течение которых измеряется декремент. Интервал, определяемый величиной k , следует делать достаточно большим для уменьшения погрешности измерений отдельных пиков. Таким образом, были получены результаты, характеризующие способность древесины рассеивать энергию ко-

лебаний. Для оценки упругих свойств древесины использован вибрационный подход для выявления величины f_1 первой собственной частоты колебаний образца [2]. По формуле

$$E = \frac{f_1^2 \cdot l^3 \cdot (m + 0,24m_0 l)}{3 \cdot I_z}$$

определены модули упругости экспериментальных образцов, изготовленных из древесины ели. Здесь I_z – момент инерции поперечного сечения, m – масса колпачка, m_0 – погонная масса образца. Для исследований изготовлены геометрически одинаковые образцы длиной 100 мм и диаметром 3, вырезанных поперек (№1) и вдоль (№2) волокон древесины (рис. 2). Вес образцов составил 0,8 г.

Они последовательно исследованы посредством прибора (рис. 1). Полученные результаты представлены в таблице.



Рис. 2. Образцы для испытаний: №1 – поперек волокон; №2 – вдоль волокон

Физико-механические свойства	Образцы	
	1	2
Собственная частота [Гц]	15	218
Модуль упругости [ГПа]	0,05	10,8
Логарифмический декремент колебаний	0,26	0,06

Анализ представленных в таблице данных позволяет сделать следующие выводы. Установлено, что диссипативные свойства древесины существенно зависят от ориентации волокон древесины в конструкции относительно направления вынуждающей колебания силы. Получается, что с увеличением жесткостных свойств конструкции (высокий модуль упругости образца №2) его диссипативные свойства ниже, чем у более податливой конструкции (низкий модуль упругости образца №1). При этом зависимость демпфирования от упругих свойств имеет достаточно сложный нелинейный характер, поскольку декременты колебаний у исследованных образцов отличаются в три раза, а характеристики упругости в 250 раз.

Литература

1. Патент на изобретение Российская Федерация. Способ определения упруго-диссипативных характеристик древесины / Шлычков С. В.; заявитель и патентообладатель Поволжский гос. технолог. ун-т. – №2715222; заявл. 07.02.2019; зарегистр. в Реестре изобретений 26.02.20.

2. Аманов, А. Н. Идентификация физико-механических свойств материалов / А. Н. Аманов, Д. А. Ильина, С. В. Шлычков // «Научному прогрессу – творчество молодых»: матер. XIV межд. молод. научн. конф. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 129-131.

УДК 531

Исмагилова Г. И., Журавлев Е. А.

Поволжский государственный технологический университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С СУХИМ ТРЕНИЕМ

Аннотация. Рассматривается имитационная динамическая модель пружинного маятника на подвижной шероховатой плоскости. Использована стационарная трехпараметрическая модель сухого трения и явная схема численного интегрирования по времени. Приводятся результаты численной реализации модели в пакете Mathcad.

Ключевые слова: динамическая модель, автоколебания, сухое трение, численное решение.

Задача математического описания фрикционных автоколебаний имеет длинную историю, которая начинается с работ Ван-дер-Поля, Витте, Ишлинского и продолжается по сей день. Достаточно полный исторический обзор работ по этой тематике можно найти в работе [1]. Её актуальность обусловлена присутствием автоколебательных режимов во многих важных технологических процессах, например, обработки металлов или бурения нефтяных скважин.

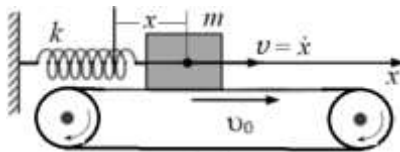


Рис. 1

Рассматривается автоколебательная система (рис. 1): груз массой m , закрепленный на конце пружины жесткостью k , который помещен на шероховатую ленту, движущуюся с постоянной скоростью v_0 . Координата x груза, отсчитывается

от его положения, в котором деформация пружины отсутствует.

Считаем, что зависимость коэффициента трения μ от модуля скорости груза относительно ленты $u = |v_0 - \dot{x}|$ имеет вид:

$$\mu(u) = \begin{cases} \mu^* - (\mu^* - \mu_*) \sin\left(\frac{\pi u}{2U}\right), & \text{при } u \leq U, \\ \mu_*, & \text{если } u > U. \end{cases} \quad (1)$$

График такой зависимости представлен на рис. 2. Здесь обозначены: μ^* – коэффициент трения покоя, μ_* – минимальный коэффициент трения, U – модуль относительной скорости груза, при которой $\mu = \mu_*$.

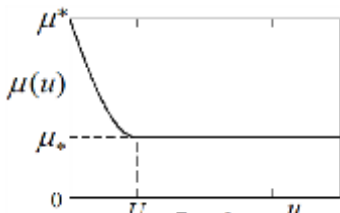


Рис. 2

Очевидно, что в любой момент времени груз находится в одном из двух режимов движения:

1. Скольжение относительно ленты со скоростью $v_0 - \dot{x}$. Соответствующее этому режиму движения уравнение

динамики тела имеет вид:

$$m\ddot{x} = -kx + \text{sign}(v_0 - \dot{x})\mu(|v_0 - \dot{x}|)mg. \quad (2)$$

2. Движение вместе с лентой без проскальзывания с постоянной скоростью v_0 . В этом случае ускорение тела равно нулю:

$$\ddot{x} = 0, \quad \dot{x} = v_0. \quad (3)$$

Режим 1 сохраняется до тех пор, пока скорость груза отличается от скорости ленты, т. е. $\dot{x} \neq v_0$. Для перехода из режима скольжения 1 в режим 2 должны одновременно выполняться два условия: скорости груза и ленты равны, а модуль силы упругости пружины не превышает наибольшего значения силы трения покоя, т. е.

$$\dot{x} - v_0 = 0 \quad \text{и} \quad |kx| \leq \mu^*mg. \quad (4)$$

Режим 2 сохраняется до тех пор, пока модуль силы упругости пружины не превышает наибольшего значения силы трения покоя μ^*mg , т. е. переход из режима движения II в режим I произойдет, если

$$|kx| > \mu^*mg. \quad (5)$$

Таким образом, форма динамических зависимостей (2) или (3) зависит от состояния системы, т. е. от значений координаты x и скорости $\dot{x}$ груза.

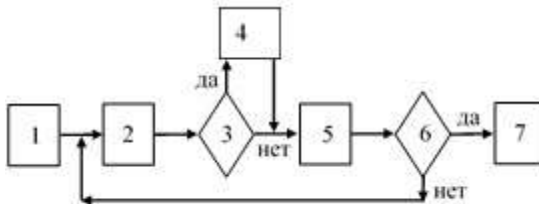


Рис. 3

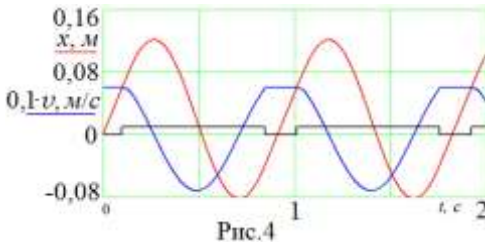
Расчет эволюции состояния рассматриваемой динамической системы выполнялся пошаговым методом. На каждом временном шаге выполнялся расчет нового состояния системы на основании уравнений (2) или (3) с последующей проверкой выполнения условий (4) и (5) изменения режима движения.

Блок-схема алгоритма расчетов представлена на рис. 3, где

1. Задание значений:
 - параметров $m, k, v_0, *, *, U$;
 - начальных условий $x(0), \dot{x}(0)$;
 - переменной R - указателя режима движения груза ($R = 1$ - режим I, $R = 2$ - режим II);
 - временного шага D , времени t_k окончания расчетов, текущего времени $t = 0$;
 - счетчика шагов $i = 1$.
2. Расчет состояния $x, \dot{x}$ системы после выполнения следующего временного шага на основании динамических уравнений (2) или (3). Сохранение значений $t, x, \dot{x}, R$ в ячейках $Z_{i,1}, Z_{i,2}, Z_{i,3}, Z_{i,4}$ массива Z :
3. Проверка условий (4), (5) изменения режима движения.
4. Изменение значения переменной R , т. е. смена режима движения.
5. Изменение текущего значения времени $t = t + D$ и счетчика шагов $i = i + 1$.
6. Проверка условия окончания расчетов $t > t_k$.
7. Завершение расчетов.

Выполнена компьютерная реализация этого алгоритма средствами пакета MATHCAD. Результаты численных расчетов представлены на рис. 4. Красная кривая изображает изменение координаты x груза, а синяя – изменение его скорости $\dot{x}$. Ступенчатая линия на рис. 4 указывает на режим движения груза: верхняя ступень соответствует режиму скольжения (I), а нижняя ступень – режиму (II).

Использованные значения параметров: $m = 1$ кг, $k = 50$ Н/м, $v_0 = 0,6$ м/с, $m^* = 0,3$; $m_* = 0,1$; $U = 0,1$ м/с. Начальные условия: $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = v_0 = 0,6$ м/с. Временной шаг $D = 0,001$ с.



Литература

1. Метрикин, В. С. К теории динамических систем с трением наследственного типа / В. С. Метрикин, М. В. Зайцев, Н. С. Стародубовская // Дифференциальные уравнения и процессы управления. – 2017. – №4. – С. 151-178.

УДК 539.376

Леухин М. Д., Иванов С. П.

Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ БАЛОК ПРИ ИЗМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Аннотация. Проводится анализ НДС физически нелинейных балок при изменении различных параметров.

Ключевые слова: физическая нелинейность, НДС балок.

При действии значительных нагрузок диаграмма деформирования материалов может быть нелинейной. Также при незначительных деформациях такие материалы, как бетон, различные сплавы, композиты, имеют нелинейную диаграмму деформирования.

Принимаем зависимость между напряжениями σ и деформациями ε в виде кубической параболы:

$$\sigma = E\varepsilon - E_1\varepsilon^3, \quad (1)$$

где E и E_1 – постоянные, принимают по экспериментальным данным.

Выражаем деформацию ε через кривизну w_{xx}

$$\varepsilon = -zw_{xx} = -z \frac{d^2 w}{dx^2}. \quad (2)$$

С учетом (2) выражение (1) принимает следующий вид

$$\sigma = -zEw_{xx} + z^3 E_1 w_{xx}^3. \quad (3)$$

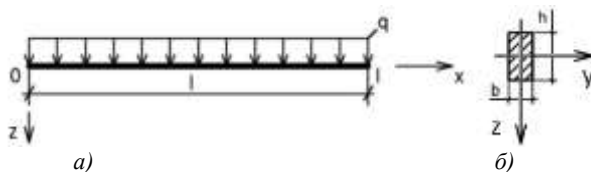


Рис. 1. Схема балки без опор (а); поперечное сечение балки (б)

Составим выражение полной энергии деформирования балки (рис. 1):

$$\Pi = \int_0^x \left[\int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \left(\int_0^\varepsilon \sigma d\varepsilon \right) dz - qw \right] dx = \int_0^x \left(\frac{Ebh^3}{24} w_{xx}^2 - \frac{E_1 bh^5}{320} w_{xx}^4 - qw \right) dx. \quad (4)$$

Далее определяем экстремальное значение Π , используя уравнение Эйлера-Лагранжа:

$$-\frac{d^2}{dx^2} \frac{\partial F}{\partial w_{xx}} + \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial w_x} - \frac{\partial F}{\partial w} = 0, \quad (5)$$

где F – подынтегральная функция (4).

Раскрывая выражение (5), получаем нелинейное дифференциальное уравнение равновесия физически нелинейной балки:

$$EIw_{xxxx} - \frac{3}{80} E_1 bh^5 (2w_{xx} w_{xxx}^2 + w_{xxx} w_{xx}^2) = q, \quad (6)$$

где $I = bh^3/12$.

Уравнение (6) решается совместно с граничными условиями на концах балки. Интегрирование уравнения можно проводить численно или с помощью рядов. Приведем решение в рядах.

В качестве примера исследуется однопролетная балка на действие равномерно распределенной нагрузки q :

1. концы опираются на шарнирные опоры (рис. 1, а). Граничные условия: при $x = 0$, $w(0) = w_{xx}(0) = 0$; при $x = l$ $w(l) = w_{xx}(l) = 0$.

2. концы балки защемлены, имеем: при $x = 0$, $w(0) = w_x(0) = 0$; при $x = l$ $w(l) = w_x(l) = 0$.

Решаем задачу в рядах в первом приближении, согласно граничным условиям принимаем прогиб w для 1-го вида опирания:

$$w = w_1 \sin \frac{\pi x}{l}, \quad (7)$$

а для 2-го случая опирания можно принять так:

$$w = w_1 \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{l} \right). \quad (8)$$

Подставляя (7) и (8) в (6), после ортогонализации получаем нелинейное алгебраическое уравнение относительно прогибов

$$Q = w_1 - E_2 k w_1^3, \quad (9)$$

где для шарнирно опертой балки: $Q = 4ql^4/(\pi^5 EI)$, $k = 9 \pi^4 h^2/(80l^4)$;

для защемленной балки: $Q=q l^4/(8\pi^5 EI)$, $k=1.8 \pi^4 h^2/l^4$.

Из решения уравнения (9) построены графики зависимости нагрузка-прогиб (рис. 2).

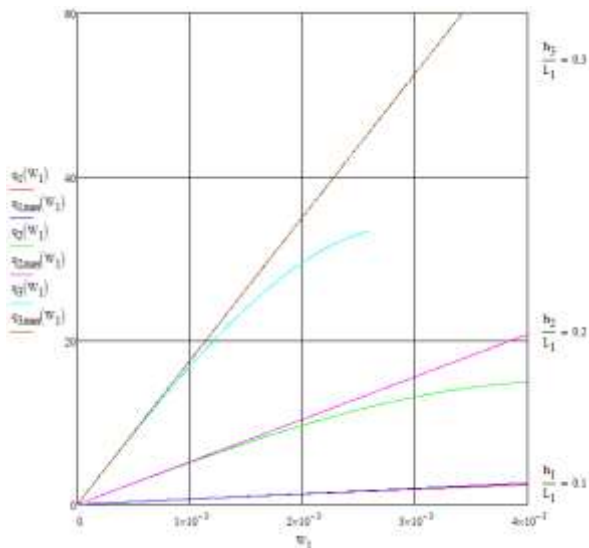


Рис. 2. Графики зависимости нагрузка-прогиб

Выводы.

1. Из графиков (рис. 2) видно, что кривая нагрузка-прогиб, полученная с учетом физической нелинейности, значительно отклоняется от прямой, полученной по линейной теории в зависимости от изменения различных параметров (например, для балки с шарнирным опиранием при различных соотношениях h/l).

2. Уравнение (3) показывает, что закон изменения напряжений σ по высоте h сечения балки имеет такой же вид, как и диаграмма деформирования материала.

3. При увеличении высоты сечения балки физическая нелинейность оказывает большее влияние на НДС при равнозначности прогиба.

4. В балке с защемленными опорами влияние физической нелинейности более значительно, чем в балке с шарнирными опорами.

Михеева П. К., Иванов С. П.

Поволжский государственный технологический университет

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ
НА ПРОГИБЫ БАЛОК

Аннотация. Проводится анализ влияния геометрической нелинейности на прогибы балок при изменении геометрических параметров и видов опирания.

Ключевые слова: геометрическая нелинейность, опоры.

При действии значительных нагрузок и увеличении пролетов балок зависимость между деформациями и перемещениями (прогибами) может быть нелинейной. Кривизну балки (рис. 1) считаем незначительной.

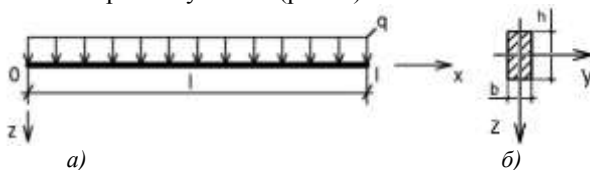


Рис. 1. Схема балки без опор (а); поперечное сечение балки (б)

Выведем уравнение изгиба балок с учетом геометрической нелинейности. Запишем выражение деформации через продольные перемещения u и прогибы w :

$$\varepsilon = u_x + \frac{1}{2}(w_x)^2 - zw_{xx}, \quad u_x = \frac{du}{dx}, \quad w_x = \frac{dw}{dx}, \quad w_{xx} = \frac{d^2w}{dx^2}. \quad (1)$$

Распределение напряжений по высоте сечения будет следующим

$$\sigma = E\varepsilon = E\left(u_x + \frac{1}{2}(w_x)^2 - zw_{xx}\right). \quad (2)$$

Определим полную энергию деформирования балки

$$\begin{aligned} \Pi &= \int_0^x \left[\int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} (\int_0^{\varepsilon} \sigma d\varepsilon) dz - qw \right] dx = \\ &= \int_0^x \left(\frac{Ebh^3}{24} w_{xx}^2 + \frac{Ebh}{2} (u_x^2 + 0,25w_x^4 + u_x w_x^2) + qw \right) dx. \end{aligned} \quad (3)$$

Определяем экстремальное значение Π , используя уравнения Эйлера-Лагранжа:

$$-\frac{d^2}{dx^2} \frac{\partial F}{\partial w_{xx}} + \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial w_x} - \frac{\partial F}{\partial w} = 0,$$

$$\frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial u_x} - \frac{\partial F}{\partial u} = 0, \quad (4)$$

где F – подынтегральное выражение (3).

Раскрывая (4), получим систему двух нелинейных дифференциальных уравнений:

$$Q = w_{xxxx} - \frac{6}{h^2} (w_x^2 w_{xx} + 2u_x w_{xx}), \quad (5)$$

$$u_{xx} = w_x w_{xx},$$

где $Q = q/EI$, $I = bh^3/12$.

Система (5) решается совместно с граничными условиями на краях балки. Для интегрирования уравнений можно применять численный метод, а можно решать с помощью рядов.

Рассмотрим для примера балку (рис. 1) под действием распределенной нагрузки q при двух видах опирания на концах.

1. Концы опираются на шарнирно неподвижные опоры (рис. 1, а). Граничные условия: при $x = 0$, $w(0) = w_{xx}(0) = 0$, $u(0)=0$; при $x = l$ $w(l) = w_{xx}(l) = 0$, $u(l)=0$.

2. Концы балки зашцеplены, имеем: при $x = 0$, $w(0) = w_x(0) = 0$, $u(0)=0$; при $x = l$ $w(l) = w_x(l) = 0$, $u(l)=0$.

Решаем уравнения (5) в рядах в первом приближении. Для первого вида опирания перемещения принимаем в виде:

$$w = w_1 \sin \frac{\pi x}{l}, \quad u = u_1 \sin \frac{2\pi x}{l}. \quad (6)$$

Для балки с зашцеplенными концами имеем:

$$w = w_1 \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{l} \right), \quad u = u_1 \sin \frac{2\pi x}{l}. \quad (7)$$

Подставляя (6) и (7) в систему (5) после преобразований получим нелинейное алгебраическое уравнение

$$Q = w_1 + \beta w_1^3, \quad (8)$$

где для шарнирно опертой балки:

$$Q = 0,013 q l^4 / (EI), \quad \beta = 1,125 / h^2;$$

для балки с защемленными концами:

$$Q=0,00125ql^4/(EI), \quad \beta=10,5/h^2.$$

На рис. 2 представлены графики для первого вида опирания.

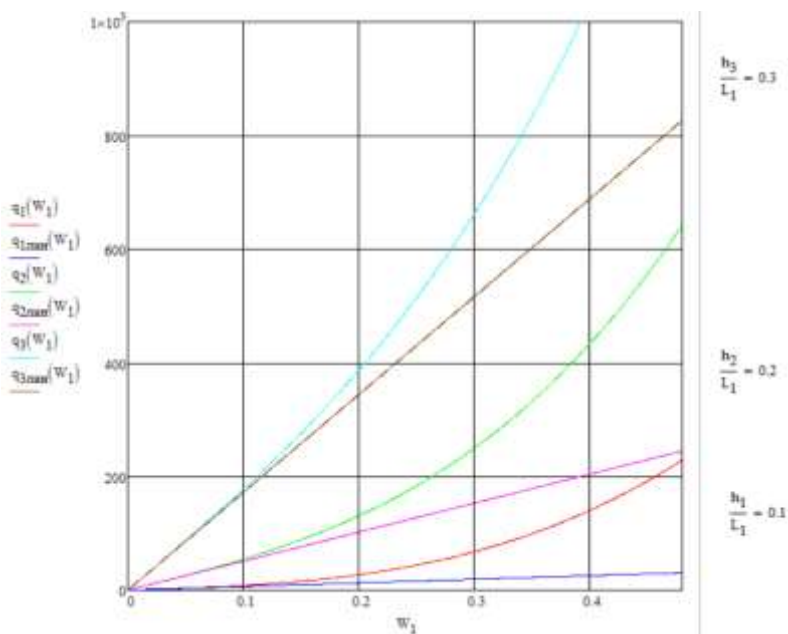


Рис. 2. Графики зависимости нагрузка-прогиб для балки с шарнирно-неподвижными опорами на концах

Выводы.

1. Расчеты по уравнению (8) показывают, что кривая нагрузка – прогиб, полученная с учетом геометрической нелинейности, начинает отклоняться от прямой, полученной по линейной теории, независимо от высоты сечения при прогибах, составляющих четверть высоты балки (рис. 2).
2. Результаты расчетов указывают, что влияние геометрической нелинейности сказывается одинаково на прогибы в балке с защемленными и шарнирными концами.
3. При увеличении высоты сечения балки геометрическая нелинейность оказывает большее влияние на НДС балки с защемленными концами при равнозначности прогиба.

Михеева П. К., Леухин М. Д.

Научный руководитель: Лоскутов Ю. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ ПРОГИБОВ ТОНКИХ ПЛАСТИН

Аннотация. *Сравнивается максимальный прогиб тонкой пластины при различных методах.*

Ключевые слова: *пластина, функции, метод, аппроксимация, производные, прогиб.*

В настоящей работе определяется и сравнивается максимальный прогиб тонкой пластины, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой методом Власова, Бубнова-Галеркина.

Решение задачи об изгибе пластины методом Бубнова-Галеркина сводится к решению разрешающего уравнения теории изгиба пластин, которое перепишем в виде:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} - \frac{q}{D} = 0.$$

Решение этого уравнения представляется в виде ряда:

$$w(x, y) = \sum_{i=1}^k C_i W_i(x, y).$$

Рассмотрим квадратную жестко защемленную по контуру пластину (рис. 1), нагруженную равномерно распределенной поперечной нагрузкой q . Представим аппроксимирующую функцию в виде

$$w(x, y) = \varphi_1(x) \psi_1(y),$$

где $\varphi_1(x) = \frac{x^2}{a^4} (x-a)^2$, $\psi_1(y) = \frac{y^2}{b^4} (y-b)^2$ – функции, представляющие собой функции прогибов полосок, вырезанных из пластин вдоль осей.

При данных условиях решение примет вид:

$$w(x, y) = C_1 \frac{x^2}{a^4} (x-a)^2 \frac{y^2}{b^4} (y-b)^2.$$

Составим интеграл:

$$\int_0^a \int_0^b \left\{ \frac{C_1}{a^4 b^4} [24x^2(x-a)^2 + 8(6x^2 - 6ax + a^2)(6y^2 - 6by + b^2) + 24y^2(y-b)^2] - \frac{q}{D} \right\} \frac{x^2}{a^4} (x-a)^2 \frac{y^2}{b^4} (y-b)^2 dx dy = 0$$

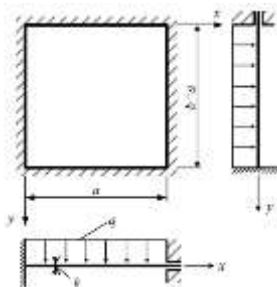


Рис. 1

После интегрирования будем иметь:

$$C_1 = \frac{7a^4 b^4 q}{8(a^4 + \frac{4}{7}a^2 b^2 + b^4)D}.$$

В итоге получим искомую функцию прогиба

$$w(x, y) = \frac{7x^2 y^2 (x-a)^2 (y-b)^2 q}{8(a^4 + \frac{4}{7}a^2 b^2 + b^4)D}.$$

Максимальный прогиб при $x=a/2$, $y=b/2$

$$w_{\max} = 0,34 \frac{a^8}{b^4} \frac{q}{D}.$$

Далее найдем максимальный прогиб методом Власова. При решении задачи в первом приближении система дифференциальных уравнений вида будет состоять из одного уравнения:

$$a_{11} W^{IV} - 2b_{11} W_1'' + C_{11} W_1 = \frac{G_1}{D}, \quad (1)$$

где

$$a_{11} = \int_0^a f_1^2 dx, b_{11} = \int_0^a (f_1')^2 dx, C_{11} = \int_0^a (f_1'')^2 dx, G_1 = \int_0^a q f_1 dx.$$

Обобщенный прогиб принимаем:

$$w_1 = w_{11} (1 - \cos \frac{2\pi y}{b}).$$

После нахождения производных и подстановки их в уравнение (1), проведем ортогонализацию полученного уравнения и проинтегрируем. В результате получим:

$$W_{11} = \frac{qa^4}{32\pi^4 D}.$$

Прогиб пластины определим по формуле:

$$w(x, y) = \frac{qab}{4\pi^4 D} \frac{1}{3\frac{a}{b^3} + 2\frac{1}{ab} + 3\frac{b}{a^3}} (1 - \cos \frac{2\pi y}{b})(1 - \cos \frac{2\pi x}{a}).$$

Максимальная величина прогиба в центре пластины будет равна:

$$w_{\max} = 0,00129 \frac{qa^4}{D}.$$

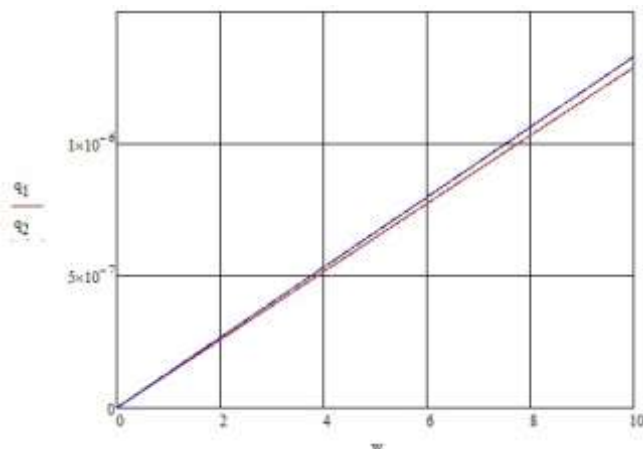


Рис. 2.

q_1 – метод Бубнова-Галеркина, q_2 – метод Власова

По графику на рис. 2 видно, что разница в величине максимального прогиба тонкой пластины от различной распределенной нагрузки при определении двумя разными методами невелика.

Литература

1. Иванов, С. П. Изгиб прямоугольных пластин: учебное пособие / С. П. Иванов. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2011. – 112 с.
2. Вайнберг, Д. В. Пластины, диски, балки-стенки. Прочность, устойчивость и колебания / Д. В. Вайнберг, Е. Д. Вайнберг. – Киев: Госстройиздат, 1959. – 1052 с.

Русинова А. А., Микакова Д. Е.

Научный руководитель: Лоскутов Ю. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЗАКРЕПЛЕНИЯ НА МАКСИМАЛЬНЫЙ ПРОГИБ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ

Аннотация. В работе рассмотрены влияния условий закрепления на максимальный прогиб пластины.

Ключевые слова: пластина, прогиб, изгиб, граничные условия.

Одним из основных элементов большинства современных строительных конструкций являются пластины. Строителям часто приходится иметь дело с расчетом конструкций, весьма протяженных в одной плоскости и имеющих малый размер перпендикулярно этой плоскости. При этом нагрузка считается нормальной к этой плоскости. Поэтому тема работы представляется достаточно актуальной.

Целью данной работы является определение влияния условий закрепления на перемещения при изгибе пластины

Задача: рассмотреть различные условия закрепления пластины и оценить величину прогибов.

В настоящей работе исследуется напряженно-деформированное состояние прямоугольной пластины, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой.

Функция прогиба находится в виде следующего разложения

$$w(x, y) = W_1(y)f_1(x) + W_2(y)f_2(x) + \dots + W_n(y)f_n(x) \\ = \sum_{i=1}^n W_i(y)f_i(x),$$

где $W_i(y)$ – обобщенный прогиб пластины, постоянная $f_i(x)$ – функции, поперечного распределения прогибов (координатные функции).

Для получения разрешающих уравнений используем энергетический метод Власова В. З. Записывается полная энергия деформирования пластины. Далее определяется экстремальное значение энергии, используя уравнения Эйлера-Лагранжа, после раскрытия которых получаем систему обыкновенных дифференциальных уравнений:

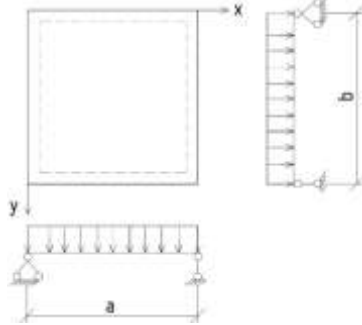
$$\sum_{i=1}^n [a_{ij}W_i^{IV} - 2b_{ji}W_i'' + c_{ji}W_i] = \frac{G_i}{D},$$

В качестве примера выполнен расчет прямоугольных пластин с различными граничными условиями (рис. 1).

1. Расчет прямоугольной пластины с шарнирно-опертыми краями.

В направлении оси x – линейная функция $f_1 = \sin \frac{\pi x}{a}$, в направлении y – функция имеет вид $W_1 = W_{11} \sin \frac{\pi y}{b}$, функция прогибов

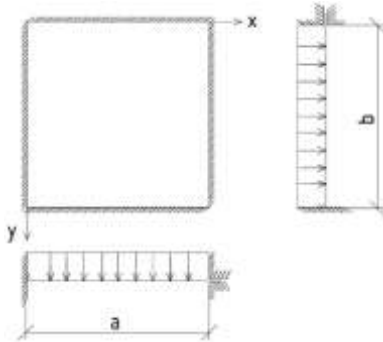
$$w(x, y) = W_{11} \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}.$$



2. Расчет прямоугольной пластины с защемленными краями.

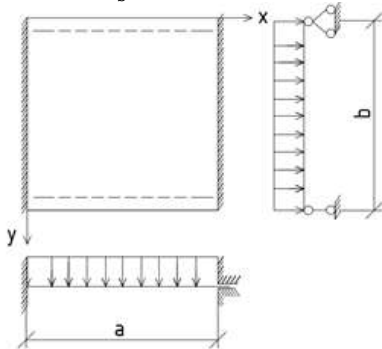
В направлении оси x – $f_1 = 1 - \cos \frac{2\pi x}{a}$, в направлении y – функция имеет вид $W_1 = W_{11} \left(1 - \cos \frac{2\pi y}{b}\right)$, функция прогибов

$$w(x, y) = W_{11} \left(1 - \cos \frac{2\pi y}{b}\right) \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{a}\right).$$



3. Расчет прямоугольной пластины с двумя шарнирно-опертыми и с двумя защемленными краями.

В направлении оси x – линейная функция $f_1 = W_{11} \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{b}\right)$, в направлении y – функция имеет вид $W_1 = \sin \frac{\pi y}{a}$, функция прогибов $w(x, y) = W_{11} \sin \frac{\pi y}{a} \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{b}\right)$.



Расчетные схемы пластины в плане

Граничные условия	Прогиб	$W_{\max}$ при $x=a/2$ $y=b/2$
Шарнирно-опертые края	$W_{11} \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}$	$0,00327 \frac{q}{D}$
Защемленные края	$W_{11} \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{a}\right) \left(1 - \cos \frac{2\pi y}{b}\right)$	$0,00032 \frac{q}{D}$
С двумя шарнирно-опертыми и с двумя защемленными краями	$W_{11} \sin \frac{\pi x}{a} \left(1 - \cos \frac{2\pi y}{b}\right)$	$0,00119 \frac{q}{D}$

Вывод: максимальный прогиб наблюдается в пластине с шарнирно-опертыми краями.

Литература

1. Иванов, С. П. Изгиб прямоугольных пластин: учебное пособие / С. П. Иванов. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2011. – 112 с.
2. Вайнберг, Д. В. Пластины, диски, балки-стенки. Прочность, устойчивость и колебания / Д. В. Вайнберг, Е. Д. Вайнберг. – Киев: Госстройиздат, 1959. – 1052 с.

Садовина Е. А.

Научный руководитель: Куликов Ю. А., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ НДС ПАДАЮЩЕЙ БАШНИ «CAPITAL GATE»

Аннотация. Рассмотрены особенности конструкции падающей башни. На основе теории внецентренного сжатия представлена расчётная модель параметров напряжённо-деформированного состояния. Для определения перемещений центрального ядра башни использованы интегралы Максвелла-Мора.

Ключевые слова: падающая башня, расчётная модель, напряжённо-деформированное состояние.

Одним из выдающихся суперсооружений по праву считается небоскрёб «Capital gate» в Абу-Даби (ОАЭ), вошедший в книгу рекордов Гиннеса. Он выполнен в виде изогнутой башни с наклоном оси до 18^0 , что более чем в 4 раза превышает наклон знаменитой Пизанской башни. Высота башни 162 метра, число этажей – 35. Первые 12 этажей находятся строго друг над другом, последующие – расположены ступенчато, размеры ступеней от 0,3 до 1,4 м. Суммарный вылет башни составляет 33 м. В результате центр тяжести нагрузки от веса этажей не совпадает с осевой линией железобетонного ядра, на котором держится всё здание. При этом центральное ядро работает как на сжатие, так и на изгиб. Для усиления ядра башни его сделали криволинейным с начальным прогибом 350 мм в сторону, противоположную вылету здания. Вес этажей башни выпрямляет ядро. Кроме того, путём натяжения 146 стальных канатов создаётся поле начальных напряжений сжатия бетона.

Башня стоит на 490 сваях с глубиной погружения 30 м. За счёт внецентренной нагрузки небоскрёб, с одной стороны, вдавливают сваи, с другой, – вырывает сваи из земли. При этом часть свай работает на сжатие, другая – на растяжение.

Для расчёта параметров НДС воспользуемся расчётной схемой стержня, основание которого жёстко заделано (рис. 1). Ось x направим вдоль осевой линии ядра башни, ось y совместим с плоскостью изгиба. Линию действия весовой нагрузки (показана пунктиром) аппроксимируем полиномом вида:

$$y(x) = a_1 + a_2 x + a_3 x^2 + a_4 x^3,$$

$$y'(x) = a_2 + 2a_3 x + 3a_4 x^2.$$

Функция $y(x)$ описывает отклонение центра тяжести этажей от осевой линии ядра башни.

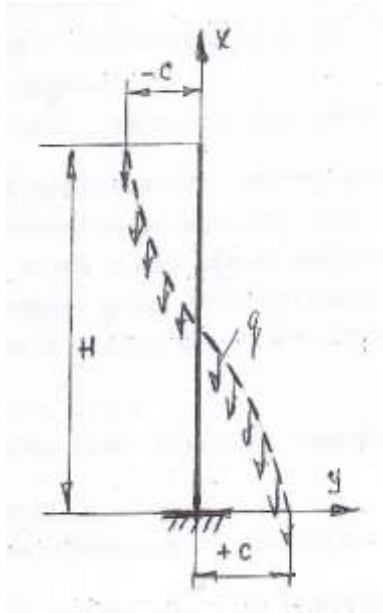


Рис. 1. Расчётная схема

Записываем граничные условия: считаем, что при $x=0$ и $x=H$ $y = \pm c$ и $y' = 0$. Откуда определяем коэффициенты a_i ($i=1,2,3,4$). В результате уравнение «линии нагрузки» примет вид:

$$y(x) = c - 6 \frac{c}{H^2} x^2 + 4 \frac{c}{H^3} x^3, \quad y'(x) = -12 \frac{c}{H^2} x + 12 \frac{c}{H^3} x^2.$$

Из условия экстремума функции $y'(x)$ находим максимальный угол наклона

$$\frac{\partial y'}{\partial x} = -12 \frac{c}{H^2} + 24 \frac{c}{H^3} x = 0. \quad \text{Откуда } x_* = H/2.$$

В результате $y'_{\max}(x_* = H/2) = -3c/H$. При $c=16,5$ м и $H=162$ м (параметры башни) получим $y'_{\max} = 0,305 \text{ рад} = 17,5^0$. Для сравнения, заявленный угол наклона $y'_{\max} = 18^0$.

Изгибающий момент в сечении с координатой x находится из условия равновесия отсечённой части ядра башни

$$M_Z = \int_x^H q \cdot y(x) \cdot d\xi = q \cdot (H-x) \cdot \left(c - 6 \frac{c}{H^2} x^2 + \frac{4c}{H^3} x^3 \right).$$

Здесь q – интенсивность погонной нагрузки (вес на единицу высоты).

Для определения перемещений вершины башни воспользуемся интегралами Максвелла-Мора:

$$\begin{aligned} V(x=H) &= \int_0^H \frac{M_Z \bar{M}_Z}{EI_Z} dx = \\ &= \frac{q}{EI_Z} \int_0^H (H-x)^2 \left(c - 6 \frac{c}{H^2} x^2 + \frac{4c}{H^3} x^3 \right) dx = \frac{qcH^3}{15EI_Z}. \end{aligned}$$

Находим напряжения в основании ядра башни с размерами $b \times b$:

$$\sigma = -\frac{N}{A} + \frac{M_Z}{I_Z} y = -\frac{q \cdot H}{A} + \frac{q \cdot H \cdot c}{I_Z} y.$$

Далее определяем положение нейтральной линии. Очевидно, что при

$$\sigma = -\frac{q \cdot H}{A} + \frac{q \cdot H \cdot c}{I_Z} y_* = 0, \quad y_* = \frac{I_Z}{A \cdot c} = \frac{b^2}{12c}.$$

При $b=20$ м и $c=16,5$ м получим $y_*=2,02$ м. Таким образом, область основания башни $y \leq y_*$ работает на сжатие, область $y \geq y_*$ – на растяжение.

