

ISSN 2415-7996

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Центр фундаментального образования

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы
XIII международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

Йошкар-Ола, 20-21 апреля 2018 года

Часть 1

Йошкар-Ола
ПГТУ
2018

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;

В. Е. Шебашев, канд. техн. наук, профессор

Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XIII
Н 34 международной молодежной научной конференции по естественно-
научным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 20-21 апреля
2018 г.): в 4 ч. / редкол.: Д. В. Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: По-
волжский государственный технологический университет, 2018. –
Ч. 1. – 204 с.

Представлены результаты научно-исследовательских работ молодых ученых, аспирантов и студентов по секциям «Математика», «Теоретическая и экспериментальная физика», «Прикладная механика», «Строительная механика и теория сооружений», «Прикладная геометрия и компьютерная графика», «Органический синтез и химическая технология», «Прикладная и экологическая химия», «Математические методы и модели исследований операций в экономике».

УДК 378.147.88

ББК 74.58

© Поволжский государственный
технологический университет, 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современный уровень наукоемкого производства требует подготовки в университетах специалистов, способных легко воспринимать и аккумулировать новые идеи, искать и создавать новейшие технологии, эффективно их внедрять в промышленное производство. Поэтому акцент при организации образовательного процесса в учебных заведениях необходимо переносить на самостоятельную работу студентов и, в первую очередь, на самостоятельную творческую работу с целью формирования у них нестандартного мышления и инновационной культуры. Растущий объем информации, новые способы коммуникации способствуют организации самостоятельной работы. Разумное и взаимное сочетание между учебной и самостоятельной работой позволит сформировать у студентов определенный набор компетентностей для дальнейшей практической деятельности.

Одной из эффективных форм 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.

XIII Международная молодежная конференция по естественно-научным и техническим дисциплинам, которая прошла 20-21 апреля 2018 года на базе Центра фундаментального образования Поволжского государственного технологического университета, и была направлена на привлечение талантливой молодежи к научным исследованиям, формированию у нее инновационной культуры, развитию профессиональных компетенций, использованию их творческого 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 ее работе. По традиции большие студенческие делегации присутствовали из Брянска, Казани, Чебоксар.

Работа конференции была организована в 21 секции. Названия секций соответствовали приоритетным направлениям деятельности научных

школ ПГТУ. Работу секций курировали ведущие в соответствующих областях науки ученые ПГТУ и других вузов России. По представлению руководителей секций лучшие доклады отмечены дипломами соответствующей степени.

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 результатам конференции выпускается сборник материалов в 4 частях. В данной части представлены секции: «Математика», «Теоретическая и экспериментальная физика», «Прикладная механика», «Строительная механика и теория сооружений», «Прикладная геометрия и компьютерная графика», «Органический синтез и химическая технология», «Прикладная и экологическая химия», «Математические методы и модели исследований операций в экономике».

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

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

Проведение XIV конференции по традиционной тематике аналогично планируется на апрель 2019 год. До новых встреч!

Директор центра
фундаментального образования ПГТУ
С. Г. Кудрявцев

УДК 531. 1: 656. 1

Андрианов Д. Ю.

Научный руководитель: Фищенко П. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ПИРАМИДЫ

Аннотация. *Определены положения центров тяжести элементарных пирамид, из которых состоит устройство, обеспечивающее устойчивость беспилотной транспортной платформы.*

Ключевые слова: *элементарная пирамида, беспилотная транспортная платформа, смещаемый центр тяжести.*

Актуальность. При освоении северных территорий предполагается разработка новых технологий, включая создание беспилотной транспортной платформы со смещаемым центром тяжести [1], содержащей систему обеспечения устойчивости, представляющую собой несущее опорно-поворотное устройство (рис. 1).

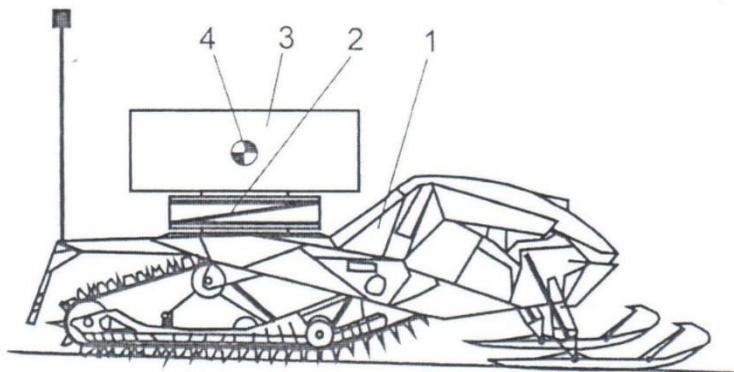


Рис. 1. Беспилотная снегоходная транспортная платформа: 1 – снегоход, 2 – основание с системой изменения положения центра тяжести, 3 – груз, 4 – система управления

Это устройство позволяет смещать центр тяжести полезной нагрузки относительно оси транспортной платформы посредством кинематических связанных между собой приводных скошенных колец путём их относительного поворота [2].

Каждое скошенное кольцо можно разбить на элементарные пирамиды. Целью настоящей работы является определение положения центра тяжести элементарной пирамиды.

Рассмотрим однородное тело T , ограниченное снизу горизонтальной плоскостью xOy , сверху – второй плоскостью, составляющей с плоскостью xOy двугранный угол γ (пересекаясь вдоль оси x), и боковой цилиндрической поверхностью радиуса R (рис. 2).

Разобьём тело T вертикальными плоскостями, проходящими «веером» через начало координат O , получая n элементарных пирамид, лежащих «на боку» с вершиной O и основанием вида $A_1A_2B_2B_1$ ($A_1B_1 \parallel A_2B_2, OA_1 \perp A_1B_1, OA_2 \perp A_2B_2, OE_1 \perp E_1O_i$). Диагонали такого основания пересекаются в точке O_i (рис. 2)

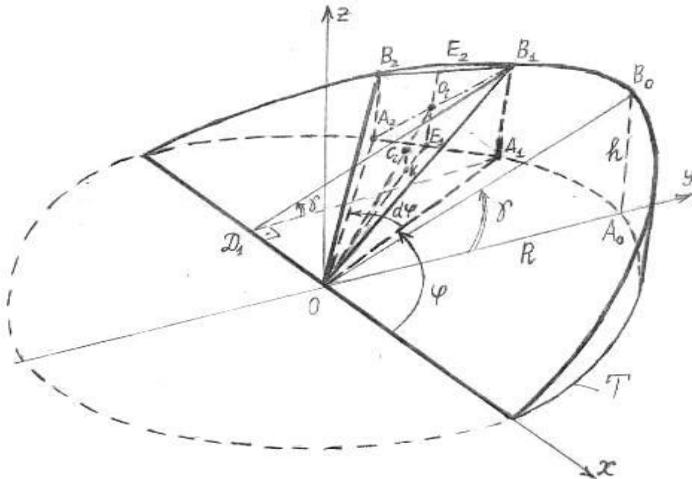


Рис. 2. Элементарная пирамида

При неограниченном увеличении числа элементарных пирамид n , размеры A_1A_2 и B_2B_1 становятся равными друг другу, и тело T можно рассматривать состоящим из n элементарных пирамид, каждая из которых симметрична относительно своей плоскости OE_1E_2 . У каждой такой

пирамиды центр тяжести основания $A_1 A_2 B_2 B_1$ находится в точке пересечения диагоналей O_i . Поэтому центр тяжести каждой i -ой элементарной пирамиды расположен на прямой OO_i .

Известно [3], что центр тяжести (в нашем случае точка C_i) однородной пирамиды лежит на отрезке прямой, соединяющей вершину пирамиды с центром тяжести O_i основания $A_1 A_2 B_2 B_1$ на расстоянии одной четверти длины этого отрезка, считая от основания.

Следовательно, $O_i C_i = \frac{1}{4} \cdot OO_i$, и тогда $OC_i = \frac{3}{4} \cdot OO_i$.

Таким, образом, центры тяжести каждой из элементарных пирамид расположены на расстоянии три четверти длины OC_i соответствующих отрезков считая от общей вершины пирамид O до центров тяжести их оснований.

Выводы и практические рекомендации. Полученный результат позволит в будущем определить положение центра тяжести всего тела T и повысить устойчивость вышеуказанной беспилотной платформы.

Настоящая работа выполнена с учетом методики организации НИРС и школьников [4,5].

Литература

1. Андрианов, Д. Ю. Предпосылки создания современной техники для освоения и социально-экономического развития Арктики / Д. Ю. Андрианов, П. А. Фищенко, И. А. Кудрявцев // Россия в многовекторном мире: национальная безопасность, вызовы и ответы. XX Вавиловские чтения: материалы международной междисциплинарной научной конференции: в 2 ч. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – Ч. 2. – С.40-42.
2. Беспилотная снегоходная транспортная платформа со смещаемым центром тяжести: патент на полезную модель № RU159557 / Кудрявцев И. А., Егоров А. В., Андрианов Ю. С., Андрианов Д. Ю., 2015.
3. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Наука, ГРФМ, 1972. – 480 с.
4. Фищенко, П. А. Некоторые методы научно-исследовательской работы школьников и студентов / П. А. Фищенко // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Социально-экономическая. – 2015. – № 3. – С. 82-85.
5. Иванов, В. А. Методика организации научно-исследовательской работы студентов на кафедре высшей математики / В. А. Иванов, Н. Н. Михеева, П. А. Фищенко // Современные проблемы фундаментального образования в техническом вузе: сборник статей. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. – С. 48-52.

Васильев Н. И.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
 Поволжский государственный технологический университет

МЕТОД КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ В ПЛАНИМЕТРИИ

Аннотация. В статье рассматривается метод использования комплексных чисел в планиметрии. Разобраны основные теоремы, представлены соответствующие формулы, решены задачи на исследуемые темы.

Ключевые слова: комплексные числа, планиметрия, отрезок, геометрия.

Алгебру комплексных чисел можно успешно использовать в элементарной геометрии, тригонометрии, теории геометрических преобразований, а также в электротехнике и различных задачах с механическим и физическим содержанием.

Метод комплексных чисел позволяет решать планиметрические задачи по готовым формулам с помощью прямых вычислений и элементарных выкладок. В работе излагаются основы метода комплексных чисел в применении к задачам элементарной геометрии на плоскости и доказательству некоторых основных планиметрических теорем.

Пусть a и b – комплексные числа, соответствующие точкам A и B , то расстояние между точками A и B равно $|\overline{BA}| = |a - b|$; $|AB| = |a - b|$. Так как $|z|^2 = z\bar{z}$, то $|AB|^2 = (a - b)(\bar{a} - \bar{b})$, (1)

Задача 1. Точки M и N – середины диагоналей AC и BD четырехугольника $ABCD$.

Доказать, что $|AB|^2 + |BC|^2 + |CD|^2 + |DA|^2 = |AC|^2 + |BD|^2 + 4|MN|^2$.

Решение. Пусть точкам A, B, C, D, M, N соответствуют комплексные числа a, b, c, d, m, n . Так как $m = (a + c)/2$ и $n = (b + d)/2$, то

$$\begin{aligned} & |AB|^2 + |BC|^2 + |CD|^2 + |DA|^2 = \\ & = (a - b)(\bar{a} - \bar{b}) + (b - c)(\bar{b} - \bar{c}) + (c - d)(\bar{c} - \bar{d}) + (d - a)(\bar{d} - \bar{a}) = \\ & = 2(a\bar{a} + b\bar{b} + c\bar{c} + d\bar{d}) - (a\bar{b} + \bar{a}b + b\bar{c} + \bar{b}c + c\bar{d} + \bar{c}d + d\bar{a} + \bar{d}a); \\ & |AC|^2 + |BD|^2 + 4|MN|^2 = (a - c)(\bar{a} - \bar{c}) + (b - d)(\bar{b} - \bar{d}) + 4(m - n)(\bar{m} - \bar{n}) = \\ & = (a\bar{a} + b\bar{b} + c\bar{c} + d\bar{d}) - (a\bar{c} + \bar{a}c + b\bar{d} + \bar{b}d) + (a + c - b - d)(\bar{a} + \bar{c} - \bar{b} - \bar{d}) = \\ & = 2(a\bar{a} + b\bar{b} + c\bar{c} + d\bar{d}) - (a\bar{b} + \bar{a}b + b\bar{c} + \bar{b}c) - (c\bar{d} + \bar{c}d + d\bar{a} + \bar{d}a). \end{aligned}$$

Равенство доказано.