Литература

1. Суперсооружения. Падающая башня The Capital Gate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://becti.net/world/18798-capital-gate.html>.
2. The Capital Gate – небоскрёб с самым большим наклоном в мире [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oae-platinumclub.ru/abu-dabi/dostoprimechatelnosti/zdanie-the-capital-gate/>.

Соколова Ю. А., Иванов С. П.

Поволжский государственный технологический университет

О ВЛИЯНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ НА ПРОГИБЫ БАЛОК

Аннотация. Проводится анализ совместного влияния геометрической и физической нелинейности на прогибы балок при изменении геометрических параметров и видов опирания.

Ключевые слова: физическая и геометрическая нелинейность, опоры.

Диаграмма деформирования таких материалов, как бетон, различные композиты, сплавы, является нелинейной [1]. Кроме того, при действии значительных нагрузок и увеличении пролетов балок возникают прогибы, сравнимые с высотой сечения. Поэтому при выполнении расчетов необходимо учитывать одновременно и физическую, и геометрическую нелинейность. Получим уравнения изгиба балки.

Пусть имеем следующую зависимость между напряжениями σ и деформациями ε :

$$\sigma = E\varepsilon - E_1\varepsilon^3, \quad (1)$$

где E и E_1 – постоянные, принимаются по данным эксперимента.

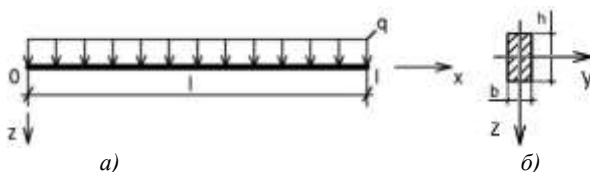


Рис. 1. Схема балки без опор (а); поперечное сечение балки (б)

Выразим деформации балки (рис. 1) через продольные перемещения u и прогибы w :

$$\varepsilon = u_x + \frac{1}{2}(w_x)^2 - zw_{xx}, \quad (2)$$

$$u_x = \frac{du}{dx}, \quad w_x = \frac{dw}{dx}, \quad w_{xx} = \frac{d^2w}{dx^2}.$$

Подставляя (2) в уравнение (1), можно заметить, что на распределение напряжений по сечению балки влияют физическая и геометрическая нелинейности.

Запишем полную энергию деформирования балки:

$$\Pi = \int_0^x \left[\int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \left(\int_0^\varepsilon \sigma d\varepsilon \right) dz - qw \right] dx. \quad (3)$$

Подставляя (1), с учетом (2) в (3), полная энергия выражается через перемещения и их производные.

Далее определяем экстремальное значение Π , используя уравнения Эйлера-Лагранжа:

$$\begin{aligned} -\frac{d^2}{dx^2} \frac{\partial F}{\partial w_{xx}} + \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial w_x} - \frac{\partial F}{\partial w} &= 0, \\ \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial u_x} - \frac{\partial F}{\partial u} &= 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где F – функционал выражения (3).

Раскрывая (4), получим систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} E \frac{bh^3}{12} w_{xxxx} &= q + \frac{d^2}{dx^2} \frac{\partial F^{нел.}}{\partial w_{xx}} - \frac{d}{dx} \frac{\partial F^{нел.}}{\partial w_x}, \\ E b h u_{xx} &= - \frac{d}{dx} \frac{\partial F^{нел.}}{\partial u_x}, \end{aligned} \quad (5)$$

где $F^{нел.}$ – нелинейная часть подынтегрального выражения (3), из-за громоздкости в развернутом виде здесь не приводится.

Для интегрирования уравнений можно применять численный метод, а можно решать с помощью рядов.

Рассмотрим для примера балку (рисунок) под действием распределенной нагрузки q при двух видах опирания на концах.

1. Концы опираются на шарнирно неподвижные опоры (рис. а). Граничные условия: при $x = 0$, $w(0) = w_{xx}(0) = 0$, $u(0)=0$; при $x = l$ $w(l) = w_{xx}(l) = 0$, $u(l)=0$.

2. Концы балки защемлены, имеем: при $x = 0$, $w(0) = w_x(0) = 0$, $u(0)=0$; при $x = l$ $w(l) = w_x(l) = 0$, $u(l)=0$.

Решаем уравнения (5) в рядах в первом приближении. Для первого вида опирания перемещения принимаем в виде:

$$w = w_1 \sin \frac{\pi x}{l}, \quad u = u_1 \sin \frac{2\pi x}{l}. \quad (6)$$

Для балки с защемленными концами имеем:

$$w = w_1 \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{l} \right), \quad u = u_1 \sin \frac{2\pi x}{l}. \quad (7)$$

Подставляя (6) и (7) в систему (5), после преобразований получим систему нелинейных алгебраических уравнений.

Выводы.

1. Расчеты по уравнениям (5) с использованием решений (6) и (7) показывают, что кривые нагрузка – прогиб, полученные с учетом одновременно геометрической и физической нелинейности, начинают отклоняться от прямой по-разному.

2. С увеличением высоты сечения балок большее влияние на НДС начинает оказывать физическая нелинейность.

3. С уменьшением высоты сечения уменьшается жесткость балок и большее влияние на прогибы начинает оказывать геометрическая нелинейность.

4. При определенных параметрах балок и степени физической нелинейности (E_1/E) расчет можно проводить по линейной теории, поскольку при учете двух видов нелинейностей происходит гашение одной нелинейности другой.

Литература

1. Иванов, С. П. Приложение вариационного метода В. З. Власова к решению нелинейных задач пластинчатых систем: монография / С. П. Иванов, А. С. Иванова. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – 248 с.

Таричко В. И.

Научный руководитель: Лагереv И. А., д-р техн. наук, профессор

АО «Брянский автомобильный завод»

КОНСТРУКТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕВОЙ ОПОРЫ МОБИЛЬНОГО КАНАТНОГО ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕГРУЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. В работе сравниваются различные варианты расположения концевой опоры мобильного канатного транспортно-перегрузочного комплекса. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых-докторов наук №МД-422.2020.8.

Ключевые слова: канатная дорога, мобильный канатный транспортно-перегрузочный комплекс, концевая опора, варианты.

Канатные дороги получили широкое распространение для перевозки грузов и пассажиров в условиях труднодоступной местности. Современным видом подобных транспортных систем являются мобильные канатные транспортно-перегрузочные комплексы (рис. 1). Мобильный канатный транспортно-перегрузочный комплекс наиболее простой конструкции состоит из двух базовых станций, оборудование которых смонтировано на колесных шасси повышенной проходимости. На базовых станциях размещены концевые опоры 1 (рис. 1) с канатными шкивами 2, между которыми натянут несущий канат 3. По канату перемещается груз или пассажирская кабинка 4 [1, 2].

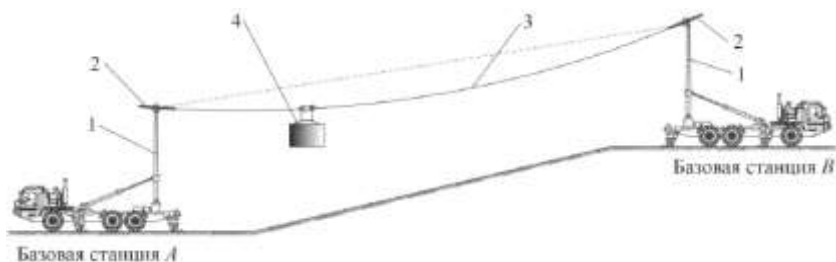


Рис. 1. Мобильный канатный транспортно-перегрузочный комплекс:

1 – концевая опора; 2 – канатный шкив; 3 – несущий канат;

4 – груз (пассажирская кабинка) на подвеске

Концевая опора может быть размещена на базовом шасси одним из следующих способов. Концевое расположение концевой опоры с опиранием на несущую раму шасси (вариант 1) предполагает размещение шарнира крепления на заднем свесе рамы. Центральное расположение концевой опоры с опиранием на несущую раму шасси (вариант 2) предполагает размещение шарнира крепления в районе расположения задних мостов шасси. Выносное расположение концевой опоры с опиранием на грунт (вариант 3) предполагает использование дополнительной гидравлической платформы, закрепленной на задней части рамы [3].

К достоинствам варианта 1 относятся:

- наибольшая длина концевой опоры;
- возможность использования канатной фиксации концевой опоры в рабочем положении;
- возможность использования гидравлического тормозного устройства для предохранения опоры от перегрузок [4].

Однако для варианта 1 характерны следующие недостатки:

- опора расположена вблизи линии опрокидывания опорного контура;
- сложная компоновка гидропривода;
- на базовом шасси обязательно должны быть установлены антрiggerы с анкерровкой.

К достоинствам варианта 2 относятся:

- расположение концевой опоры практически в центре опорного контура, что повышает общую устойчивость системы;
- возможность обеспечения наименьшего вертикального габарита в транспортном положении, наименьшие ограничения по соблюдению вертикальных габаритов при транспортировке к месту эксплуатации авиационным и железнодорожным путем;
- удобство компоновки концевой опоры на раме базового шасси для транспортного положения, широкий диапазон допустимых углов наклона продольной оси опоры;
- возможность использования гидравлического тормозного устройства для предохранения концевой опоры от самоопрокидывания при ее установке в рабочее положение.

Варианту 2 также присущи следующие недостатки:

- наименьшая длина концевой опоры;
- опирание концевой опоры на раму базовой станции;
- сложность компоновки гидроцилиндра механизма установки и фиксации концевой опоры;
- невозможность использования канатной фиксации концевой опоры в рабочем положении;

– на базовом шасси обязательно должны быть установлены аутригеры с анкеровкой.

К достоинствам варианта 3 относятся:

- наибольшая длина концевой опоры;
- возможное использование удлинненной шарнирно сочлененной концевой опоры;
- опирание концевой опоры непосредственно на грунт, низкий уровень нагруженности несущей металлоконструкции базового шасси;
- простота компоновки гидроцилиндра механизма установки и фиксации концевой опоры, возможность использования гидроцилиндра наименьшей длины;
- наименьшие массо-габаритные параметры подъемных гидроцилиндров при канатной и канатно-гидравлической фиксации конце;
- возможность использования дополнительного расчаливания концевой опоры в рабочем положении;
- возможно отказаться от использования аутригеров при проведении погрузочно-разгрузочных операций.

К недостаткам варианта 3 относятся:

- повышенный объем подготовительных работ при установке концевой опоры в рабочее положение;
- наибольший вертикальный габарит в транспортном положении;
- невозможность использования гидравлического тормозного устройства для предохранения концевой опоры от самопрокидывания при ее установке в рабочее положение.

Литература

1. Развитие транспортной инфраструктуры крупных городов и территорий на основе технологии канатного метро / А. А. Короткий, А. В. Лагереv, Б. Ч. Месхи и др. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. – 344 с.
2. Транспортно-логистические технологии и машины для цифровой урбанизированной среды / А. А. Короткий, А. В. Лагереv, Б. Ч. Месхи и др. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2019. – 268 с.
3. Лагереv, А. В. Конструкции и основы проектирования мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов: монография / А. В. Лагереv, И. А. Лагереv, В. И. Таричко. – Брянск: РИСО БГУ, 2020. – 207 с.
4. Лагереv, А. В. Моделирование рабочих процессов в дроссельно-регулируемом гидроприводе манипуляционных систем мобильных машин при раздельном движении звеньев / А. В. Лагереv, И. А. Лагереv // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2018. – №4. – С. 355-379.

УДК 515

Васильева Е. В.

Научный руководитель: Бакулина И. Р., канд. техн. наук, доцент.
Поволжский государственный технологический университет

СОПРЯЖЕНИЯ ВОКРУГ НАС

***Аннотация.** В статье рассматриваются примеры сопряжений, окружающие нас.*

***Ключевые слова:** сопряжение.*

Плавный переход от одной линии к другой в черчении называют сопряжением. Сопряжение может быть внешним, внутренним и смешанным. Выполнение чертежей, содержащих элементы сопряжений, является одним из заданий при изучении курса инженерной и компьютерной графики. А какое прикладное значение имеет эта задача?

Многие предметы, окружающие нас, имеют скругления, которые делают для того, чтобы увеличить их прочность, улучшить внешний вид, предотвратить травмы у людей, пользующихся ими. Сопряжение используется при проектировании спортивных сооружений, дорог и транспортных развязок, архитектурных и дизайнерских объектов, машиностроительных деталей и изделий. В окружающем нас мире мы встречаемся с сопряжением: прямого, острого или тупого угла, двух параллельных прямых, дуги и прямой линии, двух дуг.

Рассмотрим основные этапы построения и примеры сопряжения двух прямых (рис. 1) [1]. Для построения любого вида сопряжения необходимы следующие элементы: **радиус сопряжения, центр дуги сопряжения и точки сопряжения.**

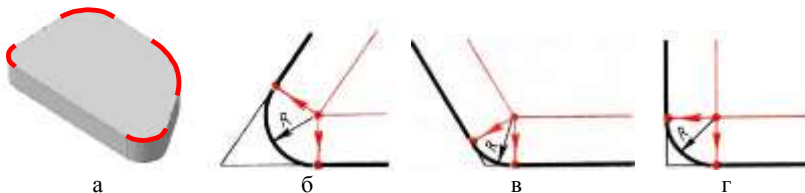


Рис. 1. Построение сопряжения двух прямых:
а – острого угла, б – тупого угла, в – прямого угла

Сопряжение углов мы можем встретить, например, в конструкциях трубопроводов, лестниц (рис. 2), перекрестков автомобильных дорог.



Рис. 2. Сопряжение прямых углов в повседневной жизни

Рассмотрев примеры архитектурных сооружений на современных и архивных фотоизображениях, мы пришли к выводу, что все они содержат сопряжения: прямого, острого или тупого углов, параллельных прямых (рис. 3).

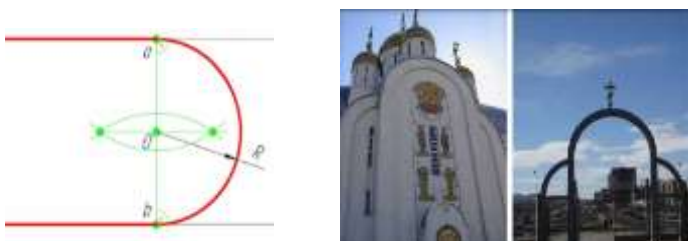


Рис. 3. Сопряжение параллельных прямых в архитектурных сооружениях

На рис. 4 показано построение внутреннего сопряжения двух окружностей.

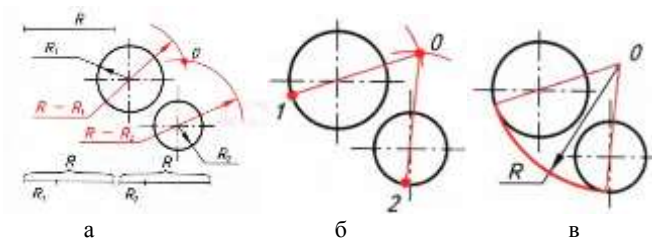


Рис. 4. Построение внутреннего сопряжения двух окружностей:
а – определение центра сопряжения, б – определение точек сопряжения,
в – построение сопряжения

Далее показаны примеры сопряжений в элементах деталей и изделиях декоративно-прикладного творчества (рис. 5). Плавные переходы одной поверхности в другую на технических деталях применяются для того, чтобы повысить стойкость и увеличить прочность, удобного и безопасного обращения.



Рис. 5. Примеры сопряжений двух дуг:
а – в элементах деталей; б – в декоративно-прикладном творчестве



Рис. 6. Этапы разработки плана клумбы элементами с сопряжениями

Практической частью нашей работы стало создание плана клумбы. Сначала был разработан набросок, затем детальная проработка плана (рис. 6). Для построения чертежа клумбы использованы сопряжение прямого угла; сопряжение острого угла; внешнее сопряжение дуги и прямой линии; смешанное сопряжение окружностей.

Изучать прикладное значение задач, безусловно, полезно:

- развивается творческое и логическое мышление, познавательный интерес студента, умение работать чертежными инструментами;
- работа с построением изображений становится более наглядной;
- повышается активность студентов в процессе обучения;
- повышается уровень самостоятельного изучения графических дисциплин.

Литература

1. Боголюбов, С. К. Инженерная графика: учебник / С. К. Боголюбов. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 2009. – 392 с.

Дюжев А. В.

Научный руководитель: Моисеева О. А., канд. пед. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АЛГОРИТМ СОЗДАНИЯ 3D МОДЕЛИ ДЕТАЛИ В ПРИЛОЖЕНИИ «ВАЛЫ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ 2D» КОМПАС 3D V19

Аннотация. В статье дан обзор создания 3D модели детали в приложении «Валы и механические передачи 2D».

Ключевые слова: эскиз, 3D модель, чертеж, анализ геометрической формы предмета, система автоматизированного проектирования.

В процессе эксплуатации машин и механизмов иногда возникает потребность изготовления изношенных или поврежденных деталей. При отсутствии технической документации на данную деталь необходимо её разработать. Приложении «Валы и механические передачи 2D» программы КОМПАС позволяет быстро и эффективно создать необходимую техническую документацию. Рассмотрим создание 3D модели и чертежа детали на примере детали типа «Штуцер», используя данное приложение.

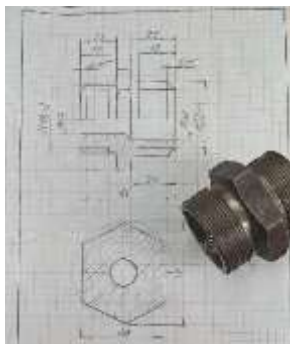


Рис. 1. Штуцер и фрагмент эскиза штуцера



Рис. 2. Последовательность открытия приложения «Валы и механические передачи 2D»

Прежде чем приступить к использованию САПР для создания технической документации, создаем эскиз штуцера (рис. 1). Эскиз детали – это графический документ, выполненный от руки в глазомерном масштабе без использования чертежных инструментов и содержащий изображения детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля [2].

По эскизу создадим чертеж. Для этого создаем новый файл «Чертеж». Далее открываем вкладку «Приложения», выбираем вкладку «Механика», затем «Построение модели» и заходим в приложение «Валы и механические передачи 2D» (рис. 2). В открывшемся окне создаем новый файл и выбираем нужный тип отрисовки модели. Анализ геометрической формы позволяет выделить три ступени внешней формы штуцера: цилиндрическая – призматическая – цилиндрическая. В части внешнего контура нажимаем на «Простые ступени» и выбираем цилиндрическую ступень. В открывшемся окне задаем нужные параметры и применяем их (рис. 3).



Рис. 3. Создание цилиндрической ступени



Рис. 4. Создание призматической ступени

Аналогично строится шестигранник и вторая цилиндрическая ступень (рис. 4). При построении внутреннего контура выбираем соответствующие ступени в нижней части окна приложения.

Для того чтобы построить резьбы, выбираем нужную ступень, затем «Дополнительные построения», выбираем метрическую резьбу и задаем ее параметры.

Далее строим внутренний контур. Для этого в части «Внутренний контур» выбираем соответствующие ступени.

После создания всех необходимых внешних и внутренних ступеней и конструктивных элементов детали создаем 3D модель. Для этого выбираем «Дополнительные построения и действия» и нажимаем на «Генерацию твердотельной модели».

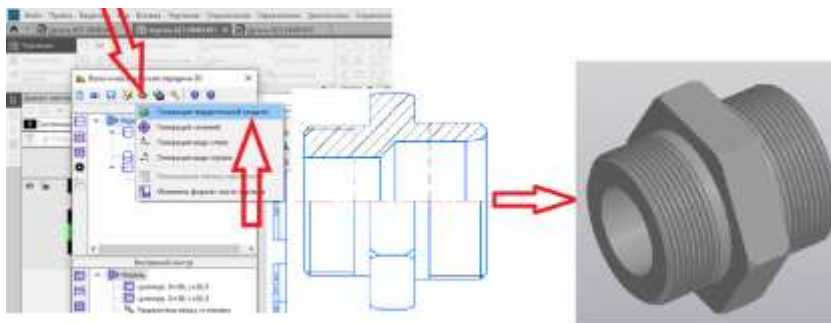


Рис. 5. Создание 3 D модели в приложении «Валы и механические передачи 2D»

Данную модель можно было создать, используя и другие способы, но описанный способ позволяет для подобного типа деталей является наиболее быстрым и точным.

Благодаря приложению «Валы и механические передачи 2D» мы получили 2 документа: 3D модель детали «Штуцер» и файл типа «Чертеж» с главным изображением этой детали, на котором совмещены вид и разрез. Но этот документ ещё не является рабочим чертежом, он требует доработки. Опираясь на ГОСТ 2.305 – 2008 Изображения – виды, разрезы, сечения, дорабатываем изображения на данном чертеже. По ГОСТу 2.307-2011 проставляем размеры на чертеже.

Литература

1. КОМПАС 3D v17 Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kompas.ru/source/info_materials/2018/KOMPAS-3D-v17_Guide.pdf (дата обращения 05.04.2021).
2. Лагерь, А. И. Инженерная графика: учебник для инж.-техн. спец. вузов / А. И. Лагерь, Э. А. Колесникова. – М.: Высшая школа, 1985. – 333 с.

Естехин А. И.

Научный руководитель: Новоселов Н. Т., доцент
Поволжский государственный технологический университет

СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВЫ

***Аннотация.** Представлено построение перспективы способом архитекторов и радиальным способом. Дана их сравнительная характеристика.*

***Ключевые слова:** ортогональные проекции, перспектива, центральное проецирование, способ архитекторов, радиальный способ.*

Воплощению в жизнь задуманного архитектором объекта предшествует создание графического изображения этого объекта на плоскости.

Как правило, это изображение выполняется в ортогональных проекциях, геометрическая основа которых отлична от основ нашего зрения.

Для того, чтобы в ходе создания проекта можно было проверить задуманную композицию, необходимо построение такого изображения, восприятие которого было бы максимально близким к восприятию проектируемого объекта.

Таким изображением является перспектива. Построение перспективы базируется на методе центрального проецирования, геометрическая основа которого аналогична нашему восприятию окружающего мира.

Перспектива дает возможность нагляднее, чем в ортогональных проекциях, изобразить на плоскости пространственные объемные объекты.

Известно несколько способов построения перспективы. Способ построения перспективы выбирается в зависимости от характера объекта, его положения, размеров, целей работы. Каждый из способов имеет свои преимущества и недостатки.

В данной работе показано построение перспективы одного и того же объекта двумя способами: способом архитекторов и радиальным способом.

В практике построения архитектурных перспектив наибольшее применение получил способ архитекторов. Он основан на использовании точек схода перспектив, параллельных горизонтальных прямых объекта, и благодаря этому отличается *большой* графической точностью и простотой построений.

Построение перспективы способом архитекторов начинается с построения чертежа двух видов сооружения: фасада и плана (рис. 1). На

этом чертеже выбирается аппарат перспективы: точка зрения и картинная плоскость. Затем определяются необходимые точки, по которым и строится перспектива объекта (рис. 2).

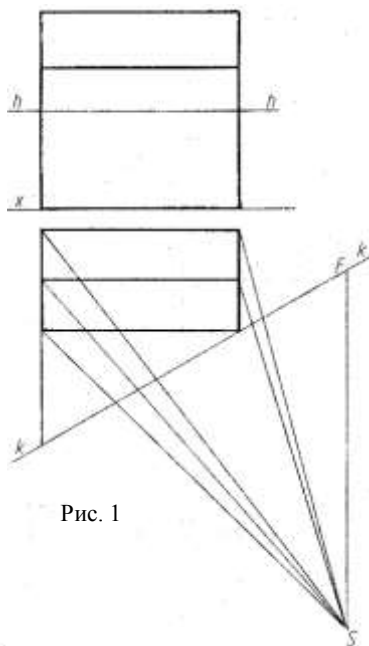


Рис. 1

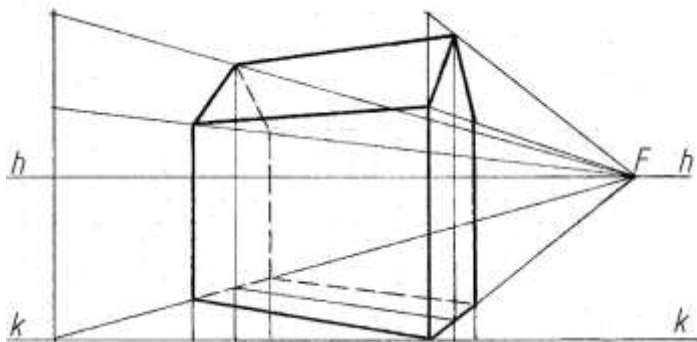


Рис. 2

В некоторых случаях перспективу строят радиальным способом по данному плану и фасаду. Сущность способа заключается в том, что предмет, картинная плоскость и точка зрения изображаются в ортогональных проекциях. В этих же проекциях проводятся лучи зрения и находятся

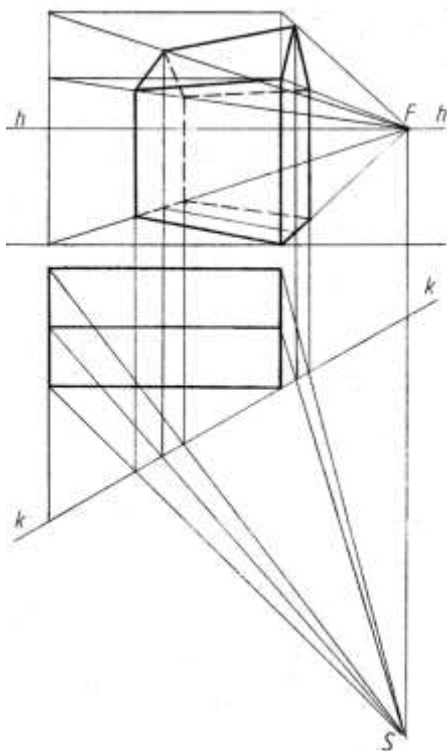


Рис. 3

особенно при сложных его формах.

точки их пересечения с картинной. Точки пересечения соединяют между собой линиями, благодаря чему получают перспективное изображение предмета. На рис. 3 показано построение радиальным способом того же объекта, который на рис. 2 построен способом архитекторов.

Радиальный способ является простейшим способом построения перспективы и дает возможность её построения непосредственно на заданном ортогональном чертеже.

Радиальный способ используется при невозможности использования других способов построения перспективы, например, когда обе точки схода расположены слишком далеко.

Недостаток способа – загромождение чертежа большим количеством линий построения и наложение перспективы на фасад,

Литература

1. Белов, Н. В. Начертательная геометрия / Н. В. Белов, А. А. Вискель. – Л.: Издательство литературы по строительству, 1969. – 288 с.
2. Климухин, А. Г. Начертательная геометрия / А. Г. Климухин. – М.: Стройиздат, 1973. – 368 с.

Зяблицева К. А., Микрюкова А. С.
Научный руководитель: Новоселов Н. Т., доцент
Поволжский государственный технологический университет

«НЕВОЗМОЖНЫЕ ФИГУРЫ» – ВИД ОПТИЧЕСКИХ ИЛЛЮЗИЙ

Аннотация. Рассмотрен вид оптических иллюзий. Приведено описание некоторых фигур, носителей оптических иллюзий.

Ключевые слова: оптические иллюзии, невозможные фигуры.

На протяжении всей истории человечества люди встречались с различного рода оптическими иллюзиями. Чаще всего эти иллюзии использовались для усиления воздействия произведений искусства или улучшения внешнего вида архитектурных творений.

Относительно новый вид оптической иллюзии известен как «невозможные фигуры».

Объективного понятия «невозможные фигуры» не существует. Анализируя разные определения, можно сделать вывод: невозможная фигура – это плоский рисунок, который создает впечатление трехмерного объекта таким образом, что объект, предложенный нашим пространственным восприятием, не может существовать, так как попытка создать его ведет к геометрическим противоречиям.

«Невозможные фигуры» делятся на 4 группы.

Первая группа «невозможных фигур» – *удивительный треугольник – трибар* (рис. 1).

Стороны, образующие верхнюю часть треугольника кажутся перпендикулярными, но правая и левая грани в нижней части также кажутся перпендикулярными. Если рассматривать каждую часть этого треугольника по отдельности, то можно признать их существование, но в действительности такая фигура существовать не может, поскольку при ее создании были неправильно соединены правильные элементы.



Рис. 1

Вторая группа «невозможных фигур» – *бесконечная лестница* (рис. 2).

Перед нами предстает лестница, ведущая, казалось бы, вверх или вниз, но при этом, человек, шагающий по ней, не поднимается и не опускается. Завершив свой визуальный маршрут, он окажется в начале пути.

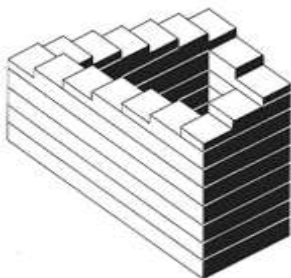


Рис. 2

Заблуждение происходит из-за неправильной адаптации мозгом полученной от изображения информации. Он не замечает противоречий в соединении элементов конструкции и ошибочно воспринимает все как единое целое. Неправильное восприятие в результате становится оптической иллюзией.

Третья группа «невозможных фигур» – космическая вилка (рис. 3).

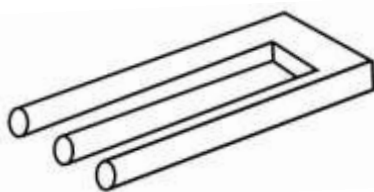


Рис. 3

Если закрыть рукой правую часть трезубца, то мы увидим три круглых зуба. Если же закрыть левую часть трезубца, то мы увидим другую картину – два прямоугольных зуба. Но, если рассматривать всю фигуру целиком, то получается, что три круглых зуба постепенно превращаются в два прямоугольных.

Эффект невозможности достигается за счет того, что наш мозг анализирует контур фигуры и пытается подсчитать количество зубцов. Мозг сравнивает количество зубцов фигуры в левой и правой части рисунка, из-за чего возникает ощущение невозможности фигуры.



Рис. 4

Четвертая группа «невозможных фигур» – невозможные ящики (рис. 4).

«Невозможный ящик» – это вывернутый наизнанку каркас куба. Фигуру можно воспринять двояко, но какого-либо последовательного решения нет. Как и многие другие невозможные фигуры, «невозможный ящик» основан на неправильных соединениях, допущенных при рисовании.

На рис. 5 представлены другие варианты «невозможных фигур».

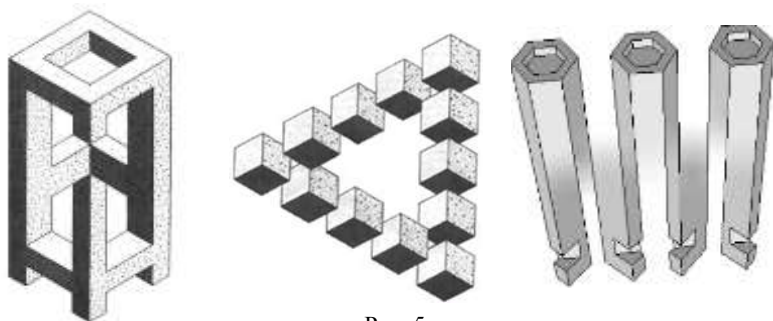


Рис. 5

«Невозможные фигуры» построены на использовании трюков с перспективой и глубиной в рамках двухмерного пространства. Невозможные в реальном трехмерном пространстве, они действуют на наше зрение, благодаря смещенной перспективе, манипуляциям с глубиной и плоскостью, обманчивым оптическим намекам, неясным соединениям.

Разгадка причины иллюзий с невозможными фигурами довольно проста: человеческому глазу свойственно воспринимать двумерные изображения как трёхмерные объекты.

Мир невозможных фигур чрезвычайно интересен и многообразен. Невозможные фигуры заставляют наш разум сначала увидеть то, чего быть не должно, затем искать ответ – что же сделано не так, в чем скрыта изюминка парадокса.

Одним из важных навыков для людей, работающих в технической сфере, является способность воспринимать трехмерные объекты в двухмерной плоскости. Поэтому изучение невозможных фигур имеет довольно существенное значение с точки зрения развития пространственного мышления.

Литература

1. Левитин, К. Геометрическая рапсодия / К. Левитин. – М.: Знание, 1984. – 176 с.
2. Пенроуз, Л. Невозможные объекты / Л. Пенроуз, Р. Пенроуз // Квант. – 1971. – № 5. – С. 26.
3. Реутерсвард, О. Невозможные фигуры / О. Реутерсвард. – М.: Стройиздат, 1990. – 206 с.
4. Ткачева М. В. Вращающиеся кубики / М. В. Ткачева. – М.: Дрофа, 2002. – 168 с.

Семенов К. Л., Никитина Х. А.

Научный руководитель: Моисеева О. А., канд. пед. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ СОСТАВНОЙ ФОРМЫ В КОМПАС 3D

Аннотация. В статье дан обзор нескольких способов создания 3D модели детали в программе Компас3D, проводится анализ алгоритмов создания с целью выявления наиболее эффективного способа построения 3D модели деталей типа «Вал».

Ключевые слова: 3D модель, чертеж, анализ геометрической формы предмета, система автоматизированного проектирования, приложения КОМПАС, способы моделирования.

Во все времена инженер должен был уметь правильно создавать и читать чертежи. До недавнего времени техническая документация выполнялась исключительно в «ручной графике» с использованием чертежных инструментов. Инженеры старались совершенствовать эти инструменты и оттачивали мастерство ручной графики. С появлением компьютеров и развитием систем автоматизированного проектирования появилась потребность в нахождении эффективных и быстрых способов создания электронных моделей деталей и другой конструкторской документации.

Целью работы является поиск эффективных способов построения 3D модели деталей типа «Вал» в КОМПАС 3D (рис. 1). Для достижения цели были поставлены задачи:

1. определение способов моделирования;
2. выполнение моделей детали всеми возможными способами;
3. анализ и сравнение алгоритмов построения моделей;
4. выявление наименее трудоемкого способа создания модели детали.

В процессе работы удалось выделить 4 способа создания модели детали «Вал»:

1. вращение контура;
2. выдавливание эскизов;
3. приложение «Валы и механические передачи 3 D»;
4. приложение «Валы и механические передачи 2 D».

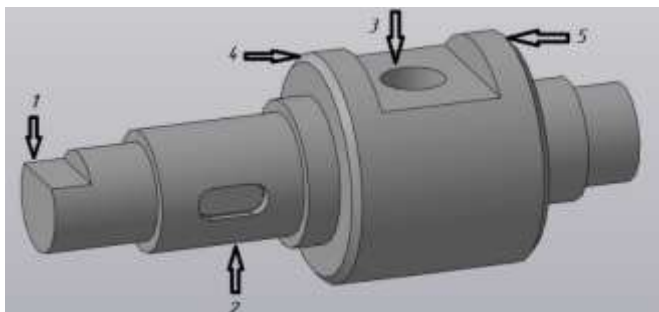


Рис. 1. Вал

Кратко охарактеризуем все четыре способа. В первом способе «Вращение контура» требуется построение эскиза в одной из вертикальных плоскостей проекций. Эскиз представляет собой осевую линию и ломаную, повторяющую конфигурацию ступеней вала. Операция «Вращение» формирует ступени вала (рис. 2). Дальнейшая работа заключается в выполнении конструктивных элементов вала: фасок, отверстий, лысок (рис. 3) и т. д.

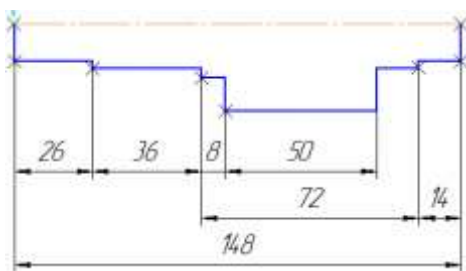


Рис. 2. Эскиз ступеней вала

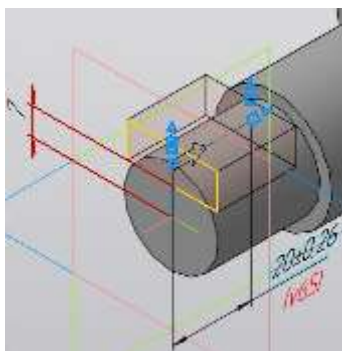


Рис. 3. Создание конструктивных элементов вала

Второй способ предусматривает формирование ступеней вала через выдавливание эскиза каждой ступени, а затем выполнение конструктивных элементов.

В третьем способе используем приложение, но он очень похож на второй, так как последовательно добавляем ступени вала (рис. 4), задавая их параметры, а затем выполняем конструктивные элементы.

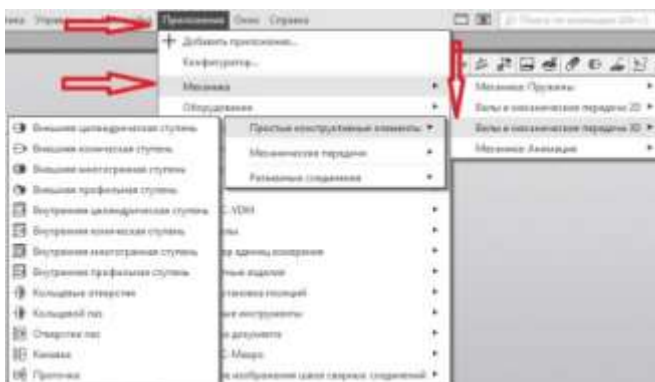


Рис. 4. Выбор ступеней вала

В четвертом способе используем приложение «Валы и механические передачи 2Д». Данный способ отличается от предыдущих трех. Создание модели начинается с чертежа, на котором формируется главное изображение вала со всеми необходимыми конструктивными элементами вала, а затем, пользуясь командой «Генерация твердотельной модели», превращаем чертеж в модель 3Д.

Все рассмотренные способы привели к созданию 3D модели детали «Вал». В трех первых можно выделить 2 одинаковых по сути этапа: 1) создание ступеней вала; 2) формирование конструктивных элементов. В четвертом также выделяются два этапа: 1) создание чертежа; 2) автоматическая генерация модели детали.

Анализируя алгоритмы построения моделей представленными способами, сравнивая затраченное время и удобство работы с приложениями, приходим к выводу, что для создания модели детали «Вал» наиболее удобным и менее трудозатратным является четвертый способ «Валы и мех передачи 2Д». Оставшиеся способы ранжируются так: 2 место – «Вращение контура», 3 – «Валы и механические передачи 3Д»; 4 – «Выдавливание эскизов». Этот вывод относится к рассмотренной детали, он не может распространяться на все детали.

Литература

1. КОМПАС 3D v17 Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kompas.ru/source/info_materials/2018/KOMPAS-3D-v17_Guide.pdf (дата обращения 25.03.2021).

Шукуров М. М. оглы
Научный руководитель: Полушина Т. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

КОНСТРУИРОВАНИЕ ОБВОДОВ

Аннотация. Рассмотрены способы конструирования обводов. Сконструирована поверхность вазы способом построения NURBS-кривой по массиву точек.

Ключевые слова: обвод, конструирование обвода, сплайн-кривая, NURBS-кривая.

Решение многих инженерных задач требует построения кривых линий, проходящих через упорядоченный массив точек или через точки с заданным положением касательных.

В настоящее время обводы находят широкое применение в конструировании поверхности самолетов, в судостроении при проектировании очертания наружной поверхности корпусов морских судов, катеров, яхт и т. д. (рис. 1).

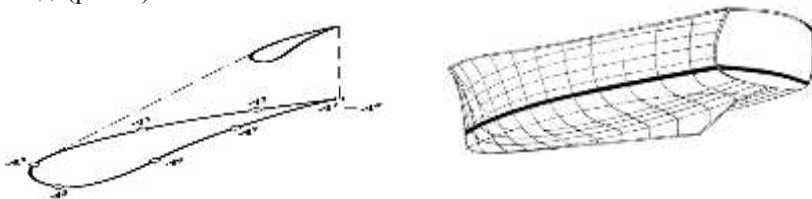


Рис. 1. Обвод крыла самолета и обвод корпуса водоизмещающего судна

Обвод – это плоская кривая, состоящая из отдельных дуг кривых линий, ограниченных парами смежных точек заданного ряда. Так как отдельные участки обвода определяются различными функциями, обвод невозможно описать каким-либо уравнением.

Обвод можно рассматривать как обобщающий образ ломаной, когда участки прямых заменяются дугами кривых линий.

Основной характеристикой обвода является гладкость. Под гладкостью понимают число совпавших производных стыкующихся кривых в точках стыка. Если при построении обвода у двух дуг общая касательная – это равенство первых производных. Если у двух дуг общий круг кри-

визны – это равенство вторых производных в точке стыка, соответственно, это – второй порядок гладкости. Третий порядок гладкости – когда в точке стыка кривых совпадают третьи производные.

Если при интерполяции исходная кривая задана большим количеством точек, то выбор новой кривой, качественно аппроксимирующей исходную, требует выполнения сложных вычислений.

Для упрощения решения задачи в качестве аппроксимирующей линии конструируют составную кривую – обвод. Разработано несколько способов конструирования обводов. Наиболее простые из них получили широкое применение на практике. Среди таких способов – радиосографический и способ кривых второго порядка. До широкого применения компьютерных технологий именно радиосография и интерполяция дугами кривых второго порядка (не окружностями) были основными способами построения обводов. При построении обводов с помощью компьютера в настоящее время применяют сплайн-функции.

Термин «сплайн» происходит от английского слова *spline*. Так называется гибкая полоска стали, при помощи которой чертежники проводили через заданные точки плавные кривые. Раньше подобный способ построения плавных обводов различных тел, таких как, например, корпус корабля, кузов автомобиля был довольно широко распространен в практике машиностроения.

Сплайн – это гладкая кривая, которая строится с использованием дуг и проходит через две или более контрольных точек, управляющих формой сплайна. Чем больше используется контрольных точек, тем кривая получается более гладкой.

В начале 70-х годов профессор Пьер Безье, проектируя на компьютере корпуса автомобилей «Рено», впервые применил для этой цели уравнения, описывающие кривые, впоследствии названные его именем.

Кривые Безье записываются в памяти компьютера в виде математических формул, поэтому рисунки, полученные с помощью этих кривых, обеспечивают возможность масштабирования без потери качества изображения.

Обобщение методов Безье и В-сплайнов в начале 70-х годов позволило получить одно из мощнейших и универсальных средств геометрического моделирования криволинейных обводов – NURBS-технологии. Из-за своей гибкости и точности NURBS-модели могут использоваться в любом процессе иллюстрации, анимации и промышленного дизайна.

Сокращение (аббревиатура) NURBS обозначает **Non-Uniform Rational B-Splines**, то есть неравномерные рациональные В-сплайны. Это математические объекты для задания двумерных кривых и гладких поверхностей в трехмерном пространстве.

Неоднородный (Non-Uniform) означает, что различные области объектов NURBS (кривых или поверхностей) обладают различными свойствами, значения которых не равны между собой.

Рациональный (Rational) означает, что объект NURBS может быть описан с помощью математических формул.

Большинство современных САПР и систем компьютерной анимации поддерживают моделирование с использованием NURBS-кривых и поверхностей;

- с помощью NURBS кривых проще имитировать поверхности природных объектов или объектов, поверхности которых имеют сложным образом искривленные профили;

- NURBS-модели обеспечивают лучшее качество визуализации закругленных краев объектов благодаря разбиению на грани, выполняемому с использованием аналитических выражений. Например, обводы корпуса автомобиля моделируются с использованием NURBS-сплайнов.

Для иллюстрации применения NURBS – кривой выполнен пример построения Вазы с помощью в САПР программе.

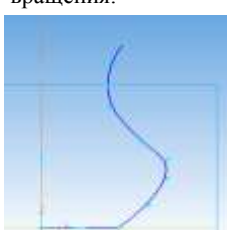
1. Нанесение вспомогательных точек для построения образующей.



2. Построение основания вазы.



3. Построение сплайновой кривой по 9 точкам. Строим ось вращения.



4. Завершаем работу с эскизом



Операцией «вращение» создаем объемный объект. Меняя узловые точки обвода, можно менять форму образующей вазы; сплайновая кривая перестроится автоматически.

Таким образом, в настоящее время разработано множество практических способов конструирования обводов.

Юшкова П.

Научный руководитель: Полушина Т. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

КОРОВОВЫЕ КРИВЫЕ

Аннотация. Рассмотрены способы построения коробовых кривых.

Ключевые слова: коробовая кривая, обвод, овал, овоид, завиток.

Коробовые кривые представляют собой линии, состоящие из сопряженных дуг окружностей разных радиусов. К таким кривым относятся завитки, овалы и овоиды. Коробовые линии получили такое название потому, что такие формы имели днища коробов. Типичный представитель коробовых кривых – овал.

Овал представляет собой плавную замкнутую симметричную кривую, состоящую из четырех сопрягающихся дуг. Для его построения нужно найти четыре центра дуг и четыре точки сопряжения.

По форме овал приближается к эллипсу (лекальная кривая), поэтому эллипс часто заменяют овалом, так как вычерчивать овал проще. Овал имеет две оси: большую и малую. Они делят его на симметричные части.

Существует несколько способов построения овалов с четырьмя центрами. Чаще всего строят овал по двум заданным осям, как на рис. 1.

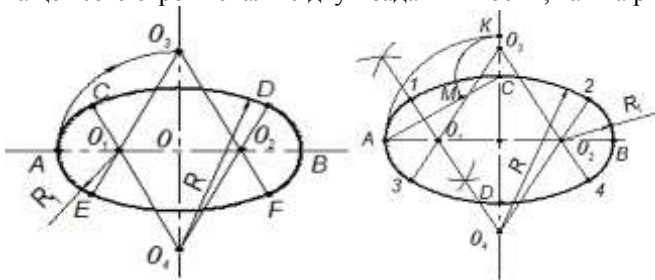


Рис. 1

К коробовым кривым относятся овоиды. Овоид – замкнутая коробовая кривая, имеющая одну ось симметрии. Примеры овоидов – на рис. 2.

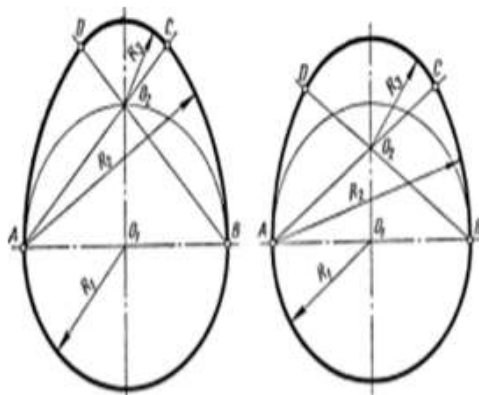


Рис. 2

Коробовые кривые сводов относятся к незамкнутым коробовым кривым. Они находят применение при строительстве сводов и арок мостов, входов в здания, различных перекрытий, например, в метро и т. п. Примеры коробовых кривых пологого, крутого и ползучего сводов показаны на рис. 3.

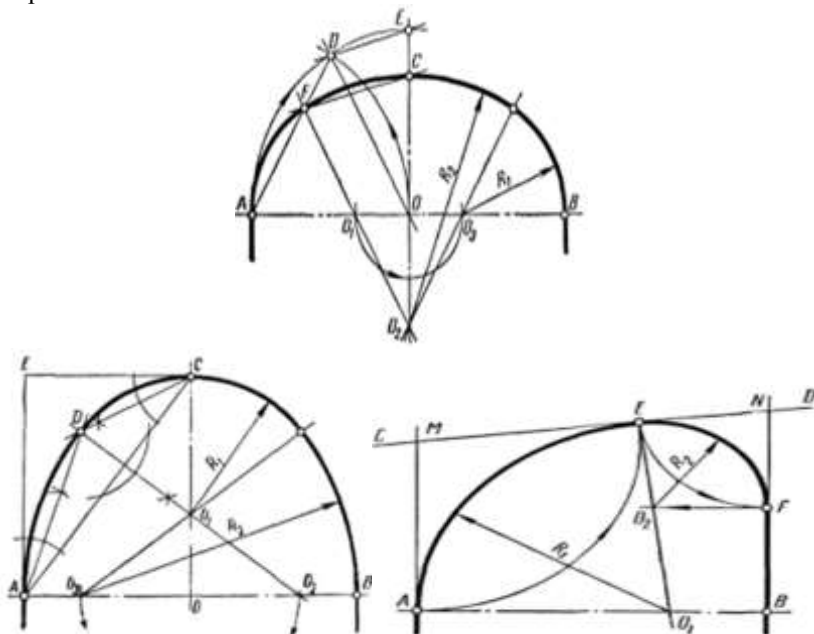


Рис. 3

К обводам так же относятся завитки, примеры которых приведены на рис. 4.

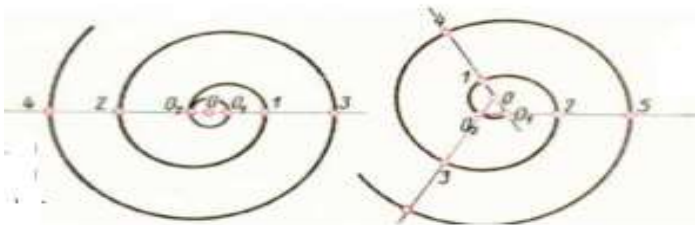


Рис. 4

В силу своей простоты построения и реализации на чертеже обводы нашли большое применение в технике.

УДК 547.46.052.2

Акчурин А. С., Ромашов Н. П., Егоров П. А., Давыдова В. В.,
Марьясов М. А.

Научный руководитель: Насакин О. Е., д-р хим. наук., профессор
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

СИНТЕЗ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ АММОНИЕВЫХ СОЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

***Аннотация.** Реакция тетрацианоэтилена с третичными аминами в метаноле приводит к образованию метилированных производных.*

***Ключевые слова:** тетрацианоэтилен, лекарственные препараты, реакция метилирования, образование четвертичных солей.*

Четвертичные аммониевые соединения характеризуются широким спектром биологической активности и рядом важных соединений таких, как холин, ацетилхолин и алкалоид тригонеллин, встречающихся в природе.

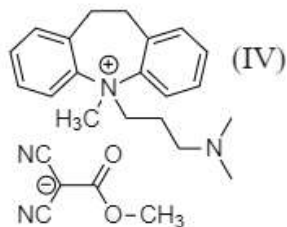
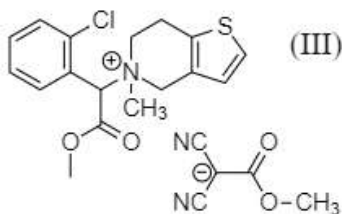
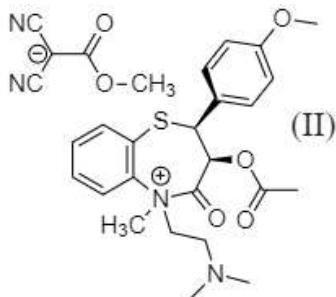
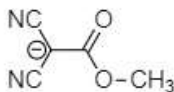
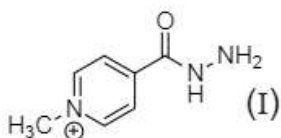
Реакции, сопровождающиеся образованием связи углерод-азот, считаются ключевыми в синтезе вышеуказанных соединений. В последние годы метанол, который упоминается как «зеленый метилирующий агент», приобретает все большее значение.

Мы продолжили исследования, начатые в работах [1-3], которые позволяют получать четвертичные аммониевые соли реакцией тетрацианоэтилена, растворенного в метаноле с третичными аминами.

В качестве исходных соединений взяли лекарственные препараты: Изониазид, Кардил, Листаб, Мелипрамин. Реакция проходит в течение нескольких секунд, в комнатных условиях.

Были получены метилированные производные Изониозида (I), Дилтиазема (II), Клопидогрела (III), Имипрамина (IV).

У метилированных продуктов предполагается увеличение биологической активности, замечено улучшение растворимости по сравнению с исходниками.



Полученные продукты идентифицированы с использованием ИК, масс, ЯМР ^1H и ^{13}C спектроскопии.

Возможная область применения – антимикробные, противовирусные и противоопухолевые препараты.

Литература

1. Ethene-1,1,2,2-tetracarbonitrile and Methanol in the Methylating Reaction of Tertiary Amines to the Quaternary Ammonium Compounds of 1,1-Dicyano-2-methoxy-2-oxoethane-1-ide / V. P. Sheverdov, V. V. Davydova, O. E. Nasakin et al. // Synlett – 2019. – Vol. 30, № 2. – P. 173-177.
2. Шевердов, В. П. Проблема рака и карбонитрилы / В. П. Шевердов, О. Е. Насакин, В. В. Давыдова. – Чебоксары: изд-во Чуваш. ун-та, 2017. – 176 с.
3. Реакция тетрацианозтилена с третичными аминами / П. А. Егоров, В. В. Давыдова, М. А. Марьясов и др. // Актуальные вопросы химической технологии защиты окружающей среды: сб. материалов VIII Всерос. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2020. – С. 170.

Егоров П. А., Максимова Ю. Р., Сазанова А. А.
Научный руководитель: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ПОЛИМЕРБЕТОНЫ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ ФУРАНО-ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

Аннотация. В статье изучены физико-механические свойства полимербетонных композиций, содержащих различные фурано-эпоксидные смолы.

Ключевые слова: ЭД-20, мономер ФА, мономер ФАМ, ФАЭД, полимербетон.

Олигомеры ФАЭД представляют из себя продукты термомеханического смешения фурфурольно-ацетоновых мономеров ФА, ФАМ и эпоксидных смол марок ЭД-20, ЭД-16, ЭИС-1. Композиты на основе фурановых смол с различными пластификаторами обладают высокими физико-механическими показателями [1, 2]. Невысокая вязкость фурановой смолы, низкая стоимость дают возможность использовать фурфуролацетоновые мономеры в виде активных разбавителей. ФАЭД сочетают в себе свойства фуранового и эпоксидного компонентов: высокие механические и диэлектрические характеристики, химическая стойкость и адгезия к различным материалам.

В данной работе в качестве эпоксидной составляющей использовалась смола ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), в качестве фурановой составляющей использовался фурфуролацетоновый мономер ФА (синтезированный и отвечающий качеству ТУ 2453-001-08468234-01, содержащий 64,63% монофурфурилиденацетона и 21,36% дифурфурилиденацетона), и мономер ФАМ (синтезированный и отвечающий качеству ТУ 2453-001-08468234-01, содержащий 21,74 монофурфурилиденацетона и 53,26 % дифурфурилиденацетона).

Целью работы являлось изучение влияния соотношений эпоксидной и фурановой составляющих в связующем на физико-механические свойства полученных полимербетонных. Полимербетон готовился следующим образом: в связующее, которое содержало разное соотношение смол, вводилось одинаковое количество как наполнителя – речного песка, так и отвердителя – ПЭПА, образцы отверждали при комнатной температуре. Через 30 дней выдержки определялась плотность по ГОСТ 15139-69 (с изм. 1), прочность при сжатии по ГОСТ 4651-2014 и водопоглощение по ГОСТ 4650-2014.

Таблица 1. Физико-механические свойства полимербетонов
на основе мономера ФА и ЭД 20

Содержа- ние ЭД 20 в связую- щем, в %	Плот- ность, г/см ³	Измене- ние пока- зателя, в %	Водопо- глоще- ние, в %	Изменение показателя, в %	$\sigma_{сж}$, МПа	Измене- ние пока- зателя, в %
100 (Стан- дарт)	1,86	-	1,78	-	26,1	-
80	1,87	0,05	1,76	0,79	24,7	-5,2
70	1,84	-1,29	1,58	11,1	26,3	0,78
60	1,84	-1,56	1,57	11,83	27,9	7,08
50	1,83	-1,77	1,56	12,39	28,7	10,17
40	1,83	-1,72	1,58	10,93	31,2	19,63
30	1,86	0	1,41	20,45	32,2	23,39
20	1,90	1,66	1,70	5,97	34,3	31,64

Таблица 2. Физико-механические свойства полимербетонов
на основе мономера ФАМ и ЭД 20

Содержа- ние ЭД 20 в связую- щем, в %	Плотность, г/см ³	Измене- ние пока- зателя, в %	Водопо- глощение, в %	Измене- ние пока- зателя, в п раз	$\sigma_{сж}$, МПа	Измене- ние пока- зателя, в %
100 (Стандарт)	1,86	-	1,78	-	26,1	-
80	1,87	0,5	6,49	3,66	32,4	24,1
70	1,87	0,5	4,11	2,32	31,1	19,3
60	1,87	0,5	2,53	1,43	33,7	29,1
50	1,85	-0,5	2,56	1,44	39,9	52,9
40	1,83	-1,6	2,67	1,50	44,3	69,9
30	1,83	-1,6	2,66	1,50	35,3	35,3
20	1,83	-1,6	2,65	1,49	15,2	-41,8

Представленные в табл. 1, 2 результаты говорят о том, что включение в состав связующего как мономера ФА, так и мономера ФАМ улучшает качество полученных полимербетонных композиций. Прочность при сжатии улучшается до 31,6 % для мономера ФА и до 69,9 % для мономера ФАМ, водопоглощение улучшается на 20,5% для мономера ФА, плотность при этом практически не изменяется. Следует отметить, что мономер ФАМ значительно ухудшает показатель водопоглощения композиции.

Следовательно, мономером ФА можно разбавлять эпоксидную смолу ЭД-20 в соотношениях (ФА:ЭД) от 40:80 до 80:20; мономером ФАМ также можно разбавлять эпоксидную смолу в соотношениях (ФАМ:ЭД) от 40:60 до 70:30.

Литература

1. Изучение влияния жирных кислот таллового масла на физико-химические свойства фуранового полимера / П. А. Егоров, В. В. Васильев, А. А. Сазанова и др. // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 1. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 117-120.
2. Изучение влияния фурфурола на свойства полимербетонной композиции на основе мономера ФАМ / В. В. Васильев, П. А. Егоров, А. А. Сазанова и др. // Химия и современность: сб. научных статей. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2019. – С. 14-17.

УДК 678.686

Максимова Ю. Р., Егоров П. А., Сазанова А. А.
Научный руководитель: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

СКОРОСТЬ ЖЕЛАТИНИЗАЦИИ ФУРАНО-ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ РАЗЛИЧНЫМИ АМИННЫМИ ОТВЕРДИТЕЛЯМИ

Аннотация. В статье изучена скорость желатинизации фурано-эпоксидных смол в разном массовом соотношении фурановой и эпоксидной смолы.

Ключевые слова: ЭД-20, мономер ФА, мономер ФАМ, ФАЭД, скорость полимеризации.

Фурано-эпоксидные смолы – продукт термомеханического совмещения фурановых и эпоксидных смол. В качестве фурановых чаще всего используют фурфуролацетоновые мономеры различных марок (ФА, ФАМ, 2ФА, 4ФА). В своих предыдущих работах мы использовали фурановый мономер ФА с различными добавками для получения композитов с хорошими физико-механическими свойствами [1-3].

В качестве эпоксидных смол используют практически любые эпоксидиановые олигомеры (ЭД-20, ЭД-16 и др.) [4]. Такие смолы называют ФАЭД, при этом число после слова ФАЭД означает массовое содержание эпоксидного компонента в реакционноспособном олигомере, а число в скобках – марка эпоксидной смолы. Они сочетают в себе ценные свойства, присущие обоим компонентам: хорошую адгезию, высокие физико-механические свойства, тепло-, химостойкость.

В данной работе в качестве эпоксидной составляющей использовалась смола ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), в качестве фурановой составляющей использовался фурфуролацетоновый мономер ФА (синтезированный и отвечающий качеству ТУ 2453-001-08468234-01, содержащий 64,63% монофурфурилиденацетона и 21,36% дифурфурилиденацетона). Целью работы являлось изучение влияния соотношения эпоксидной и фурановой составляющих в связующем на скорость желатинизации. В бюксе отвешивали определённое количество связующего и отвердителя. Эту смесь перемешивали и затем выливали на подготовленную полимеризационную плиту, включали секундомер и определяли скорость желатинизации при $(120 \pm 2)^\circ\text{C}$. Скоростью желатинизации считали время (в сек.), прошедшее с момента нанесения продукта на плиту до момента отрыва нити. За результат испытания принимали среднее арифметическое 3-х параллельных измерений.

Результаты испытаний ФАЭД (60% ФА +40% ЭД-20)

Вид отвердителя	Кол-во отвердителя, % от массы смолы	Скорость желатинизации, с.	
		При 120°C	При 150°C
М-4	10	193	60
	20	74	30
	30	65	24,5
	40	66	26
	50	91	33
ТЭТА	10	141	39
	20	109	32
	30	117	33
	40	142	64
	50	255	146
ТЭПА	10	167	56
	20	97	34
	30	90	29
	40	98	35
	50	114	62
ПЭПА	10	151	48
	20	100	30
	30	86	26
	40	85	27
	50	89	29

Из представленных выше данных можно сделать вывод о том, что из всех выбранных аминных отвердителей наиболее быстрым является отвердитель «М-4». Отвердители ПЭПА, ТЭТА и ТЭПА сходны по своим скоростным свойствам, при этом ТЭТА ненамного медленнее других. Опре-

делена максимальная дозировка для каждого из представленных отвердителей и сделан вывод, что можно варьировать в широком интервале время желатинизации и время жизни фурано-эпоксидных компаундов.

Литература

1. Фурановый композиционный материал на основе таллового масла и его жирных кислот / О. Е. Насакин, Э. Н. Шалфеева, А. А. Сазанова и др. // Известия высших учебных заведений. Сер.: Химия и химическая технология. – 2021. – Т. 64. – № 2. – С. 4-9.
2. Изучение влияния жирных кислот таллового масла на физико-химические свойства фуранового полимера / П. А. Егоров, В. В. Васильев, А. А. Сазанова и др. // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 1. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 117-120.
3. Изучение влияния фурфурола на свойства полимербетонной композиции на основе мономера ФАМ / В. В. Васильев, П. А. Егоров, А. А. Сазанова и др. // Химия и современность: сб. научных статей. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2019. – С. 14-17.
4. Плакунова, Е. В. Модифицированные эпоксидные композиции / Е. В. Плакунова, Е. А. Татаринцева, Л. Г. Панова // Пластические массы. – 2003. – №2. – С. 39-40.

УДК 547.46.052.2

Ромашов Н. П., Марьясов М. А., Давыдова В. В., Акчурин А. С.
Научный руководитель: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

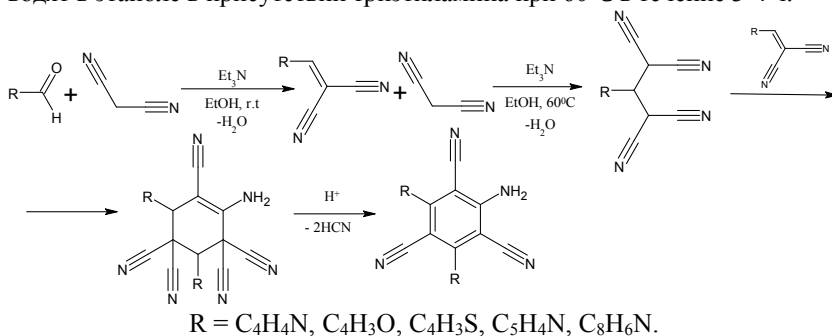
СИНТЕЗ 6-АМИНО-2,4-ДИ(ГЕТЕРИЛ)БЕНЗО-1,3,5-ТРИКАРБОНИТРИЛОВ

Аннотация. Реакции гетерилиденмалононитрила с малононитрилом приводят к образованию 6-амино-2,5-ди(гетерил)циклогекс-6-ен-1,3,3,5,5-пентакарбонитрила. Образование 6-амино-2,4-ди(гетерил)бензо-1,3,5-трикарбонитрила происходит за счет стадии дегидроцианирования.

Ключевые слова: гетерилиденмалононитрилы, малононитрил, реакция Михаэля, реакция Кневенагеля 6-амино-2,4-ди(гетерил)циклогекс-6-ен-1,3,3,5,5-пентакарбонитрил, 6-амино-2,4-ди(гетерил)бензо-1,3,5-трикарбонитрил, ингибитор протеинкиназы СК-2.

Малононитрил (динитрил малоновой кислоты) широко используется в различных многокомпонентных реакциях (конденсация по Михаэлю, конденсация по Кневенагелю и др.) в качестве одного компонента для синтеза различных биологически активных соединений. Благодаря наличию двух акцепторных групп он проявляет исключительную реакционную способность по сравнению с другими метиленактивными соединениями. Малононитрил применяют в синтезе красителей и пигментов, гербицидов, фунгицидов, лекарственных средств. Большой интерес представляет возможность проведения реакции циклизации аддуктов малононитрила с некоторыми сопряженными карбонильными соединениями, в ходе которых происходит образование новых, ранее не изученных соединений.

В ходе продолжения работы [1] нами был получен ряд новых соединений – 6-амино-2,4-ди(гетерил)бензо-1,3,5-трикарбонитрил. Реакцию проводят в этаноле в присутствии триэтиламина при 60°C в течение 3-4 ч.



Полученные продукты идентифицированы с использованием ИК, масс, ЯМР 1H и ^{13}C спектроскопии.

Синтезированное соединение является структурным аналогом прекурсоров ингибиторов протеинкиназы СК-2 – потенциальных противоопухолевых препаратов [2].

Литература

1. Синтез аминокенилполикарбонитрилов в реакции Михаэля арилиденмалононитрилов / М. А. Марьясов, В. В. Давыдова, О. Е. Насакин и др. // Журнал общей химии. – 2020. – Т. 90. – № 8. – С. 1304-1308.
2. Володина, Ю. Л. Казеинкиназа 2 – универсальный регулятор выживаемости клеток / Ю. Л. Володина, А. А. Штиль // Молекулярная биология. – 2012. – Т. 46. – №3. – С. 423-433.

Федосеев С. В.

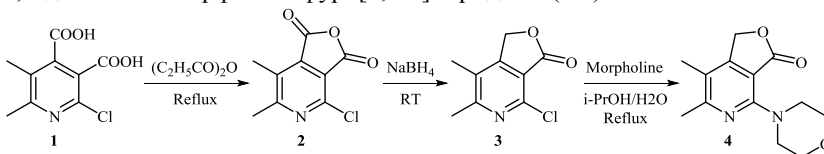
*Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова***СИНТЕЗ 4-МОРФОЛИНОФУРО[3,4-с]ПИРИДИН-3(1H)-ОНА**

Аннотация. Взаимодействием 4-хлорфуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-она с морфолином был синтезирован 4-морфолинофуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-он.

Ключевые слова: 4-морфолинофуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-он.

Ранее нами было показано, что при взаимодействии 2-хлорпиридин-3,4-дикарбоновой кислоты **1** с пропионовым ангидридом приводит к 4-хлорфуоро[3,4-с]пиридин-1,3-диону **2**, который при действии борогидридом натрия дает 4-хлорфуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-он **3** [1-3].

Дальнейшее исследование показало, что кипячение соединения **3** с морфолином в среде пропан-2-ол – вода = 1 – 1 приводит к образованию 6,7-диметил-4-морфолинофуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-она **4**.



Строение соединения **4** установлено комплексом физических методов, таких как ИК, ЯМР ^1H спектроскопия и масс-спектрометрия.

Таким образом, в ходе исследования превращений производного 4-хлорфуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-она **3** с морфолином в среде пропан-2-ол – вода был синтезирован 4-морфолинофуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-он **4**.

Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-269.2020.3 (соглашение № 075-15-2020-229).

Литература

1. Синтез новых производных 2-галогендинхомероновой кислоты / М. Ю. Беликов, О. В. Ершов, В. Н. Максимова и др. // Журнал органической химии. – 2016. – Т. 52. №8. – С. 1224-1225.
2. Синтез 4-галогенфуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-онов на основе 2-галогенпиридин-3,4-дикарбонитрилов / С. В. Федосеев, М. Ю. Беликов, О. В. Ершов и др. // Журнал органической химии. – 2020. – Т. 56. – №9. – С. 1363-1368.

3. Новые представители донорно-акцепторных хромофоров. Синтез 2-[4-арил-5-гидрокси-5-метил-3-циано-1я-пиррол-2(5H)-илиден]-малононитрилов / С. В. Федосеев, М. Ю. Беликов, О. В. Ершов и др. // Журнал органической химии. – 2016. – Т. 52. – №10. – С. 1450-1453.

УДК 547.824

Федосеев С. В.

Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

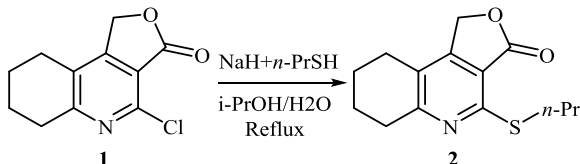
СИНТЕЗ 4-ПРОПИЛТИОФУРО[3,4-с]ПИРИДИН-3(1H)-ОНА

Аннотация. Взаимодействием 4-хлорфуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-она с пропан-1-тиолом был синтезирован 4-(пропилтио)фуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-он.

Ключевые слова: 4-(пропилтио)фуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-он.

Ранее нами было показано, что при взаимодействии 2-хлорпиридин-3,4-дикарбоновой кислоты с пропионовым ангидридом приводит к 4-хлорфуоро[3,4-с]пиридин-1,3-диону, который при действии борогидридом натрия дает 4-хлорфуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-он [1-3].

Дальнейшее исследование показало, что взаимодействие соединения **1** с пропан-1-тиолом в присутствии гидрида натрия в ДМФА приводит к образованию 4-(пропилтио)фуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-она **2**.



Строение соединения **2** установлено комплексом физических методов, таких как ИК, ЯМР ^1H спектроскопия и масс-спектрометрия.

Таким образом, в ходе исследования превращений производного 4-хлорфуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-она **1** с пропан-1-тиолом был синтезирован 4-(пропилтио)фуоро[3,4-с]пиридин-3(1H)-он **2**.

Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-269.2020.3 (соглашение № 075-15-2020-229).

Литература

1. Синтез новых производных 2-галогенцинхомероновой кислоты / М. Ю. Беликов, О. В. Ершов, В. Н. Максимова и др. // Журнал органической химии. – 2016. – Т. 52. №8. – С. 1224-1225.
2. Синтез 4-галогенфуро[3,4-с]пиридин-3(1H)-онов на основе 2-галогенпиридин-3,4-дикарбонитрилов / С. В. Федосеев, М. Ю. Беликов, О. В. Ершов и др. // Журнал органической химии. – 2020. – Т. 56. – №9. – С. 1363-1368.
3. Новые представители донорно-акцепторных хромофоров. Синтез 2-[4-арил-5-гидрокси-5-метил-3-циано-1я-пиррол-2(5H)-илиден]-малононитрилов / С. В. Федосеев, М. Ю. Беликов, О. В. Ершов и др. // Журнал органической химии. – 2016. – Т. 52. – №10. – С. 1450-1453.

УДК 661.833'032.1:54.058

Александрова А. Л., Федорова Т. Л., Павлова Н. Л.

Научный руководитель: Житарь С. В., канд. хим. наук, доцент
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ОЧИСТКИ ХЛОРИДА НАТРИЯ ОТ ПРИМЕСЕЙ

Аннотация. *Природная соль загрязнена соединениями кальция, магния и сульфатами, а также водонерастворимыми примесями. В промышленности, в частности, в производстве каустика, хлора и водорода электрохимическим методом требуется соль особой чистоты, не содержащая примесей. Экспериментально доказана эффективность очистки рассолов методом ионообменной хроматографии с использованием катионита КУ-2-8 и анионита АН-31.*

Ключевые слова: *хлорид натрия, кристаллизация, ионно-обменный метод.*

Хлорид натрия широко применяется в медицине, пищевой промышленности, а также в качестве исходного сырья в производстве водорода, хлора и гидроксида натрия методом диафрагменного электролиза. Чистота хлорида натрия зависит от исходного сырья и метода его получения. Методы очистки направлены, в первую очередь, на устранение ионов кальция и магния посредством осаждения их в виде гидроокисей, углекислых и основных углекислых солей. Сульфат натрия, поскольку его присутствие допускается в пищевой и технической соли, не удаляется полностью и только частично отбрасывается в маточниках при неполной упарке. Для получения фармакопейного хлористого натрия необходимо удалять и сульфаты [1].

Целью данной работы являлось получение технологии очистки рассола для производства каустика, хлора и водорода электрохимическим методом, обеспечивающей содержание примесей сульфатов до 12 г/дм³, магния не более 1 г/дм³, кальция – до 5 г/дм³.

В качестве объекта исследования был выбран образец хлорида натрия «Соль пищевая молотая Помол №1 ООО «Руссоль». Методами качественного анализа была установлена подлинность соли и определены основные примеси. Для количественного определения магния и кальция в

работе был использован комплексометрический способ [2], содержание сульфатов определяли иодометрически. Концентрацию примесей контролировали до и после очистки соли.

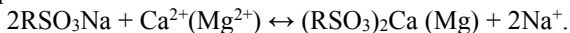
Одним из эффективных способов очистки соли от примесей является перекристаллизация. Однако этот способ не универсален, так как в ряде случаев кристаллы остаются загрязненными примесями вследствие соосаждения с основным веществом. Перекристаллизацию проводили при трех различных температурах: при 65°C, 150°C и в присутствии осадителей (Na₂CO₃ и NaOH). Полученные кристаллы отфильтровывали от маточного раствора с последующим промыванием горячей бидистиллированной водой. Промытые кристаллы сушили при 110 °С.

Содержание примесей, %

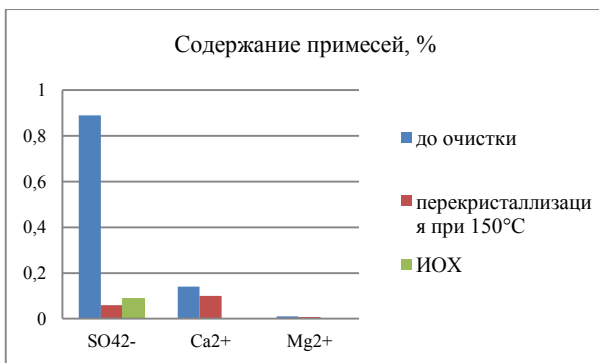
Примесь	До очистки	Способ перекристаллизации		
		65°C	150°C	в присутствии Na ₂ CO ₃ и NaOH
SO ₄ ²⁻	0,98	0,15	0,06	0,03
Ca ²⁺	0,14	0,09	0,1	-
Mg ²⁺	0,01	0,006	0,008	-

Исследования показали, что перекристаллизация является эффективным способом очистки, однако она характеризуется длительностью и образующиеся осадки могут засорять технологические узлы оборудования.

Исследована возможность применения метода ионообменной хроматографии для селективного отделения примесей. Для анализа был выбран катионит марки КУ-2-8 в Na-форме [3] и анионит АН-31 [4]. Катионит предварительно замочили в растворе хлорида натрия маки «х. ч.» с концентрацией 0,1 моль/л. Катионит КУ-2-8 относится к сильнокислотным ионитам, содержащим сульфатную функциональную группу. При пропускании анализируемого раствора через колонку на поверхности ионита протекает ионообменная реакция, в результате которой ионы кальция и магния удерживаются в колонке:



Анионит АН-31 содержит вторичные и третичные алифатические аминогруппы. При пропускании через ионит исследуемого раствора хлорида натрия происходит ионообменный процесс, в результате которого примесь сульфат ионов удерживается в колонке. Результаты определения примесей в растворах хлорида натрия до и после очистки представлены на рисунке.