Отношение $AC/CB = \lambda, (\lambda \neq -1)$, в котором точка C делит данный отрезок AB , выражается через комплексные координаты этих точек так:

$$\lambda = (c-a)/(b-c), \lambda = \bar{\lambda}, \text{ откуда } c = (a + \lambda b)/(1 + \lambda). \text{ Если положить } \alpha = 1/(1 + \lambda); \beta = \lambda/(1 + \lambda), \text{ то } c = \alpha a + \beta b, \alpha + \beta = 1, \alpha = \bar{\alpha}, \beta = \bar{\beta}. \quad (2)$$

Условия (2) необходимы и достаточны для того, чтобы точки A, B, C были коллинеарны. При $\lambda = 1$ точка C является серединой отрезка AB , и наоборот. Тогда $c = (a + b)/2$. (3)

Задача 2. Доказать, что расстояние от вершины C треугольника ABC до точки D , симметричной центру O описанной окружности относительно прямой AB , вычисляется по формуле

$$|CD|^2 = R^2 + |AC|^2 + |BC|^2 - |AB|^2, \text{ где } R - \text{ радиус описанной окружности.}$$

Решение. Точка M является серединой AB , так как центр описанной окружности лежит на пересечении серединных перпендикуляров. Точка M – середина OD (по условию). Пусть точкам A, B, C, D, M, O соответствуют комплексные числа a, b, c, d, m, o . Тогда $m = (o + d)/2$; $m = (a + b)/2$; значит, $o + d = a + b$; $o - a = b - d$. Воспользуемся этим равенством, формулами (1), (3) и убедимся в справедливости

$$|CD|^2 = R^2 + |AC|^2 + |BC|^2 - |AB|^2.$$

Теорема. (Критерий коллинеарности точек O, A, B). Для того чтобы точки $A(a)$ и $B(b)$ были коллинеарны с начальной точкой O , необходимо и достаточно, чтобы частное a/b было действительным числом, т. е.

$$a/b = \bar{a}/\bar{b} \text{ или } a\bar{b} = \bar{a}b. \quad (4)$$

Возьмем точки $A(a), B(b), C(c), D(d)$. Векторы \overrightarrow{BA} и \overrightarrow{DC} коллинеарны тогда и только тогда, когда точки, определяемые комплексными числами $a - b$ и $c - d$, коллинеарны с началом O . На основании (4) имеем:

$$\overrightarrow{AB} \parallel \overrightarrow{CD} \Leftrightarrow (a - b)(\bar{c} - \bar{d}) = (\bar{a} - \bar{b})(c - d). \quad (5)$$

Если точки A, B, C, D принадлежат единичной окружности $z\bar{z} = 1$, то $\bar{a} = 1/a, \bar{b} = 1/b, \bar{c} = 1/c, \bar{d} = 1/d$, и поэтому условие (5) принимает вид

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

Рассмотрим критерий перпендикулярности отрезков:

$$\overrightarrow{OA} \perp \overrightarrow{OB} \Leftrightarrow a/b = -\bar{a}/\bar{b} \text{ или } \overrightarrow{OA} \perp \overrightarrow{OB} \Leftrightarrow a\bar{b} + \bar{a}b = 0. \quad (6)$$

Отрезки AB и CD перпендикулярны тогда и только тогда, когда векторы точек с комплексными координатами $a - b$ и $c - d$ перпендикулярны. В силу (6) имеем $\overrightarrow{OA} \perp \overrightarrow{OB} \Leftrightarrow (a-b)(\bar{c}-\bar{d}) + (\bar{a}-\bar{b})(c-d) = 0$. (7)

В частности, когда точки A, B, C, D лежат на единичной окружности $z\bar{z} = 1$, то зависимость (7) упрощается: $\overrightarrow{OA} \perp \overrightarrow{OB} \Leftrightarrow ab + cd = 0$. (8)

Выведем уравнение касательной к единичной окружности $z\bar{z} = 1$ в ее точке $P(p)$. Если $M(z)$ – произвольная точка этой касательной, то $\overrightarrow{OP} \perp \overrightarrow{MP}$ и обратно. На основании (7) имеем $p(\bar{p}-\bar{z}) + \bar{p}(p-z) = 0$ или $\bar{p}z + p\bar{z} = 2p\bar{p}$. Поскольку $p\bar{p} = 1$, то уравнение касательной имеет вид $\bar{p}z + p\bar{z} = 2$.

Задача 3. Найти комплексную координату точки пересечения касательных в точках $A(a)$ и $B(b)$ единичной окружности $z\bar{z} = 1$.

Решение. Для искомой координаты z имеем соотношения $\bar{a}z + a\bar{z} = 2$, $\bar{b}z + b\bar{z} = 2$, из которых находим $z = 2(a-b)/(a\bar{b} - \bar{a}b)$. Поскольку $\bar{a} = 1/a$, $\bar{b} = 1/b$, то $z = 2ab/(a+b)$ или $1/z = (1/a + 1/b)/2$.

Задача 4. Доказать, что если средние линии MP, NQ четырехугольника $ABCD$ равны, то его диагонали AC и BD перпендикулярны и обратно.

Решение. Требуется доказать, что $|MN| = |NQ| \Leftrightarrow AC \perp BD$. Имеем, что $|MN| = |NQ| \Leftrightarrow |MN|^2 = |NQ|^2 \Leftrightarrow (m-p)(\bar{m}-\bar{p}) = (n-q)(\bar{n}-\bar{q})$, (9) так как $m = (a+b)/2$, $n = (b+c)/2$, $p = (c+d)/2$, $q = (a+d)/2$ согласно (3). Подставим эти выражения в равенства (9) и получим: $(a-c)(\bar{b}-\bar{d}) + (\bar{a}-\bar{c})(b-d) = 0$, но это и есть условие того, что $AC \perp BD$. (см. 7).

Вывод: метод комплексных чисел дает возможность посмотреть на задачи по геометрии с другой стороны, что все наглядные задачи (правильность которых видна из чертежа) можно решать аналитическим способом, вообще не прибегая к чертежу.

Литература

1. Скопец, З. А. Геометрические миниатюры / З. А. Скопец. – М.: Просвещение, 1990. – 224 с.
2. Волковський, Л. І. Сборник задач по теории функций комплексного переменного: учеб. пособие. 4-е изд., испр. / Л. І. Волковський, Г. Л. Лунц, І. Г. Араманович. – М.: Физматлит, 2002. – 312 с.

Ермаков А. С.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПАКЕТА MATHCAD В СРЕДЕ WINDOWS ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматривается метод использования математического пакета Mathcad в среде Windows для решения дифференциальных уравнений.

Ключевые слова: обыкновенные дифференциальные уравнения, функции.

Дифференциальные уравнения – это уравнения, в которых неизвестными являются не переменные (т. е. числа), а функции одной или нескольких переменных.

Имеется два типа задач, для которых возможно численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) с помощью Mathcad: 1) задачи Коши, для которых определены начальные условия на искомые функции; 2) краевые задачи, для которых заданы определенные соотношения сразу на обеих границах интервала.

ОДУ первого порядка называется уравнение вида $F(x, y, y') = 0$, где F – известная функция; x – независимая переменная на интервале интегрирования $[a, b]$; y – неизвестная функция; y' – ее производная. Вычислительный процессор Mathcad может работать только с нормальной формой ОДУ. Нормальная форма ОДУ – это ОДУ, разрешенное относительно производной $y' = f(x, y)$.

Для численного интегрирования ОДУ в Mathcad имеется выбор – либо использовать вычислительный блок Given/Odesolve, либо встроенные функции. Оба способа обладают одинаковыми возможностями, но при использовании блока решения запись уравнений более привычна и наглядна, однако отдельная функция может быть использована в составе других функций и программ. Рассмотрим оба варианта решения.

Вычислительный блок Given – Odesolve состоит из трех частей:

- Given – ключевое слово;
- ОДУ и начальное условие, записанное с помощью булевых операторов, причем начальное условие должно быть в форме $y(t_0) = b$;

– Odesolve (t, t₁) – встроенная функция для решения ОДУ относительно переменной t на интервале (t₀, t₁).

Допустимо, и даже часто предпочтительнее, задание функции Odesolve (t, t₁, step) с тремя параметрами, где step – необязательный внутренний параметр численного метода, определяющий количество шагов, в результате которых по методу Рунге-Кутты будет получено решение дифференциального уравнения. Чем больше step, тем с лучшей точностью будет получен результат, но тем больше времени будет затрачено на его решение.

Пример решения задачи Коши для ОДУ первого порядка $y' = y - y^2$ с помощью вычислительного блока Given–Odesolve () приведен на рис. 1.

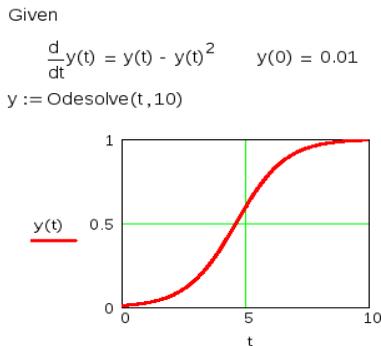


Рис. 1. Решение с помощью блока Given-Odesolve ()

Использование встроенных функций rkfixed (), Rkadapt (), Bulstoer ()

Альтернативный метод решения ОДУ заключается в использовании одной из встроенных функций: rkfixed, Rkadapt или Bulstoer. Для простых систем не играет большой роли, какой метод использовать. Но для сложных или специфических систем бывает, что некоторые методы вообще не могут дать удовлетворительного решения за приемлемое время. Именно для таких сложных, но не редких случаев в Mathcad и введено несколько различных методов решения систем ДУ:

- rkfixed – метод Рунге-Кутты с фиксированным шагом интегрирования. Самый простой и быстрый метод, но далеко не всегда самый точный;
- Rkadapt – метод Рунге-Кутты с переменным шагом интегрирования. Величина шага адаптируется к скорости изменения функции решения. Данный метод позволяет эффективно находить решения уравнений, в случае если оно содержит как плавные, так и быстро меняющиеся

участки. Там, где решение меняется слабо, шаги выбираются более редкими, а в областях его сильных изменений – частыми. В результате для достижения одинаковой точности требуется меньшее число шагов, чем для rkfixed;

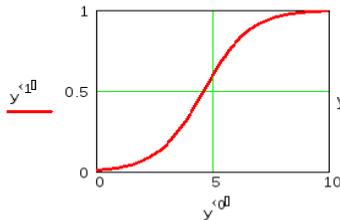
– Bulstoer – метод Булирша – Штера. Этот метод более эффективен, чем метод Рунге-Кутты, в случае если решение является плавной функцией.

Приведем пример использования функции rkfixed() для решения той же самой задачи Коши для ОДУ первого порядка $y' = y - y^2$. Здесь необходимо явно задать начальное значение $y = 0,01$, описать первую производную $D(t,y) = y - y^2$ и указать количество точек интегрирования $m = 100$. Результат получаем в виде матрицы y размерностью $(m+1) \times 2$. В первом столбце содержатся значения аргумента t в интервале от 0 до 10, во втором столбце – значения искомой функции $y(t)$ (рис. 2).

Это не лучший стиль решения задачи Коши. В самом деле, сначала переменной y присвоено значение скаляра $y = 0.01$, а затем этой же переменной присвоено матричное значение (результат решения ОДУ). Необходимо избегать такого стиля, когда один и тот же идентификатор используется при разных типах данных. Неплохим решением было бы назвать результат по-другому, например u .

```
y := 0.01 D(t,y) := y - y^2 m := 100
```

```
y := rkfixed(y, 0, 10, m, D)
```



	0	1
0	0	0.01
1	0.1	0.011
2	0.2	0.012
3	0.3	0.013
4	0.4	0.015
5	0.5	0.016
6	0.6	0.018
7	0.7	0.02
8	0.8	0.022
9	0.9	0.024
10	1	0.027
11	1.1	0.029
12	1.2	0.032
13	1.3	0.036
14	1.4	0.039
15	1.5	0.043

Рис. 2. Решение с помощью функции rkfixed

Литература

1. Дьяконов, В. П. Справочник по MathCAD PLUS 6.0 PRO / В. П. Дьяконов. – М.: СК Пресс, 1997. – 336 с.
2. Дьяконов, В. П. Mathcad 8 PRO в математике, физике и Internet / В. П. Дьяконов, И. В. Абраменкова. – М.: «Нолидж», 2000. – 512 с.

Иванов В. В., Чернышова О. И.
Поволжский государственный технологический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ПОТОКЕ ГАЗОВОЙ СМЕСИ

Аннотация. *Представлена математическая модель нестационарного процесса горения топливно-воздушной смеси в камере сгорания с рециркуляцией продуктов сгорания. Предлагается приближенный метод расчета критерия Пекле Pe . Анализируется влияние молекулярной и конвективной составляющей теплопроводности на динамику процессов горения.*

Ключевые слова: *конвективная теплопроводность, рециркуляция критерий Пекле Pe .*

Введение. Перенос тепла в потоке движущейся газовой смеси обусловлен конвективной теплопроводностью и определяется двумя физическими механизмами: молекулярной теплопроводностью и конвекцией – передачей тепла в результате движения частиц газовой смеси в потоке. В зависимости от свойств и характера течения газовой смеси один из данных механизмов может стать преобладающим. Оценка степени влияния данных механизмов дается критерием Пекле Pe [1, 2, 3], который определяется как отношение плотности теплового потока, переносимого движущимся газом к плотности теплового потока, обусловленного молекулярной теплопроводностью. Численное значение критерия указывает на возможность упрощения уравнения энергии за счет пренебрежения тем или иным механизмом теплопроводности.

При моделировании переноса тепла в потоке горячей газовой смеси помимо процессов конвективной теплопроводности существенное значение имеет процесс рециркуляции продуктов сгорания [4]. Тепло, переносимое из зоны рециркуляции, является дополнительным фактором, определяющим разогрев, поджигание и устойчивость горения свежей смеси. Влияние этого процесса распространяется на всю первичную зону горения камеры, имеющую протяженность, значительно превышающую ширину зоны прогрева, где реализуется механизм молекулярной теплопроводности. Другой особенностью здесь является большая скорость перемещения частиц смеси, поступающей на вход в камеру. Дополнительный тепловой поток из зоны рециркуляции, а также значительные скорости

прямого течения смеси в зоне циркуляции существенно изменяют соотношение между тепловыми потоками, реализующимися механизмами конвекции и молекулярной теплопроводности. Изучение степени влияния данных механизмов на процессы горения с рециркуляцией является актуальной задачей.

Целью работы является исследование влияния молекулярной теплопроводности на процессы горения в камере с зоной рециркуляции.

Математическое моделирование. Математическая модель нестационарного переноса энергии в движущейся среде с химическим источником тепла получена в работе [5] и описывается нестационарным уравнением теплопроводности. В случае одномерного распространения пламени уравнение имеет вид

$$c_p \rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} - c_p \rho u T \right) + q \quad (1)$$

где c_p , ρ , λ , Q , z , E , R , u , T – теплофизические параметры среды, q – плотность теплового потока химической реакции горения. Скорость реакции экспоненциально зависит от температуры T по закону Аррениуса и имеет вид $q = Qz e^{-E/RT}$.

Данное уравнение было использовано в задачах исследования одномерных процессов горения в камере с рециркуляцией продуктов сгорания [6]. Были введены ряд допущений, в частности, предполагалось, что

$$\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \approx 0.$$

Рециркуляция продуктов сгорания учитывалась плотностью

$$q_z(x, t) = \frac{m_z(x, t) K_c (T(x, t) - T(x, t))}{\rho(x, t) S_0 L_s}, \quad x \in (x_0, x_s],$$

$$q_z(x, t) = 0, \quad x \in (x_s, x_l],$$

зависящей от ряда геометрических и газодинамических параметров камеры сгорания [6]. В результате уравнение горения принимает вид

$$\frac{\partial T(x, t)}{\partial t} + u \frac{\partial T(x, t)}{\partial x} = \frac{H_0}{c_p} W_T(x, t) + q_z(x, t) \quad (2)$$

Для оценки влияния механизмов теплопроводности вводится критерий Пекле Pe , в расчете которого используются средние термодинамические характеристики зоны горения [4]. Получено приближенное расчетное значение

$$Pe_r = \frac{l u}{b_{fr} u_n},$$

где l – протяженность первичной зоны горения, u – скорость потока топливной смеси на входе в камеру. Значения l , u , u_n считаются заданными.

Выводы. Представлена математическая модель нестационарного процесса горения топливно-воздушной смеси в камере сгорания с рециркуляцией продуктов сгорания. Предложен метод оценки влияния механизмов теплопроводности в обеспечение устойчивости процессов горения в камере. Метод позволяет также определить приемлемый для практических расчетов диапазон изменения чисел Пекле, при которых механизмом молекулярной теплопроводности можно пренебречь.

Литература

1. Гребер, Г. Основы учения о теплообмене / Г. Гребер, С. Эрк, У. Григуль. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1958. – 566 с.
2. Справочник по точным решениям уравнений тепло- и массопереноса / А. Д. Полянин, А. И. Вязьмин, А. И. Журов и др. – М.: Факториал, 1998. – 368 с.
3. Зельдович, Я. Б. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений / Я. Б. Зельдович, Ю. П. Райзер. – М.: Наука, 1966. – 688 с.
4. Щетинков, Е. С. Физика горения газов / Е. С. Щетинков. – М.: Наука, 1965. – 740 с.
5. Франк-Каменецкий, Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике / Д. А. Франк-Каменецкий. – 3-е изд. испр. и доп. – М.: Наука, 1987. – 490 с.
6. Сиразетдинов, Т. К. Моделирование, синтез и устойчивость процессов в камере сгорания газотурбинных двигателей и энергетических установок: научное издание / Т. К. Сиразетдинов, В. В. Иванов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 243 с.

Короткова К. С., Васильева П. Г.

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

МУЛЬТИМЕДИЙНЫЙ РЕШЕБНИК КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ ПО ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ

Аннотация. Представлены положительные стороны применения мультимедийного решебника при изучении разделов по дисциплине «Математика».

Ключевые слова: мультимедиа, медиаматериалы, «Математика».

Среди многообразных направлений международной деятельности российских университетов важное место традиционно занимает экспорт образовательных услуг. Интернационализация современного высшего образования, продвижение России на международный рынок образовательных услуг актуализируют проблему приспособления иностранных студентов к образовательному пространству.

Тем самым в современной системе образования возрастает роль информационных технологий, которые открывают дополнительные возможности как для повышения качества и эффективности процесса обучения студентов, так и для расширения сфер его применения. Интенсивно развиваются новые прогрессивные формы организации учебного процесса на основе принципа самостоятельного обучения студента с помощью развитых информационных ресурсов.

К одной из таких форм можно отнести применение медиаматериалов при изучении математики. Медиаматериалы являются контентом, или содержанием, в котором одновременно представлена информация в различных формах – звук, анимированная компьютерная графика, видеоряд. Мультимедиа используется для создания компьютерных учебных курсов и справочников, которые позволяют пользователю пройти через серию видеороликов, тематического текста и связанных с ним иллюстраций в различных форматах представления информации. Данные формы представления информации способствуют получению доступно изложенного и качественного образования по разделам дисциплины «Математика» независимо от места проживания учащихся и способов доступа к компьютеру. Можно говорить о том, что медиаматериалы являются неким визуальным помощником в сфере индивидуального изучения. Кроме того,

визуальная память играет большую роль в запоминании материала. Большой плюс медиаматериалов заключается в том, что он способен вызвать интерес, а на основе появившегося интереса человек способен лучше запомнить данный материал.

Данные формы представления информации могут стать ключом к повышенной успеваемости для:

- иностранных студентов;
- студентов, находящихся на домашнем обучении по состоянию здоровья или семейным обстоятельствам;
- студентов, которые недостаточно усвоили материал;
- студентов, решивших повторить пройденный материал.

Создание медиаматериалов должно воздействовать на восприятие пользователя, быть эффективным и запоминаемым. В качестве медиаматериала для изучения дисциплины предлагается использовать анимированные объекты и цветовое оформление наиболее важных понятий и формул.

Литература

1. Мультимедиа-технологии в образовании: путь к свободе. Материалы Первой международной интернет-конференции. Открытый каталог «Учебные презентации» – Екатеринбург, 2011. – 68 с.

УДК 519.86

Крашенинникова М. А.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОБ ОДНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЗАДАЧЕ

***Аннотация.** В данной статье представлена распределительная задача. Рассмотрен алгоритм ее решения, приведены основные формулы и пример.*

***Ключевые слова:** распределительная задача, транспортная задача, модель, целевая функция, ресурсы.*

Общая распределительная задача линейного программирования – это распределительная задача, в которой работы и ресурсы выражаются в различных единицах измерения. Алгоритм решения распределительной

задачи следующий. Сначала строится модель распределительной задачи. Для построения модели и решения задачи потребуется распределительная таблица. Модель распределительной задачи имеет вид:

$$L(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij}(\lambda_{ij}x_{ij}) \rightarrow \min,$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i, i = \overline{1, n}; \sum_{i=1}^n \lambda_{ij}x_{ij} = b_j, j = \overline{1, m}; \forall x_{ij} \geq 0 (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}),$$

где n – количество исполнителей; m – количество видов выполняемых работ; a_i – запас рабочего ресурса исполнителя A_i ; b_j – план по выполнению работы B_j ; c_{ij} – стоимость выполнения работы B_j исполнителем A_i ; λ_{ij} – интенсивность выполнения работы B_j исполнителем A_i ; x_{ij} – планируемая нагрузка исполнителя A_i при выполнении работы B_j ; x_{ij}^k – количество работ B_j , которые должен будет произвести исполнитель A_i ; $\lambda_{ij}x_{ij}$ – количество работ j -го вида, выполненных i -м исполнителем.

Распределительная задача решается в несколько этапов.

Преобразование распределительной задачи в транспортную:

1) выбор базового ресурса и расчет нормированных производительностей ресурсов: $\alpha_i = \lambda_{ij} / \lambda_{\sigma_{aj}}$; 2) пересчет запаса рабочего ресурса исполнителей: $a'_i = \alpha_i a_i$; 3) пересчет планового задания: $b'_j = b_j / \lambda_{\sigma_{aj}}$; 4) пересчет себестоимостей работ: $c'_{ij} = c_{ij} \lambda_{\sigma_{aj}}$

Проверка баланса пересчитанных параметров: $\sum_{i=1}^n a'_i = \sum_{j=1}^m b'_j$.

Построение матрицы транспортной задачи и поиск оптимального решения транспортной задачи x'_{ij} .

Преобразование оптимального решения транспортной задачи в оптимальное решение распределительной задачи:

$$x_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\alpha_i},$$

где x_{ij} и x'_{ij} – соответственно решения распределительной и транспортной задач.

Определение количества работ, соответствующее оптимальному решению распределительной задачи: $x_{ij}^k = \lambda_{ij}x_{ij}$.

Определение целевой функции $L(X^*)$ распределительной задачи согласно модели.

Задача. На фабрике эксплуатируются три типа ткацких станков, которые могут выпускать четыре вида тканей. Известны следующие данные о производственном процессе:

– производительность станков по каждому виду ткани, м/ч

$$(\lambda_{ij}) = \begin{pmatrix} 24 & 30 & 18 & 42 \\ 12 & 15 & 9 & 21 \\ 8 & 10 & 6 & 14 \end{pmatrix};$$

– себестоимость тканей, руб./м

$$(c_{ij}) = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 & 1 \\ 3 & 2 & 4 & 1 \\ 6 & 3 & 5 & 2 \end{pmatrix};$$

– фонды рабочего времени станков (a_i): 90, 220, 180 ч;

– планируемый объем выпуска тканей (b_j): 1200, 900, 1800, 840 м.

Требуется распределить выпуск ткани по станкам с целью минимизации общей себестоимости производства ткани.