Результаты определения примесей до и после очистки растворов хлорида натрия

Таким образом, применение ионообменной колонны периодического действия с использованием катионита КУ-2-8 в Na-форме и анионита АН-31 в Cl-форме позволяет вместо сложных энерго- и ресурсозатратных последовательных операций выпаривания и кристаллизации эффективно обеспечивать необходимое снижение концентрации примесей в хлориде натрия.

Литература

1. Неорганические синтезы. – М.: ИЛ, 1951. – Т. 11. – С. 210-217.
2. ГОСТ Р 54352 Соль поваренная пищевая. Определение массовой доли магний-иона и кальций-иона комплексонометрическим методом.
3. ГОСТ 20298-74 Смолы ионообменные. Катиониты. Технические условия.
4. Смолы Ионообменные. Аниониты. Технические условия Гост 20301-74.

УДК 504.05:641.64:577.15

Алексеева Е. А., Матрашева Э. Э.

Научный руководитель: Винокуров А. И., канд. хим. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

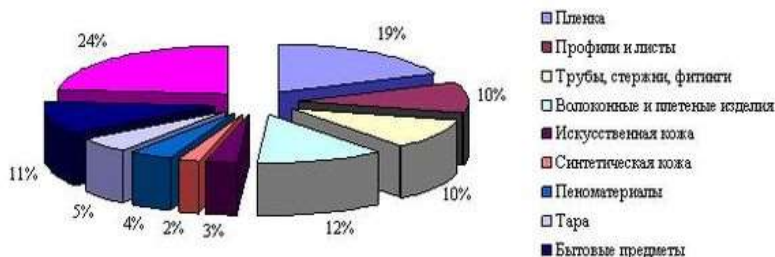
ПОЛИМЕРЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Аннотация. Рассмотрены вопросы влияния полимеров на окружающую среду и проблемы их утилизации и переработки.

Ключевые слова: полимеры, экология, окружающая среда, утилизация, разложение, переработка.

Слово «полимер» происходит от греческих слов «поли», означающего «много» и «мерос» – «части» или «звенья». Полимеры – вещества, состоящие из «мономерных звеньев», соединенных в макромолекулы химическими или координационными связями.

Полимеры характеризуются многообразием свойств. В современном мире трудно переоценить роль полимерных материалов в повседневной жизни при использовании человеком различных изделий из пластика и огромное значение для промышленного комплекса таких полимеров, как полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол, полиуретанов и других пластмасс на основе этих полимеров.



Использование полимеров

Однако после использования изделий из полимерных материалов возникают проблемы с их утилизацией. До недавнего времени неоправданно считалось, что природа способна служить резервуаром для хранения огромного количества вредных продуктов. Соответственно, широко использовали методы захоронения в земле различных отходов. Однако это ложный путь, позволяющий лишь отсрочить решение острых проблем и переложить их на плечи последующих поколений.

Загрязнение окружающей среды различными отходами может привести к различным отрицательным последствиям. В первую очередь, к прямому сокращению естественной среды обитания живых существ. Во-вторых, загрязнение какого-то района создает опасность для соседних с ним территорий из-за миграции загрязнений. В-третьих, загрязнение воздуха вредными газами, включая метан и диоксид углерода, создающее парниковый эффект, может привести к глобальным изменениям окружающей среды.

Обсуждать проблемы охраны окружающей среды в связи с производством и применением полимеров имеет смысл, по крайней мере, по двум

серьезным причинам. Во-первых, объемы производства полимеров во всем мире огромны, а отслужившие свой срок изделия выбрасываются и представляют собой угрозу для окружающей среды. Во-вторых, сегодня синтезируют и производят полимеры, которые практически незаменимы как исключительно эффективные средства для решения разнообразных задач. Проблема усугубляется тем, что синтетические полимеры, получаемые полимеризацией реакционноспособных соединений, являются весьма устойчивыми химическими соединениями, которые в природных условиях не разрушаются в течение десятков и даже сотен лет.

Масштабы первой из проблем, связанной с опасностью полимеров для окружающей среды, можно представить, если учесть, что мировое производство наиболее распространенного и доступного полимера – полиэтилена достигает сегодня десятков миллионов тонн в год. При указанных масштабах производства только полиэтилена, производимого за год, достаточно, чтобы покрыть пленкой толщиной 0,05 мм (это обычная пленка), территорию, равную Франции, а если учесть накопленные за 3 года отходы, то и всю Европу.

Какие же подходы используют для борьбы с загрязнением природы, связанные с производством полимеров? Во-первых, это уничтожение отработавших и выбрасываемых полимеров. Казалось бы, что самым естественным могло бы быть окисление этих органических веществ при высоких температурах или попросту их сжигание. Однако при этом уничтожаются ценные вещества и материалы. Продуктами сжигания в лучшем случае являются вода и углекислый газ, а в худшем – образуются вредные летучие вещества, загрязняющие природу.

Значительно более перспективным и разумным способом снижения загрязнения окружающей среды полимерами является вторичная переработка. Проблема эта, однако, не столь проста, хотя бы уже потому, что мы имеем дело, как правило, с грязными отходами. Это исключает возможность применения высокопроизводительного и высокотехнологичного оборудования. Но даже при переработке получают изделия, товарный вид и потребительские свойства которых не могут конкурировать с первичными изделиями.

В последние годы возникли и начали практически реализовываться новые идеи синтеза «экологически чистых» полимеров, способных быстро разлагаться в природных условиях. Все полимеры, синтезируемые растениями и живыми организмами, к числу которых относятся, в первую очередь, белки и полисахариды, подвержены разрушению, катализаторами которого являются ферменты. Здесь соблюдается принцип: что создает природа, то она способна разрушить.

Другое дело – синтетические полимеры, поскольку они являются для окружающей нас природы недавно появившимися пришельцами, и она еще не выработала эффективных средств и механизмов их разложения. Можно в лучшем случае рассчитывать, что некоторые ферменты, ответственные за быстрое и избирательное разрушение природных органических веществ, будут делать то же самое и в отношении синтетических полимеров, в состав которых входят соответствующие функциональные группы, например, сложные полиэферы.

Другие подходы опираются на получение смесей из устойчивых полимеров, как, например, полиэтилен, и биоразлагаемых, например, крахмал. Если ввести в такую смесь на стадии переработки полиэтилена в изделия достаточное количество крахмала, то он будет разлагаться микроорганизмами при попадании материала в почву.

Однако природные полимеры не могут заменить широкого ассортимента современных синтетических полимеров. Поэтому ученые непрерывно ищут возможности расширить количество полимеров, синтезируемых живой природой. При этом, кроме «экологической чистоты», они обладают преимуществами перед синтетическими, поскольку получают из «возобновляемого сырья». В последние годы удалось обнаружить бактерии, живущие в почве и способные синтезировать полимеры в качестве внутриклеточного резервного материала.

Этот путь производства полимеров, по-видимому, будет наиболее перспективным, во-первых, в связи с использованием возобновляемых ресурсов для синтеза промышленных полимеров, а во-вторых – с их способностью к полному биологическому разрушению в природных условиях, которое не сопровождается выделением вредных веществ в окружающую среду.

УДК 543.3

Андреев К. С.

Научный руководитель: Винокурова Р. И., д-р биол. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

О САМОЦВЕТАХ

***Аннотация.** Представлены основные аспекты науки геммологии, изучающей самоцветы, используемые для создания ювелирных, ювелирно-поделочных, облицовочных или экспозиционно-музейных материалов.*

Ключевые слова: ювелирные камни, самоцветы, геммология.

Геммология – наука, объектом исследования которой являются ювелирные материалы. В России всю совокупность ювелирно-поделочных камней принято объединять под названием самоцветы. Термин «самоцветы» вмещает в себя изучение и обработку драгоценных, полудрагоценных, поделочных и облицовочно-поделочных камней.

Геммология выделилась в самостоятельную научную дисциплину из другой геологической дисциплины – минералогии. Тесная связь геммологии и минералогии определяется тем, что большинство драгоценных и поделочных камней являются минералами. По известным данным, из более 4 тысяч известных минералов треть непосредственно используется в ювелирном деле, а остальные могут служить ювелирно-поделочным, облицовочным или экспозиционно-музейным материалом. Однако не все драгоценные и поделочные камни – минералы. По определению, минерал – это природное химическое соединение кристаллической структуры, образовавшееся в ходе различных геологических процессов. Минералами не являются некоторые природные аморфные образования – янтарь или вулканические стекла, но они объекты изучения геммологии. Не относятся к минералам органогенные продукты: жемчуг, кораллы. Минералами не являются самоцветы, полученные синтетическим путем в лабораториях – это фианиты, гранаты, синтетические алмазы, корунды, кварцы и др. Объектом изучения геммологии часто бывают лишь определенные разновидности минералов, которые отличаются каким-либо внешним признаком, чаще окраской, формой кристаллов. Например, минерал корунд. Его разновидности, изучаемые геммологией – рубин (красный), сапфир (синий), лейкосапфир (бесцветный). Значимые разновидности минерала берилла – аквамарин (голубой), изумруд (зеленый), гелиодор (желтый), воробьевит (розовый).

Общепринятого определения понятия «драгоценный камень» сегодня не существует. Критерии, по которым выделяются драгоценные камни (красота, долговечность, редкость), являются условными. Получается, что к драгоценным и поделочным камням относятся декоративные минералы и горные породы, которые характеризуются красивым цветом или рисунком, прозрачностью, ярким блеском. Эти камни отличаются высокой прочностью и химической устойчивостью, что определяет их эстетические свойства. В процессе развития геммологии было предложено множество классификаций ювелирных, поделочных и облицовочных камней как в России, так и в других странах. Рассмотрим одну из них – классификацию Е. Я. Киевленко, основой которой является критерий стоимости

самоцвета. Цветные камни делятся на три группы. В свою очередь, эти группы делятся на порядки.

Первая группа: ювелирные (драгоценные): 1-й порядок: алмаз, изумруд, сапфир, рубин; 2-й порядок: александрит, благородный жадеит, благородный опал, оранжевый, желтый, фиолетовый и зеленый сапфир; 3-й порядок: демантоид, благородная шпинель, аквамарин, топаз, лунный камень; 4-й порядок: турмалин, циркон, берилл, бирюза, аметист, хризолит, хризопраз.

Вторая группа: ювелирно-поделочные (полудрагоценные): 1-й порядок: горный хрусталь, жадеит, нефрит, лазурит, малахит; 2-й порядок: агат, амазонит, родонит, лабрадор, беломорит, халцедон.

Третья группа: яшма, обсидиан, селенит, флюорит, кварцит, кремнь, мрамор.

Геммология изучает не только природные самоцветы, но и их синтетические аналоги. Условно началом развития геммологии можно считать 1902 год, когда французский химик М. А. Вернейль впервые получил и начал поставлять на мировой рынок синтетические рубины, а чуть позже синтетические сапфиры и синтетическую шпинель.

Еще в прошлом столетии были разработаны методы синтеза (выращивания) как драгоценных камней (алмаз, рубин, изумруд, сапфир, александрит, гранат, циркон), так и полудрагоценных. К этой группе относятся все прозрачные разновидности кварца (аметист, цитрин, раухтопаз, морион, сапфирин, аметрин) и ряд других минералов. Появление большого количества синтетических камней не снизило, а, наоборот, повысило значение и стоимость натуральных ювелирных камней. За последние двадцать лет стоимость ювелирных алмазов увеличилась почти в четыре раза, а цены на природные изумруды и рубины зачастую превосходят цены на алмазы.

Синтез минералов – интереснейшая область геммологии. С целью повышения ювелирных и художественно-декоративных качеств минеральное сырье облагораживают. Чаще всего облагораживание сопряжено с изменением окраски минерала. Для изменения окраски самоцветов используют три типа воздействия: пропитывание химически активными веществами; термическое воздействие; ионизирующее облучение.

Весьма удачный пример – всем известный самоцвет бирюза. Это сложный фосфат меди $(\text{Cu}(\text{Al}, \text{Fe})_6[\text{PO}_4]_4(\text{OH})_8 \times 4\text{H}_2\text{O})$, который, теряя воду, бледнеет. Ювелиры этот процесс называют старением бирюзы. Чтобы избежать этого бирюзу раньше пропитывали воском, парафином, жиром, а в наше время жидким стеклом, различными органическими смо-

лами. Агат, разновидность кварца SiO_2 , чаще встречается в виде агрегатов серого цвета. Для окраски агатов используют неорганические соли хрома (зеленый цвет), железа (желтый цвет), кобальта (синий цвет), никеля, меди и других металлов. Часто химическую пропитку агатов сочетают с температурным обжигом. В старину невзрачные агаты выдерживали в сахарном сиропе, затем обжигали в печах, получая при этом ониксы с контрастным цветным рисунком. Окрашенные старыми мастерами агаты практически невозможно отличить от лучших природных образцов. Горщики Урала, извлекая из недр кристаллы мориона (черная разновидность кварца), запекали их в тесте и в результате обжига получали прекрасные желтые кристаллы цетрина – несомненно более ценную разновидность.

Поступающие на мировой рынок из стран Индокитая природные сапфиры имеют слишком черносиний цвет. Прогрев в течение нескольких суток при 1000°C , как правило, позволяет сделать природные сапфиры более светлыми. В геммологической практике также используют ионизирующее облучение, чаще гамма-облучение с радиоактивным изотопом ^{60}Co . Например, топаз $(\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F},\text{OH}))$ – бесцветный прозрачный минерал, который после облучения становится коричневым, голубым или зеленым в зависимости от дозы облучения. Алмазы при облучении солями радия окрашиваются в зеленый цвет, при облучении нейтронами – в коричневый, электронами – в голубой цвет.

Самоцветы – прекрасное творение природы, которая не поскупилась на окраски при их создании. Как говорил академик А. Е. Ферсман: «Будущее камней не в их ценности, не во вложенном в них богатстве, а в их красоте, в гармонии красок, цветов и форм, в их вечности».

УДК 536.631

Белобородова М. И., Беляева П. В.

Научные руководители: Смирнов А. К.¹, канд. хим. наук, доцент

Ладычук Д. В.², канд. хим. наук, доцент

¹ *Марийский государственный университет*

² *Поволжский государственный технологический университет*

ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ ИОНОВ Pb(II) БИОПОЛИМЕРНЫМ СОРБЕНТОМ

***Аннотация.** Изучены сорбционные свойства шрота лишайника *Evernia prunastri* в отношении ионов Pb(II) . Рассчитаны значения предельной сорбции,*

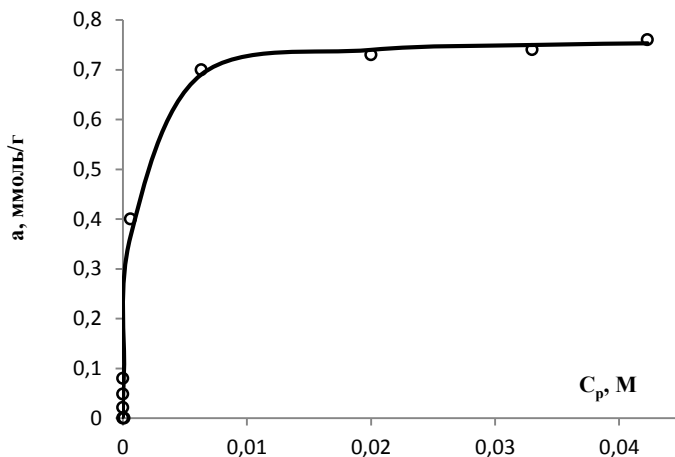
площади удельной поверхности сорбента в набухшем состоянии, констант сорбционно-десорбционного равновесия и эффективной энергии активации. Показана применимость и согласованность моделей Ленгмюра и Дубинина-Радушкевича для аппроксимации экспериментальных изотерм. Оценены термодинамические характеристики сорбции ионов шротом из водных растворов.

Ключевые слова: биополимер, шрот, *Evernia prunastri*, сорбция, $Pb(II)$.

Соединения свинца, являясь высокотоксичными веществами, медленно выводятся из организма и склонны к аккумуляции. Они поражают периферическую и центральную нервную систему [1], что, в частности, связано с их способностью замещать кальций в костях и нервных волокнах. Кроме того, Международное агентство по изучению рака (IARC) относит соединения свинца к группе 2В – потенциально канцерогенным для человека веществам. Предельно допустимая концентрация (ПДК) ионов свинца в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет 0,01 мг/л ($4,83 \cdot 10^{-8}$ М) [2]. В литературе представлено достаточное количество работ, касающихся использования сорбционных методов для решения проблемы очистки водных объектов, позволяя тем самым достигать требуемых предельных норм по содержанию токсичных примесей. В последнее время особое внимание уделяется применению в качестве сорбентов природных материалов, которые часто являются отходами различных производственных процессов. В данном контексте большой интерес могут представлять шроты – отходы извлечения биологически-активных компонентов из лишайниковой биомассы.

В настоящей работе использовали шрот лишайника *Evernia prunastri*, полученный в результате предварительной обработки лишайника органическими растворителями (ацетон, хлороформ, петролейный эфир) в аппарате Сокслета с целью извлечения низкомолекулярных компонентов. Сорбцию ионов $Pb(II)$ проводили в статических и динамических условиях из растворов $Pb(NO_3)_2$ с начальными концентрациями $C_0 = 10^{-6} - 10^{-1}$ моль/л при отношении массы сорбента к объёму раствора – 1:100. Концентрацию ионов свинца в растворе определяли фотометрическим методом [3], а также методом ионометрии с помощью ион-селективного электрода «ЭЛИС – 131Pb». Следует отметить, что в работе был проведен сравнительный анализ фотометрической и ионометрической методик. Как и следовало ожидать, полученные экспериментальные результаты сорбционного эксперимента в обоих случаях статистически эквивалентны. Очевидно, более удобным является ионометрический метод, характеризующийся более адекватной экспрессностью и экономичностью.

Полученная изотерма сорбции ионов Pb(II) шротом лишайника *Evernia prunastri* при 20⁰C представлена на рисунке.



Изотерма сорбции ионов Pb(II) шротом лишайника *Evernia prunastri*

Экспериментальные данные хорошо аппроксимируются в рамках моделей Ленгмюра и Дубинина-Радushкевича, что позволяет оценить приведенные в таблице количественные параметры сорбционного процесса – величину предельной сорбции (a_0), концентрационную константу сорбционного равновесия (K), характеризующую интенсивность процесса сорбции, удельную поверхность сорбента в набухшем состоянии ($S_{уд.}$) и эффективную энергию активации сорбционного процесса ($E_{эф}$).

Параметры уравнений Ленгмюра и Дубинина-Радushкевича для описания изотерм сорбции ионов Pb(II) шротом лишайника *Evernia prunastri*

a_0 , ммоль/г	K , л/моль	$S_{уд.}$, м ² /г	$E_{эф}$, кДж/моль
Уравнение Ленгмюра			
0,76	47	101,6	-
Уравнение ТОЗМ (Дубинина-Радushкевича)			
-	48	109,6	5,5

Как видно из таблицы, представляющей результаты обработки изотермы сорбции, указанные сорбционные модели дают сопоставимые результаты. При этом стоит отметить, что величина предельной сорбции

для шрота *Evernia prunastri* в отношении ионов Pb(II) превышает такую для целлюлозы и даже для хитозана [4]. Так, значение степени извлечения ионов (α) даже для раствора с концентрацией ионов свинца (II) порядка 10^{-3} моль/л составляет более 90%, увеличиваясь по мере снижения концентрации раствора. Данный факт указывает на перспективность использования шротов – отходов извлечения биологически активных компонентов из лишайникового сырья для извлечения ионов свинца из водных растворов.

Литература

1. Полянский, Н. Г. Свинец (Аналитическая химия элементов) / Н. Г. Полянский. – М.: Наука, 1975. – 200 с.
2. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
3. ПНД Ф 14. 1:2. 193-03. (фр. 1. 31. 2007. 03804). Методика выполнения измерений массовой концентрации тетраэтилсвинца в пробах природных (в том числе морских) и сточных вод фотометрическим методом с сульфарсазеном.
4. Протопопов, А. В. Получение и сорбционные свойства терефталатов целлюлозы из древесины осины / А. В. Протопопов, М. В. Клевцова, О. В. Радкина // Ползуновский вестник. – 2011. – №4-1. – С. 243-246.

УДК 661.185.6

Васильева К. Е.

Научный руководитель: Яценко Н. Н., канд. хим. наук, доцент
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕССНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДА В КИСЛОРОДНЫХ ОТБЕЛИВАТЕЛЯХ

Аннотация. Для оперативного контроля содержания кислорода в растворах перкарбоната натрия предложен метод кулонометрического титрования с биамперометрическим способом фиксирования точки эквивалентности, характеризующимся высокой точностью и экспрессностью. Изучено влияние температуры на скорость выделения активного кислорода при растворении перкарбоната натрия.

Ключевые слова: перкарбонат натрия, кислородные отбеливатели, йодометрический метод, кулонометрическое титрование.

В настоящее время использование экологических отбеливателей является одним из эффективных способов отбеливания и удаления загрязнений тканей. В состав порошкообразных моющих средств с кислородсодержащим отбеливателем в качестве активного вещества могут входить перборат, перкарбонат, перфосфат и персульфат натрия. Перкарбонат натрия ($2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}_2$) – наиболее перспективный и безопасный отбеливающий агент, который генерирует большое количество кислорода, гарантирует наиболее высокую растворимость в воде при комнатной температуре, а также обладает дезинфицирующими свойствами. Использование перкарбоната натрия в бытовых чистящих средствах не оказывает негативного воздействия на потребителей и неблагоприятного влияния на водную экосистему [1].

Для количественного определения активного кислорода в порошкообразных синтетических моющих средствах, в состав которых входят перекисные соединения, в литературе предложен ряд методов, наиболее эффективным является йодометрия, основанная на окислении йодид-ионов с последующим титрованием выделившегося йода стандартным раствором тиосульфата натрия. Конечную точку титрования определяют с помощью специфического индикатора – крахмала, который образует с йодом комплексно-адсорбционное соединение синего цвета [2]. Данный способ имеет ряд недостатков: необходимость стандартизации растворов и длительность определения, что приводит к плохой воспроизводимости результатов и увеличивает погрешность определений. Количественный анализ также усложняется потерей кислорода, которая связана с относительной устойчивостью солей перкислот при растворении.

Наиболее приоритетным направлением для исследования содержания кислорода является метод кулонометрического титрования. К достоинствам этого метода можно отнести высокую точность определения, возможность использования неустойчивых реагентов.

Для оперативного контроля содержания кислорода в водных растворах нами предложен метод обратного кулонометрического титрования с биамперометрическим способом фиксирования точки эквивалентности. Объектами исследования являлись образцы перкарбоната трех марок: Марка Б, Марка «Стандарт» и Марка П-70, характеризующиеся различным содержанием кислорода и размерами гранул порошка. В результате проведенных исследований были разработаны оптимальные условия кулонометрического определения. Анализируемую пробу вводили в кулонометрическую ячейку, содержащую йодид калия, затем стандартный

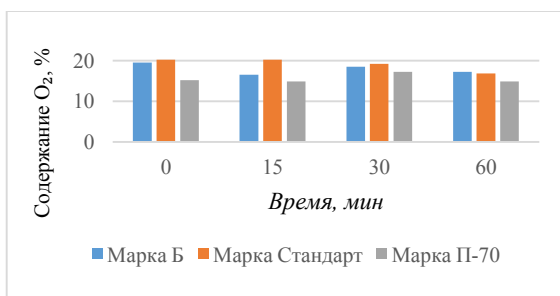
раствор тиосульфата натрия и оттитровывали избыток электрогенерированным йодом при силе тока 5 мА. Результаты определения активного кислорода представлены в таблице.

Результаты определения кислорода в перкарбонате (n=5, P=0,95)

Образец	Йодометрия		Кулонометрия	
	$X \pm \Delta X, \%$	S_r	$X \pm \Delta X, \%$	S_r
Марка Б	$19,73 \pm 1,52$	7,65	$23,88 \pm 0,69$	2,90
Марка «Стандарт»	$16,33 \pm 1,36$	8,31	$23,21 \pm 0,83$	3,53
Марка П-70	$18,68 \pm 1,37$	7,33	$22,72 \pm 0,73$	3,2

Как показали полученные экспериментальные данные, результаты кулонометрического определения характеризуются высокой воспроизводимостью и точностью по сравнению с данными йодометрического титрования.

Для изучения эффективности кислородсодержащих отбеливателей было исследовано влияние температуры на скорость выделения активного кислорода при растворении перкарбоната натрия. Анализируемые растворы термостатировали при 100, 60, 40 °С в течение 1 часа, с интервалом 15 минут методом кулонометрического титрования определяли концентрацию кислорода в растворах. На рисунке представлены результаты определения концентрации кислорода в растворах перкарбоната натрия при температуре 60°С, что соответствует оптимальному режиму большинства автоматических стиральных машин.



Содержание кислорода в растворах перкарбоната при 60°С

Экспериментально доказано, что при температуре 60°С в растворах перкарбоната натрия концентрация кислорода остается стабильной в течение 1 часа, при 100°С концентрация кислорода уменьшается на

20-45%, при 40°C на 4-30% в зависимости от марки образца. Кислородный отбеливатель марки «Стандарт» обеспечивает стабильную концентрацию кислорода в растворе при любой температуре.

Таким образом, при проведении мониторинга содержания кислорода в стиральных порошках метод кулонометрического титрования имеет высокую точность определений, а также легко автоматизируется и позволяет проводить несколько определений в одном растворе без смены реактивов.

Литература

1. Моросанова, Е. И. Кремний-титановые ксерогели: твердофазно-спектрофотометрическое и тест-определение пероксида водорода в дезинфицирующих средствах / Е. И. Моросанова, М. В. Беляков, Ю. А. Золотов // Журн. аналит. химии. – 2012. – 67. – №2. – С. 186-190.
2. ГОСТ 22567.10-93. Средства моющие синтетические. Методы определения массовой доли активного кислорода.

УДК 543.3

Васьков М. А.

Научный руководитель: Винокурова Р. И., д-р биол. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

О ТЯЖЕЛЫХ ЖИДКОСТЯХ

Аннотация. Рассмотрены характеристики тяжелых жидкостей, применяемых при гравиметрическом разделении минералов.

Ключевые слова: обогащение минералов, тяжелые жидкости, раствор Туле, жидкость Клеричи.

Для обогащения и отделения тяжелых минералов от кварца, полевых шпатов и различных других легких обломочных пород, обычно количественно преобладающих в концентратах, последние подвергают разделению в тяжелых жидкостях на две основные фракции – тяжелую и легкую.

Гравитационное разделение минералов наиболее четко осуществляется в тяжелых жидкостях. Для разделения минералов с большей плотностью – золота, киновари, галенита, арсенопирита, циркона и др. исполь-

зуют искусственно утяжеленные парамагнитные жидкости (растворы солей марганца, никеля, кобальта, железа редких земель), имеющих в обычных условиях плотность от 1,4 до 4,27 г/см³.

Тяжелые жидкости применяют для разделения небольшого количества твердых порошкообразных веществ. Для разделения веществ порошков помещают в жидкость с промежуточной плотностью. Процесс удобно проводить в делительной воронке или высоком цилиндре. После перемешивания смеси дают отстояться. Через некоторое время легкая фракция всплывает, и ее отделяют от осевших тяжелых частиц.

Одна из первых тяжелых жидкостей, использованных для этих целей, – раствор Туле, названный по имени предложившего его в 1878 г. французского ученого. Он представляет собой концентрированный водный раствор тетраиодомеркурата (II) калия, полученного растворением HgI₂ в избытке концентрированного раствора KI.

В 1873 г. немецкий химик К. Рорбах предложил использовать вместо калиевой соли бариевую. У насыщенного водного раствора Ba[HgI₄] плотность около 3,6 г/см³, то есть несколько выше, чем у раствора Туле (3,2 г/см³).

Наиболее тяжелые водные растворы изготовил в 1907 г. итальянец Э. Клеричи – смесь насыщенных растворов солей одновалентного таллия – формиат и малонат. Оба вещества получают, растворяя карбонат таллия в соответствующей кислоте малоновой или муравьиной. Формиат таллия отличается исключительно высокой растворимостью. Плотность насыщенного водного раствора может меняться от 3,4 г/см³ при 20°C до 4,76 г/см³ при 90°C. Еще большая плотность у смеси формиата и малоната (1:1 по массе). При растворении этих солей в указанной пропорции в минимальном количестве воды образуется раствор с плотностью 4,3 г/см³ при 20°C, горячий – можно довести до плотности 5,0 г/см³. В таком растворе плавают барит (тяжелый шпат), кварц, корунд, малахит, гранит и многие другие минералы. Но, как и ртутные производные, соединения таллия очень ядовиты.

Жидкость Клеричи имеет ряд преимуществ перед другими жидкостями: обладает большой плотностью, химически достаточно инертна, легко смешивается с водой в любых соотношениях и может быть сконцентрирована простым упариванием на водяной бане. Разделение проб в помещении необходимо проводить в вытяжном шкафу.

Кроме перечисленных растворов, существуют также несколько безымянных тяжелых жидкостей: растворы ZnI₂, смеси ZnI₂ и ZnBr₂, KI и CdI₂, тетраиодоцинкаты калия и бария, тетраиодокадмат бария.

В качестве тяжелых жидкостей можно использовать и некоторые органические жидкости: бромформ ($2,9 \text{ г/см}^3$), тетрабромэтан ($2,96 \text{ г/см}^3$), иодистый метилен ($3,32 \text{ г/см}^3$) раствор CH_3 и CHBr_3 (до $4,0 \text{ г/см}^3$) при высоком содержании иодоформа в смеси, чтобы такой раствор был жидким, его следует использовать горячим, так как чистый CH_3 плавится при 123°C . Требования к жидкости, употребляемой для разделения минералов: жидкость должна иметь высокую плотность; обладать высокой прозрачностью и по возможности не иметь цвета; не должна вступать в химические реакции с разделяемыми минералами; не должна разлагаться при работе; способна легко концентрироваться и разбавляться какими-либо растворителями; быть дешёвой и легко приготовляемой.

Существуют, наконец, так называемые тяжелые расплавы – индивидуальные вещества или их смеси, которые используют при повышенных температурах. Самый тяжелый из таких расплавов ($5,3 \text{ г/см}^3$) – смесь нитратов таллия (I) и ртути (I), который плавится при температуре 76°C .

Разделение минералов может быть использовано при изучении вещественного состава полезных ископаемых и решении различных задач геологии.

УДК 67.03

Градобаев Р. А., Светлаков Д. Г., Денисова О. Н.

Поволжский государственный технологический университет

СЕМЬ МЕТАЛЛОВ ДРЕВНОСТИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Аннотация. *Рассматриваются исторические и современные области применения древнейших металлов.*

Ключевые слова: *золото, серебро, медь, железо, олово, свинец, ртуть.*

Считается, что химия появилась тогда, когда человек научился огнём воздействовать на металл. В древности и в средневековье были известны семь металлов: золото, серебро, медь, олово, железо, свинец и ртуть. Это число совпало с количеством планет, которыми астрономы тогда считали Солнце, Луну, Венеру, Юпитер, Сатурн, Марс и Меркурий. Каждой планете приписывали особый знак, одновременно служивший и символом

металла, находившегося под ее влиянием. Солнце – золото, Луна – серебро, Венера – медь, Юпитер – олово, Марс – железо, Сатурн – свинец, Меркурий – ртуть.

Раньше всего человек познакомился с теми металлами, которые находятся в природе в самородном виде. Это золото, серебро и медь. Остальные металлы стали известны после того, как люди научились с помощью огня получать их из руд. Золото и серебро, которые не изменяются под действием влаги и воздуха, называли благородными. Их использовали для изготовления украшений, а также для покрытия изделий из меди и даже из дерева. Позднее золото и серебро стали использовать в качестве денег. Золото и по сей день – главный валютный металл. Бактерицидные свойства металлического серебра и некоторых его соединений были известны даже в древнем Египте. Например, серебряную пластину прикладывали к ранам, добиваясь их быстрого заживления. Персидский царь Кир в военных походах перевозил воду в серебряных сосудах. Средневековый врач Парацельс лечил некоторые болезни «лунным» камнем – азотнокислым серебром (ляпис). Этим средством в медицине пользуются и сейчас.

Сегодня область применения золота гораздо шире, чем раньше. Сплав золота с металлами платиновой группы помогает телефону выдерживать большое число переключений без «залипания», реагируя на каждый импульс. Наночастицы золота применяются в производстве дисплеев. Сплавы золота применяют для спаивания контактов в деталях космических и авиационных двигателей, чтобы они не поддавались коррозии. Золото надёжно защищает от ИК-излучения, поэтому его добавляют в светофильтры шлемов скафандров, в качестве покрытия зеркал, предназначенных для работы в дальнем ИК-диапазоне, для изготовления стекол для самолетов, электропоездов, морских судов и даже оболочки нейтронной бомбы. С использованием золота изготавливают мишени для ядерных исследований.

Серебро при обычных условиях обладает наибольшей электропроводностью и теплопроводностью среди всех металлов поэтому используется для пайки металлов, для изготовления катодов гальванических элементов, суперконденсаторов, которые могут заряжаться и разряжаться быстро и многократно. Серебряные электроды в плазменных телевизорах намного повышают качество изображения, а в светоизлучающих диодах экономят энергопотребление, DVD и компакт-диски имеют тонкий запи-сывающий слой серебра. Серебро используется при производстве транзисторов, микросхем, в производстве аккумуляторных батарей. Для обез-

зараживания вода обогащается серебром. Монокристаллы фторида серебра используются для генерации лазерного излучения с длиной волны 0,193 мкм (УФ излучение).

В древности медь использовалась для изготовления орудий труда, украшений и оружия. Эпохой медного века условно называют период развития человечества с 4 по 3 тысячелетие до н. э. Сегодня известно, что медь по электропроводности уступает лишь серебру, но поскольку медь дешевле, то ей отдают предпочтение. В чистом виде металл используют для изготовления сетевых кабелей и проводов электропередач. Медные трубы широко применяются во внутренних системах водо- и газоснабжения, системах кондиционирования и холодильных агрегатах. Значительная часть меди идёт на производство сплавов.

Сплав олова с медью – бронза – был впервые получен более 4000 лет назад. Эпохой бронзового века считают период с 3500 по 1200 года до н. э. Бронза и в наши дни остаётся главным сплавом олова. Олово существует в двух аллотропных модификациях – α - и β -олово. При обычных условиях устойчива β -форма – серебристо-белый металл. При температуре ниже +13°C – α -форма – серый порошок. Процесс превращения β - в α -форму быстро идёт при отрицательных температурах и называется «оловянной чумой». В прошлом это не раз приводило к драматическим последствиям. Сегодня большая часть олова идёт на изготовление припоев и типографских и шарикоподшипниковых сплавов.

На смену бронзовому веку пришёл век железный. Эпохой железного века называют период развития человечества с 1200 года до н. э. по 340 год н. э. Первое железо, попавшее в руки людей, было метеоритного происхождения. Было время, когда оно ценилось дороже золота. Из него изготавливали оружие, предметы быта, украшения, орудия труда. Сегодня железо выплавляют из железных руд. Его по праву можно назвать главным металлом нашего времени. Невозможно указать отрасли промышленности и сферы жизни людей, где железо не используется. Это самый распространённый металл.

Свинец – мягкий и тяжелый металл, он имеет невысокую температуру плавления и легко поддаётся обработке. Его можно разрезать ножом, поцарапать ногтем. В Древнем Риме из свинца изготавливалось буквально все, от столовых приборов до водопроводных труб. В Российской империи его тоже использовали при создании водопроводных сетей. Это негативно отражалось на здоровье людей. Сегодня металлический свинец используется в производстве защитных средств от всех видов радиоактивного излучения и рентгеновских лучей, различных сплавов, красок, аккумуляторов.

Ртуть – элемент достаточно редкий на Земле, но известна она с глубокой древности. Это единственный металл жидкий при обычных условиях. Она использовалась алхимикам для создания «философского камня», египтяне носили флакончики с ртутью в качестве амулета. Ртуть и её соединения издревле использовались как лекарственные средства, эликсир жизни, способствующий долголетию, применялись в изготовлении красок, при добыче золота и серебра, некоторых тканей. Позже выяснили, что ртуть и особенно её соединения очень ядовиты. Сегодня ртуть используют для изготовления различных измерительных и осветительных приборов, соли ртути применяют при изготовлении различных веществ, от антисептиков и красок до взрывчатки.

Таким образом, металлы, известные людям с древнейших времён, и в современной жизни, технике и технологии не утратили своего значения и продолжают активно использоваться человечеством.

Литература

1. Древнейшие металлы человечества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/4_3590_drevneyshie-metalli-chelovechestva.html (дата обращения 04.04.2021).
2. Дибров, И. А. Неорганическая химия: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов «Металлургия» / И. А. Дибров. – СПб.: Лань, 2001. – 431 с.

УДК 631.8:547

Дерягина М. С.

Научный руководитель: Конюхова О. М., канд. биол. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ИЗ САПРОПЕЛЯ

***Аннотация.** Предложена технология получения гуминовых кислот из сапропеля.*

***Ключевые слова:** сапропель, гуминовые кислоты, донные отложения.*

Актуальность исследовательской работы обусловлена необходимостью разработки технологии, позволяющей производить гуминовые кислоты (рисунок) из сапропеля. Поскольку водоемы так или иначе нуждаются в рекультивации, донные отложения, в данном случае сапропель, можно использовать как материал для получения гуминовых кислот.

Гуминовые кислоты хорошо зарекомендовали себя на рынке, т. к. обладают широким спектром применения как в медицине и косметологии, так и в сельском хозяйстве для производства удобрений.

Научной новизной данного проекта является то, что на данный момент как в России, так и на мировом рынке мало организаций, которые занимаются получением гуминовых кислот из сапропеля, в основном, гуминовые кислоты получают из торфа или бурого угля.

Технология получения гуминовых кислот состоит из следующих этапов:

1. добыча сапропеля из водоемов с помощью земснарядов;
2. обработка сапропеля щелочным агентом, в качестве которого используется зола (2-10 массовых частей золы на 100 массовых частей сапропеля);
3. ультразвуковая экстракция (не менее 90 минут при частоте 22-23 кГц) [1].

Реализовывать гуминовые кислоты можно с помощью частных приусадебных участков, малых фермерств, косметологических предприятий (маски, крема), фармацевтических предприятий (производство лекарственных средств и БАДов).

За аналог можно принять результаты исследований, направленные на получение гуминовых кислот из торфа и растительного опада, способ получения сапропелевого концентрата.

Недостатком данной разработки является то, что на данный момент не было поставлено эксперимента по получению гуминовой кислоты из сапропеля. Впоследствии потребуется разработать технологию их получения или модернизировать аналоги.

Разработанная технология получения гуминовых кислот из сапропеля позволит использовать отходы от рекультивации водоемов (донные отложения) в качестве получения гуминовых кислот.

Литература

1. Пат. RU2264371 C2, C05F 7/00. Сапропелевый концентрат, содержащий гуминовые кислоты, и способ его получения / Новицкий А. А. – № 2003131375/12; Заявлено 17.10.2003; Оpubл. 20.05.2005. – 5 с.

Иванов Р. С., Зиновьева Е. Г., Плотников В. В.
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

СИЛИКАТНЫЕ КРАСКИ

Аннотация. В работе представлены возможности применения силикатных красок. Проведена модификация составов на основе натриевого жидкого стекла и изучены свойства полученных образцов органосиликатных красок и покрытий на их основе.

Ключевые слова: силикатные краски, жидкое стекло, силикаты металлов, модификация, экология, применение.

Силикатные краски (СК) относят к лакокрасочным материалам, применяемым в дизайне и строительстве. Наличие в композициях из жидкого (калиевого) стекла органического этилсиликата позволило СК стать идеальным материалом для окраски фасадов и внутренних стен, выполненных из минеральных строительных материалов. СК обладают идеальной адгезией к бетону, красному и силикатному кирпичу, цементным и известковым штукатуркам, камню и керамике. Покрытие получается надежным, а в случаях, если в состав СК включаются кремнийорганические смолы, приобретает повышенную прочность.

Следующим важным свойством СК является негорючесть. Именно это делает их незаменимыми при декоре мест общественного назначения: коридоров, путей эвакуации, актовых залов школ, детских садов, больниц, офисов и т. д.

Отдельно следует выделить такое свойство силикатного декоративного покрытия, как стойкость к появлению плесени и грибка. Поверхность, обработанная СК, гладкая, на ней микроорганизмам негде «зацепиться», и тем самым их распространения не происходит. Именно поэтому СК часто используют в местах повышенной влажности.

Для получения определенного оттенка в основу СК добавляются пигменты в виде порошка, получаемые из окисей металлов. Например, пигменты оксидов алюминия и цинка не только придают свои оттенки, но и добавляют СК антикоррозийные свойства. Необходимая вязкость достигается добавлением в жидкое стекло мела, талька, слюды и других аналогичных наполнителей [1-3].

В данной работе авторы провели эксперименты по получению композиций на основе натриевого жидкого стекла и различных органических олигомерно-полимерных связующих с целью улучшения технологии производства силикатных красок и удешевления продукта без потери его качества. Нами была разработана однокомпонентная органо-минеральная краска, которая обладает хорошей морозостойкостью и адгезией к бетону, кирпичу, дереву, гипсокартону, гипсу и стеклу.

Литература

1. Корнеев, В. И. Растворимое и жидкое стекло / В. И. Корнеев, В. В. Данилов. – СПб.: Стройиздат СПб, 1996. – 216 с.
2. Экологически безопасные краски / Н. Э. Алексеев, И. С. Тарасов, И. И. Хакимова и др. // Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды: сб. материалов VIII Всерос. конф. – Чебоксары: изд-во Чуваш. ун-та, 2020. – С. 7.
3. Перспективы применения жидкого стекла / Н. Э. Алексеев, И. С. Тарасов, И. И. Хакимова и др. // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 1. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 146-148.

УДК 678.7

Иванова А. А., Семенова Н. А.

Научный руководитель: Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ТЕРМОАГРЕССИВОСТОЙКОЙ РЕЗИНЫ

Аннотация. *Исследовано влияние технологических добавок (ЦД-12, Z-50, Z-60, структурол WB-222) на деформационно-прочностные свойства резины и термоагрессивостойкость вулканизатов на основе каучуков Тербан 3406 и СКН 4055.*

Ключевые слова: *резина, бутадиен-нитрильный и гидрированный бутадиен-нитрильный каучуки, технологические добавки, физико-механические свойства, термоагрессивостойкость.*

Уникальные свойства и более высокие температурные характеристики гидрированных бутадиен-нитрильных каучуков (ГБНК) по сравнению с бутадиен-нитрильными каучуками (БНК) привели к широкому внедрению ГБНК в автомобильной промышленности и других отраслях промышленности, требующих высокой производительности от резиновых изделий. Резины на основе ГБНК обладают отличной устойчивостью к углеводородным жидкостям (например, моторному маслу, хладагенту, топливу и др.) и многим промышленным химикатам. В публикациях [1, 2] исследовалась возможность увеличения эксплуатационных свойств резин на основе БНК путем модифицирования их состава различными технологическими добавками (ТД) и стабилизаторами. Как выяснилось, резины на основе БНК обладают недостаточно высокими физико-механическими свойствами и стойкостью к воздействию агрессивных сред при температурах выше 100°C. Более жёсткие условия эксплуатации могут выдержать резиновые смеси на основе ГБНК. В работе [3] исследовано влияние различных марок ГБНК на технологические и физико-механические свойства модельной резиновой смеси. Показано, что резиновая смесь на основе ГБНК марки Terban 3406 может обладать удовлетворительными физико-механическими и эксплуатационными свойствами при температурах до 150°C. В настоящей работе исследовано влияние технологических добавок на свойства термоагрессивостойкой резины на основе каучуков Terban 3406 и СКН 4055. Кроме каучуковой основы, резиновая смесь содержала: вулканизующие агенты – N,N'-дитиодиморфолин, сульфенамид Ц; Luperox F40 P, тиурам Д; противостаритель – диафен ФП; наполнители – магнезию жжёную, технический углерод марок Т900 и П514; пластификаторы – олигоэфиракрилаты ТГМ-3, МГФ-9 и другие ингредиенты в определенных количествах. Резиновая смесь изготавливалась путём смешения БНК и ГБНК с ингредиентами на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160. Первый вариант резиновой смеси не содержал ТД. Второй, третий, четвертый и пятый варианты содержали соответственно по 2,00 мас. ч. ЦД-12, Z-50, Z-60 и структурала WB-222 (таблица). В дальнейшем резиновую смесь охлаждали на металлическом столе, вулканизовали в прессе при 150°C и термостатировали при 160°C в течение 3 час. Для полученных вулканизатов, согласно действующим в резиновой промышленности стандартам, определяли физико-механические показатели и стойкость к термическому старению на воздухе и в СЖР-1, которые приведены в таблице.

Варианты и свойства резиновой смеси

Ингредиенты, показатели	Варианты				
	1	2	3	4	5
ЦД-12, мас. ч.	-	2,00	-	-	-
Z-50, мас. ч.	-	-	2,00	-	-
Z-60, мас. ч.	-	-	-	2,00	-
Структол WB-222, мас. ч.	-	-	-	-	2,00
Физико-механические свойства вулканизатов (150°C×60 мин)					
f_p , МПа	14,2	13,8	13,7	14,0	12,6
f_{100} , МПа	2,5	2,5	2,7	2,9	2,7
ϵ_p , %	900	870	880	880	900
H, ед. Шор А/межд. ед. ИСО	67/23	70/23	70/23	69/23	65/23
B, кН/м	46	51	45	46	47
ОДС при 30% сжатии (150°C×24 ч), %	85,0	84,0	84,0	87,0	86,5
Изменение свойств резины после воздействия СЖР-1 (150°C×24 ч)					
Δf_p , %	-10,4	-14,2	-23,0	-10,0	-10,1
$\Delta \epsilon_p$, %	-13,3	-12,9	-11,3	-10,7	-11,1
ΔH , ед. Шор А	-9	-3	-5	-3	0
Изменение свойств резины после термического старения на воздухе (150°C×24 ч)					
Δf_p , %	+7,7	+9,9	+21,4	+16,4	+18,1
$\Delta \epsilon_p$, %	-8,5	-9,3	-5,7	-4,6	-25,5
ΔH , ед. Шор А	+3	0	+3	+2	+5

Примечание: f_p – условная прочность при растяжении; f_{100} – модуль напряжения при 100% удлинении; ϵ_p – относительное удлинение при разрыве; B – сопротивление раздиру; ОДС – относительная остаточная деформация сжатия; Δf_p и $\Delta \epsilon_p$ – относительное изменение условной прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве; ΔH – изменение твердости.

Из результатов исследования физико-механических показателей вулканизатов следует, что вулканизаты вариантов резиновой смеси, содержащие технологические добавки, обладают меньшими величинами условной прочности при растяжении по сравнению с вулканизатом первого варианта резиновой смеси. При этом значения остальных упруго-деформационных свойств (модуля напряжения при 100%-ном растяжении, относительного удлинения при разрыве твердости, сопротивления раздиру и ОДС) для вулканизатов всех вариантов резиновой смеси находятся практически на одинаковом уровне. Среди вулканизатов, содержащих технологические добавки, вулканизаты четвертого и пятого вариантов соответственно характеризуются большим и меньшим значениями условной прочности при растяжении.

Исследование термического старения вулканизатов в агрессивных средах показывает, что их физико-механические свойства изменяются в разной степени в зависимости от природы термического воздействия и введенной технологической добавки. Большее изменение физико-механических свойств вулканизатов происходит после выдержки вулканизатов в СЖР-1, чем на воздухе. Вулканизат четвертого варианта резиновой смеси, содержащий ТД Z-60, характеризуется наименьшими изменениями упруго-прочностных свойств после выдержки в агрессивных средах.

Литература

1. Исследование влияния технологических добавок на свойства резин на основе БНК нового поколения. Часть 1 / Н. И. Кольцов, Н. Ф. Ушмарин, А. Е. Петров и др. // Бутлеровские сообщения. – 2010. – Т. 19. – № 2. – С. 79-86.
2. Разработка термоагрессивостойкой резины для пакерующих элементов / С. И. Сандалов, М. С. Резников, Н. Ф. Ушмарин и др. // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2014. – Т. 17. № 9. – С. 129-132.
3. Влияние гидрированных бутадиен-нитрильных каучуков на свойства резины для уплотнительных элементов / И. С. Спиридонов, Н. Ф. Ушмарин, С. И. Сандалов // Бутлеровские сообщения. – 2017. – Т. 50. № 4. – С. 45-49.

УДК 678.7

Ильина Н. И., Капитонова М. А.

Научный руководитель: Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕФТЕПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОДОШВЕННОЙ РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ

Аннотация. *Изучено влияние транс-полинонборборнена на пласто-эластические и реометрические свойства подошвенной резиновой смеси.*

Ключевые слова: *нефтеполимерные смолы, каучуки, подошвенная резиновая смесь, пласто-эластические и реометрические свойства.*

Для регулирования свойств подошвенных резиновых смесей используются различные ингредиенты. В частности, в работах [1-6] исследовано влияние наполнителей (высокоуглеродистого технического наполнителя, микросфер, гидросиликата магния) [1-3] и технологических добавок

[4, 5] на свойства подошвенных резиновых смесей на основе каучуков общего назначения. Технологические добавки облегчают изготовление и переработку резиновых смесей и улучшают ряд технологических и технических свойств резин. Роль технологических добавок также могут выполнять нефтеполимерные смолы, которые улучшают технологические свойства и клейкость резиновых смесей [6]. В связи с этим нами исследовано влияние нефтеполимерных смол на технологические свойства резиновой смеси, используемой для изготовления подошв резиновой обуви.

Исследуемая резиновая смесь включала каучуки СКН-4055, СКМС-30 АРК, СКИ-3. Кроме того, в неё входили: сера, стеарин, цинковые и титановые белила, 2-меркаптобензтиазол, технический углерод N 220 и другие ингредиенты. Резиновую смесь готовили на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 при температуре 70-80°C в течение 15 мин. Пласто-эластические свойства резиновой смеси изучали на вискозиметре Муни MV 3000 Basic фирмы «Mon Tech» при 120°C в течение 30 мин. Реометрические свойства резиновой смеси исследовали на реометре MDR 3000 Basic фирмы «Mon Tech» при 170°C в течение 10 мин. В таблице приведены варианты резиновой смеси, в которой проводилась замена канифоли на смолу нефтеполимерную Арилен New и смолу углеводородную СМПласт.

Варианты и технологические свойства резиновой смеси

Ингредиенты и показатели	Варианты		
	1	2	3
Канифоль, мас. ч.	6,00	-	-
Смола нефтеполимерная Арилен New, мас. ч.	-	6,00	-
Смола углеводородная СМПласт, мас. ч.	-	-	6,00
Пласто-эластические показатели резиновой смеси (100°C x 30 мин)			
M _{max} , ед. Муни	50,49	45,06	45,65
M _{min} , ед. Муни	36,03	35,65	33,90
t ₅ , мин	24,00	25,10	27,11
t ₃₅ , мин	28,09	28,85	30,67
Реометрические показатели резиновой смеси при (170°C x 10 мин)			
S _{max} , дН·м	22,41	21,40	20,69
S _{min} , дН·м	3,18	2,77	3,03
t _s , мин	0,64	1,00	1,10
t ₉₀ , мин	3,10	4,04	4,01

Примечание: M_{max} и M_{min} – максимальная и минимальная вязкости; t₅ и t₃₅ – времена начала и конца подвулканизации; S_{max} и S_{min} – максимальный и минимальный крутящие моменты; t_s и t₉₀ – времена начала и оптимума вулканизации.

Результаты исследования пласто-эластических и реометрических свойств для различных вариантов резиновой смеси резиновой смеси приведены в таблице. Как видно, замена канифоли на смолу нефтеполимерную Арилен New и смолу углеводородную СМПласт приводит к уменьшению вязкости резиновой смеси и возрастанию времен начала и конца подвулканизации. При этом максимальный и минимальный крутящие моменты уменьшаются, а времена начала и оптимума вулканизации увеличиваются. Таким образом, введение в резиновую смесь на основе комбинации каучуков СКМС-30АРК, СКД и СКИ-3 нефтеполимерных смол способствует улучшению технологических свойств резиновой смеси, что должно положительно сказаться на физико-механические и эксплуатационные свойства подошвенной резины.

Литература

1. Влияние высокоуглеродистого технического наполнителя на свойства подошвенной резины / Н. Ф. Ушмарин, А. Н. Васильев, Л. Ю. Царева и др. // Бутлеровские сообщения. – 2019. – Т. 57. – № 2. – С. 74-78.
2. Кириллова, Т. А. Применение микросфер для повышения свойств подошвенной резины / Т. А. Кириллова, Н. А. Семенова, Н. И. Кольцов // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 1. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 43-45.
3. Влияние гидросиликата магния на свойства подошвенной резины / К. В. Ефимов, Л. Ю. Царева, Н. Ф. Ушмарин и др. // Бутлеровские сообщения. – 2020. – Т. 61. – № 1. – С. 91-95.
4. Ефимовский, Е. Г. Влияние сополимеров этилена и винилацетата на термо-и агрессивностойкость подошвенной резины / Е. Г. Ефимовский, Н. Ф. Ушмарин, Н. И. Кольцов // Бутлеровские сообщения. – 2018. – Т. 54. – №5. – С. 113-119.
5. Царева, Л. Ю. Влияние технологических добавок на свойства резины на основе этилен-пропиленового каучука / Л. Ю. Царева, Н. Ф. Ушмарин, Н. И. Кольцов // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 1. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 71-73.
6. Повысители клейкости на основе нефтеполимерных смол в резиновых смесях / Ж. С. Шашок, С. А. Перфильева, Н. Р. Прокопчук и др. // Труды БГТУ. Сер. 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2019. – №2 (223). – С. 53-69.

Карпеев К. В.

Научные руководители: Егоров Е. Н., канд. хим. наук, доцент;

Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

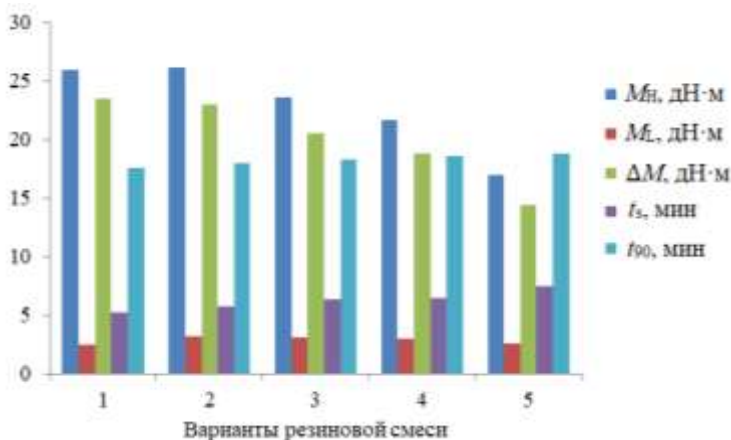
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ *транс*-ПОЛИНОРБОРНЕНА НА РЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КАУЧУКОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. *Изучено влияние транс-полинорборнена на реометрические показатели резиновой смеси на основе каучуков общего назначения.*

Ключевые слова: *транс-полинорборнен, резиновая смесь, бутадиен-метилстирольный, изопреновый и бутадиеновый каучуки, реометрические свойства.*

С развитием сетей рельсового транспорта в настоящее время возрастают и требования к их экологической безопасности и комфорту. Одной из серьезных проблем при эксплуатации рельсового транспорта является вибрация, которая передаётся в окружающую среду в виде механического шума. Для решения этой проблемы используются резиновые рельсовые прокладки, для повышения виброзащиты которых используются ингредиенты направленного действия, одним из которых является *транс*-полинорборнен (ТПНБ) [1, 2]. В связи с этим нами изучено влияние ТПНБ на реометрические показатели резиновой смеси на основе комбинации бутадиен-метилстирольного СКМС-30АРК, бутадиенового СКД и изопренового СКИ-3 каучуков для шумо- и вибропоглощающих рельсовых прокладок железнодорожных путей. Исследуемая резиновая смесь на основе вышеперечисленных каучуков включала вулканизующие агенты – N,N'-дитиодиморфолин и серу; активаторы вулканизации – белила цинковые и стеариновую кислоту; ускоритель вулканизации – сульфенамид Ц; противостаритель – ацетонанил Н; наполнитель – технический углерод N 220, мягчитель – масло индустриальное И-12А и другие ингредиенты. Исследуемый ТПНБ представляет собой белый мелкозернистый порошок с размером частиц 300-400 мкм и насыпной плотностью 0,35-0,40 г/см³. Непосредственное введение порошкообразного ТПНБ в резиновую смесь не представляется возможным из-за его плохого совмещения с эластомерной матрицей (комбинацией каучуков: СКМС-30АРК, СКД и СКИ-3). Для устранения этого была разработана каучукоподобная композиция (КК) ТПНБ с маслом индустриальным И-12А при массовом

соотношении 1:1. Полученную композицию КК вводили в исследуемую резиновую смесь. При этом были подготовлены и исследованы пять вариантов резиновой смеси, в которых композиция КК содержалась в количествах 0,0, 15,0, 25,0, 40,0 и 55,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучуков. Каждый вариант резиновой смеси готовили на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 при температуре валков вальцов 60-70 °С в течение 15 мин. Реометрические свойства резиновой смеси исследовали на реометре MDR 3000 Basic при 150 °С в течение 30 мин. Результаты исследования реометрических свойств резиновой смеси представлены на рисунке.



Из рисунка следует, что увеличение содержания композиции КК в резиновой смеси способствует уменьшению максимального и минимального крутящих моментов, а также их разности. При этом происходит увеличение времен начала и оптимума вулканизации по сравнению с базовым (первым) вариантом смеси. Очевидно, это связано с увеличением количества масла индустриального И-12А, содержащегося в композиции КК. Следует отметить, что величина разности максимального и минимального крутящих моментов прямо пропорциональна степени химической сшивки вулканизата. Поэтому вулканизат пятого варианта резиновой смеси, содержащий 55,0 мас. ч. композиции КК, должен обладать наименьшей степенью сшивки и, как следствие, повышенными вибропоглощающими свойствами. Кроме того, введение в резиновую смесь композиции КК приводит к уменьшению её вязкости, что должно способствовать возрастанию относительного удлинения при разрыве и истира-

емости вулканизатов. Это подтвердили результаты дальнейших исследований физико-механических свойств вулканизатов. Таким образом, введение в резиновую смесь на основе комбинации каучуков СКМС-30АРК, СКД и СКИ-3 композиции ТПНБ с маслом индустриальным И-12А способствует улучшению технологических свойств резиновой смеси при ее переработке (формовании).

Литература

1. Исследование эксплуатационных и динамических свойств резины для изделий, работающих в морской воде / Е. Н. Егоров, Н. Ф. Ушмарин, С. И. Сандалов и др. // Известия высших учебных заведений. Сер.: Химия и химическая технология. – 2020. – Т. 63. – № 11. – С. 96-102.
2. Пат. 2739188 Российская Федерация, МПК C08L 9/00; C08L 9/06; C08K 3/04; C08K 3/06; C08K 3/22; C08K 5/18; C08K 7/16. Резиновая смесь / Н. Ф. Ушмарин, Е. Н. Егоров, С. И. Сандалов, Н. И. Кольцов. – № 2020120578; заявл. 15.06.2020; опубл. 21.12.2020, Бюл. № 36.

УДК 678.71

Коннова К. А.

Научные руководители: Егоров Е. Н., канд. хим. наук, доцент;

Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

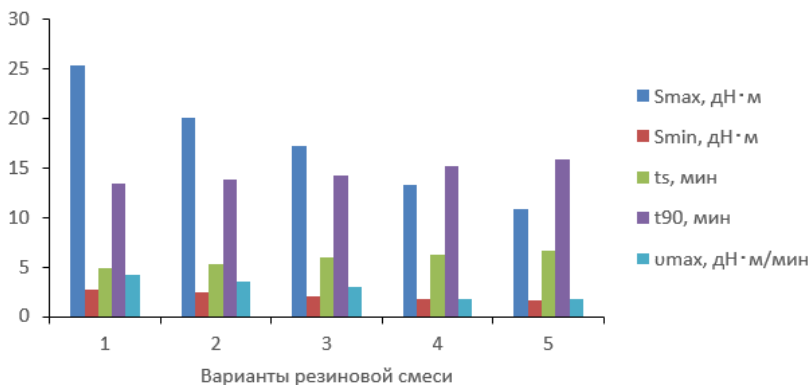
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТА НА РЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ ДЛЯ РЕЛЬСОВЫХ ПРОКЛАДOK

***Аннотация.** Изучено влияние термоэластопласта марки FabFlex 118-60 BI S на реометрические показатели резиновой смеси на основе каучуков общего назначения.*

***Ключевые слова:** термоэластопласт, резиновая смесь, каучуки общего назначения, реометрические свойства.*

Технологические добавки облегчают изготовление и переработку резиновых смесей и улучшают технологические и технические свойства резин. Роль технологических добавок могут выполнять нефтеполимерные смолы [1]. В связи с этим было исследовано влияние термоэластопласта марки FabFlex 118-60 BI S на реометрические, физико-механические и

технологические свойства резины, состоящей из бутадиен-метилстирольного (СКМС-30АРК), изопренового (СКИ-3) и бутадиенового (СКД) каучуков, используемой для изготовления рельсовых прокладок. Вулканизующим агентом являлась сера; активаторами и ускорителями вулканизации – цинковые белила, N,N'-ДТДМ, сульфенамид Ц; противостаритель – ацетонанил Н; диспергатором служила стеариновая кислота; наполнителями – технический углерод N 220 и другие компоненты. ТЭП марки FabFlex 118-60 BI S представляет собой многокомпонентную композицию на основе полипропилена, содержащую блок-сополимер стирол-этилен-бутилен-стирол с твердостью 60 ед. Шор А, показателем текучести расплава 25 г/10 мин, температурой размягчения по Вика не выше 108 °С, плотностью 1,18 г/см³ частиц 300-400 мкм и насыпной плотностью 0,35-0,40 г/см³. Нами были подготовлены и исследованы пять вариантов резиновой смеси, в которых ТЭП FabFlex содержался в количествах 0,0, 15,0, 25,0, 40,0 и 55,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучуков. Варианты резиновой смеси готовили на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 при температуре валков вальцов 60-70°С в течение 15 мин. Реометрические свойства резиновой смеси исследовали на реометре MDR 3000 Basic при 150°С в течение 30 мин. Результаты исследования реометрических свойств резиновой смеси представлены на рисунке.



Реометрические показатели различных вариантов резиновой смеси ($S_{\max}$ – максимальный крутящий момент; $S_{\min}$ – минимальный крутящий момент; t_s – время начала вулканизации; t_{90} – оптимальное время вулканизации; $u_{\max}$ – максимальная скорость вулканизации)

Из рисунка следует, что с увеличением количества ТЭП FabFlex 118-60 BI S наблюдается изменение кинетики вулканизации резиновой смеси: уменьшение максимального и минимального крутящих моментов, а также максимальной скорости вулканизации. При этом времена начала и оптимума вулканизации увеличиваются. Следовательно, введение в резиновую смесь нефтеполимерных смол способствует улучшению технологических свойств резиновой смеси, что должно привести к повышению эластичности резины для рельсовых прокладок.

Литература

1. Егоров, Е. Н. Влияние термоэластопластов на свойства резин / Е. Н. Егоров, Н. Ф. Ушмарин, Н. И. Кольцов // XVIII Международная конференция по химии и физикохимии олигомеров «Олигомеры-2019». Нижний Новгород, 16-21 сентября 2019. Сборник трудов. – Москва-Нижний Новгород-Черноголовка, 2019. – Т. 2. – С. 100.

УДК 606

Костромина Н. М., Виноградова С. М., Денисова О. Н.
Поволжский государственный технологический университет

КЛОНИРОВАНИЕ, МУТАЦИИ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГМО

Аннотация. Рассмотрены проблемы развития и внедрения достижений современной биотехнологии.

Ключевые слова: клонирование, мутации, биотехнология, генномодифицированные организмы (ГМО).

В последние два десятилетия биотехнология стремительно движется из области научных исследований в сферу практического использования. Её достижения применяются в фармацевтической, химической, микробиологической промышленности. Заметно возросло использование достижений биотехнологии в сельском хозяйстве. Клонирование – сравнительно новое понятие, которое означает появление естественным или искусственным путем нескольких генетически идентичных живых организмов. В природе естественное клонирование свойственно и растительному, и животному мирам. Например, вегетативное размножение растений, деление бактерий, клональное размножение ящериц. Рождение

близнецов у людей – тоже пример естественного клонирования. Быстрыми темпами идёт изучение процессов искусственного клонирования: создания бактериальных клонов для биотехнологий, фрагментов ДНК, тканей, целого органа или даже организма. Именно искусственное клонирование многоклеточных организмов является предметом споров и разногласий научного сообщества и религии.

При клонировании возможно появление различных мутаций. Мутации – это резкие, скачкообразные изменения наследственности, связанные с перестройкой генетического аппарата клетки, ее генетической информации, что приводит к наследственным изменениям признаков и свойств организма. Но всегда ли это негативный процесс?

В первую группу входят *летальные* мутации, вызывающие гибель организма. Примерами таких мутаций у растений могут служить: мутации, вызывающие гибель зародышей; мутации, обуславливающие неспособность к образованию корневой системы; мутации, связанные с потерей способности к образованию хлорофилла.

Ко второй группе относится *полуметальные или сублетальные* мутации, резко понижающие жизнеспособность организма. В этом случае мутанты живут в течение некоторого времени, но затем гибнут из-за наследственного дефекта.

Третью группу составляют *стерильные* мутации, существенно не изменяющие жизнеспособности, но резко уменьшающие фертильность.

Четвертую группу образуют мутации, не изменяющие жизнеспособности и плодовитости или даже существенно повышающие жизнеспособность или плодовитость мутантов.

Существует много химических мутагенов: иприт и его аналоги, этиленимины, уретан, алкалоиды, перекиси, формальдегид, производные азотистой кислоты и др. Хромосомные перестройки и генные мутации были получены даже с помощью растительных масел. Действие химических мутагенов сходно с действием ионизирующих излучений, но соотношение хромосомных и генных мутаций значительно колеблется, в зависимости от применяемого вещества. Химические мутагены вызывают больше генных и меньше хромосомных изменений, чем ионизирующее излучение. При использовании мутагенов у растений обрабатывают определенную часть растения. Например, облучают обычно семена. Воздействие мутагенными факторами на исходные формы увеличивает частоту мутаций и позволяет создать богатейший селекционный материал, обладающий комплексом ценных хозяйственных признаков и свойств. Сейчас получены новые сорта в результате использования физических и химических мутагенов. Это

сорта яровой и озимой пшеницы, отличающиеся повышенной урожайностью, устойчивостью ко многим болезням и другими полезными свойствами, сорта томатов, отличающиеся высокой продуктивностью, высокими вкусовыми и технологическими качествами, пригодные для механизированной уборки. Ведутся исследования по индуцированному мутагенезу на объектах промышленного рыбоводства – карпе, толстолобике, радужной форели. Цель таких исследований – определение эффективности и особенности действия различных химических мутагенов с последующим отбором мутантов для дальнейшей селекции. Получены мутантные штаммы микроорганизмов, обладающие способностью разрушать вредные вещества, содержащиеся в сточных водах производства каучука.

Использование достижений биотехнологии воспринимается обществом неоднозначно. Например, многие положительно оценивают достижения биотехнологии в фармацевтике или в переработке отходов. Но когда дело касается использования продукции сельского хозяйства, созданной при помощи методов генной инженерии, то высказывается много опасений по поводу безопасности генетически модифицированных продуктов питания для здоровья людей и животных, а также о негативном влиянии генетически модифицированных организмов (ГМО) на биоразнообразие и экологию. Например, для того, чтобы ягоды приобрели морозоустойчивость, им «вживляют» гены северных рыб, а чтобы урожай кукурузы не поедали вредители, ей «прививают» ген, полученный из яда змеи. Учёным ещё предстоит ответить на вопросы о влиянии ГМО на здоровье людей и животных, изучить, как повлияет выпуск ГМО в окружающую среду на биоразнообразие в долгосрочной перспективе, возможно ли скрещивание трансгенных и дикорастущих культур. Не приведёт ли всё это к появлению суперсорняков, устойчивых к любым гербицидам, или насекомых-вредителей, которые не боятся никаких инсектицидов? Конечно, совсем отказаться от генной инженерии и использования её достижений уже не получится, но необходим тщательный контроль создания и использования ГМО во всех отраслях. Подход к этой проблеме в разных странах сильно различается. Например, США выступают против ограничения распространения ГМО и очень широко их используют, имея самые большие в мире площади для выращивания генномодифицированных растений и самое большое количество патентов для использования трансгенных растений. В Европе, напротив, считают, что необходимо строгое регулирование в области применения достижений биотехнологии.

При любом подходе к этой проблеме главным всегда должно быть предоставление потребителям права выбора. А это право должно под-

крепляться правом на получение достоверной информации. Поэтому сейчас большинство стран выступают за маркировку генетически модифицированной продукции.

Литература

1. Генетически модифицированные организмы и проблемы биобезопасности: учеб.-метод. пособие / С. Е. Дромашко [и др.]. – Минск: Институт подготовки научных кадров Национальной академии наук Беларуси, 2011. – 70 с.
2. Кузнецов, В. В. Генетически модифицированные организмы / В. В. Кузнецов, А. С. Баранов, В. Г. Лебедев // Наука и жизнь. – 2008. – № 6. – С. 12-26.
3. Баишева, А. С. Проблемы использования генно-модифицированной продукции / А. С. Баишева, И. С. Бейшова // Молодой учёный. – 2018. – №10 (196). – С. 37-40.

УДК 556.324: [556.114.6:546.711]

Мазеева И. В.

Научный руководитель: Яценко Н. Н., канд. хим. наук, доцент
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

Аннотация. Методами атомно-абсорбционной спектроскопии и фотометрии определено содержание марганца на уровне ПДК в грунтовых водах. Экспериментально доказано, что метод атомно-абсорбционной спектроскопии характеризуется высокой точностью и селективностью определений. Сезонный мониторинг содержания Mn в грунтовых водах выявил наименьшую его концентрацию в зимний период.

Ключевые слова: тяжелые металлы, атомно-абсорбционная спектрометрия, фотометрический метод, анализ природных вод.

При проведении комплексного анализа объектов окружающей среды, в частности водных объектов, особое внимание уделяется содержанию тяжелых металлов. В настоящее время огромное внимание привлекает концентрация марганца в водных объектах различного значения. Марганец относят к ряду тяжелых металлов, которые необходимы для жизнеобеспечения человека и других живых организмов. Однако его избыточное количество приводит к нарушению нормального функционирования

организма, а в некоторых случаях и гибели [1]. Переизбыток марганца может привести к серьёзным последствиям, после которых даже молодой организм очень тяжело восстанавливается: ухудшению всасывания железа и возникновению развития анемии, ухудшению состояния нервной системы, нарушению всасывания кальция. Вода с повышенным содержанием марганца обладает металлическим привкусом. Его присутствие приводит к значительно более быстрому износу бытовой техники и систем отопления, поскольку он способен накапливаться в виде черного налета на внутренних поверхностях труб с последующим отслаиванием и образованием взвешенного в воде осадка черного цвета. Таким образом, необходимо строго контролировать содержание марганца [2]. ПДК марганца в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования 0,1 мг/л. Определяемый металл относится к 3 классу опасности.

В ряду аналитических способов для количественного определения марганца фотометрические методы исследования занимают особое место. Простота, универсальность, доступность и чувствительность делают данные методы наиболее популярными в лабораториях как на производстве, так и в органах инспекций.

Фотометрический метод основан на измерении оптической плотности окрашенного соединения, образованного при окислении ионов марганца (II) до перманганат-ионов в азотнокис с последующим измерением оптической плотности окрашенного раствора при длине волны 540 нм. Длительная пробоподготовка, плохая воспроизводимость результатов, а также себестоимость реактивов делают данный метод определения непривлекательным для рутинного анализа и мониторинга водных объектов.

В настоящее время наиболее приоритетным направлением для исследования содержания металлов является метод атомно-абсорбционной спектроскопии, основанный на измерении поглощения резонансного излучения свободными атомами, находящимися в газовой фазе, за относительно короткое время. К достоинствам метода можно отнести высокую селективность, экспрессность, короткие сроки пробоподготовки, а также отсутствие разделения от мешающих компонентов. Метод используют для обнаружения ионов марганца в интервале 0,005-25 мг/дм³. Однако высокая стоимость оборудования, необходимость особой квалификации рабочего персонала мешают широкому распространению данного метода.

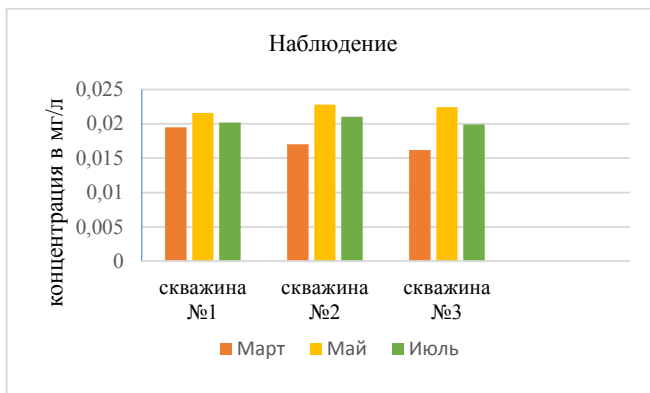
Для сравнения методик было проведено исследование проб грунтовой воды, отобранной в марте, в мае и в августе на мусороперегрузочной станции с элементами сортировки г. Чебоксары из наблюдательных скважин.

Результаты исследований представлены в таблице на рисунке. Погрешность для фотометрии 36%, а для ААС 14,6 %.

Результаты определения марганца в пробах воды

№ пробы	Период отбора	Фотометрия	ААС
		Концентрация мг/дм ³	Концентрация мг/дм ³
1	март	0,0187±0,0021	0,0195±0,0024
	май	0,0208±0,0022	0,0216±0,0032
	август	0,0209±0,0075	0,0202±0,0029
2	март	0,0150±0,0054	0,0170±0,0025
	май	0,0200±0,0072	0,0228±0,0030
	август	0,0190±0,0068	0,0210±0,0031
3	март	0,0160±0,0058	0,0162±0,0024
	май	0,025±0,00900	0,0224±0,0033
	август	0,0180±0,0065	0,0199±0,0029

Из результатов эксперимента следует, что метод атомно-абсорбционной спектроскопии имеет меньшую погрешность определений.



Содержание марганца в грунтовых водах в зависимости от времени года

Грунтовые воды формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков. В зависимости от времени года количество загрязняющих веществ может меняться. Соответственно, меняется и глубина залегания грунтовых вод – расстояние от поверхности этих вод до поверхности земли. Весной при таянии снега и обильном поступлении влаги их уро-

вень повышается, а летом, наоборот, – понижается. Самый низкий уровень грунтовых вод бывает зимой, что подтверждается полученными экспериментальными данными.

Таким образом, при проведении мониторинга содержания тяжелых металлов в различных средах, а в частности в водных, использование метода атомно-абсорбционной спектроскопии будет наиболее эффективно и точно.

Литература

1. <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-ekologicheskogo-sostoyaniya-i-stepeni-zagryazneniya-tyazhelymi-metallami-pochv-privolzhya-chuvashskoy-respubliki> (дата обращения 21.09.2020).
2. <https://cyberleninka.ru/article/n/negativnye-effekty-margantsa-pri-hronicheskom-postuplenii-v-organizm-s-pitievoy-vodoy> (дата обращения 07.11.2020).