Решение. Пусть x_{ij} – это время, в течение которого i -й станок будет выпускать j -ю ткань. Целевая функция имеет смысл себестоимости выпуска запланированного количества ткани всех видов.

$$L(X) = 48x_{11} + 30x_{12} + 54x_{13} + 42x_{14} + 36x_{21} + 30x_{22} + 36x_{23} + 21x_{24} + 48x_{31} + 30x_{32} + 30x_{33} + 28x_{34} \rightarrow \min.$$

Ограничения имеют вид: по фондам времени

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 90 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 220 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 180 \end{cases}$$

по объемам выпуска

$$\begin{cases} 24x_{11} + 12x_{21} + 8x_{31} = 1200 \\ 30x_{12} + 15x_{22} + 10x_{32} = 900 \\ 18x_{13} + 9x_{23} + 6x_{33} = 1800 \\ 42x_{14} + 21x_{24} + 14x_{34} = 840 \\ x_{ij} \geq 0 (i = \overline{1,3}; j = \overline{1,4}). \end{cases}$$

Преобразуем распределительную задачу в транспортную задачу. В качестве базового выберем станок A_1 . Получаем, что базовый станок работает в два раза быстрее станка A_2 и в три раза быстрее станка A_3 . Объем работ, который станок A_2 выполняет за 220 ч, базовый станок A_1 может выполнить за 110 ч. Аналогично объем работ, который станок A_3 выполняет за 180 ч, базовый станок A_1 выполнит за 60 ч. План выпуска первого вида ткани базовый станок выполнит за $b'_1 = 1200/24 = 50(ч)$; $b'_2 = 900/30 = 30(ч)$; $b'_3 = 1800/18 = 100(ч)$; $b'_4 = 840/42 = 20(ч)$. В полученной транспортной задаче условие баланса не выполняется, т. к. суммарный фонд времени станков больше, чем это необходимо для выполнения плана по выпуску всех тканей ($260 ч > 200 ч$). Запишем все пересчитанные параметры распределительной задачи в транспортную матрицу. Для упрощения вместо оптимального решения рассмотрим опорный план, найденный методом северо-западного угла. Преобразуем опорный план транспортной задачи в опорный план распределительной задачи:

$$X_{CZY} = \begin{bmatrix} 50 & 30 & 10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 180 & 40 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 180^{\phi} \end{bmatrix}.$$

Таким образом, станок A_1 50 ч должен производить ткань 1-го вида, 30 ч – ткань 2-го вида и 10 ч – ткань 3-го вида; станок A_2 должен производить 180 ч ткань 3-го вида и 40 ч – ткань 4-го вида. А станок A_3 будет простаивать. Определим, сколько метров ткани каждого вида должны произвести станки:

$$X_{CZY}^K = \begin{bmatrix} 1200 & 900 & 1800 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1620 & 840 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & - \end{bmatrix}.$$

Определим общую себестоимость производства, используя вычисленные значения:

$$L(X) = 2*1200 + 1*900 + 3*1800 + 4*1620 + 1*840 = 16020$$

Литература

1. Алесинская, Т. В. Учебное пособие по решению задач по курсу «Экономико-математические методы и модели» / Т. В. Алесинская. – Таганрог: изд-во ТРТУ, 2002. – 153 с.

Степанова И. Ю.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ СКАЛЯРНОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ К ДОКАЗАТЕЛЬСТВУ НЕРАВЕНСТВ

***Аннотация.** Рассматривается нестандартный способ решения уравнений и систем уравнений с помощью векторного метода. Представлены основные формулы, используемые для решения нижеизложенных задач.*

***Ключевые слова:** неравенство, скалярное произведение, вектор, наибольшее и наименьшее значения функции.*

Многие математические задачи допускают несколько вариантов решения. Часто первый избранный бывает далеко не самым удачным. Нахождение наиболее простых, оригинальных путей решения нередко является результатом кропотливой работы. Умение решать задачу различными способами является одним из признаков хорошей математической подготовки.

Довольно большое число задач существенно упрощается по сравнению с решениями, выполненными традиционным путем, а в некоторых случаях, особенно когда много переменных, только такой подход и приводит к успеху.

При решении и исследовании многих задач арифметики, алгебры, анализа и геометрии приходится непосредственно или косвенно рассматривать неравенства и системы неравенств, применять свойства неравенств. Помимо известных приемов решения задач на неравенства, в основе которых лежит теорема Коши, можно предложить дополнительно еще неравенства, связанные со скалярным произведением:

$$\vec{a} \cdot \vec{a} > 0 \text{ при } \vec{a} \neq \vec{0}, \quad (1)$$

$$(\vec{a} \cdot \vec{b})^2 - \vec{a}^2 \cdot \vec{b}^2 \leq 0, \quad (2)$$

причем в (2) знак равенства имеет место тогда и только тогда, когда векторы \vec{a} и \vec{b} линейно зависимы (т. е. коллинеарны).

Более подробно: если $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{b}$, то $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}|$; если $\vec{a} \uparrow \downarrow \vec{b}$, то $\vec{a} \cdot \vec{b} = -|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|$. Эти два неравенства позволяют доказать известные неравенства и открывают путь для получения новых неравенств, не рассматривавшихся в школьной учебной литературе.

Задача 1. Найти наибольшее и наименьшее значения функции $f(x) = \sqrt{x} + 4\sqrt{1 - \frac{x}{2}}$.

Решение. Функцию $f(x)$ представим в виде: $f(x) = \sqrt{x} + 2\sqrt{1 - \frac{x}{2}} + 2\sqrt{1 - \frac{x}{2}}$.

Рассмотрим векторы: $\vec{a} = (1; 2; 2)$, $\vec{b} = (\sqrt{x}; \sqrt{1 - \frac{x}{2}}; \sqrt{1 - \frac{x}{2}})$. Очевидно, что

$f(x) = \sqrt{x} + 2\sqrt{1 - \frac{x}{2}} + 2\sqrt{1 - \frac{x}{2}} = \vec{a} \cdot \vec{b}$. Векторы \vec{a} и \vec{b} сонаправлены, если

$\frac{\sqrt{x}}{1} = \frac{\sqrt{1 - \frac{x}{2}}}{2}$. Отсюда находим, что $2\sqrt{x} = \sqrt{1 - \frac{x}{2}}$ и $4x = 1 - \frac{x}{2}$. Таким образом, получаем $x = \frac{2}{9}$. Но данная функция $f(x)$ определена на сегменте $[0, 2]$, следовательно, $f_{\max} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| = 3\sqrt{2}$, минимума функция достигает в точке $x = 2$, то есть $f_{\min} = \sqrt{2}$.

Итак, $f_{\max} = 3\sqrt{2}$ при $x = \frac{2}{9}$; $f_{\min} = \sqrt{2}$ при $x = 2$.

Задача 2. Доказать, что для любого четырехугольника со сторонами a_1, a_2, a_3, a_4 , имеет место неравенство: $a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 > \frac{1}{3} a_4^2$.

Решение. Пусть $ABCD$ – данный четырехугольник. Причем данным четырехугольником может служить любая замкнутая ломанная с четырьмя звеньями в пространстве.

Если $\vec{AB} = \vec{a}_1$, $\vec{BC} = \vec{a}_2$, $\vec{CD} = \vec{a}_3$, $\vec{DA} = \vec{a}_4$, то по правилу многоугольника $\vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3 + \vec{a}_4 = \vec{0}$.

Отсюда следует, что $\bar{a}_4 = -(\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{a}_3)$, или $\bar{a}_4^2 = \bar{a}_1^2 + \bar{a}_2^2 + \bar{a}_3^2 + 2\bar{a}_1 \cdot \bar{a}_2 + 2\bar{a}_2 \cdot \bar{a}_3 + 2\bar{a}_1 \cdot \bar{a}_3$. В силу равенства $(\bar{x} - \bar{y})^2 = \bar{x}^2 + \bar{y}^2 - 2\bar{x} \cdot \bar{y}$ имеем: $2\bar{a}_1 \cdot \bar{a}_2 = \bar{a}_1^2 + \bar{a}_2^2 - (\bar{a}_1 - \bar{a}_2)^2$, $2\bar{a}_2 \cdot \bar{a}_3 = \bar{a}_2^2 + \bar{a}_3^2 - (\bar{a}_2 - \bar{a}_3)^2$, $2\bar{a}_1 \cdot \bar{a}_3 = \bar{a}_1^2 + \bar{a}_3^2 - (\bar{a}_1 - \bar{a}_3)^2$.

Следовательно, $\bar{a}_4^2 = 3(\bar{a}_1^2 + \bar{a}_2^2 + \bar{a}_3^2) - (\bar{a}_1 - \bar{a}_2)^2 - (\bar{a}_2 - \bar{a}_3)^2 - (\bar{a}_1 - \bar{a}_3)^2$, и поскольку согласно (1) $(\bar{a}_1 - \bar{a}_2)^2 > 0$, $(\bar{a}_2 - \bar{a}_3)^2 > 0$, $(\bar{a}_3 - \bar{a}_1)^2 > 0$, получаем $\bar{a}_4^2 < 3(\bar{a}_1^2 + \bar{a}_2^2 + \bar{a}_3^2)$, или $(\bar{a}_1^2 + \bar{a}_2^2 + \bar{a}_3^2) > \frac{1}{3}\bar{a}_4^2$.

Задача 3. Найти наибольшее и наименьшее значение функции

$$f(t) = \frac{-5t^2 + 24t + 5}{1+t^2}.$$

Решение. Рассмотрим векторы: $\bar{a} = \left(\frac{1-t^2}{1+t^2}; \frac{2t}{1+t^2}\right)$, $\bar{b} = (5; 12)$.

Следовательно, $|\bar{a}| = 1, |\bar{b}| = 13$, $\bar{a} \cdot \bar{b} = f(t)$. Согласно неравенству (2) $-|\bar{a}| \cdot |\bar{b}| \leq \bar{a} \cdot \bar{b} \leq |\bar{a}| \cdot |\bar{b}|$, где $|\bar{a}| = 1$, $|\bar{b}| = 13$. Следовательно, $-13 \leq f(t) \leq 13$.

Примененный векторный метод показывает новый, нетрадиционный подход к решению неравенств, что решение довольно большого числа примеров на решение геометрических и алгебраических неравенств существенно упрощается по сравнению с решениями, выполненными традиционным путем, а в некоторых случаях, особенно, когда много переменных, только такой подход и приводит к успеху. Кроме того, векторы позволяют «сжать» информацию, сделать ее наглядной и оперативной, и тем самым способствуют поиску путей решения математических задач.

Литература

1. Скопец, З. А. Геометрические миниатюры / З. А. Скопец. – М.: Просвещение, 1990. – 224 с.

Тихонова Т. Г.

Научные руководители: Иванов В. А., д-р физ.-мат. наук, профессор;

Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент

*Поволжский государственный технологический университет***АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

Аннотация. В данной статье рассматривается анализ чувствительности оптимального решения задачи линейного программирования.

Ключевые слова: анализ, интервалы устойчивости, ограничения, целевая функция, оптимальный план.

После получения оптимального решения задачи линейного программирования исследуется его чувствительность к определенным изменениям исходной модели. В рассматриваемой задаче может представлять интерес то, как повлияет на оптимальное решение изменение запасов сырья и изменение прибыли от единицы продукции. В связи с этим возникают вопросы: 1) на сколько можно увеличить запас сырья для улучшения полученного оптимального значения целевой функции? 2) каков диапазон изменения каждого из коэффициентов целевой функции, при котором не происходит изменения оптимального решения?

Задача. На основании информации, приведенной в таблице, составить план производства, максимизирующий объем прибыли.

Ресурсы	Затраты ресурсов на единицу продукции		Наличие ресурсов
	<i>A</i>	<i>B</i>	
Труд	3	4	4000
Сырье	2	1	2000
Оборудование	9	7	11500
Прибыль на единицу продукции	6	4	

Решение. Составим экономико-математическую модель, которая будет иметь вид : $f(X) = 6x_1 + 4x_2 (\max)$,

$$\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 \leq 4000, \\ 2x_1 + x_2 \leq 2000, \\ 9x_1 + 7x_2 \leq 11500, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Решим задачу симплексным методом и получим оптимальный опорный план: $X^* = (800; 400; 0; 0; 1500)$, значение $f(X^*) = 6400$. Определим интервалы устойчивости двойственных оценок, для этого приведем задачу к канонической форме и запишем матрицу A :

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 4 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 9 & 7 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

С ненулевыми значениями в оптимальный план вошли $x_1^* = 800 = x_{k=1}$, $x_2^* = 400 = x_{k=2}$, $x_5^* = 1500 = x_{k=3}$, следовательно, матрица A^* будет составлена из первого, второго и пятого столбцов матрицы A . Найдем матрицу D , обратную матрице A^* , и получим:

$$D = \begin{pmatrix} -\frac{1}{5} & \frac{4}{5} & 0 \\ \frac{2}{5} & -\frac{3}{5} & 0 \\ -1 & -3 & 1 \end{pmatrix}.$$

Определим оценки нижних и верхних пределов устойчивости двойственных оценок при изменении каждого ограничения в отдельности. Пределы уменьшения (нижняя граница) $\Delta b_i^{(-)} = \min\{x_k / d_{ki}\}$ определяются по тем x_k ($k = 1, \dots, m$), для которых соответствующие $d_{ki} > 0$. Пределы увеличения (верхняя граница) $\Delta b_i^{(+)} = |\max\{x_k / d_{ki}\}|$ определяются по тем x_k , для которых $d_{ki} < 0$. Интервалы устойчивости первого ресурса – «труд» $\Delta b_1^{(-)} = x_2 / d_{21} = 400 / (2/5) = 1000$;

$$\begin{aligned} \Delta b_1^{(+)} &= |\max\{x_1 / d_{11}; x_3 / d_{31}\}| = |\max\{800 / (-1/5); 1500 / (-1)\}| = \\ &= |\max\{-4000; -1500\}| = 1500; \end{aligned}$$

$$b_1 = \{b_1 - \Delta b_1^{(-)}; b_1 + \Delta b_1^{(+)}\} = \{4000 - 1000; 4000 + 1500\} = \{3000; 5500\}.$$

При изменении запасов ресурса «труд» в пределах от 3000 до 5500 единиц двойственная оценка его не изменится.