УДК 541.64+543.226

Новиков А. А., Игнатьев В. А.

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОКСИАЛКИЛЗАМЕЩЕННЫХ МОЧЕВИН НА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИУРЕТАНОВ СЛОЖНОЭФИРНОЙ ПРИРОДЫ

Аннотация. Синтезированы полиуретановые эластомеры на основе уретановых форполимеров различной природы, 4,4'-метиленис(о-хлоранилина) и гидроксикалкилзамещенных мочевины. Исследовано влияние природы гидроксикалкилзамещенных мочевины на термомеханические свойства полиуретановых эластомеров.

Ключевые слова: полиуретановые эластомеры, термомеханический анализ, уретановые форполимеры, гидроксикалкилзамещенные мочевины.

Полиуретановые эластомеры (ПУЭ) являются одним из современных и универсальных конструкционных материалов, характеризующихся высокими физико-химическими и эксплуатационными свойствами [1-3]. Это позволяет применять их в самых различных областях промышленно-

сти, в качестве заменителя металла, а иногда даже в областях, где применение металлов недопустимо. В то же время ПУЭ обладают рядом некоторых недостатков, в частности достаточно узким интервалом температур эксплуатации изделий – от минус 40 °С до плюс 80 °С (кратковременно – до плюс 120 °С), что объясняется их склонностью к термической и термоокислительной деструкции [4]. Поэтому синтез новых полиуретанов и разработка методов улучшения их термической стойкости является актуальной задачей. В настоящей работе приведены результаты исследований по синтезу ПУЭ сложноэфирной природы на основе ароматических диизоцианатов и изучено влияния модифицирующих добавок – гидроксилалкилзамещенных мочеви́н (ГАМ) – на термомеханические характеристики полиуретанов.

Термомеханические исследования проводили на термоанализаторе марки EXSTAR TMA/SS 7100 со стандартной печью, фирмы SII Nano Technology Inc., Япония. Термомеханические кривые снимали в режиме пенетрации кварцевого зонда диаметром 5,5 мм, при постоянной нагрузке 0,5 N, скорости нагрева 5 °С/мин, в интервале температур от –150 до +600 °С. Физико-механические характеристики определяли с использованием разрывной машины марки HY-UT-30PC фирмы «Dong Guan Hongjin test instrument», позволяющей проводить испытания по ГОСТ ISO 5893-2002, оснащенной средствами автоматической записи кривой зависимости силы от деформации.

Образцы ПУЭ синтезировали двухстадийным способом. На первой стадии взаимодействием сложного олигоэфира марки П6-БА (производства ОАО «Казанский завод синтетического каучука») и диизоцианатов различной природы получали уретановые форполимеры (ФП). В качестве изоцианатов применялись: 2,4-толуилендиизоцианат марок Т-100 и Т-80, а также 4,4'-дифенилметандиизоцианат. Синтезированные ФП представляли собой прозрачные вязкие медообразные жидкости от светло-желтого до янтарного цвета. Для них были определены следующие физико-химические свойства: плотность (ρ), вязкость по Стоксу (η), содержание изоцианатных (NCO) групп, а также рассчитаны теоретические и экспериментальные значения среднечисловой молекулярной массы (M_n).

Вторую стадию – отверждение ФП – осуществляли путем добавления к ним стехиометрических количеств смеси 4,4'-метиленис(о-хлоранилина) (МОСА) и ГАМ. Были проведены исследования по изучению природы ФП и содержания ГАМ на термомеханические свойства ПУЭ. Также для синтезированных полиуретанов, представляющих собой твер-

дые с глянцевым блеском полимеры светло-желтого цвета, были определены: прочности при 100 ($\sigma_{100\%}$), 200 ($\sigma_{200\%}$), и 300%-ном ($\sigma_{300\%}$) растяжении, предел прочности при разрыве ($\sigma_{\text{разр}}$), относительное ($\epsilon_{\text{отн}}$) удлинение и твердость по Шору (Н).

Из анализа термомеханических кривых также следует, что максимальными значениями температур деструкции $T_{\text{дестр.}}=182,2^\circ\text{C}$ характеризуются образцы синтезированные при использовании в качестве изоцианатной составляющей 4,4-дифенилметандиизоцианата, несколько ниже температур деструкции $T_{\text{дестр.}}=173,3^\circ\text{C}$ при использовании толуилендиизоцианата марки Т-100, и минимальные значения – при использовании толуилендиизоцианата марки Т-80 $T_{\text{дестр.}}=153,8^\circ\text{C}$. Для того чтобы оценить температурный интервал эксплуатации синтезированных ПУЭ и изделий на их основе, необходимо знать температуру стеклования. Анализ термомеханических кривых показывает, что температура стеклования практически для всех образцов ПУЭ лежит в области $T_{\text{стекл.}} = -25 \div -28^\circ\text{C}$, и она не зависит от природы изоцианата, а определяется только природой сложного олигоэфира.

Таким образом, нами проведены исследования по изучению одних из важнейших характеристик синтетических полимерных материалов – их поведение при воздействии высоких и низких температур. Данные исследования позволяют судить о термостойкости синтезированных полиуретановых эластомеров и закономерностей протекания внутри- и межмолекулярных термохимических реакций в них, имеющих как фундаментальное, так и прикладное значение.

Литература

1. Полиуретановые эластомеры на основе форполимера СКУ-ПФЛ-100 и новых высокотехнологичных отверждающих систем / В. А. Игнатьев, В. А. Данилов, М. В. Кузьмин и др. // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22. – № 1. – С. 29-32.
2. Ярославлева, О. Н. Синтез и свойства полиуретановых эластомеров на основе новых отверждающих систем и форполимера СКУ-ПФЛ-100 / О. Н. Ярославлева, В. А. Игнатьев // Химия и современность: сборник научных статей; под ред. Ю. Н. Митрасова. – Чебоксары: ЧГУ, 2018. – С. 54-55.
3. Ярославлева, О. Н. Синтез и свойства полиуретановых эластомеров на основе сложных олигоэфиров / О. Н. Ярославлева, В. А. Игнатьев // Химия и современность: сборник научных статей / отв. редактор Митрасов Ю. Н. – Чебоксары: ЧГУ, 2016. – С. 64-66.
4. Морозов- и термостойкие композиционные материалы на основе полиуретанов / Л. Г. Рогожина, М. В. Кузьмин, В. А. Игнатьев и др. // Журнал прикладной химии. – 2014. – Т. 87. – № 7. – С. 957-965.

Осипова С. И., Семенова Н. А., Кольцов Н. И.
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ZEOSIL 1165MP НА СВОЙСТВА РЕЗИНЫ ДЛЯ РЕЛЬСОВЫХ ПРОКЛАДОК

Аннотация. *Исследовано влияние Zeosil 1165MP на физико-механические и динамические свойства резины для рельсовых прокладок на основе комбинации каучуков.*

Ключевые слова: *рельсовые прокладки, резина, бутадиен-метилстирольный каучук, изопреновый каучук, бутадиеновый каучук, Zeosil 1165MP, физико-механические и динамические свойства.*

Рельсовые резиновые прокладки используются на железных дорогах. К ним предъявляются высокие требования по надежности, устойчивости, длительному сроку службы и физико-механическим характеристикам [1, 2]. Поэтому разработка резин с высокими физико-механическими и амортизационными свойствами является перспективным направлением. Одним из путей решения этой задачи является замена используемых ингредиентов на новые. Так, в работе [3] исследовано влияние дивинилстирольного каучука ДССК-2560 на свойства резины на основе каучуков общего назначения. Показано, что при этом происходит уменьшение упруго-прочностных свойств в пределах допустимых норм. Резиновые изделия при сильных деформационных воздействиях разрушаются. Известно, что кремнийсодержащие соединения используются в качестве наполнителей материалов, подверженных механическому воздействию. В связи с этим нами исследовано влияние замены каолина и технического углерода на кремнекислотный наполнитель – Zeosil 1165MP в резиновой смеси на основе каучуков общего назначения с целью повышения её амортизационных свойств. Основой исследуемой резиновой смеси служили синтетические бутадиен-метилстирольный СКМС-30АРК, изопреновый СКИ-3 и бутадиеновый СКД каучуки. Резиновая смесь включала серу, сульфенамид Ц, белила цинковые, N,N'-дитиодиморфолин, диафен ФП, ацетонанил Н, канифоль, каолин, технический углерод ТУ N 220, микросферы НСМ-L, гепсол ХКП, воск ЗВ-П, N-НДФА, транс-полинонборнен, ε-капролактан, стеарин и индустриальное масло И-12А. В таблице приведены варианты резиновой смеси, в которых производилась замена каолина и ТУ N 220 на Zeosil 1165MP.

Варианты и свойства вулканизатов резиновой смеси

Ингредиенты и показатели	Варианты		
	1	2	3
Каолин, мас. ч.	20,00	-	-
ТУ N 220, мас. ч.	60,00	60,00	50,00
Zeosil 1165MP, мас. ч.	-	20,00	30,00
Физико-механические показатели вулканизатов (150°C x 30 мин)			
f_p , МПа	18,73	17,75	16,67
ϵ_p , %	320	350	410
H, ед. Шор А	81	86	86
H, ед. ИСО	78	77	89
S, %	24	20	20
B, кН/м	88	85	79
Динамические показатели вулканизатов при 1000 Гц			
$tg\delta$	0,1200	0,0920	0,0939
E	8,21	14,60	14,90

Примечание: f_p – условная прочность при растяжении; ϵ_p – относительное удлинение при разрыве; H – твердость; S – эластичность по отскоку; B – сопротивление

Первый вариант резиновой смеси не содержал Zeosil 1165MP. Во втором и третьем вариантах каолин полностью заменялся Zeosil 1165MP, содержание которого составляло 20,00 и 30,00 мас. ч. Во всех трех вариантах резиновой смеси суммарное содержание каолина, ТУ N 220 и Zeosil 1165MP составляло 80,00 мас. ч. на 100,00 мас. ч. каучуков. Приведенные в таблице варианты резиновой смеси готовились на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 при температуре 65-70°C в течение 30 мин. Для определения деформационно-прочностных свойств готовились вулканизаты путем вулканизации резиновой смеси в вулканизационном прессе при 150°C в течение 30 мин. Динамические параметры вулканизатов резиновой смеси изучали при комнатной температуре на динамическом механическом анализаторе «Metravib VHF 104» при резонансной частоте 1000 Гц. Из таблицы следует, что замена каолина и ТУ N 220 на Zeosil 1165MP приводит к уменьшению условной прочности при растяжении, эластичности по отскоку, сопротивления раздиру и тангенса угла механических потерь в пределах допустимых норм. При этом происходит увеличение относительного удлинения при разрыве, твердости и модуля упругости, что свидетельствует о повышении амортизационных свойств резины.

Литература

1. Гридчин, А. М. Изучение эксплуатационных особенностей работы подрельсовых конструкций высокоскоростных линий / А. М. Гридчин, С. Н. Золотых // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2015. – № 2. – С. 7-10.

2. Буторина, М. В. Снижение виброакустического воздействия высокоскоростных поездов / М. В. Буторина, П. В. Иванов, А. В. Петряев // Путь и путевое хозяйство. – 2018. – № 7. – С. 15-19.

3. Волкова, А. Н. Влияние дивинилстирольного каучука на свойства резины на основе каучуков общего назначения / А. Н. Волкова, Н. А. Семенова, Н. И. Кольцов // 73-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием «Научно-технические и инженерные разработки – основа решения современных экологических проблем». Ярославль, 20 апреля 2020. Сб. материалов. – Ярославль, 2020. Ч. 1. – С. 127-129.

УДК 678.7

Петрова П. Е., Капитонова М. А.

Научный руководитель: Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-МЕТИЛСТИРОЛЬНОГО И ИЗОПРЕНОВОГО КАУЧУКОВ

Аннотация. *Исследованы физико-механические, динамические свойства и стойкость в морской воде резины на основе бутадиен-метилстирольного СКМС-30АРК, изопренового СКИ-3 и хлорбутилового ХБК-139 каучуков.*

Ключевые слова: *резина, бутадиен-метилстирольный каучук, изопреновый каучук СКИ-3, хлорбутилкаучук ХБК-139, физико-механические и динамические свойства, степень набухания.*

Бутадиен-метилстирольные и изопреновые каучуки нашли широкое распространение в резинотехнической промышленности. Для повышения динамических свойств резины на их основе вводятся бутиловые каучуки. Так, в работах [1, 2] установлено, что частичная замена в резиновых смесях бутадиен-метилстирольного каучука СКМС-30АРК на бутилкаучук БК-1675 приводит к улучшению эксплуатационных свойств резины. В данной работе исследовано влияние хлорбутилкаучука ХБК-139 на физико-механические, динамические свойства и стойкость к действию морской воды резины на основе бутадиен-метилстирольного каучука СКМС-30АРК и СКИ-3 с серной вулканизирующей системой. Первый вариант резиновой смеси содержал каучуки СКМС-30АРК и СКИ-3. Во втором, третьем и чет-

вертом вариантах резиновой смеси проводилась частичная замена каучуков СКМС-30АРК и СКИ-3 на хлорбутилкаучук ХБК-139 в количестве 10,00, 30,00 и 20,00 мас. ч. соответственно (таблица).

Резиновую смесь готовили на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 при температуре валков вальцов 70-80 °С. В дальнейшем её вулканизовали при температуре 150°С в течение 30 мин в вулканизационном прессе типа Р-V-100-3RT-2-PCD. Основные характеристики вулканизатов определяли согласно действующим в резиновой промышленности стандартам. Динамические параметры (тангенс угла механических потерь и модуль упругости) вулканизатов исследовали при комнатной температуре на динамическом механическом анализаторе Metravib VHF 104 при резонансной частоте 1000 Гц. Стойкость к воздействию морской воды (8% раствор морской соли в воде) изучали путем определения степени набухания вулканизатов после их выдержки в морской воде при температуре 23°С в течение 168 час. Физико-механические, динамические свойства и степень набухания вулканизатов в морской воде приведены в таблице.

Варианты и свойства резиновой смеси

Каучуки и показатели	Варианты резиновой смеси			
	1	2	3	4
СКМС-30 АРК, мас.ч.	70,00	60,00	70,00	60,00
ХБК-139 мас.ч.	-	10,00	30,00	20,00
СКИ-3, мас.ч.	30,00	30,00	-	20,00
Физико-механические свойства вулканизатов (режим вулканизации 150°С×30 мин)				
f _p , МПа	10,6	9,4	8,7	7,4
ε _p , %	450	450	410	300
H, ед. Шор А	57	57	57	58
H, ед. ИСО	55	56	55	56
S, %	48	44	28	36
B, кН/м	21	17	24	15
Динамические параметры вулканизатов при 998,2 Гц				
tgδ	0,2028	0,2718	0,3785	0,3442
E	0,082	0,088	0,12	0,095
Степень набухания				
α, %	0,06	0,09	0,10	0,10

Как видно из данных таблицы, по сравнению с первым (базовым) вариантом, при частичной замене каучуков СКМС-30АРК и СКИ-3 на хлорбутилкаучук ХБК-139 для полученных вулканизатов наблюдается уменьшение в пределах допустимых величин условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве, эластичности по отскоку и сопротивления раздиру. При этом твердость вулканизатов практически не изменяется, а тангенс угла механических потерь и модуль упругости увеличиваются. Наибольшими значениями тангенса угла механических потерь и модуля упругости характеризуется вулканизат третьего варианта резиновой смеси, содержащий 30,00 мас. ч. хлорбутилкаучука ХБК-139 и 70,00 мас. ч. бутадиен-метилстирольного каучука СКМС-30АРК, что свидетельствует о хороших звукоизоляционных свойствах данной резины. Величины степени набухания вулканизатов всех вариантов резиновой смеси не значительны, т. е. они стойки к воздействию морской воды.

Литература

1. Александрова, Н. В. Исследование свойств резины на основе бутадиен-метилстирольного каучука / Н. В. Александрова, Е. Н. Егоров, Н. И. Кольцов // 73-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием «Научно-технические и инженерные разработки – основа решения современных экологических проблем». Ярославль, 20 апреля 2020. Сб. материалов. – Ярославль, 2020. – Ч.1. – С. 120-123.
2. Исследование эксплуатационных и динамических свойств резины для изделий, работающих в морской воде / Е. Н. Егоров, Н. Ф. Ушмарин, С. И. Сандалов и др. // Известия высших учебных заведений. Сер.: Химия и химическая технология. – 2020. – Т. 63. – № 11. – С. 96-102.

УДК 606:634.739.2:547

Сабанцева А. А.

Научный руководитель: Конюхова О. М., канд. биол. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОЛУЧЕНИЕ СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЫ ИЗ КЛЮКВЫ БОЛОТНОЙ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ

***Аннотация.** Представлены основные этапы получения суспензионной культуры с целью получения биологически активных веществ.*

Ключевые слова: каллус, суспензионные культуры, среда Мурасиге-Скуга, бензойная кислота.

В настоящий момент культивирование клеток является актуальным, так как дает возможность получения биологически активных веществ (БАВ) в лекарственном растительном сырье за короткий период времени, до 20-30 дней, чем выращивать лекарственные растения в условиях плантации в течение 3-4 лет [1, 2]. С помощью технологии *in vitro* можно получить каллус с высоким содержанием вторичных метаболитов в культуре. Учитывая особенности данных путей получения БАВ, представляет интерес исследование химических особенностей *Oxycoccus palustris* в культуре *in vitro*, так как в химическом составе ягод клюквы болотной входит бензойная кислота [3]. Бензойная кислота пользуется большим спросом, как на российском, так и на мировом рынке, так как обладает широким спектром применения в пищевой и косметической индустрии в качестве консервантов [4], а также в фармакологии и химической промышленности.

Актуальность данной работы заключается в контролировании накопления бензойной кислоты в суспензионной культуре клюквы, с последующим ее извлечением.



Бензойная кислота

Целью нашей исследовательской работы – разработать технологию получения суспензионной культуры клюквы болотной с высоким содержанием бензойной кислоты и последующим ее выделением.

Таким образом, получение бензойной кислоты из суспензионной культуры клюквы болотной осуществляется в четыре этапа:

1. отбор необходимого экспланта. Эксплантами служили листья и стебли клюквы болотной.
2. подготовка суспензионной культуры (культивирования на питательной среде Мурасиге-Скуга с фитогормонами 2,4-Дихлорфеноксиуксусная кислота при непрерывном освещении) [5];
3. экстракция эфиром – петролейным, при подкислении минеральными кислотами. Нейтрализация бензойной кислоты едким натром. Сушка при температуре плавления в пределах от 121,5 °С до 123,5 °С.
4. конечный биотехнологический продукт – кристаллическая форма порошка бензойной кислоты. (рисунок).

В России и на мировом рынке нет организаций, которые занимаются получением бензойной кислоты из суспензионной культуры, в основном, ее получают окислением толуола и из продуктов переработки нефти и угля,

но тогда ее нельзя использовать в пищевой промышленности и фармацевтике, только в химической (например, входит в состав лаков и красок).

Литература

1. Конюхова, О. М. Эколого-биологическая особенность клюквы болотной в Республике Марий Эл / О. М. Конюхова, К. А. Масленникова // Болотные экосистемы: Фундаментальные аспекты охраны и рационального природопользования: материалы всеросс. науч.-практ. конф. 25-25 сентября 2012 г. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. – С.180-182
2. Таныгина, О. Н. Создание плантации клюквы болотной в условиях Республики Марий Эл для биотехнологических целей / О. Н. Таныгина, О. М. Конюхова // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы Всероссийской студенческой конференции: в 8 ч. – Ч.2. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. – С. 131-133.
3. Меркушева, Н. Н. Изучение биохимического состава в дикорастущих ягодах, произрастающих в Республике Марий Эл / Н. Н. Меркушева, О. М. Конюхова // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 1. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 163-165.
4. Пат. 2587703 С2 РФ, МПК А23L/ 3/00 С2. Консервант для пищевых продуктов / А. П. Хачатрян; А. А. Хачатрян. – № 2014126826/13; Заявлено 01.04.14; Оpubл. 20.06.16 – 7 с.
5. Морфологические особенности и синтез фенольных соединений и аскорбата микрорастениями клюквы крупноплодной при выращивании на питательных средах с разным минеральным, углеводным и гормональным составом / Е. В. Березина, Ю. С. Носкова, М. Н. Агеева и др. // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2014. – №4. – С. 202-209.

УДК 631.81

Семенова В. И., Силкина О. В.

Поволжский государственный технологический университет

УДОБРЕНИЯ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ – НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В СФЕРЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

***Аннотация.** Анализ мировых тенденций в сфере сельского хозяйства позволяет определить ключевыми трендами экономическую эффективность и ужесточение мер по охране окружающей среды. Об этом факте свидетельствует постоянно растущий интерес к технологиям сбалансированного потребления*

минеральных удобрений, причем с минимальными потерями и наименьшим вредом для окружающей среды.

Ключевые слова: удобрения, минеральное питание растений, пролонгированное действие удобрений, карбамид, ингибитор уреазы, полимер поли-3-гидроксibuтират (ПЗГБ), капсульная оболочка.

По оценке экспертов Международной ассоциации производителей удобрений, при постоянно растущем спросе на удобрения в последнее время наблюдается всевозрастающий интерес к удобрениям с контролируемым выделением питательных веществ, поскольку, независимо от климатических условий и типов почв, в практике применения традиционных удобрений невозможно достичь эффекта полного усвоения элементов питания растениями. Также не менее важным условием грамотного применения удобрений является соблюдение баланса всех элементов питания (макро-, мезо-, микроэлементов). В связи с чем производители удобрений уже отреагировали на данные «вызовы» и диверсифицировали свою деятельность, разрабатывая удобрения максимально сбалансированные, комплексные, медленнодействующие, под конкретную культуру и территориальные особенности почв регионов применения.

Использование удобрений пролонгированного действия обеспечивается высокой эффективностью таких удобрений в сочетании с минимальными потерями питательных элементов, сокращением риска загрязнения окружающей среды, легкостью в использовании и, конечно, снижением затрат на хранение, транспортировку и внесение.

Тот факт, что минеральные удобрения вымываются из почв сельскохозяйственных угодий в наземные и подземные водоемы, становясь причиной опасного накопления их компонентов, и как следствие, разрушения биоценоза, а также неравномерное питание растений, является очевидным как для ученых, так и для многих аграриев. Помимо этого, по традиционной технологии, сельхозтоваропроизводителям приходится неоднократно вносить удобрения в течение всего «производственного цикла». Что же касается удобрений пролонгированного действия, то их достаточно вносить однократно, за сезон.

Собственно, что же представляют собой **удобрения пролонгированного (контролируемого) действия**? Это удобрения, содержащие элементы питания в форме, которая позволяет отсрочить их высвобождение и поглощение растением после внесения, или которая удлинит срок их доступности для растений по сравнению с быстродействующими удобрениями (такими, как аммиачная селитра, карбамид и пр.). Такого эф-

фекта достигают разными путями, среди которых: контроль растворимости в воде с помощью полупроницаемого покрытия (капсулы), медленнорастворимые соединения, использование ингибиторов нитрификации и уреазы.

Капсулированные удобрения могут быть покрыты органическими соединениями (термопластики или резины) и неорганическими (сера – например, покрытие для карбамида), что является основным принципом их производства: покрытие полупроницаемое или непроницаемое с порами для высвобождения элементов контролирует проникновение воды внутрь гранулы, уровень растворения компонентов удобрения и дает возможность синхронизировать высвобождение элементов с потребностями растения. Элементы питания начинают поступать в почвенный раствор через 2-3 недели после внесения в зависимости от температуры, что обеспечивает безопасность для проростков. Высвобождение элементов питания происходит в соответствии с физиологическими потребностями культур. В прохладных условиях растения растут и поглощают элементы медленнее и потребляют меньше элементов питания, а при повышении температуры ростовые процессы интенсифицируются.

Помимо всего при выборе удобрения следует принять во внимание, прежде всего, местные климатические условия – температуру и влажность. Высвобождение элементов питания при высоких температурах происходит за более короткий промежуток времени. И поскольку элементы питания высвобождаются быстрее, норму внесения удобрений нужно уменьшать. В холодном климате высвобождение элементов питания происходит за более длительный промежуток времени, а это значит, что норму внесения удобрений нужно увеличивать.

Также необходимо обратить внимание на тот факт, что высвобождение элементов питания происходит вне зависимости от типа субстрата, кислотности, микроорганизмов, уровня полива.

Существует ряд «продуктов», получивших признание не только в России, но и за ее пределами, например, такой, как гранулы карбамида, покрытые ингибитором уреазы, что продлевает действие азота на срок до 21 дня, такое удобрение можно вносить поверхностно, без заделки почвы, в качестве основного удобрения или в подкормку. Весеннее применение дает возможность отказаться от дробных азотных подкормок и экономить таким образом на трудо- и энергозатратах.

Не менее интересна разработка российских ученых из Сибирского федерального университета и Красноярского научного центра СО РАН, основанная на использовании биоразрушающихся материалов, обеспечива-

ющих растения стабильной подкормкой на протяжении нескольких месяцев. Фактически, ученые создали прототип усовершенствованного азотного удобрения, добавив к нитрату аммония биоразлагаемый полимер поли-3-гидроксibuтират (ПЗГБ), капсулированный в полимерную оболочку (смесь порошка биополимера с древесной мукой и нитратом аммония). Наилучших результатов удалось добиться при внесении удобрения, упакованного в двойную защиту, когда ядро таблетки, включающее удобрение и ПЗГБ (и в некоторых случаях древесную муку), покрывалось полимерной плёнкой. В этом случае за счёт медленного разложения плёнки и самой таблетки удобрение поступало в почву с относительно стабильной скоростью в течение двух месяцев.

Таким образом, применение удобрений пролонгированного действия и внедрение их в сельское хозяйство позволяет не только добиться повышения урожайности и снизить эффект усиливающихся деградиационных процессов, снижающих плодородие почвы, но и обеспечивает соблюдение мер по охране окружающей среды, а также улучшения микробиологических процессов в почве и повышения урожайности.

Литература

1. Сафроновская, Г. Удобрям с выгодой: правила внесения удобрений [Электронный ресурс] // Главный сайт для агрономов России. – Режим доступа: <http://https://rynok-apk.ru/articles/plants/innovatsionnye-produkty-/>.
2. Инновационные продукты от «ЕвроХим» для эффективного агробизнеса [Электронный ресурс] // Сайт «Рынок АПК». – Режим доступа: <https://glavagronom.ru/articles/Udobryaem-s-vygodoj-pravila-vneseniya-udobrenij>.

УДК 620.33+620.22

Филиппова А. Н.

Научный руководитель: Винокуров А. И., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОВЕРХНОСТНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ: СИНТЕЗ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Аннотация. Рассмотрены вопросы получения и применения поверхностных наноструктур.

Ключевые слова: наносистемы, поверхностные наноструктуры, нанотехнология, размерные эффекты, сверхрешетки.

Одной из основных тенденций в развитии современной техники является использование функциональных объектов малых размеров. Примером может служить электронная техника, в которой микроминиатюризация приборов уже сейчас требует применения элементов, размеры которых составляют несколько микрон. Уникальность свойств таких объектов (наноструктур) во многом определяется атомными и электронными процессами, протекающими как в объеме, так и на их границах и имеющими уже квантовый характер.

За последние два десятилетия нанотехнологии стали стратегическим промышленным направлением. К материалам в наносостоянии проявляется огромный интерес в связи с реальной возможностью практической реализации их уникальных свойств в разнообразных областях науки и техники.

Нанотехнология – это по сути междисциплинарная область науки и техники, занимающаяся изучением свойств объектов и разработкой устройств с базовыми структурными элементами размерами в несколько десятков нанометров ($1\text{ нм} = 10^{-9}\text{ м}$). Применительно к индустрии наносистем границы геометрического фактора формально определены от единиц до 100 нм. Система получает приставку «нано» не потому, что ее размер становится меньше 100 нм, а вследствие того, что ее свойства начинают зависеть от размера. Однако это утверждение справедливо, когда хотя бы в одном измерении протяженность изучаемого объекта становится менее 100 нм. При этом образующие систему наночастицы по своим свойствам отличаются как от объемной фазы вещества, так и от молекул или атомов, их составляющих.

В последние годы интерес к поверхностным наноструктурам значительно возрос в связи с перспективами их широкого использования в микро-, опто- и акустоэлектронике. Выделилось новое направление электроники – наноэлектроника, использующая в работе приборов низкоразмерные структуры с квантовыми эффектами. В низкоразмерных системах количества вещества на поверхности и в объеме становятся соизмеримыми, поэтому роль поверхности как более активной составляющей существенно возрастает.

Под терминами «поверхность» или «межфазная граница» обычно понимают слой вещества конечной толщины, разделяющий различные объемные фазы. Его толщина определяется конкретными свойствами и составляет, как правило, несколько атомных слоев вещества. Установлено, что на межфазных границах помимо точечных дефектов наблюдаются структур-

ные макродефекты в виде, значительно превосходящими средние величины по всей поверхности. Указанные неоднородности заметно влияют на электрофизические характеристики тонкопленочных структур.

При переходе к нанобъектам или системам, включающим наноструктуры в качестве составных частей, ситуация становится еще более сложной. Если все размеры системы уменьшаются, то число атомов в приповерхностном слое (так называемой S-фазе) становится соизмеримо с количеством атомов в остальном объеме (V-фазе), и известные характерные свойства V-фазы существенно изменяются. Эти изменения обычно называют размерными эффектами. Наиболее ярко наблюдаются некоторые физические размерные эффекты: изменение температуры плавления, резкое изменение электрофизических свойств. Примером может служить эффект понижения температуры плавления льда в субмикронных порах SiO_2 и существование квазжидкой подвижной пленки воды на поверхности льда при температурах значительно ниже температуры плавления объемной фазы.

Наноструктуры обладают многими специфическими свойствами, которые могут проявляться при их возбуждении электрическими, магнитными и радиационными полями. Наиболее интересными оказались сверхструктуры или сверхрешетки – периодические пленочные системы с толщинами слоев от 1 до 100 нм, синтезируемые на поверхности монокристаллической матрицы.

Изготовление подобных кристаллических структур из сверхтонких слоев является необычайно сложной задачей. Только появление таких методов, как молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ), химическая сборка (ХС) или атомно-слоевая эпитаксия (АСЭ), осаждение из металлоорганических соединений – так называемая МОС-гидридная технология, позволило с успехом решить эту задачу.

Процесс МЛЭ – это испарение и конденсация вещества в сверхвысоком вакууме ($P < 10^{-9}$ мм рт. ст.). В процессе МЛЭ возможен непосредственный контроль как состава газовой фазы, так и параметров слоев: кристаллической структуры, химического состава, толщины.

Одним из методов альтернативных МЛЭ явился метод газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений (ГФЭ МОС), или так называемая МОС-гидридная технология. В этом случае исходные газобразные реагенты пиролизически разлагаются у поверхности подложки, выделяя пленкообразующие компоненты, причем подложка является более нагретым телом, чем окружающая среда. Процесс проводят в вакуумном реакторе при давлении 0,1-10 мм рт. ст.

МОС-гидридная технология, успешно конкурируя с МЛЭ своей простотой и производительностью, обладает несколько худшей воспроизводимостью и дает более расплывчатые профили изменения состава и легирования.

Метод химической сборки (ХС) и его разновидности – метод молекулярного наслаивания (МН) и атомно-слоевая эпитаксия (АСЭ) основаны на образовании поверхностных химических соединений при хемосорбции компонентов из газовой фазы и являются новыми циклично-дискретными процессами. Это позволяет получать сплошные пленки толщиной в несколько монослоев вещества (менее 1 нм). Используют этот метод для синтеза наноструктур бинарных соединений.

Применением нанотехнологии были созданы первый лавинный фотодиод на сверхрешетке GaAs-Ga_{1-x}Al_xAs ($x = 0,55$), обладающий эффектом фотоумножителя и полевой транзистор с модулированным легированием, который имел время переключения всего несколько пикосекунд. Это открыло реальные возможности его использования в сверхбыстродействующих высокочастотных интегральных схемах. Благодаря уникальным возможностям нанотехнологии был создан микрополостный лазер.

В заключение следует отметить и такие традиционные области применения поверхностных наноструктур, как высокодисперсные сорбенты, катализаторы и наполнители, в которых использование химической сборки для модифицирования поверхности и выращивания поверхностных структур заданного состава и строения позволило существенно улучшить их свойства и получить новые негорючие полимерные материалы. Химическая сборка является одним из основных методов бурно развивающейся нанотехнологии, в частности химической нанотехнологии.

УДК 678.7

Царева Л. Ю., Ефимов К. В., Егоров Е. Н.

Научный руководитель: Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОСОРБЦИОННЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ВОДОНАБУХАЮЩЕЙ РЕЗИНЫ

***Аннотация.** Исследовано влияние акриламида, полиакрилата натрия, натрий-карбоксимелцеллюлозы на упруго-деформационные и эксплуатационные свойства водонабухающей резины на основе комбинации бутадиен-нитрильного*

БНКС-18АМН, хлоропренового CR 232, акрилатного AR22 и бутадиенового СКД каучуков.

Ключевые слова: *каучуки, резина, гидросорбционные добавки, акриламид, полиакрилат натрия, натрий-карбоксиметилцеллюлоза, водонабухание.*

К применяемым в нефтегазодобывающей промышленности водонабухающим уплотнительным элементам предъявляются жесткие требования, связанные с их эксплуатацией (переход на сверхглубокое бурение и, как следствие, рост температуры, гидростатического давления внутри недр скважины) [1]. Высокая степень водопоглощения достигается за счет применения различных гидросорбционных добавок, которые представляют собой набухающие в воде ингредиенты, позволяющие придать необходимые эксплуатационные свойства получаемым в конечном итоге водонабухающим уплотнительным элементам [2-5]. При этом необходимо решать проблемы, связанные с замедлением процесса вымывания гидросорбционных добавок и сохранением уплотнительными элементами физико-механических свойств. В связи с этим в данной работе исследовано влияние гидросорбционных добавок акриламида, полиакрилата натрия и натрий-карбоксиметилцеллюлозы на свойства резины на основе бутадиен-нитрильного БНКС-18АМН, хлоропренового CR 232, акрилатного AR22 и бутадиенового СКД каучуков. Наряду с каучуками и гидросорбционными добавками в состав резиновой смеси входили вулканизующий агент – сера; активаторы и ускорители вулканизации – цинковые белила, 2,2-дибензтиазолдисульфид, дифенилгуанидин, наполнитель – технический углерод П 514. Резиновую смесь готовили путем смешения каучуков с ингредиентами на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160. В первом варианте резиновой смеси в качестве гидросорбционной добавки вводилось 70 мас. ч. натрий карбоксиметилцеллюлозы. Второй вариант содержал 60 мас. ч. натрий-карбоксиметилцеллюлозы и 10 мас. ч. полиакрилата натрия. Третий вариант включал 50 мас. ч. натрий-карбоксиметилцеллюлозы и по 10 мас. ч. полиакрилата натрия и акриламида. Четвертый вариант содержал 30 мас. ч. акриламида и 40 мас. ч. полиакрилата натрия. Вулканизация резиновой смеси проводилась при 150°C в течение 15 мин на электрообогреваемом вулканизационном прессе P-V-100-3RT-2-PCD. Для полученных вулканизатов определялись физико-механические показатели, а также их изменения и степень объемного набухания (α) после выдержки в пластовой и дистиллированной воде. В таблице приведены варианты, свойства резиновой смеси и вулканизатов.

Варианты, свойства резиновой смеси и вулканизатов

Гидросорбционные добавки, показатели	Варианты			
	1	2	3	4
Акриламид, мас. ч.	-		1	
Полиакрилат натрия, мас. ч.	-			
Натрий-карбоксиметилцеллюлоза, мас. ч.				-
Физико-механические свойства вулканизатов				
f_p , МПа				
ε_p , %				
B , кН/м				
E , %	18,0	18,0	18,0	17,5
, ед. Шор А	68	63		
Изменение свойств вулканизатов в дистиллированной воде (85°C, 24 ч.)				
Δf_p , %	-38,9			
$\Delta \varepsilon_p$, %				
ΔH , ед. Шор А				
Изменение свойств вулканизатов после выдержки в пластовой воде (85°C, 24 ч.)				
Δf_p , %				
$\Delta \varepsilon_p$, %				
ΔH , ед. Шор А				
Степень набухания вулканизатов в дистиллированной воде				
α (100°C, 24 ч.), %				
α (100°C, 120 ч.), %				
α (100°C, 192 ч.), %				
Степень набухания вулканизатов в пластовой воде				
α (100°C, 24 ч.), %				
α (100°C, 120 ч.), %				
α (100°C, 192 ч.), %				

Примечание; f_p – условная прочность при растяжении; ε_p – относительное удлинение при разрыве; B – сопротивление раздиру; E – эластичность по отскоку; H – твердость; Δf_p и $\Delta \varepsilon_p$ – относительное изменение показателя после выдержки вулканизата в воде; ΔH – разность твердостей резины после и до выдержки вулканизата в воде.

Из таблицы видно, что при переходе от вулканизата первого варианта к вулканизату четвертого варианта резиновой смеси происходит увеличение условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и уменьшение твердости. При этом их сопротивление раздиру и эластичность по отскоку незначительно снижаются. Наименьшими изменениями упруго-деформационных свойств характеризуется вулканизат четвертого варианта резиновой смеси, который обладает наибольшей степенью набухания в дистиллированной и пластовой воде.

Таким образом, резина, содержащая комбинацию акриламида и полиакрилата натрия, обладает лучшими физико-механическими свойствами, меньшими их изменениями и высокой степенью набухания после выдержки в дистиллированной и пластовой воде.