Аналогично найдем интервалы устойчивости для ресурса «сырье»:

$$b_2 = \{b_2 - \Delta b_2^{(-)}; b_2 + \Delta b_2^{(+)}\} = \{2000 - 1000; 2000 + 500\} = \{1000; 2500\}.$$

Интервалы устойчивости третьего ресурса «оборудование»: этот ресурс в оптимальном плане используется не полностью и поэтому не имеет верхней границы интервалов устойчивости. Имеем

$$b_3 = \{b_3 - \Delta b_3^{(-)}; b_3 + \Delta b_3^{(+)}\} = \{11500 - 1500; 11500\} = \{10000; 15000\}.$$

Найдем решение двойственной задачи:

$$f(Y) = 4000y_1 + 2000y_2 + 11500(\min),$$

$$\begin{cases} 3y_1 + 2y_2 + 9y_3 \geq 6, \\ 4y_1 + y_2 + 7y_3 \geq 4, \\ y_1 \geq 0; y_2 \geq 0; y_3 \geq 0. \end{cases}$$

Подставим в экономико-математическую модель задачи значения из оптимального плана, соответствующие x_1 и x_2 , и получим, что ресурсы «труд» и «сырье» используются полностью, а ресурс «оборудование» используется не полностью (остаток 1500). Из второй теоремы двойственности следует, что $y_3^* = 0$, так как ресурс «оборудование» используется не полностью. Так как $x_1^* = 800 > 0$, $x_2^* = 400 > 0$, а $y_3^* = 0$, то ограничения двойственной задачи выполняются как равенства и имеем: $3y_1 + 2y_2 = 6$, $4y_1 + y_2 = 4$. Решив систему, получим оптимальный план двойственной задачи: $Y^* = (y_1^*, y_2^*, y_3^*) = (2/5; 12/5; 0)$.

Чем выше величина оценки y_i^* , тем острее дефицитность i -го ресурса. В задаче ресурс «сырье» более дефицитен, чем «труд»: $12/5 > 2/5$. Наиболее выгодно увеличение объемов ресурса «сырье».

Допустимые диапазоны изменения коэффициентов в целевой функции определяются из соотношений:

$$\Delta c_i^{(-)} = \min\{y_k / d_{ik}\} \text{ для } d_{ik} > 0; \quad \Delta c_i^{(+)} = \max\{y_k / d_{ik}\} \text{ для } d_{ik} < 0.$$

Используя эти соотношения в рассматриваемой задаче, получим,

$$c_1 = \{c_1 - \Delta c_1^{(-)}; c_1 + c_1^{(+)}\} = \{6 - 3; 6 + 2\} = \{3; 8\}.$$

$$c_2 = \{c_2 - \Delta c_2^{(-)}; c_2 + c_2^{(+)}\} = \{4 - 1; 4 + 4\} = \{3; 8\}.$$

Таким образом, найденный оптимальный план выпуска продукции не будет меняться при изменении прибыли на единицу продукции A и B в пределах от 3 до 8.

Литература

1. Экономико-математические методы и прикладные модели: учеб. пособие для вузов / В. В. Федосеев, А. Н. Гармаш, Д. М. Дайитбегов и др.; Под ред. В. В. Федосеева. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 391 с.
2. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е изд.: Пер. с англ. / Хемди А. Таха. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.: ил.

Тихонова Т. Г.

Научный руководитель: Пайзерова Ф.А., канд. физ.-мат. наук, доцент
 Поволжский государственный технологический университет

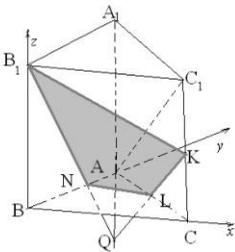
ВЕКТОРНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО СТЕРЕОМЕТРИИ

Аннотация. В статье представлено решение задач по стереометрии с применением теории векторной алгебры.

Ключевые слова: векторы, расстояние, плоскость, сечение, угол.

Применение векторной алгебры в геометрии в большинстве случаев ограничивается решением задач чисто векторного содержания. Векторы используются для решения задач, как на плоскости, так и в пространстве. Рассмотрим стереометрические задачи.

Задача 1. Основанием прямой призмы $ABCA_1B_1C_1$ служит треугольник ABC с углом B , равным 90° , и углом C , равным 30° . Требуется найти площадь сечения призмы плоскостью, проходящей через середину бокового ребра CC_1 и вершину B и параллельной диагонали AC_1 боковой грани AA_1C_1C , если расстояние между AC_1 и секущей плоскостью равно $1/3$, а гипотенуза основания призмы равна 4.



Решение. В соответствии с условием задачи $AB = 2$, $BC = 2\sqrt{3}$. Построим сечение: $пл. ACC_1 : KL \parallel AC_1, KL \cap AA_1 = Q, (AQ = A_1Q/3)$.

$пл. ABB_1 : QB_1 \cap AB = N, (AN = \frac{1}{3} AB)$. $KLNB_1$

– искомое сечение. Введем систему координат:

$B(0;0;0), A(0;2;0), C(2\sqrt{3};0;0), B_1(0;0;h),$

$A_1(0;2;h), C_1(2\sqrt{3};0;h), L(\sqrt{3};1;0), K(2\sqrt{3};0;h/2), N(0;4/3;0);$

$$S_{KLN B_1} = \frac{1}{2} |\vec{B_1L} \times \vec{NK}| = \frac{1}{2} \left\| \begin{matrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \sqrt{3} & 1 & -h \\ 2\sqrt{3} & -\frac{4}{3} & \frac{h}{2} \end{matrix} \right\| = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6} \left\| \begin{matrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \sqrt{3} & 1 & -h \\ 12\sqrt{3} & -8 & 3h \end{matrix} \right\| =$$

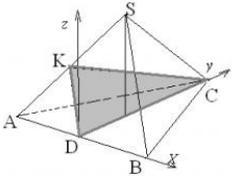
$$= |(-5h; -15h; -20\sqrt{3})| / 12 = 5|h; 3\sqrt{3}h; 4\sqrt{3}| = 5\sqrt{28h^2 + 48} / 12.$$

Чтобы найти h , используем условие задачи: $\rho(AC_1; \alpha) = 1/3$. С другой стороны, $\rho(AC_1; \alpha) = \left| \text{Пр}_{\vec{n}} \overrightarrow{AN} \right|$, здесь $\vec{n} = (h; 3\sqrt{3}h; 4\sqrt{3})$. Точки A и N ($A \in AC_1, N \in \alpha$) выбраны, как наиболее удобные по координатной записи. Имеем

$$\overrightarrow{AN} = (0; -\frac{2}{3}; 0), \rho(AC_1; \alpha) = \frac{|\vec{n} \cdot \overrightarrow{AN}|}{|\vec{n}|} = \frac{2\sqrt{3}h}{\sqrt{28h^2 + 48}} = \frac{1}{3} \Rightarrow h^2 = \frac{3}{5};$$

$$S = 5\sqrt{28 \cdot 3/5 + 48}/12 = 3\sqrt{5}/2.$$

Задача 2. В правильной треугольной пирамиде $SABC$ со стороной a и боковым ребром $a\sqrt{3}$ плоскость α проходит через высоту основания. Вычислить площадь наименьшего сечения пирамиды этой плоскостью.



Решение. Сечение пирамиды плоскостью α представляет собой треугольник DCK , вершина K которого лежит на ребре AS . Наименьшее значение площади этого треугольника соответствует случаю, когда его высота, опущенная из точки K , является расстоянием между скрещивающимися прямыми DC и AS , то есть равно $\rho(AS, DC)$. Введем систему координат с центром в точке D : $A(-a/2; 0; 0)$, $B(a/2; 0; 0)$,

$$C(0; a\sqrt{3}/2; 0), S(0; a\sqrt{3}/6; 2a\sqrt{2/3}), S_{\min} = DC \cdot \rho(AS, DC)/2;$$

$$S = a\sqrt{3} |\text{пр}_{\vec{n}} \overrightarrow{AD}| / 4. \text{ Здесь } \overrightarrow{AD} = (a/2; 0; 0),$$

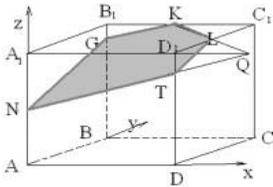
$$\vec{n} \approx (\vec{j} \times \overrightarrow{AS}) = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 1 & 0 \\ 3a & a\sqrt{3} & 4a\sqrt{6} \end{vmatrix} = (4a\sqrt{6}; 0; -3a) - (4\sqrt{2}; 0; -\sqrt{3}).$$

Здесь значок « \approx » использован для обозначения коллинеарности векторов, то есть $\vec{n} \approx (\vec{j} \times \overrightarrow{AS}) \Leftrightarrow \vec{n} = k \cdot (\vec{j} \times \overrightarrow{AS}), k \in R$.

$$\vec{n} = (4\sqrt{2}; 0; -\sqrt{3}). S_{\min} = \frac{|\vec{n} \cdot \overrightarrow{AD}|}{|\vec{n}|} = \frac{a\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{2a\sqrt{2}}{\sqrt{35}} = \frac{a^2\sqrt{6}}{2\sqrt{35}}.$$

Задача 3. В кубе $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$ со стороной a точка K является серединой стороны верхнего основания $B_1 C_1$, точка L делит другую сторону

C_1D_1 этого основания в отношении 2:1, считая от вершины C_1 , точка N является серединой бокового ребра AA_1 . Найдите площадь сечения, проходящего через точки K, L, N .



Решение. Построим сечение куба через точки K, L, N . Имеем $пл.A_1B_1C_1 : KL \cap A_1D_1 = Q$; $пл.AA_1D_1 : NQ \cap DD_1 = T$; $пл.BB_1C_1 : KG \parallel TN$, $NTLKG$ – искомое сечение. Площадь сечения вычислим, используя формулу $S_{np} = S \cdot \cos \varphi$, где φ – угол между нормальными векторами плоскости основания куба

и плоскости сечения. Площадь проекции сечения куба на плоскость ABC

можно вычислить $S_{ABCD} - S_{\Delta KLC_1} = a^2 - \frac{1}{2} KC_1 \cdot C_1L$
 $= a^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} a^2 = \frac{5}{6} a^2$. В декартовой системе координат с центром в

вершине куба A координаты вершин имеют: $K(a/2; a; a), L(a; a/3; a), N(0; 0; a/2)$. Отсюда $\vec{NK} = (a/2; a; a/2)$, $\vec{NL} = (a; a/3; a/2)$.

Нормальный вектор \vec{n} сечения можно принять пропорциональным (коллинеарным) векторному произведению $\vec{NL} \times \vec{NK}$;

$$\vec{n} \approx \vec{NL} \times \vec{NK} \approx \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 1 & 1/3 & 1/2 \\ 1/2 & 1 & 1/2 \end{vmatrix} \approx \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 6 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix} = (-4; -3; 10). \text{ Нормальный вектор}$$

плоскости основания $\vec{k} = (0; 0; 1)$; $\cos \varphi = |\vec{n} \cdot \vec{k}| / (|\vec{n}| \cdot |\vec{k}|) = 10 / 5\sqrt{5}$ и

$$S = \frac{S_{np}}{\cos \varphi} = \frac{5}{6} a^2 \cdot \frac{10}{5\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{5}}{3} a^2.$$

Литература

1. Клековкин, Г. А. Решение геометрических задач векторным методом / Г. А. Клековкин. – Самара: СФ ГАОУ ВО МГПУ, 2016. – 180 с.