Литература

1. Разработка резины для водонефтенабухающих пакеров / Н. Ф. Ушмарин, Д. В. Пелипенко, С. И. Сандалов и др. // VII Всероссийская конференция «Каучук и резина – 2017: традиции и новации», Москва, 25-26 апреля 2017. Материалы докладов. – М.: Каучук и резина, 2017. – С. 56-57.
2. Ivanova A. V., Egorov E. N., Ushmarin N. F., Sandalov S. I., Kol'tsov N. I. An investigation of the effect of methyl cellulose and sodium polyacrylate on the hydro-sorption properties of a vulcanisate based on chloroprene rubber // International Polymer Science and Technology. – 2018. – Vol. 45. – No. 7. – P. 311-314.
3. Влияние функциональных ингредиентов на физико-механические и эксплуатационные свойства резин для водонефтенабухающих уплотнительных элементов / Е. Н. Егоров, Н. Ф. Ушмарин, С. И. Сандалов и др. // Бутлеровские сообщения. – 2019. – Т. 57. – № 2. – С. 68-73.
4. Влияние функциональных ингредиентов на физико-механические и эксплуатационные свойства резин для водонабухающих уплотнительных элементов / Е. Н. Егоров, Н. Ф. Ушмарин, К. В. Ефимов и др. // Бутлеровские сообщения. – 2019. – Т. 58. – № 6. – С. 152-157.
5. Ефимов, К. В. Исследование свойств водонабухающей резины на основе комбинаций каучуков / К. В. Ефимов, Н. Ф. Ушмарин, Н. И. Кольцов // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 3. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 36-38.

УДК 631.81

Царегородцева Д. В., Степанова Ю. Э., Силкина О. В.
Поволжский государственный технологический университет

МИКРООРГАНИЗМЫ ВМЕСТО АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. Тренд на экологизацию сельского хозяйства проявляется все активнее. Вслед за ужесточением требований в применении пестицидов последовали инициативы по запрету или сокращению применения отдельных видов удобрений. Эксперты полагают, что в недалеком будущем сельхозпроизводителям придется пересматривать свое отношение к внесению минеральных удобрений.

Ключевые слова: эндофиты, азотные удобрения, микроорганизмы, азот, азотфиксация, генная инженерия.

Растения не могут впитывать азот из воздуха, но это могут делать микробы – эндофиты. Ученые мира работают над тем, чтобы сельскохозяйственные культуры не нуждались в удобрениях, а самостоятельно вырабатывали азот при помощи микроорганизмов.

Устойчивое развитие подразумевает не только минимизацию потребления ресурсов, но и уменьшение углеродного следа при производстве продуктов питания.

Большинство культур в мире выращиваются с использованием минеральных удобрений, значительную часть из которых составляют азотные удобрения. На производство азотных удобрений требуется много ископаемых природных ресурсов, таких как природный газ или каменный уголь. В год при производстве азотных удобрений в США выбрасывается столько же углекислого газа, как и от выхлопных газов двух миллионов автомобилей.

Но фермеры не могут просто прекратить использование удобрений. Растения нуждаются в азоте, чтобы нормально развиваться. Без использования азота, по некоторым оценкам, урожайность снизится на 50 процентов. Поэтому возникает вопрос: а могут ли ученые помочь растениям вырабатывать азот, чтобы не использовать минеральные удобрения?

Эндофиты как альтернатива минеральным удобрениям

Профессор Шарон Доти, микробиолог из Вашингтонского университета, говорит, что природа уже решила эту проблему – нам просто нужно знать, где искать. В естественной среде есть много случаев, когда можно увидеть растения, которые развиваются в скалах или на песке – в условиях недостатка азота. Шарон Доти начала изучать ивы и тополя – деревья, растущие в речных системах. Реки питаются главным образом талыми водами и чрезвычайно бедными на азот.

Деревья не могут впитывать азот из воздуха, но это могут делать микробы. Эндофиты – микроорганизмы, при определенных обстоятельствах населяющие ткани растений. Это грибы, бактерии, реже водоросли и вирусы. Они не несут негативного влияния на развитие и функционирование растений. Некоторые микроорганизмы превращают азот из воздуха в ту форму, которую усваивают растения – процесс называется азотфиксацией. Сегодня ученые изучают то, как их можно использовать, чтобы сельскохозяйственные культуры самостоятельно вырабатывали азот. В частности, исследуют такие возможности для риса и кукурузы.

При исследовании ДНК эндофитов деревьев в лаборатории обнаружили гены, указывающие на то, что микробы могут фиксировать азот. Ученые задались вопросом: если эти эндофиты могут так эффективно фиксировать азот в диком тополе, можно ли использовать их для сельского хозяйства?

Эндофиты могут использовать свою азотную «магию» в нескольких видах деревьев. Будет ли тот же трюк будет работать на других растениях, включая такие культуры, как кукуруза и рис. Они физически и генетически сильно отличаются от тех же диких тополей. Исследователи взяли саженцы сельскохозяйственных культур и пропитали их в ванной с эндофитами из тополей, а затем наблюдали за развитием рассады.

Для многих видов такая процедура дала рассаду более развитую, чем обычно. Растения с эндофитами имели более крупные корни и листья. А некоторые виды томатов и болгарского перца почти удвоили количество плодов, которые они произвели.

Хотя результаты многообещающие, успех в лаборатории не всегда переносится в полевые условия. Ученые должны наладить промышленное производство таких микроорганизмов, чтобы они не были дорогими. Предыдущие попытки разработать полезные микробы для сельского хозяйства потерпели неудачу именно из-за издержек производства.

Еще один важный аспект – недоверие агропроизводителей новым технологиям. Например, некоторые виды биоудобрений, состоящие из нескольких штаммов полезных микроорганизмов, были вполне эффективны в выращивании рисовых растений. Но фермеры не доверились разработке.

Условия для хранения также являются проблемой. Фермеры предпочитают покупать обработанные семена. Они остаются пригодными для использования даже при хранении в течение нескольких месяцев или лет.

Более того, в отличие от традиционных удобрений, которые могут быть использованы для любого типа культур в любой точке мира – эндофиты не являются универсальным решением.

Необходимо адаптировать микробы к различным экологическим ситуациям. Эффект действия данных штаммов зависит от вида сельскохозяйственной культуры, типа почвы и климата. Если одно из условий не подходит – решение не работает.

Присутствие пестицидов или других микроорганизмов в почве, также может отрицательно повлиять на успех азотфиксации.

Предстоит еще много работы, прежде чем эндофиты смогут полностью заменить традиционные удобрения. Уже определены виды эндофитов, которые полезны для рапса, кукурузы, сахарного тростника и проса прутьевидного (биоэнергетическая культура). Полевые эксперименты сейчас проходят по всему миру.

Уже разработаны азотфиксирующие микроорганизмы для кукурузы. Но они функционируют несколько иначе. В отличие от эндофитов, которые живут внутри растения, разработанная микробная фракция живет на поверхности корней растений. Эти микробы не заменяют полностью

азотные удобрения, но они могут сократить их количество. На основе полученных экспериментальных исследований разработчики пришли к выводу, что данные культуры микроорганизмов позволят заменить до 28 кг минеральных азотных удобрений на гектар кукурузного поля.

Литература

1. S. L. Doty, "Growth-promoting endophytic fungi of forest trees," in Endophytes of Forest Trees: Biology and Applications, A. M. Pirttila and A. C. Carolin, Eds., Springer, New York, NY, USA, 2011.
2. Sharon, L. Doty Microbial Interactions inside the Olive Knot // Dr. Daniel Passos da Silva, 2018.

УДК 544.723, 544.726

Чернова А. В.

Научные руководители: Смирнов А. К.¹, канд. хим. наук, доцент

Ладычук Д. В.², канд. хим. наук, доцент

¹ *Марийский государственный университет*

² *Поволжский государственный технологический университет*

ТЕРМОДИНАМИКА И КИНЕТИКА СОРБЦИОННОГО ПРОЦЕССА В СИСТЕМЕ КАТИОНИТ – РАСТВОР Cu(II)

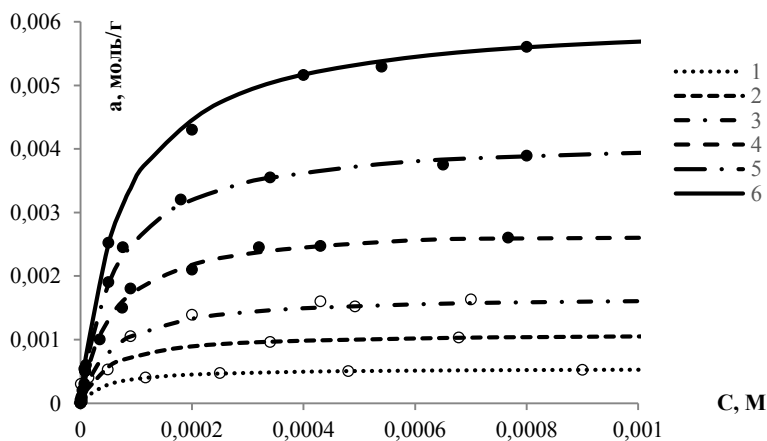
Аннотация. Изучены сорбционные свойства катионита полимеризационного типа КУ-2-8 по отношению к ионам меди (II). Оценены термодинамические и кинетические характеристики сорбционного процесса.

Ключевые слова: катионит, сорбция, изотерма, модель Ленгмюра, Cu(II).

Настоящая работа посвящена изучению сорбции ионов меди (II) сульфокислотным катионитом КУ-2-8, широко используемым в процессах водоподготовки, гидрометаллургии и гальванотехники. Как выяснилось, число работ, посвященных полноценному изучению сорбционных свойств, термодинамических и кинетических особенностей сорбции невелико, что определило целесообразность более полного рассмотрения данного катионита, в частности, в контексте извлечения ионов меди (II) из водных растворов. В настоящей работе осуществлялся предварительный перевод катионита в Н-форму. Концентрация ионов меди определялась фотометрическим методом [1]. Термостатирование ($\pm 0,1^\circ\text{C}$) осуществлялось с использованием термостата TW-2.

Экспериментально установлено, что все изотермы хорошо аппроксимируются моделями Ленгмюра и Дубинина-Радушкевича. Данный факт позволяет оценить значения предельной сорбции, а также энергии активации сорбционного процесса. Как видно из рисунка, величина предельной сорбции растет с увеличением температуры, что, по нашему мнению, может быть связано с ростом степени набухания катионита с температурой, а следовательно, и доступом к более глубоким слоям гранул сорбента. Значения энергии активации процесса указывают на преобладающий вклад специфических взаимодействий (ионный обмен) в сорбционный процесс [2].

Величины условной энергии Гиббса (≈ 25 кДж/моль) сорбции отрицательны для всех температур, что свидетельствует о самопроизвольном протекании суммарного процесса. Положительное значение энтальпии процесса (≈ 16 кДж/моль) согласуется с ростом значений сорбции при увеличении температуры, в то время как увеличение энтропии (≈ 31 Дж/(моль·К)) может свидетельствовать о преобладании эффекта разупорядочения системы при дегидратации ионов над её упорядочением за счёт уменьшения числа степеней свободы ионов при сорбции.



Изотермы сорбции ионов $\text{Cu}(\text{II})$ катионитом КУ-2-8: 1 – 25°C ; 2 – 30°C ; 3 – 35°C ; 4 – 40°C ; 5 – 45°C ; 6 – 50°C

Стоит отметить, что, даже при относительно высоких исходных концентрациях ионов меди в растворе ($C \leq 0,6$ М), значительно превышающих ПДК ($1,56 \cdot 10^{-5}$ М), степень её извлечения из раствора составляет по-

рядка 95%. Кроме того, экспериментально выявленный широкий диапазон кислотности, соответствующий плато максимальной сорбционной способности, свидетельствует о возможности применения катионообменника на различных этапах очистки воды без жестких требований в отношении данной процедуры [3].

Экспериментально показано, что время достижения сорбционно-десорбционного равновесия в системе катионит КУ-2-8 – Cu(II) – вода при комнатной температуре зависит от исходной концентрации раствора и, в среднем, составляет порядка 20-30 мин, косвенно свидетельствуя о возможности использования данного катионообменника в режиме динамического концентрирования ионов меди (II).

Ключевыми стадиями ионного обмена, как известно, являются такие процессы, как пленочная и внутренняя диффузия ионов (сорбата и противоионов), а также собственно ионный обмен. Стадия ионного обмена, как правило, протекает довольно быстро, поэтому процесс лимитируют диффузионные этапы. Адекватность линейной зависимости степени обмена

$$F = \frac{a_t}{a_0},$$

где a_t – величина сорбции в момент времени t , a_0 – величина равновесной сорбции, на начальном этапе свидетельствует о лимитировании процесса пленочной кинетикой, т. е. диффузией ионов через жидкостную пленку, окружающую зерна ионита. Дальнейшее отклонение от линейной зависимости свидетельствует об увеличении влияния внутридиффузионного массопереноса в сорбционный процесс при некоторой степени заполнения катионита.

Существенный вклад в сорбционный процесс может вносить также стадия собственно сорбции, которая для систем раствор-твердое тело описывается, как правило, в рамках моделей псевдопервого или псевдовторого порядков. Экспериментальные данные по кинетике сорбции в системе катионит КУ-2-8 – Cu(II) – вода на начальном этапе подчиняются модели псевдопервого порядка, свидетельствуя об определенном вкладе стадии взаимодействия в суммарную скорость процесса.

Таким образом, процесс сорбции ионов меди на катионите КУ-2-8 протекает в смешанно-диффузионном режиме, т. е. контролируется диффузией в пленке раствора, на поверхности зерен, а также в самих зернах катионита. При этом стадия взаимодействия сорбата с функциональными группами катионита также вносит определенный вклад в общую скорость процесса, удовлетворительно описываясь кинетической моделью псевдопервого порядка.

Литература

1. Сорбция ионов Мп (II) на синтетических катионитах в водных растворах / Л. Г. Смирнова, С. В. Аль Ансари, А. К. Смирнов и др. // Вестник Марийского государственного университета. – 2014. – №2(14). – С. 19-20.
2. Паршина, И. Н. Сорбция ионов металлов органическими катионитами из карьерных растворов / И. Н. Паршина, А. В. Стряпков // Вестник ОГУ. – 2003. – №5. – С. 107-109.
3. Смирнова, Л. Г. Термодинамика сорбции ионов Мп (II) ионитами / Л. Г. Смирнова, А. К. Смирнов, Х. С. Абзальдинов // Вестник технологического университета. – 2016. – №13. – С. 5-7.

УДК 667.2

Ярутова А. Е., Иштрикова В. А.

Научный руководитель: Тарасенко Е. В., канд. биол. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОРГАНИЧЕСКИЕ КРАСИТЕЛИ

***Аннотация.** Рассматривается классификация органических красителей.*

***Ключевые слова:** органические красители.*

Органическими красителями называются соединения, используемые для крашения различных материалов и изделий [1]. Эти вещества обладают способностью придавать другим материалам прочную и яркую окраску. Красителями являются окрашенные соединения, а также бесцветные соединения, из которых красители образуются после нанесения на окрашиваемый материал в результате окислительного крашения.

До середины XIX в. для крашения различных материалов использовались только природные красители – органические вещества, вырабатываемые живыми организмами. Большей частью это были соединения желтых, красных, коричневых и черных цветов различных оттенков. Реже встречались синие и фиолетовые красители. Большая часть природных красителей давала неяркие окраски с недостаточной прочностью.

Первые синтетические красители были получены из анилина, поэтому отрасль промышленности, занимающаяся производством органических красителей, называется анилиновой промышленностью. Общее число производимых в мире красителей составляет около 1500 наименований [2].

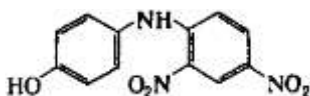
Классифицируют красители по области применения (техническая классификация) и по химическому строению. Техническая классифика-

ция основана на свойствах красителей (растворимости в воде и органических растворителях), природе окрашиваемых материалов, способах крашения и т. п. По технической классификации красители подразделяют на следующие группы:

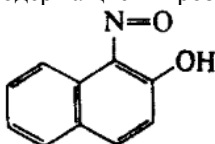
- красители для природных волокон,
- красители для синтетических волокон,
- красители, используемые в нетекстильных отраслях (производство кожи, резины, лаков, красок и др.).

Химическая классификация объединяет красители в отдельные классы по сходству в строении молекул, методам получения и химическим свойствам. По химической классификации красители подразделяют на следующие группы:

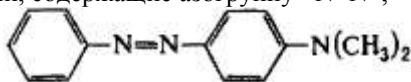
- нитрокрасители, содержащие электроноакцепторный заместитель нитрогруппу $-\text{NO}_2$,



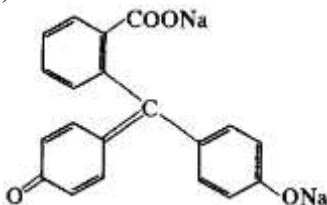
- нитрозокрасители, содержащие нитрозогруппу $-\text{NO}$,



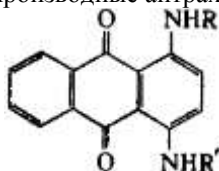
- азокрасители, содержащие азогруппу $-\text{N}=\text{N}-$,



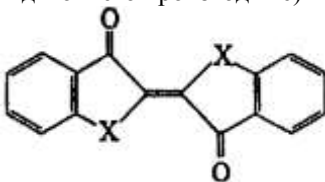
- арилметановые,



- антрахиноновые – производные антрахинона,



– индигоидные (индиго и его производные) и т. д.



Цвет красителя обусловлен наличием в его молекуле хромофорной системы – системы сопряженных кратных связей и связанных с ней заместителей [2]. При достаточной длине сопряженной системы органическое соединение приобретает окраску. Наличие в молекуле органического соединения с сопряженными двойными связями поляризующих электронодонорных и электроноакцепторных заместителей облегчает смещение электронов в сопряженной системе и приводит к углублению цвета соединения и увеличению интенсивности окраски.

В качестве красителей широко используются комплексы органических соединений с металлами. В качестве комплексообразователей применяются металлы, атомы которых имеют вакантные d-орбитали (хром, кобальт, никель, медь, железо) и являются хорошими акцепторами электронов. Если при комплексообразовании с атомом металла координационная связь возникает за счет неподеленной пары электронов атома, входящего в систему сопряженных двойных связей, то происходит углубление цвета.

В настоящее время природные красители практически полностью заменены синтетическими. Преимуществами синтетических красителей являются низкая стоимость, простота использования, разнообразие оттенков, возможность создания широкого спектра красителей с желаемыми свойствами. Ранее единственным потребителем органических красителей была текстильная промышленность. Сегодня органические красители используются для окрашивания многих типов синтетических волокон и различных материалов. Они также широко используются в полиграфической, лакокрасочной, пищевой промышленности, в медицине и других отраслях.

Литература

1. Химическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1988-1998.
2. Михеев, В. В. Химия красителей и крашения: учебное пособие / В. В. Михеев, М. М. Миронов, В. Х. Абдуллина. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 81 с.

УДК 51 (062)

Бейсембаев К. Б.

Научный руководитель: Нуримбетов А. У., д-р техн. наук, профессор
Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, Казахстан

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПО ПОДБОРКЕ АРХИТЕКТУРЫ АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПК

***Аннотация.** В процессе выполнения данной работы, во-первых, был проведен анализ требований, предъявленных к автоматизированному рабочему месту менеджера по продажам и предложению товара, во-вторых, было проанализированы условия для внедрения созданного программного продукта и переход к автоматизации предприятия. Исходя из этих требований, был выбран язык программирования и среда, позволяющие реализовывать структурированную базу данных, и обеспечить оптимальный пользовательский интерфейс. В качестве языка программирования был выбран Borland Delphi. Был создан удобный пользовательский интерфейс, способный взаимодействовать с базой данных. Он позволяет искать информацию, вводить новую, удалять, быстро подбирать необходимую конфигурацию комплектующих компонентов, а также формировать отчеты.*

Для данной системы важным фактором является как хорошо организованная база данных, так и сам пользовательский интерфейс.

Данная работа имеет целью автоматизировать процессы компьютерной фирмы. Основной целью является создание и поддержка интерфейса взаимодействия автоматизированного рабочего места менеджера по продажам и предложению товара клиентам, обеспечивающего оперативное представление данных (сведения о товаре, основные данные и т. д.), резервное хранение, а также организацию поиска наиболее подходящего и удовлетворяющего предложения клиенту.

Впоследствии был реализован продукт «АРМ-м» (автоматизированное рабочее место менеджера). Учитывались все необходимые технические и функциональные возможности программного продукта. Были рассмотрены аспекты, влияющие не только на комфортабельный диалог пользователя и программы, а также технические характеристики и функции программы, которые без особого затруднения можно было бы внедрить на предприятии. Были также рассмотрены затруднительные моменты при автоматизации производства, чтобы созданный проект не нанес ущерба предприятию, а наоборот, улучшил функционирование процессов производства и по возможности с экономической

стороны. Все поставленные задачи были реализованы максимально для соответствия всех требований.

Программный продукт имеет необходимые функциональные возможности и может гибко настраиваться на производственные процессы.

Разработанная ИС имеет свидетельство прав на объекты, охраняемые авторским правом внедрена.

Следовательно, в дальнейшем программа может получить широкое распространение.

Ключевые слова: Borland Delphi, MS Excel, интерфейс, Adobe Photoshop CS, CorelDRAW 8, АРМ.

Основной идеей определений, выделяемых кибернетикой в отдельных направлениях научных исследований, является тезис об общности процессов управления в объектах обычной природы, которое проявляется в механизме действия обратной связи и информационной основы управления [1]. В связи с этим повышение качества планирования и информационного обеспечения мероприятий позволяет существенно поднимать эффективность деятельности фирмы в целом.

В условиях всеобщей компьютеризации Казахстана и государств СНГ, наблюдаемой в последние годы, большую роль в процессах управления производством, торговлей, биржевой и банковской деятельностью начинают играть новые информационные технологии, базирующиеся на современных программных продуктах.

Эффективное управление предприятием в современных условиях невозможно без использования компьютерных технологий. Правильный выбор программного продукта и фирмы-разработчика – это первый и определяющий этап автоматизации производственного процесса. В настоящее время проблема выбора информационной системы (ИС) из специфической задачи превращается в стандартную процедуру. Руководители многих казахстанских предприятий имеют слабое представление о современных компьютерных интегрированных системах и предпочитают содержать большой штат собственных программистов, которые разрабатывают индивидуальные программы для решения стандартных управленческих задач.

Развитие информационных технологий на предприятии тесно связано с проблемой привлечения внешних специалистов для консультаций по вопросам создания концепции информационного обеспечения, разработки требований к программным комплексам и отдельным функциональным блокам, сравнительного анализа продукции различных поставщиков, определения сроков и этапов автоматизации.

Данная работа имеет целью автоматизировать производственные процессы компьютерной фирмы. Основной целью является создание и поддержка интерфейса взаимодействия автоматизированного рабочего места менеджера по продажам и предложению товара клиентам, обеспечивающего оперативное представление данных (сведения о товаре, основные данные и т. д.), резервное хранение, а также организацию поиска наиболее удовлетворяющего предложения клиенту [2-3].

Основной результат данной работы и состоит в разработке программного продукта для обеспечения стабильной работы менеджера по продажам и предложениям товара.

Постановка задачи складывается из ниже перечисленных пунктов:

1. изучить проблемы автоматизации делопроизводства;
2. обосновать и выбрать средство программирования. Среда программирования явилась основной и незаменимой при решении и реализации стоящих задач. Особое значение уделялось критериям при создании базы данных и работы с ней [1-5].
3. разработать программный продукт.

В заключение можно сказать, что поставленные задачи требуют более продолжительных и тщательных исследований и разработок. Например, продукт можно модернизировать для работы в сети. Таким образом, можно будет взаимодействовать со всеми объектами экономики по сети. Информация будет поступать в электронном виде и автоматически добавляться в базу данных. А потом можно будет формировать отчеты и отправлять их в головное предприятие.

Литература

1. Зильбербург, Л. И. Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении / Л. И. Зильбербург, В. И. Молочник, Е. И. Яблочников. – СПб.: Компьютербург, 2003. – 152 с.
2. Климова, Л. М. Delphi 7. Самоучитель. Основы программирования. Решение типовых задач / Л. М. Климова. – М.: Кудиц-образ, 2005. – 480 с.
3. Грег Харвей. Excel 2002. Учебное пособие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bookre.org/reader?file=689379>
4. Гурский, Ю. А. Adobe Photoshop CS в теории и на практике / Ю. Гурский, Г. Корабельникова, А. Жвалевский. – М.: Новое знание, 2004. – 591 с.
5. Олтман Р. CorelDRAW 8. Полное руководство. ISBN: 5-7315-0053-3. – 2010.

Васильева Е. С., Сосорева А. И.

Научный руководитель: Смирнов В. И., старший преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗНАНИЙ О ФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ ИЗ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПРИ НАПОЛНЕНИИ БАЗЫ ЗНАНИЙ

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются физические эффекты, обнаруженные учёными Поволжского государственного технологического университета. Проведена структуризация физических эффектов для дальнейшего наполнения базы знаний.*

***Ключевые слова:** подход с использованием физических эффектов, база знаний, физический эффект.*

В настоящее время физические знания в виде физических эффектов (ФЭ) используются учёными (научные исследования), инженерами и изобретателями (улучшение прототипов изделий с учётом известных свойств веществ), а также студентами в учебном процессе. Знания о ФЭ могут использоваться в различных областях знания. Подход с использованием знаний о ФЭ применим для выявления технических каналов утечки информации.

Соболев А. Н. выделил структуру описания ФЭ: наименование, код, воздействие, результат воздействия, схема ФЭ, физическая сущность, условия проявления, модель ФЭ, физический объект, варианты геометрической формы объекта, области применения, примеры практического применения, литература и приложения [1]. Для эксперта работа по наполнению базы знаний информацией о ФЭ требует больших усилий, поскольку он собирает её из различных специализированных источников (в том числе из серой литературы). Такая литература труднодоступна и неконтролируема, однако очень информативна [2]. Извлечение знаний о ФЭ усложняется их недостаточным описанием в литературе.

Эффект встречных тепловых потоков

Воздействие. Температура.

Объект. Наружная поверхность.

Результат. Температура.

Физическая сущность. Температура наружной поверхности имеет постоянное значение. Однако при постоянной температуре на внутренней поверхности величина интервала значений температуры наружной поверхности может быть более 20 °С. Причина этого – влияние солнечной

радиации в дневное время суток. При этом температура во внутреннем слое конструкции не успевает выравниваться к линейному распределению температур. В этом случае проявляется физический эффект встречных тепловых потоков – резкое изменение температуры в слое, в котором встречаются два противоположно направленных тепловых потока.

Закономерности и зависимости. Изменение температуры в толще и на поверхности конструкции зависит от внешних воздействий, таких как изменения температуры внутреннего и наружного воздуха, солнечной радиации и других.

Инженерно-технические характеристики. Изменение температуры на внутренней поверхности конструкции вызывает колебания температуры в толщине. По мере удаления от внутренней поверхности амплитуды колебания температуры будут затухать, т. е. постепенно уменьшаться. Это может приводить к переменной плотности теплового потока. Однако тепловой поток будет постоянным, если разность температур наружной и внутренней поверхностей будет постоянной.

Применение. Строительство [3].

Эффект нефарадеевского поворота фемтосекундного СФЭ в текстурированной тонкой пленке

Воздействие. Электромагнитное излучение, магнитное поле.

Объект. Текстурированная тонкая пленка.

Результат. Электромагнитное излучение.

Физическая сущность. При формировании ФЭ при наличии продольного однородного магнитного поля имеет место эффект нефарадеевского поворота плоскости поляризации ФЭ.

Закономерности и зависимости. Эффект нефарадеевского поворота фемтосекундного стимулированного фотонного эха в текстурированной тонкой пленке принципиально отличается от эффекта Фарадея по физике протекающих процессов и по величине угла поворота, имеющей значения, на три порядка превышающие фарадеевский поворот при одних и тех же значениях напряженности продольно приложенного однородного магнитного поля. Величина угла нефарадеевского поворота плоскости поляризации ФЭ зависит от g -фактора квантового перехода резонансной среды, от величины напряженности приложенного магнитного поля H и временных интервалов, отделяющих возбуждающие импульсы. ФЭ формируется во время оптического переходного процесса при воздействии на резонансную среду возбуждающего лазерного излучения.

Инженерно-технические характеристики. При возбуждении квантовой системы импульсами с длительностью много меньшей времен релаксации резонансной среды (эффект Фарадея отсутствует), на всех частотах создается одинаково поляризованные псевдоэлектрические диполи.

При этом процесс расфазировки (сфазировки) этих диполей происходит с разной фазовой скоростью для верхней (правовращающей) и нижней (левовращающей) компонент сверхтонкой структуры возбуждаемого уровня, расщепленного благодаря эффекту Зеемана. Верхняя компонента увеличивает, а нижняя – уменьшает фазовую скорость прецессии диполя. Возникающая разность фазовых скоростей, приводящая к повороту плоскости поляризации эхо-сигнала, растет с увеличением напряженности магнитного поля и величины времени расфазировки (сфазировки) диполей, задаваемого величиной временных интервалов, отделяющих возбуждающие импульсы. Нефарадеевский поворот имеет место как для первичного фотонного эха, так и для стимулированного фотонного эха.

Применение. Нанотехнологии [4].

Таким образом, в данной статье предпринята попытка структуризации (согласно структуре описания Соболева А. Н.) на примере ФЭ, открытых учёными Поволжского государственного технологического университета, для наполнения базы знаний. В дальнейшем планируется создание программного средства по работе с ФЭ для студентов технических специальностей.

Литература

1. Соболев, А. Н. Физические эффекты / А. Н. Соболев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 168 с.
2. Павлов, Л. П. Серая литература как источник научной и технической информации / Л. П. Павлов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2016. – 298 с.
3. Макаров, Р. А. Определение фактического сопротивления теплопередаче наружных стен, выполненных из кирпича, зданий постройки 60-80-х годов XX века [Электронный ресурс] / Р. А. Макаров, П. Н. Муреев, А. Н. Макаров // Журнал Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 (часть 18) – С. 3960-3965. – Режим доступа: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?i>. (дата обращения 23.03.2021).
4. Попов, И. И. Нефарадеевский поворот вектора поляризации стимулированного фотонного эха в тонкой поликристаллической пленке ZnO/Si(P)/Si(B) [Электронный ресурс] / И. И. Попов, Н. С. Вашурин, С. Э. Путилин. – Режим доступа: <http://uzmu.phys.msu.ru/file/2015/4/154338.pdf> (дата обращения 26.03.2021).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России (грант ИБ) в рамках научного проекта «Развитие теоретических основ для методов утечки и перехвата речевой информации по техническим каналам с использованием физических эффектов» (проект № 24/2020).

Васин С. В., Салихова Л. М.
Поволжский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОЙ РЕКУРСИИ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ОПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ МАТРИЦ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ

Аннотация: В информационных технологиях рекурсия – это метод решения некоторой задачи, при котором это решение зависит от результатов решений отдельных, более мелких частей этой задачи.

Ключевые слова: матрица, определитель матрицы, рекурсия, итерация.

Матрица – это математический объект, записываемый в виде прямоугольной таблицы, который представляет собой совокупность строк и столбцов. Количество строк и столбцов задает размер матрицы.

Матрицы широко применяются, например, при решении линейных и дифференциальных уравнений. В этом случае количество строк матрицы соответствует числу уравнений, а количество столбцов – числу неизвестных.

Определитель квадратной матрицы – это скалярная величина, которая может быть вычислена и поставлена в однозначное соответствие любой квадратной матрице.

Определители матриц имеют множество применений, в том числе, в следующих случаях:

1. при определении существования обратной матрицы, а именно – квадратная матрица обратима тогда и только тогда, когда она не вырождена, то есть ее определитель не равен нулю;
2. при использовании метода Крамера для решения систем линейных уравнений. Формула Крамера позволяет выразить решение системы линейных уравнений в виде отношения определителей, в знаменателе которого стоит определитель системы, а в числителе – определитель матрицы системы, в которой столбец коэффициентов при соответствующей переменной заменен на столбец из правой части уравнения. Для этого матрица должна быть не вырожденной.
3. при вычислении смешанного произведения векторов. В частности, векторы a , b и c компланарны тогда и только тогда, когда их смешанное произведение равно нулю.

Для матрицы первого порядка значение детерминанта (определителя) равно единственному элементу этой матрицы.

Для вычисления определителя матрицы второго порядка из произведения элементов главной диагонали вычитается произведение элементов побочной диагонали:

$$|A| = ad - bc.$$

Определитель матрицы третьего порядка может быть вычислен при помощи правила Саррюса, оно же правило треугольников:

$$|A| = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{21}a_{32}a_{13} - a_{31}a_{22}a_{13} - a_{21}a_{12}a_{33} - a_{32}a_{23}a_{11}$$

Также для вычисления определителя матриц третьего и более высоких порядков можно применять метод Гаусса и метод алгебраических дополнений. При использовании метода Гаусса матрица при помощи преобразований приводится к ступенчатому виду.

Метод алгебраических дополнений заключается в том, что определитель равен сумме произведений элементов некоторого столбца (или строки) на соответствующие им алгебраические дополнения.

В информационных технологиях рекурсия – это метод решения некоторой задачи, при котором это решение зависит от результатов решений отдельных, более мелких частей этой задачи.

Говоря проще, программная рекурсия происходит тогда, когда некоторая программа, процедура или функция вызывает сама себя. При этом появляется понятие callstack, то есть стек вызовов. Причем глубина этого стека зависит от конкретной задачи и, соответственно, может быть разной для различных задач.

Часто вместе с рекурсией обычно в качестве ее противоположности упоминают еще один метод – итерацию.

Итерация подразумевает выполнение некоторых действий последовательно, друг за другом. И хотя это также достаточно часто используемый подход, однако он предполагает, что на момент написания программного кода мы уже знаем количество отдельных элементов (частей задачи), над которыми нужно произвести некоторое действие, и соответственно, количество необходимых выполнений определенной части программы.

Рекурсия, хоть она и несколько сложнее в реализации, не предъявляет к нам подобных требований и, как следствие, может быть использована при решении задач любой степени декомпозиции.

Пример программного кода:

```
function calculateDeterminant {  
    Param( [array]$matrix )  
    $size = $matrix.Length
```



```

if ($size -eq 2) {
    return $matrix[0][0] * $matrix[1][1] - $matrix[0][1] * $matrix[1][0]
}
else {
    $det = 0
    for ($i = 0; $i -lt $size; $i++) {
        $one = getOne -i $i
        $subMatrix = subMatrix -matrix $matrix -element $i
        $det += $matrix[0][$i] * $one * (calculateDeterminant -matrix $sub-
Matrix)
    }
}
return $det

```

В данном примере показана функция `calculateDeterminant`, написанная на языке PowerShell. Ее задача заключается в вычислении определителя полученной в качестве аргумента матрицы, представленной в виде двумерного массива.

Сначала мы определяем ее порядок. Если он равен двум, мы вычисляем определитель путем использования упомянутой выше формулы для вычисления определителей матриц второго порядка. Если же порядок полученной матрицы больше двух, мы используем метод алгебраических дополнений, по очереди вычисляя и складывая между собой произведения элементов первого ряда на соответствующие им алгебраические дополнения.

Для вычисления знака, с которым мы берем минор определенного элемента, мы используем функцию `getOne`. Для получения матрицы меньшего порядка путем вычеркивания строки и столбца, на котором находится обрабатываемый элемент, мы используем функцию `subMatrix`.

Затем мы вновь вызываем функцию `calculateDeterminant`, указывая в качестве параметра полученную после вычеркивания строки и столбца матрицу.

Стоит сказать, что данный метод удобен для вычисления определителей матриц, чей порядок не превышает восьми. Начиная с матриц девятого порядка, вычисление определителя занимает значительное количество времени, однако и в этом случае метод может быть использован, если решение задачи не требует немедленного получения результата. В иных случаях мы можем использовать более мощное оборудование или же другой метод вычисления.

Литература

1. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%8F>.
2. Рекурсия и стек [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.javascript.ru/recursion>.
3. Письменный, Д. Т. Конспект лекций по высшей математике / Д. Т. Письменный. – М.: Айрис пресс, 2009. – 608 с.
4. Введение в программирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.hexlet.io/courses/introduction_to_programming/lessons/recursion/theory_unit.

УДК 51 (062)

Едилбаев А. А.

Научный руководитель: Нуримбетов А. У., д-р техн. наук, профессор
Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, Казахстан

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПО УЧЕТУ ТОВАРОВ И КОМПЛЕКТУЮЩИХ (НА ПРИМЕРЕ МЕБЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ)

***Аннотация.** В работе была разработана система, которая автоматизирует учет товаров и комплектующих на предприятии.*

Выбор в качестве среды разработки пакета Borland Delphi обусловлен следующими его особенностями:

– наличие большого количества стандартных компонент, а также достаточное количество библиотек компонент от сторонних фирм, расширяющих и дополняющих возможности стандартных;

– поддержка технологий ActiveX, OLE, COM, CORBA, InterNet-технологий;

– достаточно высокая скорость и надежность работы скомпилированных программ в сравнении с интерпретирующими системами;

– ориентация на «визуальные» методы разработки программ, что позволяет быстро и качественно спроектировать и реализовать стандартный пользовательский интерфейс;

– перспективность, популярность и широкая распространённость данной среды разработки в мире.

Вся работа с базой данных осуществляется через окно контейнера базы данных MS Access. Отсюда осуществляется доступ ко всем объектам: таблицам, запросам, формам, отчетам, макросам, модулям.

Разработанная ИС имеет свидетельство прав на объекты, охраняемые авторским правом внедрена.

Ключевые слова: Borland Delphi, MS Access, интерфейс, склад, таблица, запрос, форма, отчет, макрос, модули.