Секция «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА»

УДК 53.07.

Андреев В. А.

Научные руководители: Целищева Л. В., канд. техн. наук, доцент;

Гогелашвили Г. Ш., канд. хим. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

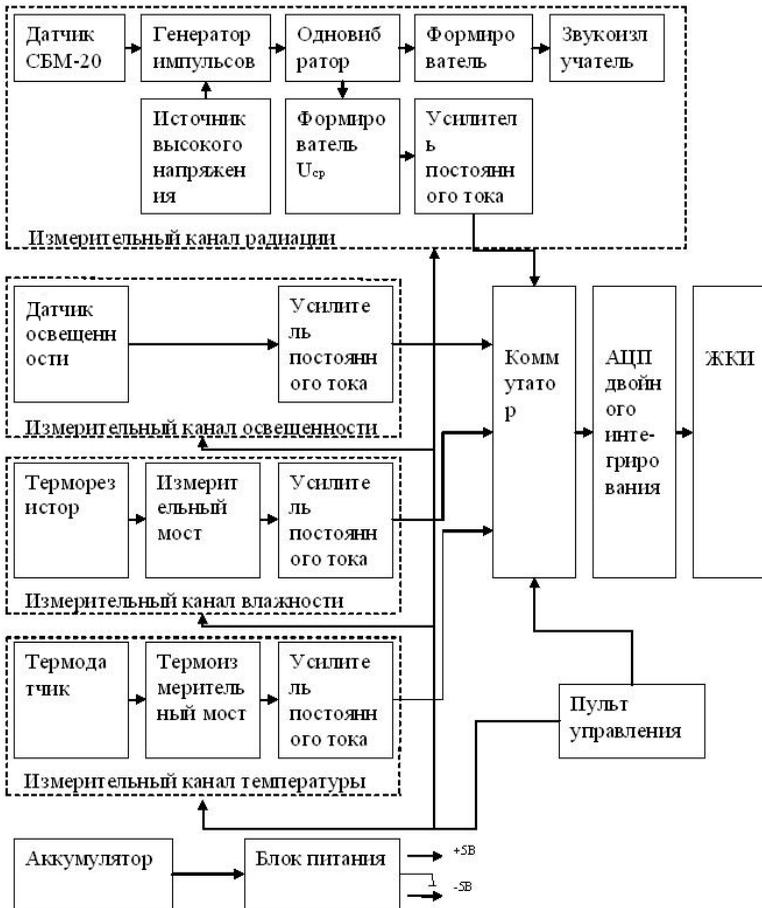
РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация. В работе приведено описание разработанного прибора для контроля параметров окружающей среды.

Ключевые слова: окружающая среда, температура, относительная влажность воздуха, освещенность, радиационное излучение.

В современный период истории человечества, когда небывалого развития достигли производственные силы, очень важно систематически и оперативно иметь объективную информацию о состоянии компонентов окружающей среды, о тех изменениях, которые уже произошли и происходят в настоящее время. Данная информация требуется для оценки состояния окружающей среды, выявления причин и источников загрязнения и составления прогнозов ее состояния. С этой целью был разработан один из таких приборов для контроля параметров окружающей среды, предназначенный для измерения не только температуры и относительной влажности воздуха, но и освещенности и радиационного излучения. Схемотехнически разработанный прибор (рис. 1) состоит из измерительных каналов температуры, влажности воздуха, освещенности и радиации, пульта управления, коммутатора, аналого-цифрового преобразователя двойного интегрирования, жидкокристаллического индикатора, блока питания, при этом на входе каждого измерительного канала установлен датчик соответствующей физической величины, на выходе – усилитель постоянного тока. Канал измерения ионизирующего излучения, кроме датчика и усилителя, включает в себя еще и источник высокого напряжения, который обеспечивает питанием детектор, формирователь, расширяющий выходные импульсы одновибратора до значения, позволяющего более отчетливо слышать щелчки от одиночных ионизирующих частиц в звукоизлучателе во время измерительного интервала. Выходы каналов

соединены с коммутатором, который разрешает прохождение одного из усиленных сигналов к аналого-цифровому преобразователю двойного интегрирования, а переключение коммутатора происходит сигналами пульта управления.



Структурная схема малогабаритного переносного прибора для контроля параметров среды

Вывод информации осуществляется на жидкокристаллический индикатор. На панель выведены переключатели режимов работы и включе-

ния/выключения прибора, датчик освещенности и индикатор, защищенный светофильтром, выполненным из пластифицированного органического стекла толщиной 1 мм (СОЛ 1×700×800 ГОСТ15809-70 [15]). Также в панели напротив звукоизлучателя выполнены 25 отверстий диаметром 1,5 мм в виде сетки для улучшенного слухового восприятия работы последнего в режиме измерения радиационного излучения.

Исходные данные разработанного прибора:

- вид аппаратуры – переносной;
- температура эксплуатации – от -40 до +70 °С;
- схема электрическая принципиальная – МРМТ.11.02.01.001 ЭЗ;
- перечень элементов – МРМТ. 11.02.01.001 ПЭЗ;
- время безотказной работы > 70000 ч. При вычислении времени безотказной работы получено значение $T_0 = 125723$ ч., что больше заданного $T_0 = 70000$ ч., следовательно, разработанная конструкция надежна и элементная база подобрана правильно. Расчет выполнен по [1]. Вероятность безотказной работы для разного времени эксплуатации изделия приведена в таблице.

Вероятность безотказной работы

<i>P</i>	1	0,89	0,80	0,71	0,63	0,57	0,50	0,45	0,40
<i>t</i> , час.	0	20000	40000	60000	80000	100000	120000	140000	160000

Произведены следующие расчеты: надежности по внезапным отказам, параметры печатного монтажа, компоновочный, теплового режима, технологичности. В результате компоновочного расчета были определены размеры печатной платы исходя из площади, которая необходима для размещения всех электрорадиоэлементов, элементов печатного монтажа и площади дополнительных зон – 130×110 мм. Также определена мощность, потребляемая прибором – 1,073 Вт. Расчет теплового режима показал, что в конструкции прибора не требуются какие-либо дополнительные меры для защиты прибора от перегрева: максимальная температура в корпусе, определенная в результате расчета, составляет 52,25 °С и не превышает предельно допустимую рабочую температуру транзистора – 75 °С.

Литература

1. Фрумкин, Г. Д. Расчет и конструирование радиоаппаратуры: учебник для радиотехнич. спец. техникумов / Г. Д. Фрумкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2011.

Гайя А. М., Кашков А. В., Сарафанников А. С.
Научные руководители: Кречетова И. В., ст. преподаватель;
Ладычук Д. В., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ β -ИЗЛУЧЕНИЯ

Аннотация. Представлены графики изменения числа импульсов на счетчике в зависимости от толщины поглощающего слоя различных материалов. Определены линейные коэффициенты поглощения различных материалов по их бета-активности.

Ключевые слова: поглощение бета-излучения, счетчик Гейгера – Мюллера, кривые ослабления, коэффициент поглощения.

Введение. При прохождении излучения радиоактивных изотопов через вещество энергия излучения расходуется главным образом на ионизацию и возбуждение атомов и молекул вещества. По сравнению с α -излучением, β -частицы оказывают меньшее ионизирующее действие, и их пробег в веществе значительно больше.

Ослабление потока β -частиц в веществе приближенно подчиняется экспоненциальному закону: $I = I_0 \exp(-\mu x)$ (1), где I_0 и I – число β -частиц, соответственно падающих на поглотитель и прошедших через слой поглотителя толщиной x , см; μ – линейный коэффициент ослабления, см⁻¹. Интенсивность β -излучения можно исследовать с помощью счетчика Гейгера-Мюллера. Счетчик Гейгера-Мюллера – газоразрядный прибор для обнаружения и исследования различного рода радиоактивных и других ионизирующих излучений. Коэффициент поглощения – отношение потока излучения, поглощённого данным телом, к потоку излучения, упавшему на это тело. Работает счётчик при напряжениях, соответствующих самостоятельному газовому разряду [1].

Цель работы: экспериментальное определение коэффициента поглощения различными материалами с помощью счетчика Гейгера-Мюллера.

При этом были поставлены следующие **задачи**:

1) в ходе эксперимента ознакомиться с работой счетчика Гейгера-Мюллера (установка «Арион»);

2) определить линейный коэффициент поглощения различных материалов, имеющих применение в радиотехнике, по их бета-активности, и провести сравнительный анализ.

Проделанная работа

В экспериментальном исследовании было использовано следующее оборудование: прибор «Арион» со свинцовым домиком, кювета с солью массой 50 г. и долей соли 53%, пластины из бумаги (4 шт.) толщиной 0,06 см, латуни (4 шт.) толщиной 0,01 см, алюминия (5 шт.) толщиной 0,01 см и толщиной 0,05 см, плексигласа (5 шт.) толщиной 0,05 см

На счетчике Гейгера-Мюллера устанавливалось рабочее напряжение (примерно 400-500 В) и определялось число импульсов бета-излучения при различном количестве поглощающих пластин с занесением результатов в таблицу. Были построены кривые поглощения $n = f(x)$ для каждого материала и определена толщина слоя половинного ослабления $x_{1/2}$ (рис. 1). Линейный коэффициент поглощения μ рассчитывался по формуле $\mu = \frac{\ln 2}{x_{1/2}}$ (2). Графически величину μ нашли из построенной кривой ослабления $\ln \frac{N}{N_0} = f(x)$ (3). Сравнили два значения μ , полученных согласно выражению (2) и по тангенсу угла наклона к кривой (3).

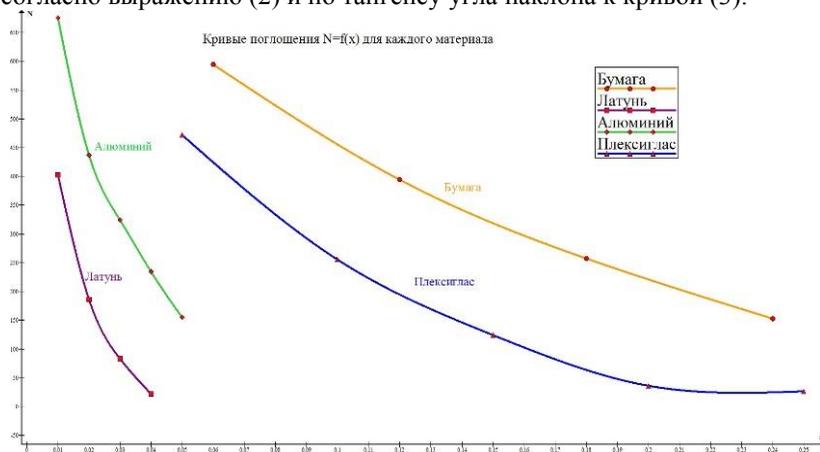


Рис. 1. Кривые поглощения в виде $n = f(x)$ для различных поглощающих материалов

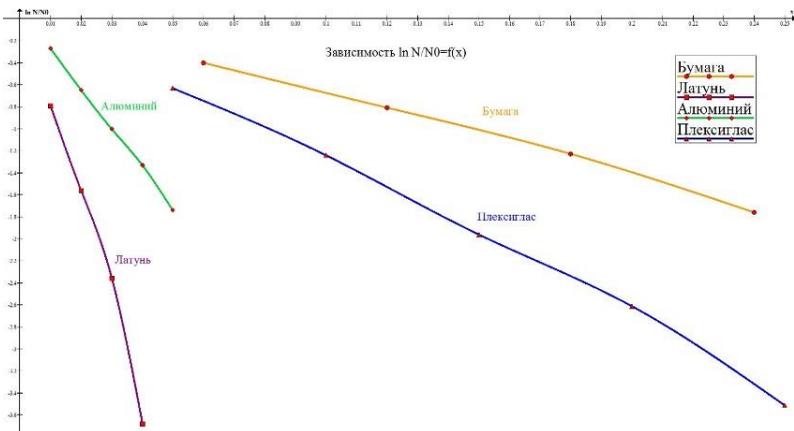


Рис. 2. Кривые ослабления в виде $\ln \frac{N}{N_0} = f(x)$
для различных поглощающих материалов

Выводы

В ходе эксперимента ознакомились с работой счетчика Гейгера (установка «Арион») и определили линейный коэффициент поглощения μ различными материалами по их бета-активности. Экспериментальные значения коэффициента поглощения составили: картон – $\mu = 6,83$ ($\mu_{\text{табл}} = 6,75$); латунь – $\mu = 96,33$ ($\mu_{\text{табл}} = 86,64$); алюминий – $\mu = 36,75$ ($\mu_{\text{табл}} = 34,66$); плексиглас – $\mu = 14,50$ ($\mu_{\text{табл}} = 12,38$).