В настоящее время все большее и большее распространение, как в производстве, так и в документообороте предприятий находит компьютерная техника, все шире и шире становится перечень охватываемых ею задач. Постоянно растет объем и сложность обрабатываемой информации, требуются все новые и новые виды ее представления. Вот только некоторые из преимуществ использования вычислительной техники при работе, с какими-либо данными, документами:

- возможность оперативного контроля над достоверностью информации, уменьшается число возможных ошибок, при генерировании производных данных; сразу после ввода, данные могут участвовать в различных операциях;
- возможность быстрого получения необходимых отчетов; необходимая информация может быть быстро;
- существенная экономия времени и людских ресурсов при выполнении операций, связанных с обработкой информации;
- позволяет быстро и в наиболее подходящем для конкретного человека виде просмотреть данные, что повышает их восприятие.

В настоящее время во многих отраслях бизнеса используются достижения компьютерного прогресса. И так как трудно представить экономическую деятельность по продаже чего-либо без упорядоченного списка со всеми прилагающимися атрибутами, в том числе – цены, даты, наименований, поставщиков, прибыли, убытков и тому подобных, то становится понятным, что для ведения упорядоченного учета необходимо иметь массивы данных со списками этих атрибутов. С помощью компьютера это реализуется в виде баз данных [1-3].

Базы данных позволяют хранить, упорядочивать информацию и извлекать её максимально удобным для пользователя образом.

Целью данной работы является разработка информационной системы по учету товаров для коммерческого предприятия работающего в сфере производства и продажи мебели.

Особенно остро встала проблема специализированного ПО для малых и средних предприятий. Высокие цены, естественно, заставляют любого пользователя пополнять состав программного обеспечения собственными силами. Комплекс программных средств, которые разрабатывался в данной работе предназначен, в первую очередь, для автоматизации работы сотрудников мебельных магазинов.

Задача, поставленная в данной работе: создать программу, используя которую можно было бы быть в курсе всех операций магазина и склада.

Кроме того, работа с этой программой должна вестись без всякого напряжения со стороны пользователя.

Остановимся на некоторых функциях программы:

1. обеспечить удобство для пользователя;
2. обеспечить возможность обработки информации в базе данных «Мебельный салон»: обеспечить возможность добавления нового товара; обеспечить возможность удаления товара; обеспечить возможность просмотра, редактирования и поиска товара; составление прайс-листов; экспортирование таблиц БД в Excel; обеспечить возможность создания отчетов.
3. обеспечить возможность обработки информации в базе данных «Склад»: обеспечить возможность добавления нового товара на склад; обеспечить возможность удаления товара со склада; обеспечить возможность просмотра, редактирования и поиска товара на складе; обеспечить возможность добавления нового документа; обеспечить возможность удаления документа; обеспечить возможность просмотра, редактирования документа.
4. обеспечить возможность моделировать расстановку офисной мебели по желанию клиента.

Исходя из современных требований, предъявляемых к качеству работы предприятия, особое место занимают базы данных и другое программное обеспечение, связанное с их использованием в качестве инструмента для делопроизводства и рационализации финансового труда. Их использование позволяет исключить возможность появления ошибок в подготовке бухгалтерской, технологической и других видов документации, что дает для малого предприятия прямой экономический эффект. Для успешного функционирования различных организаций требуется наличие развитой информационной системы, которая реализует автоматизированный сбор, обработку и манипулирование данными [4-6].

Внедрение данной разработки позволило автоматизировать обработку информации в мебельном магазине и на складе; сократить время, затрачиваемое на подготовку отчетов и сопроводительных документов; создавать модель расстановки офисной мебели.

Литература

1. Дейт, К. Введение в системы баз данных / К. Дейт. – М.: Наука, 2008. – 450 с.
2. Кодд, Е. Ф. Реляционная модель данных / Е. Ф. Кодд; пер с англ. – Киев: Диалектика, 2011. – 560 с.

3. Тельман, Дж. Основы систем баз данных / Дж. Тельман. – М.: Финансы и статистика, 2013. – 560 с.
4. Горев, А. Эффективная работа с СУБД / А. Горев, Р. Ахаян, С. Макашарипов. – СПб.: Питер, 2017. – 704 с.
5. Фаронов, В. В. Delphi 5.0. Руководство разработчика баз данных / В. В. Фаронов, П. В. Шумаков. – М.: Нолидж, 2001. – 475 с.
6. Гофман, В. Э. Работа с базами данных в DELPHI / В. Э. Гофман, А. Д. Хомоненко. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2010. – 1400 с.

УДК 621.865.8

Иванов Д. В., Кошкин Е. Н., Новожилов Р. В.
 Научный руководитель: Васяева Е. С, канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СКЕЛЕТА РОБОТИЗИРОВАННОЙ КУКЛЫ НА БАЗЕ ARDUINO

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы разработки 3d моделей конструкции руки для роботизированной куклы и элементов крепления головы.

Ключевые слова: 3d модель, трёхмерные объекты, роботизированные устройства.

В настоящее время роботизированные устройства применяются в различных сферах жизнедеятельности человека. Нашли они применение и в области социальной адаптации детей с ограниченными возможностями и детей из неблагополучных семей. ООО РМЭ «ТИТТ» проводит с такими детьми и подростками занятия и мастер-классы, целью которых является раскрепощение детей, духовное и эстетическое обогащение. В современных условиях карантинных ограничений художниками творческого объединения «ТИТТ» было принято решение включить в свои представления роботизированного персонажа – куклу. Целью данной работы является разработка конструкции скелета этой куклы (робота).

Рост робота по техническому заданию составляет около 1,2 м. У робота подвижными



Рис. 1. Конструкция шейного отдела

должны быть руки, голова и талия. Перемещаться он должен при помощи колёсной платформы. В связи с этим основными элементами конструкции робота являются руки, шея и туловище. Конструкция должна выполнять функции скелета с учётом габаритов и веса деталей с возможностью крепления необходимого количества сервоприводов. Также конструкция должна быть модульной для обеспечения ремонтпригодности. Конструкция скелета имеет несколько отделов: шейный, грудной, плечевой, предплечевой, кисти, тазовый и нижний двигательный.

Шейный отдел куклы (рис. 1) выполнен из металлических деталей. В качестве крепления были использованы винты 3 мм и гайки 5 мм. Данный конструктор поддается изгибу, поэтому легко крепится к сервоприводам. Для имитации наклона и поворота головы сервоприводы устанавливаются друга над другом. Нижняя часть конструкции производит вращательные движения от 0 до 180 градусов по горизонтали, верхняя часть — по вертикали от 0 до 45 градусов. Для обеспечения надёжного и долговечного соединения головы с основным каркасом использовался упорный сепараторный подшипник.

Грудной и тазовый отделы выполнены из полипропиленовых труб диаметром 1,5 см (рис. 2). Между собой детали соединялись при помощи



Рис. 2. Конструкция грудного и тазового отделов



Рис. 3. Конструкция основания робота

сварки. В тазовой части используется механизм, имитирующий наклон куклы до 45 градусов по вертикали. В связи со значительным весом верхней части конструкции сервопривод тазовой части, находясь без напряжения, не может удерживать конструкцию в стабильном вертикальном положении.

Поэтому в данную часть конструкции добавлен фиксатор-защёлка. Вал сервопривода соединен с трубой специальной насадкой диаметром 1,5 см, распечатанной на 3d принтере. С обратной стороны вала сервопривод соединен 2-мя нейлоновыми хомутами, что обеспечивает оптимальную стабильность конструкции таза.

Вся верхняя часть конструкции вместе с тазом опирается на поддон из древесноволокнистой плиты (рис. 3). Конструкция трубы закреплена снизу саморезами, при этом внутрь трубы вставлена алюминиевая балка диаметром 1 см. Также для обеспечения дополнительного каркаса жесткости в трубу упираются 4 алюминиевые балки. К поддону прикреплены 2 колеса с моторами с помощью Т-образных деталей, вырезанных из оргстекла.

Конструкция руки была спроектирована в программе SkethUP. Короб для сервоприводов собирается из отдельных частей, крепление которых происходит посредством разъема «вилка-розетка», что позволяет обеспечить ремонтопригодность. Плечо и предплечье делается по примеру механизма рычага: один из сервоприводов отвечает за движение плеча, другой отвечает за движение предплечья. Детали были распечатаны на 3d принтере с заполнением пластика 30%.

Кисть выполнена из легкой породы дерева. Она крепится к предплечью посредством сервопривода через подшипник, распечатанный на 3d принтере.

Вся конструкция тела сбалансирована и создана так, что движения разными частями робота не мешают друг другу и не вызывают дополнительных трений.



Рис. 4. Конструкция руки

Литература

1. Флеминг, Б. Текстурирование трехмерных объектов. / Б. Флеминг. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 237 с.
2. Мухачев, В. М. Как рождаются изобретения / В. М. Мухачев.– М.: Московский рабочий, 1968. – 239 с.

3. Колотилов, В. В. Техническое моделирование и конструирование / Колотилов В. В. – М.: Просвещение, 1983. – 255 с.

УДК 007.52

Левитанус К. А., Морозова М. О.

Научный руководитель: Васильева Л. Н., канд. пед. наук
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

РОБОТ-УБОРЩИК НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO UNO

***Аннотация.** Экологическое состояние нашей планеты в целом, и города в частности, оставляет желать лучшего. Сегодня никого не удивит огромными свалками и разбросанным повсюду мусором. Проблема сбора и утилизации отходов не потеряет свою актуальность в течение еще многих лет. Целью нашей статьи является рассмотрение этапов проектирования робота-уборщика на базе микроконтроллера Arduino UNO. Рассмотрен стартовый набор Arduino, создана схема сборки робота и его прототипа.*

***Ключевые слова:** микроконтроллер Arduino, экологическое состояние планеты, программный код, робот-уборщик.*

В статье рассматривается проектирование системы робот-уборщик на базе микроконтроллера Arduino UNO.

В больших помещениях не всегда есть возможность быстро убрать мусор и зачастую уборка производится один, максимум два раза в день. Также работодателю необходимо нанять персонал и оплачивать его труд. Мы предлагаем использовать автономного робота-уборщика, который будет курсировать по помещению и собирать обнаруженный мусор. Затраты на его содержание будут достаточно малы.

В ходе нашего исследования мы решили использовать микроконтроллер Arduino UNO [1]. Он довольно прост в эксплуатации, с его помощью можно создавать сложные устройства, такие как индикатор погоды или автоматический полив.

На первом этапе создаем базу: подключаем колеса к выходам Arduino и присоединяем к корпусу. Так как сам микроконтроллер на выходе дает маленькое напряжение – не больше 5В, мы дополнительно используем Motorshield L293D, предназначенный для работы с четырьмя двигателями.

Ниже представлена схема подключения двигателя. Shield устанавливается на плату Arduino сверху, по принципу «бутерброда» (рис. 1).

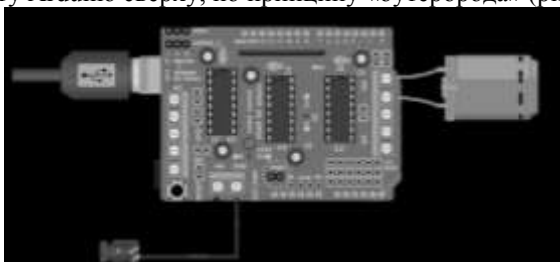


Рис. 1 Схема подключения микроконтроллера

Итак, корпус готов, колеса крутятся. Теперь необходимо написать программный код, для того чтобы робот передвигался самостоятельно. Для этого также понадобилось установить библиотеку для шилда <AFMotor.h> [2].

Приведем пример самого простого кода для поездки вперед и назад (рис. 2):

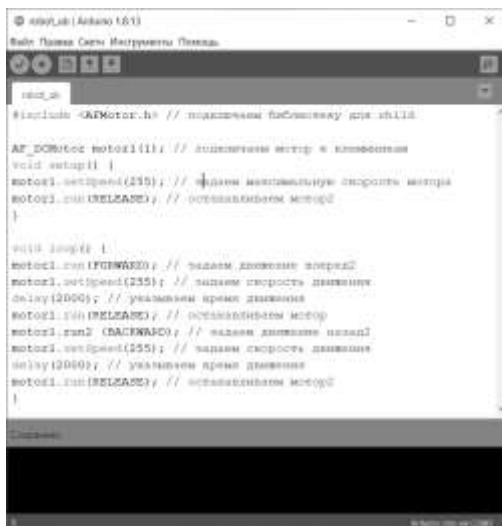


Рис. 2. Программный код

Изменяя значения скорости и времени работы двигателей или запуская лишь один мотор для поворота, мы можем задавать индивидуальный маршрут для нашего робота.

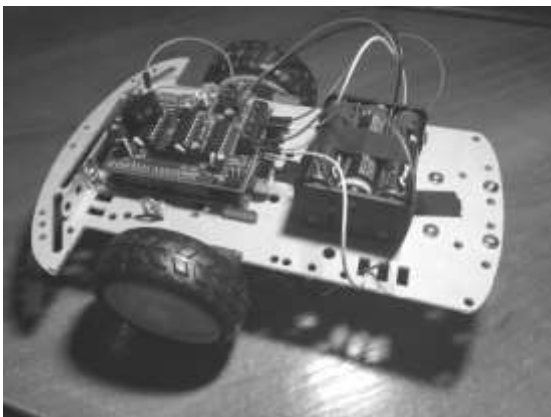


Рис. 3. Прототип робота

На рис. 3 представлен первый прототип робота. Конечно же, со временем он будет дорабатываться.

В будущем нам предстоит закончить разработку корпуса, включающего в себя также контейнер для сбора мусора, создать и подключить к микроконтроллеру манипулятор [3], а также датчики распознавания мусора и различных препятствий [3].

Изготовление робота – очень интересный, увлекательный и познавательный процесс, который может привести к удивительному результату и решить многие проблемы.

Литература

1. Григорьев, А. Т. Универсальное устройство беспроводного управления бытовыми приборами на платформе ARDUINO / А. Т. Григорьев, Л. Н. Васильева // Сборник научных трудов молодых ученых и специалистов: сборник статей: в 2-х ч. – Чебоксары: ЧГУ, 2020. – С. 28-31.
2. Соммер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino / У. Соммер. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 256 с.
3. Туливетрова, А. А. Модель руки робота-манипулятора / А. А. Туливетрова, Н. В. Савельева, Л. Н. Васильева // Сборник научных трудов молодых ученых и специалистов: сборник статей: в 2-х ч. – Чебоксары, 2020. – С. 142-147.
4. Григорьев, А. Т. Реализация LI-FI передачи данных на базе ARDUINO / А. Т. Григорьев // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 120-122.

Морохина Д. Д.

Научный руководитель: Васяева Е. С., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ КУКЛОЙ НА БАЗЕ ARDUINO

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы разработки контроллера по-
лаutoномного управления роботизированной куклой.

Ключевые слова: сервоприводы, коллекторные двигатели, mp3 плеер, робо-
тизированные устройства.

Целью данной работы является разработка системы одновременного управления подвижными частями роботизированной куклы: руками, головой, подвижной платформой, на которой она установлена. Робот должен по команде со смартфона передвигаться на колёсах в различных направлениях, воспроизводить заданные движения руками, головой и телом, а также воспроизводить аудиодорожки на трёх языках: русском, английском и мариийском.

На рис. 1 представлена схема взаимодействия микроконтроллера Arduino Uno с драйверами и исполнительными устройствами. Все устройства роботизированной системы можно поделить на три группы: устройства, отвечающие за движения робота (11 сервоприводов и драйвер управления ими); устройства, отвечающие за перемещение робота (два коллекторных двигателя и драйвер для них); mp3 плеер с динамиком, обеспечивающий воспроизведение аудиофайлов.

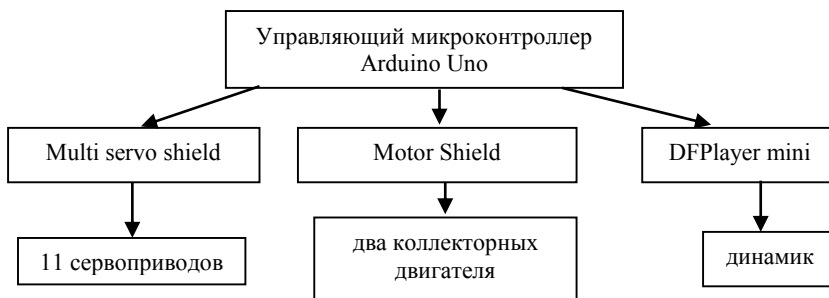


Рис. 1. Схема связи контроллера и исполнительных устройств

Команды на микроконтроллер Arduino Uno приходят по Bluetooth каналу с мобильного приложения. По прерыванию таймера (используется таймер 1) проверяется появление новой команды. Команда обрабатывается и в зависимости от её типа выполняются соответствующие действия (рис. 2).

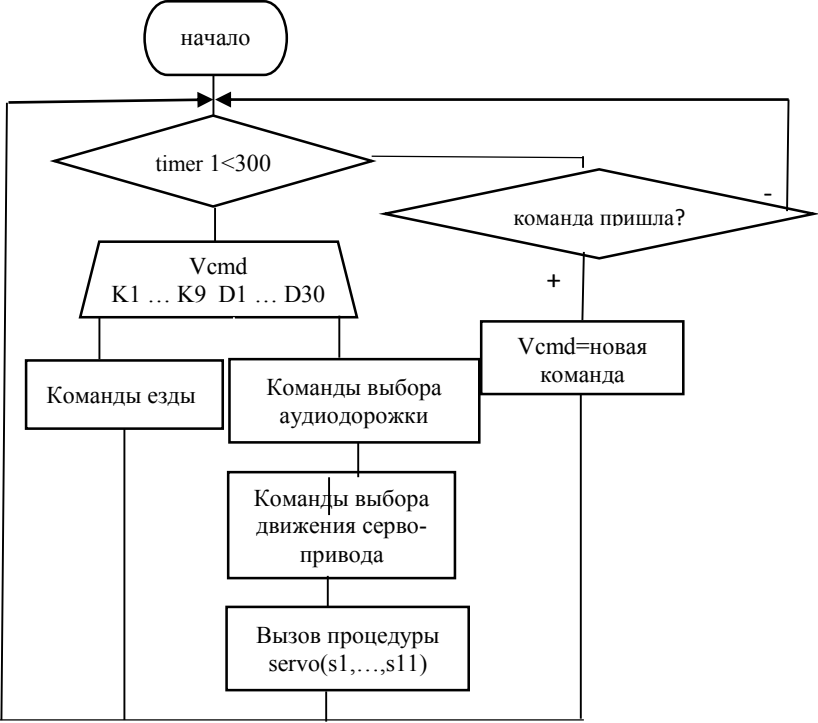


Рис. 2. Укрупнённая блок-схема алгоритма

Нижняя часть остова робота неподвижна, а верхняя – может сгибаться в «поясе» посредством одного сервопривода, повторяя человеческое движение «поклон». К верхней части остова крепятся механические руки, состоящие из трёх подвижных элементов: плечо, локоть и кисть. Плечо имеет две степени свободы, а локоть и кисть – по одной. В итоге каждой рукой управляют четыре сервопривода. Голова имеет две степени свободы, что позволяет ей совершать движения в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Так как нагрузки на сервоприводы приходятся раз-

ные, то ставить на кисть элемент такой же мощности, как и на пояс нецелесообразно, поэтому на плечевом креплении и на поясе стоят сервоприводы с крутящим моментом 20 кг на один сантиметр. Соответственно, на кистях установлены маломощные элементы.

Для управления таким количеством сервоприводов требуется много пинов контроллера. Для экономии разъемов контроллера, а также для обеспечения сервоприводов отдельным питанием используется плата Multi servo shield, которая позволяет одновременно управлять 16-ю сервоприводами. Управление сервоприводами выполняется при помощи методов библиотеки `iarduino_MultiServo.h`. Для плавных движений сервоприводов используется поградусный переход от текущего состояния сервопривода к нужному с небольшой задержкой. Длительность задержки можно изменять в зависимости от требуемой скорости совершаемых движений.

Динамик обеспечивает звуковое сопровождение действий роботизированной куклы. Аудиодорожки хранятся на SD карте, которая находится в DFPlayer mini. Данный mp3 плеер также управляется через микроконтроллер Arduino.

Программа позволяет синхронизировать движения робота с воспроизводимым аудиофайлом. Создана библиотека базовых перемещений сервоприводов, на основе которой пользователь может самостоятельно через мобильное приложение задавать требуемые жесты и движения робота, соотнося их с произносимыми фразами.

Разрабатываемая роботизированная система в данный момент находится на этапе отладки и испытаний – выполняется отладка работы узлов и блоков. В дальнейшем предстоит связать основную программу управления с мобильным приложением, которое является отдельной частью данного проекта.

Литература

1. Блум, Дж. Изучаем Arduino. Инструменты и методы технического волшебства / Дж. Блум. – БХВ - Петербург, 2015. – 334 с.
2. Петин, В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В. А. Петин. – БХВ - Петербург, 2015. – 496 с.
3. Понамарев, В. Программирование на C++/C# в Visual Studio .NET 2003 / В. Понамарев. - М.: БХВ-Петербург, 2013. – 352 с.

Перминова Д. И.
Научный руководитель: Лагереv И. А., д-р техн. наук, профессор
*Брянский государственный университет
имени академика И. Г. Петровского*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЛАБОРАТОРИИ ММИС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ В ВУЗЕ

***Аннотация.** В работе обобщен опыт использования информационных систем управления учебным процессом вуза, разработанных лабораторией ММИС. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых-докторов наук №МД-422.2020.8.*

Ключевые слова: информационная система, LMS, ММИС.

Лаборатория ММИС является ведущим разработчиком программного обеспечения для автоматизации управления учебным процессом в высших и средних специальных учебных заведениях. Программные продукты, созданные специалистами ММИС, используются для организации всех этапов образовательной деятельности (рис. 1):

- проектирование и проверка учебных планов;
- формирование и распределение учебной нагрузки, расчет штатов;
- автоматизация документооборота приемной комиссии с выгрузкой данных в ФИС ГИА;
- управление контингентом студентов, учет оплаты, формирование приказов и отчетов;
- формирование электронной образовательной среды и электронного портфолио студента;
- учет и анализ успеваемости студентов, оформление и печать документов об образовании;
- текущий контроль знаний с помощью компьютерного тестирования;
- автоматическое составление расписания занятий [1].

В ходе работы исследовался опыт использования информационной системы, построенной на основе программного обеспечения, разработанного лабораторией ММИС (далее – ИС ММИС) в Брянском государственном университете имени академика И. Г. Петровского, в том числе на филологическом факультете [2, 3].



Рис. 1. Структура ИС ММИС

Исторически в университете ИС ММИС использовалась для учета и анализа успеваемости студентов, оформления и печати документов об образовании. Остальные модули системы не использовались. Однако переход на дистанционное электронное обучение в условиях эпидемии коронавируса в 2020 году обусловил более интенсивное внедрение других модулей в образовательный процесс.

В частности, был внедрен модуль автоматизация документооборота приемной комиссии с выгрузкой данных в ФИС ГИА (рис. 2). Система была подключена к центру обработки данных университета и защищенной сети для передачи данных.

Петров Павел Романович

Основная Адрес Образование Ссылки Документы Дополнительно Загрузки

ОСНОВНЫЕ

Имя: Петр Павлович Номер: 0000 123456 Пол: Муж

Фамилия: Петров Пыль: 10

Имя: Павел

Отчество: Романович

Дата Рождения: 10 февраля 1991 г.

ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ

Вид Документа: Паспорт РФ Дата Выдачи: 10 апреля 2011 г.

Вид Выдачи: Паспорт УВММС России во Ростовской обл. в т. 04001

Место Рождения: Факты Ростовский обл Код подразделения: 610-012

Гражданство: Российское

Принимать: 2019 Дата Мода: 02.07.2019 10:45:34

Операция ПК: Абутирент

Заблокировать ☐

Присоединить к базе ФИС ☐ В архиве ФИС ☐ Не включать в базу ФИС ☐

Оформить Печать АЗ Печать

Рис. 2. Карточка абитуриента в ИС ММИС

Кроме того, был запущен модуль личного кабинета студента, который был интегрирован в официальный сайт университета. Была выполнена организационная работа по подключению обучающихся университета. Это позволило выполнить соответствующее аккредитационное требование к университету. В настоящий момент студент может получить информацию о своей образовательной траектории и успеваемости.

В 2021 году начато использование модулей ПО ММИС по разработке учебных планов и рабочих программ дисциплин. Однако эта работа требует дополнительного обучения сотрудников университета, которое пройдет весной текущего года.

В настоящий момент расписание занятий формируется вручную. Этот процесс находится в ведении факультетов. Отдельные сотрудники используют различные системы для помощи в составлении расписания. Это приводит к увеличению сроков подготовки расписания, к возникновению множественных накладок в расписании, особенно при взаимодействии факультетов.

Текущий контроль знаний и ведение портфолио проводятся с помощью штатной системы электронного обучения (ЭСО) на базе LMS Moodle. Поэтому использование соответствующих модулей ПО ММИС не требуется.

На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы.

1. Перейти к формированию расписания занятий с использованием ПО ММИС.
2. Ускорить процесс обучения преподавателей университета по использованию модулей разработки учебных планов и рабочих программ.
3. Перевести серверную часть ИС ММИС на основной сервер центра обработки данных университета.
4. Интегрировать дополнительные сервисы в личный кабинет студента, в частности, инструменты по контролю за оплатой за обучение, по просмотру расписания занятий.

Литература

1. Лаборатория ММИС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mmis.ru> (дата обращения 11.03.2021).
2. Киятина, И. И. Формирование компетенций в области современных сквозных цифровых технологий у обучающихся по направлению «Реклама и связи с общественностью» / И. И. Киятина, И. А. Лагерева // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2020. – №2. – С. 11-15.
3. Химич, А. В. Использование сервиса «Виртуальный кабинет сотрудника» для предприятия Индустрии 4.0 / А. В. Химич // Современная наука: Идеи, которые изменяют мир. – Брянск: БГУ, 2018. – С. 91-95.

Перминова Д. И.
Научный руководитель: Лагереv И. А., д-р техн. наук, профессор
*Брянский государственный университет
имени академика И. Г. Петровского*

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ARDUINO ДЛЯ СОЗДАНИЯ РЕКЛАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

***Аннотация.** В работе рассматриваются вопросы применения микроконтроллеров Arduino в учебном процессе вуза при подготовке специалистов в области рекламы и связей с общественностью. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых-докторов №МД-422.2020.8.*

***Ключевые слова:** наружная реклама, рекламный стенд, микроконтроллер.*

Нормативной и методической документацией, регламентирующей ведение образовательной деятельности в вузе по направлению «Реклама и связи с общественностью», предусматривается освоение компетенций в сфере сквозных цифровых технологий для проведения рекламных и коммуникативных кампаний [1-5].

Наружная реклама в виде вывесок, баннеров, выставочных стендов является эффективным способом продвижения товара или бренда. С помощью микроконтроллера можно создавать различные управляемые визуальные или звуковые эффекты, усиливающие эффект рекламной конструкции.

Микроконтроллер, по существу, является набором выключателей, которые управляются не человеком, а компьютерной программой, загруженной в память микроконтроллера. На занятиях в вузе удобно использовать учебный микроконтроллер Arduino Uno (рис. 1), отличающийся низкой стоимостью (цена стартового комплекта 0,5-2 тыс. руб.).

При разработке конструкций следует понимать, что контакты, выходные напряжения и земли используются для питания внешних устройств, которыми управляет микроконтроллер. При большой мощности управляемых устройств они питаются от отдельного источника питания. Цифровые входы и выходы используются для управления внешними устройствами и получения обратной связи от них, при этом необходимо явным образом указать, является ли контакт входом или выходом. Аналоговые выходы используются для подключения датчиков.

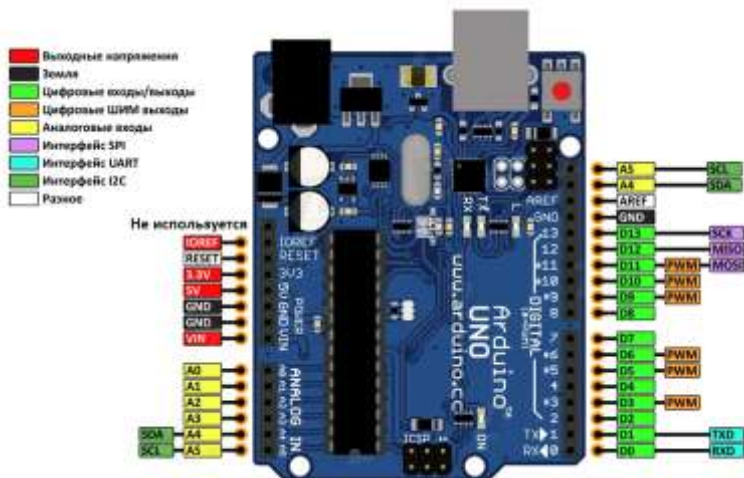


Рис. 1. Общий вид микроконтроллера Arduino Uno [6]

Питание микроконтроллера и его программирование (прошивка) выполняется через интерфейс USB.

Управляющие программы разрабатываются в специальной среде, предназначенной для программирования микроконтроллеров Arduino. Управляющая программа (скетч) состоит из ряда элементов, располагающихся в следующем порядке:

- область объявления переменных, в которой номеру контакта можно присвоить осознанное название;
- функция `void setup()`, в которой описываются команды, выполняемые один раз после подключения питания микроконтроллера, здесь же указываются команды инициализации контактов;
- функция `void loop()` – суперцикл, в которой описываются команды, циклично повторяемые устройством. При необходимости используются стандартные аппаратные прерывания или прерывания, ранее прописанные функциями-обработчиками [4].

Рассмотрим пример управления освещением рекламной конструкции, запитанной напряжением 220 В. Электрическая схема системы показана на рис. 2. Осветительный прибор подключается с помощью реле (рис. 2). Таким образом, цепи управления остаются низковольтовыми, а силовая цепь 220В питает осветительный прибор рекламной конструкции. Такая схема может быть использована для адаптивного управления освещением выставочного стенда или рекламной конструкции.

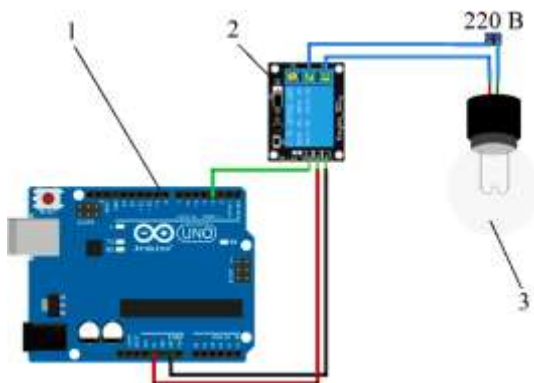


Рис. 2. Схема подключения лампы напряжением 220В:
1 – микроконтроллер; 2 – реле; 3 – лампа

Владение основами применения микроконтроллеров позволит повысить конкурентоспособность на рынке труда подготовленных в вузе специалистов в области рекламы и связей с общественностью.

Литература

1. Киятина, И. И. Формирование компетенций в области современных сквозных цифровых технологий у обучающихся по направлению «Реклама и связи с общественностью» / И. И. Киятина, И. А. Лагереv // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2020. – №2. – С. 11-15.
2. Лагереv, И. А. Разработка и поддержка рекламных веб-сайтов в сети Интернет с учетом проблемы обновления кэша браузера / И. А. Лагереv, И. И. Киятина // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2020. – №2. – С. 16-20.
3. Киятина, И. И. Изучение основ разработки веб-сайтов обучающимися по направлению «Реклама и связи с общественностью» / И. И. Киятина, И. А. Лагереv, А. В. Химич // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2020. – №3. – С. 11-18.
4. Лагереv, И. А. Изучение основ использования микроконтроллеров для создания выставочных объектов и рекламных конструкций / И. А. Лагереv, И. И. Киятина, А. В. Химич // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2020. – №4. – С. 7-12.
5. Химич, А. В. Использование сервиса «Виртуальный кабинет сотрудника» для предприятия Индустрии 4.0 / А. В. Химич // Современная наука: Идеи, которые изменяют мир. – Брянск: БГУ, 2018. – С. 91-95.
6. Цифровые входы Arduino – Режим доступа: <https://electshema.ru/osnovy/urok-4-tsifrovye-vhody.html> (дата обращения 18.07.2020).

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Акчурина А. С., *I*, 133, 139
Александрова А. Л., *I*, 144
Алексеева Е. А., *I*, 146
Андреев К. С., *I*, 149
Андрианов Д. Ю., *I*, 76, 79
Андрианов Ю. С., *I*, 79
- Бейсембаев К. Б., *I*, 209
Белобородова М. И., *I*, 152
Беляева П. В., *I*, 152
Березина Ю. В., *I*, 67
- Васильева Е. В., *I*, 112
Васильева Е. С., *I*, 212
Васильева К. Е., *I*, 155
Васин С. В., *I*, 5, 215
Васьков М. А., *I*, 158
Виноградова С. М., *I*, 176
Воробьева Е. Г., *I*, 82
- Градобаев Р. А., *I*, 160
Гусев Д. В., *I*, 8
- Давыдова В. В., *I*, 133, 139
Денисова О. Н., *I*, 160, 176
Дерягина М. С., *I*, 163
Дюжев А. В., *I*, 115
- Егоров Е. Н., *I*, 197
Егоров П. А., *I*, 133, 135, 137
Едилбаев А. А., *I*, 218
Еремеев Р. В., *I*, 12
Естехин А. И., *I*, 118
Ефимов А. С., *I*, 15
Ефимов К. В., *I*, 197
- Журавлев Е. А., *I*, 29, 88
- Зими́на Е. Ю., *I*, 85
Зиновьева Е. Г., *I*, 165
Зяблицева К. А., *I*, 121
- Иванов Д. В., *I*, 221
Иванов Р. С., *I*, 165
Иванов С. П., *I*, 91, 94, 106
Иванова А. А., *I*, 166
Игнатъев В. А., *I*, 182
Ильина Н. И., *I*, 169
Исмагилова Г. И., *I*, 88
Иштрикова В. А., *I*, 206
- Кадыров И. В., *I*, 59
Казанцева А. А., *I*, 17
Коковихина А. А., *I*, 62
Капитонова М. А., *I*, 169, 187
Карпеев К. В., *I*, 172
Кольцов Н. И., *I*, 185
Коннова К. А., *I*, 174
Костромина Н. М., *I*, 176
Кошкин Е. Н., *I*, 221
Кремененко А. В., *I*, 21
Кулагина С. В., *I*, 5, 26, 40, 46, 49, 51, 54, 56
- Лазарев М. М., *I*, 23
Левитанус К. А., *I*, 224
Лежнина А. С., *I*, 26
Лежнина И. А., *I*, 64
Леухин М. Д., *I*, 91, 97
- Мазеева И. В., *I*, 179
Максимова Ю. Р., *I*, 135, 137
Марьясов М. А., *I*, 133, 139
Матрашева Э. Э., *I*, 146
Микакова Д. Е., *I*, 100
Микрюкова А. С., *I*, 121

Михеева П. К., *I*, 94, 97

Михеева Р. К., *I*, 64

Морозова М. О., *I*, 224

Морохина Д. Д., *I*, 227

Никитина Х. А., *I*, 59, 124

Новиков А. А., *I*, 182

Новожилов Р. В., *I*, 221

Осипова К. С., *I*, 67

Осипова С. И., *I*, 185

Охотников И. Ю., *I*, 29

Павлова Н. Л., *I*, 144

Перминова Д. И., *I*, 230, 233

Петрова П. Е., *I*, 187

Пигалин А. И., *I*, 21

Пирогов Д. А., *I*, 33, 35

Плотников В. В., *I*, 165

Репин И. С., *I*, 12

Романов А. Л., *I*, 38, 70

Ромашов Н. П., *I*, 133, 139

Русинова А. А., *I*, 100

Сабанцева А. А., *I*, 189

Садовина Е. А., *I*, 103

Сазанова А. А., *I*, 135, 137

Салихова Л. М., *I*, 8, 12, 15, 17,
21, 23, 33, 35, 38, 43, 215

Светлаков Д. Г., *I*, 160

Семенов К. Л., *I*, 124

Семенова В. И., *I*, 191

Семенова Н. А., *I*, 166, 185

Сергеева А. В., *I*, 40

Силдайкин Д. Н., *I*, 43, 46

Силкина О. В., *I*, 191, 200

Соколова Ю. А., *I*, 106

Солоницын С. А., *I*, 49, 62

Сосорева А. И., *I*, 212

Степанова Ю. Э., *I*, 200

Стяжкин И. А., *I*, 51

Таричко В. И., *I*, 109

Федорова А. И., *I*, 54

Федорова Т. Л., *I*, 144

Федосеев С. В., *I*, 141, 142

Филиппова А. Н., *I*, 194

Фищенко П. А., *I*, 79

Харитоновна А. В., *I*, 54

Хохлов А. А., *I*, 73

Чернова А. В., *I*, 203

Царева Л. Ю., *I*, 197

Царегородцева Д. В., *I*, 200

Шкуров Н. В., *I*, 76

Шлычков С. В., *I*, 85

Шукуров М. М. оглы, *I*, 127

Шухаренко А. В., *I*, 56, 62

Юшкова П., *I*, 130

Ямбулатов А. И., *I*, 64

Ярутова А. Е., *I*, 206

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
Секция «Математика»	5
Секция «Теоретическая и экспериментальная физика»	59
Секция «Прикладная механика»	76
Секция «Прикладная геометрия и компьютерная графика»	112
Секция «Органический синтез и химическая технология»	133
Секция «Прикладная и экологическая химия»	144
Секция «Современные информационные технологии в системах управления»	209
<i>Авторский указатель</i>	236

Научное издание

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

*Материалы
XVI Международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам*

В 3 частях

Часть 1

Отв. за выпуск Э. В. Унженина

Компьютерная верстка Э. В. Унжениной

Подписано в печать 06.08.21. Формат 60х84^{1/16}

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 13,95. Тираж 55 экз. Заказ №11649

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «Принтекс»
Республика Марий Эл, Йошкар-Ола, б-р Победы, д.14