Сравнительный анализ показал, что наибольший коэффициент поглощения β -излучения у латуни, а наименьший – у бумаги.

Литература

1. Смотрина, Т. В. Физико-химические методы анализа: лабораторный практикум / Т. В. Смотрина, Д. В. Ладьчук, В. И. Таланцев. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. – 136 с.

УДК 537.3.

Гилязов Т. Р.

Научные руководители: Целищева Л. В., канд. техн. наук, доцент;

Гогелашвили Г. Ш., канд. хим. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ (ВОЛЬТМЕТР Д5015/2)

Аннотация. Описана методика поверки средств измерений.

Ключевые слова: поверка средств измерений, вольтметр, метод прямых измерений.

На предприятии АО «Марийский машиностроительный завод» в процессе производства и изготовления продукции используется мощнейший парк электро- радиоизмерительных приборов. При этом задачу обеспечения единства измерений выполняет аккредитованная метрологическая служба, которая в соответствии с Российским Стандартом ИСО-9001 разработала Стандарт предприятия «Порядок метрологического надзора и учета за средствами измерений на предприятии». Форма метрологического контроля и надзора – поверка средств измерений, надзор за состоянием и применением средств измерений. Проводят поверку в соответствии с приказом Минпромторга №1081 «Порядок проведения поверки средств измерений», используя ГОСТы, методические указания и техническое описание на прибор. В данной работе приводится поверка вольтметра Д5015/2, исходные данные которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование поверяемого прибора	Тип	Род тока	Область частот, Гц		Конечные значения диапазонов измерений, В	Класс точности	Время установления показаний, с, не более
			Нормальная	Рабочая			
Вольтметр	Д5015/2	Пост. и перем.	45 – 1000	1000 – 2000	75	0,2	4
					150		
					300		
					600		

Вольтметр Д5015/2 – прибор электродинамической системы, который предназначен для измерения напряжения в цепях переменного и постоянного тока. Принцип действия приборов электродинамической системы описан в [1].

Описание поверяемого прибора:

– пределы допускаемой основной погрешности в процентах от конечного значения диапазона измерений в нормальной области частот и на постоянном токе равны $\pm 0,2\%$;

– изменение показаний прибора, вызванное изменением частоты от верхней границы нормальной области до любого значения в рабочей области частот, не превышает $\pm 0,2\%$ от конечного значения диапазона измерений;

– изменение показаний прибора, вызванное влиянием внешнего однородного постоянного либо переменного (частоты в пределах нормальной области частот, но не более 1 кГц) магнитного поля с магнитной индукцией 0,2 мТл, не превышает $\pm 0,2\%$ от конечного значения диапазона измерений;

– класс точности 0,2;

– время установления показаний не более 4 с;

– рабочая область частот от 1000 до 2000 Гц.

В соответствии с требованиями ГОСТ 8.497-83 вольтметры классов точности 0,1-0,5 поверяют методом прямых измерений при помощи калибратора или потенциометрической установки (вместо потенциометра может быть применен цифровой вольтметр). Метод прямых измерений заключается в нахождении искомой величины непосредственно от эталонного средства измерений. Поверка выбранного вольтметра класса точности 0,2 на переменном и постоянном токе проводилась методом прямых измерений при помощи компаратора-калибратора универсального КМ300КН, который предназначен для воспроизведения напряжения постоянного и переменного тока; силы постоянного и переменного тока, измерения напряжений постоянного тока, компарирования напряжений постоянного тока. Полученные при поверке выбранного вольтметра пределы допускаемой основной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока приведены в табл. 2.

Таблица 2

Предел, U_n	Предел допускаемой основной погрешности, \pm (% от U + % от U_n)			
	24 часа, (Тк ± 1) °С	3 месяца, (Тк ± 1) °С	1 год, (Тк ± 1) °С	1 год, (Тк ± 5) °С
«100 мВ»	0,0005+0,00004	0,0009+0,00004	0,0011+0,00004	0,0013+0,00004
«1 В»	0,00025+0,000015	0,00065+0,000015	0,00085+0,000015	0,001+0,000015
«10 В»	0,0001+0,00001	0,0005+0,00001	0,0007+0,00001	0,00085+0,00001
«100 В»	0,001+0,0005	0,0015+0,0005	0,0025+0,0005	0,0035+0,001
«1000В»	0,0015+0,0005	0,0025+0,0005	0,003+0,0005	0,004+0,001

Примечание: U – измеренное значение напряжения; U_n – напряжение пределов.

Полученные при поверке выбранного вольтметра пределы допускаемой основной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока приведены в табл. 3.

Таблица 3

Предел, U_n (диапазон U)	Частотный диапазон, Гц	Предел допускаемой основной погрешности за 1 год, \pm (% от U + от U_n)	
		($T_K \pm 1$) °C	($T_K \pm 5$) °C
«100 мВ»	10 – 1000	0,02 + 0,005	0,03 + 0,005
«1 В»	10 – 1000	0,015 + 0,005	0,02 + 0,005
«10 В»	10 – 1000	0,015 + 0,005	0,02 + 0,005
«100 В»	10 – 1000	0,025 + 0,005	0,035 + 0,005
«700 В»	10 – 1000	0,03 + 0,005	0,04 + 0,005

Предел допускаемой абсолютной основной погрешности Δ_{Π} поверяемого прибора для каждого диапазона измерений определялся по формуле:

$$\Delta_{\Pi} = 0,01 \cdot K_T \cdot X_{\text{НП}} = 0,01 \cdot 0,2 \cdot 75 = 0,15 \text{ В},$$

где K_T – числовое обозначение класса точности поверяемого прибора;

$X_{\text{НП}}$ – нормирующее значение поверяемого прибора.

Предел допускаемой абсолютной погрешности Δ_{Σ} выбранного эталона для каждого диапазона измерений определялся по формуле:

$$\Delta_{\Sigma} = 0,000025 \cdot 75 + 0,000005 \cdot 100 = 0,002375 \text{ В}.$$

Вычислим соотношение погрешностей: $\Delta_{\Sigma}/\Delta_{\Pi} = 0,002375/0,15 = 0,016$.

Результаты соотношения погрешностей на всех остальных диапазонах приведены в табл. 4.

Таблица 4

Тип напряжения	Конечное значение диапазона измерений		Δ_{Π}	Δ_{Σ}	$\Delta_{\Sigma}/\Delta_{\Pi}$
	поверяемого СИ	эталона			
Постоянное	75 В	100 В	0,15	0,002375	0,016
	150 В	1000 В	0,3	0,0095	0,032
	300 В	1000 В	0,6	0,014	0,023
	600 В	1000 В	1,2	0,023	0,019
Переменное	75 В	100 В	0,15	0,02375	0,158
	150 В	700 В	0,3	0,08	0,267
	300 В	700 В	0,6	0,125	0,208
	600 В	700 В	1,2	0,215	0,179

Таким образом, на всех диапазонах выполняется неравенство $\Delta_{\Sigma}/\Delta_{\Pi} \leq 1/3$, что соответствует требованиям ГОСТ 8.497-83. Проверка электрической прочности и сопротивления изоляции приведены в табл. 5.

Таблица 5

Испытательное напряжение, кВ	Мощность установки, кВ·А, не менее
0,5 – 3	0,25
> 3	0,5

Литература

1. Электричество: лабораторный практикум / Л. А. Григорьев и др. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. – 120 с.

УДК 533.1, 536.75

Каримов Т. М., Мухаммадиев А. Д., Гильмутдинов И. И.,
Гильмутдинов И. М., Кузнецова И. В.
Научный руководитель: Сабирзянов А. Н., д-р техн. наук, профессор
Казанский национальный исследовательский технологический университет

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ЧАСТИЦ Mg/AlOOH
СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ВОДОЙ**

***Аннотация.** Статья посвящена экспериментальному исследованию процесса получения наноструктурированных композиционных частиц Mg/AlOOH в сверхкритической (СК) воде. В данной работе представлена экспериментальная установка, реализующая процесс сверхкритического водного окисления (СКВО), методика проведения экспериментального исследования и результаты сканирующей электронной микроскопии.*

***Ключевые слова:** бемит, сульфат магния, сверхкритическое водное окисление, композиты.*

Бемит находит широкое применение в производстве антипиренов, лакокрасочных, металлокерамических изделий, сорбентов для извлечения ценных металлов из сточных вод промышленных предприятий, в производстве светодиодов. [1].

Основное же применение бемита – использование в качестве катализатора и носителя катализатора в химических реакциях. Данная работа посвящена получению наноструктурированных композиционных частиц

Mg/AlOOH, которые можно применять в качестве катализатора или изготовления керамики. [2-3].

Экспериментальная установка для СКВО представлена на рис. 1.

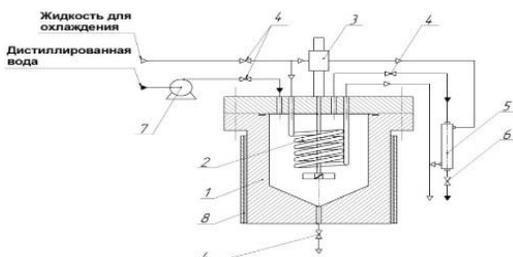


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для проведения СКВО:
1 – реактор, 2 – охлаждающий змеевик, 3 – магнитная мешалка, 4 – клапан,
5 – теплообменник для охлаждения, 6 – регулятор обратного давления,
7 – насос, 8 – нагревательная рубашка

Образцы алюминия массой $m = 50-160$ г вместе с водным раствором сульфатом магния помещаются в реактор. Также предварительно в реактор заливается вода в объеме $V = 330$ мл. После герметизации реактора происходит нагрев до температуры $t = 395$ °С, соответствующее давление насыщения составляет $P = 25$ МПа. Начало отсчета времени реакции и фиксирование максимального давления происходит в момент достижения заданной температуры.

Охлаждение реактора происходит за счет теплообмена с окружающей средой и с помощью охлаждающего змеевика, расположенного внутри реактора.

По завершению процесса СКВО из реактора происходил слив оставшейся воды и изъятие полученного образца. Далее полученный порошок просушивался при температуре $t = 110$ °С при атмосферном давлении.

Далее образцы были исследованы при помощи электронной микроскопии. Для проведения анализа использовался сканирующий электронный микроскоп AURIGA CrossBeam с энергодисперсионным спектрометром INCA X-MAX.

В результате анализа электронной сканирующей микроскопии образцов Mg/AlOOH были получены изображения с указанными участками проведенных спектров, с целью определения морфологии порошка, а также построения спектров. В таблице представлены суммарные данные весового и атомного состава в % массы. На рис. 2 представлены морфология образца с указанием участка измерения, а также полученный спектр для данного участка.

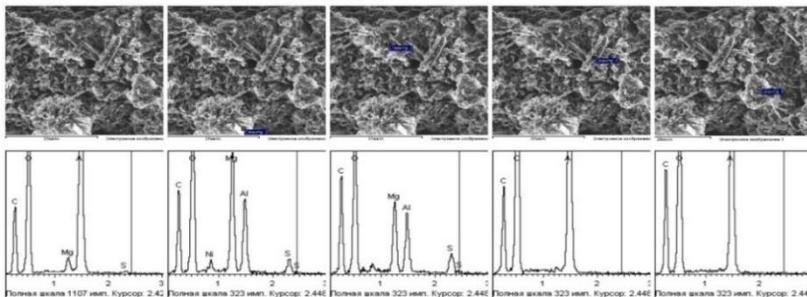


Рис. 2. Электронное изображение морфологии наноструктурированных композиционных частиц Mg/AlOOH указанными участками измерений и построенные спектры, соответствующие данным участкам

Суммарные данные по фазовому составу

Спектр	O	Mg	Al	S	Ni	Итог
Суммарный спектр	54.98	2.20	41.91	0.91		100.00
Спектр 2	54.84	20.43	15.22	4.45	5.06	100.00
Спектр 3	61.25	15.73	14.33	8.70		100.00
Спектр 4	62.62		37.38			100.00
Спектр 5	59.79		40.21			100.00
Макс.	62.62	20.43	41.91	8.70	5.06	
Мин.	54.84	2.20	14.33	0.91	5.06	

По результатам сканирующей электронной микроскопии выявлено, что на поверхности бемита имеется магний на поверхности частиц. Так как использовался водный раствор кристаллогидрата сульфата магния $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, в составе образца также присутствует сера (S), что говорит об образовании соединений серы, получаемых в процессе реакции. Морфология частиц представляет собой агломераты и отдельные частицы пластинчатой формы микронного размера.

Литература

1. Галиновский, А. Л. Технологические особенности создания конструкционной керамики с использованием наноразмерного порошка бемита и возможности ее ультраструйной диагностики / А. Л. Галиновский, С. Г. Муляр, Л. В. Судник // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2013. – №11. – С. 64-69.
2. Pogrebnjak, A. D. Nanocoatings Nanosystems Nanotechnologies / A. D. Pogrebnjak, V. M. Beresnev. / N.Y.:Bentham Sci.Publ. – 2012. – P. 155
3. Влияние импрегнации наноструктурированным бемитом на структуру и свойства плазмонапыленных керамических покрытий / И. П. Мельникова, А. В. Лясникова, С. В. Веселухина и др. // Письма в ЖТФ. – 2014. – Т.40. – №19. – С. 34-41.

Коротаева А. Л., Улукманов А. С.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ЗВУКА СТРОИТЕЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

***Аннотация.** В работе сравниваются характеристики звукоизоляционных материалов по уровню пропускаемой громкости.*

***Ключевые слова:** звук, звукоизоляция, строительные материалы.*

Строительная акустика – научная дисциплина, занимающаяся вопросами защиты жилых и иных помещений, территорий и зданий от шума, решающая эти вопросы архитектурно-планировочными и строительными (конструктивными) методами. Строительная акустика в современном строительстве имеет большое значение. Меры по борьбе с шумом, принятые на её основе, улучшают санитарно-гигиенические условия жизни и работы населения, благоприятствуют повышению производительности труда, способствуют комфорту и росту эксплуатационных качеств зданий, территорий и сооружений.

Целью работы явилось определение индекса звукоизоляционных материалов по уровню пропускаемой громкости.

Звук – механические колебания упругой среды, которые воспринимаются слуховым аппаратом человека в диапазоне частот от 16 до 20 000 Гц. Шум – любой нежелательный звук, оказывающий вредное воздействие на организм человека. Шумовое загрязнение – форма физического, как правило, антропогенного загрязнения, возникающего в результате увеличения интенсивности и повторяемости шума сверх природного уровня, что приводит к повышению утомляемости людей, снижению их умственной активности, а при достижении 90 – 100 дБ – постепенной потере слуха. Звукоизоляция – снижение уровня звукового давления при прохождении волны сквозь преграду: стены, пол или перекрытие. Задача звукоизоляции – отразить звук и не позволить ему пройти сквозь стену помещения. Характерное строение звукоизолирующих материалов создает препятствие продвижению звука и отражает его. Звукоизоляция стены определяется, прежде всего, массой: чем массивнее и толще стена, тем сложнее звуковым колебаниям ее раскачать. Звукоизолирующая способность ограждающих конструкций, применяемых в строительстве, оценивается значением ин-

декса звукоизоляции. Индекс звукоизоляции измеряется в децибелах, и оптимально он должен составлять от 52 до 60 Дб (для ограждающих конструкций). К звукоизолирующим относятся плотные материалы, такие как бетон, кирпич, гипсокартон и другие материалы, способные отражать звук. Также немаловажное свойство – это звукопоглощение. Оно отличается от звукоизоляции главным образом тем, что звукоизоляция удерживает звуковые волны внутри помещения, не выпуская их за его пределы, а звукопоглощение предотвращает отражение звука от стен помещения. Звукопоглощающие материалы имеют волокнистое, зернистое или ячеистое строение. Характеристика поглощения звука оценивается коэффициентом поглощения, который может меняться от 0 до 1.

Выбор материала для создания звукового комфорта в помещении зависит от характера самого звука. Работающие электроприборы, громкие разговоры и т. п. создают воздушный шум. Если же происходит воздействие непосредственно на перекрытия: сверление стен, забивание гвоздей и т. п., то речь идет об ударном шуме. Когда несущие конструкции дома жестко соединены между собой без применения звукоизолирующих упругих прокладок, то шум любого характера распространяется по конструкциям дома и превращается в структурный шум. Для борьбы с ударным шумом применяют упругие материалы с закрытой ячеистой структурой, с воздушным шумом справляются пористые или волокнистые материалы с высоким коэффициентом звукопоглощения.

В нашей работе исследовались три вида строительных материалов: гипсокартон, поролон и минеральная вата. Был создан образец комнатного помещения размерами 22х20х20 см, в который помещали источник звука. С помощью мобильного приложения «Шумомер» были измерены уровни пропускаемой громкости материалов. Данные эксперимента представлены в таблице.

Материал	Толщина, мм	Уровень пропускаемой громкости, дБ	Уровень поглощенной громкости, дБ	Индекс снижения ударного шума, дБ
Гипсокартон	10	73	12	до 15
Поролон	18	64	21	до 21
Минеральная вата	100	57	28	До 30

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что лучшей звукопоглощающей способностью обладает минеральная вата, а лучшие звукоизоляционные свойства – у гипсокартона. Поэтому для звукоизоляции стен в жилых помещениях можно рекомендовать создание многослойной

конструкции: в качестве жесткого звукоизоляционного слоя можно использовать гипсокартон, в качестве мягкого звукопоглощающего слоя – минеральную вату.

УДК 534.512.1

Корчемкин К. Н., Кизев В. Е.

Научный руководитель: Кречетова И. В., старший преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ СТРУН РАЗНОЙ ДЛИНЫ И ПЛОТНОСТИ МЕТОДОМ РЕЗОНАНСА

***Аннотация.** Представлены графики изменения частоты колебаний струны в зависимости от длины струны и скорости распространения колебаний в стоячей волне от силы натяжения струны. Исследование струны проведено методом резонанса.*

***Ключевые слова:** стоячая волна, резонанс, стальная проволока, медная проволока.*

Введение. Волна – процесс распространения колебаний в пространстве. Этот процесс широко распространен в природе. Например, звук – это своеобразные волны, которые невидимы человеческому глазу [1,2]. Существуют поперечные и продольные волны. Для волны характерны следующие характеристики: амплитуда, частота, скорость, период. Интерес представляют стоячие волны как результат интерференции бегущей и отраженной волн. В отличие от бегущей волны, у стоячей волны есть узлы и пучности, и она не переносит энергию [3]. Характеристики волны можно измерить как экспериментальным, так и теоретическим путем – с помощью заранее известных (или выведенных формул).

Цель работы: изучение колебаний нескольких струн с закрепленными концами; исследование зависимости частоты колебаний и скорости волны в зависимости от вещества струны, силы натяжения и ее рабочей длины.

При этом были поставлены следующие **задачи**:

1. провести экспериментальные исследования и определить изменение частоты и скорости колебаний при разной длине струны, плотности и силы натяжения струны;

2. проанализировать результаты эксперимента и разработать рекомендации по использованию метода резонанса для исследования стоячих волн.

Проделанная работа. В экспериментальных исследованиях были использованы следующие приборы: две стальные проволоки и одна медная проволока разного диаметра, набор разновесов, генератор ГЗ-33, постоянный магнит, линейка, микрометр. В ходе проведения эксперимента были выбраны медная струна от фортепиано, сердцевина которой сделана из стальной нити диаметром 1,12 мм; обмотка – медный провод диаметром 0,7 мм; лабораторная стальная струна диаметром 0,31 мм (для измерения диаметра проволоки использовался микрометр). Между штативами поочередно устанавливались струны, рабочая длина которых менялась от 1 м до 0,45 м с шагом 0,15 м (1 м, 0,75 м, 0,6 м и 0,45 м). Изменение частоты наглядно продемонстрировано на графике (рис. 1). Измерения проводились с изменением натяжения струны для разных обертонов ($n=1$, $n=2$, $n=3$). Для этого к одному из концов проволоки подвешивали грузы разной массы (196 г и 721 г). Выходной величиной являлась частота колебаний проволоки. По результатам эксперимента сделаны выводы.

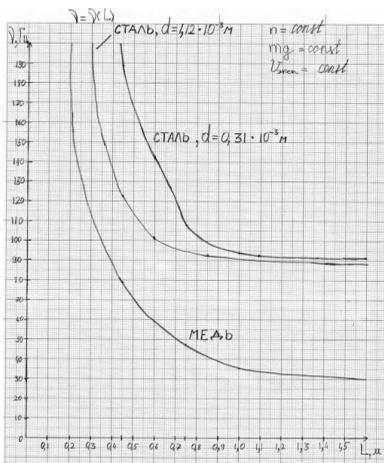


Рис. 1. График зависимости частоты колебаний в стоячей волне от рабочей длины струны

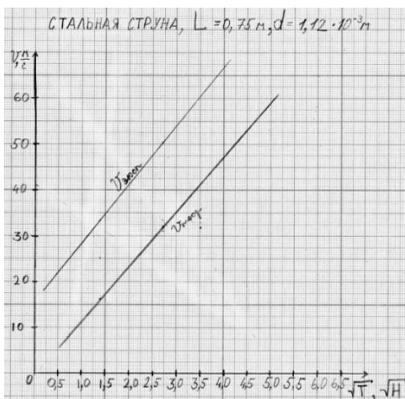


Рис. 2. График зависимости скорости колебаний струны от квадратного корня силы натяжения стальной струны

Выводы

1. В ходе проведения эксперимента изучены колебания в стоячей волне для нескольких струн с закрепленными концами методом резонанса.

2. Установлено, что с увеличением силы натяжения струны скорость распространения колебаний в стоячей волне увеличивается.
3. Зависимость частоты колебаний в стоячей волне от рабочей длины струны – гиперболическая.
4. Разработаны методические рекомендации в качестве дополнительного задания к основной лабораторной работе.
5. Проверена гипотеза о независимости скорости стоячей волны от длины струны.
6. Выяснили, что скорость стоячей волны зависит от рода вещества струны.

Литература

1. Башлачев, Ю. А. Фундаментальные эксперименты физики: Курс лекций / Ю. А. Башлачев, Д. Л. Богданов. – М.: Ленанд, 2012. – 240 с.
2. Грабовский, Р. И. Курс физики: учебное пособие / Р. И. Грабовский. – СПб.: Лань, 2012. – 608 с.
3. Сайт «Студопедия» Стоячие волны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/1_89606_st0yachie-volni.html.
4. Магнетизм: лабораторный практикум / Л. А. Григорьев, Г. Н. Аврамчик [и др.]. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2012. – 104 с.

УДК 531.787

Москалева Е. А., Сивандаева С. Ю.

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

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

***Аннотация.** Описаны методы и рассмотрены физические принципы работы приборов для измерения давления.*

***Ключевые слова:** барометры, жидкостные манометры, вакуумметры, тягомеры, напоромеры, тензоэлектрический эффект, пьезоэффект.*

В современном мире давление является наиболее распространенным измеряемым параметром, одной из основных величин, определяющих термодинамическое состояние вещества [1]. Как известно, давление – отношение силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади

этой поверхности. Ход технологического процесса, состояние технологических аппаратов и режимы их функционирования во многом определяются его величиной. В зависимости от измеряемой величины существует несколько типов приборов для измерения давления: манометры (избыточное или абсолютное давление), барометры (атмосферное давление), вакуумметры (вакуумметрическое давление). По принципу действия чувствительного элемента указанные приборы подразделяются на группы: жидкостные, деформационные, грузопоршневые, электрические. Передача сигнала, получаемого от чувствительного элемента первичного преобразователя к вторичным приборам, осуществляется либо механически в показывающих приборах, либо с помощью различных преобразователей.

Жидкостные приборы давления используются в качестве манометров, тягомеров и вакуумметров для измерения давления разрежения и вакуума, неагрессивных газов, жидкостей и паров (в диапазоне от вакуума до 0,1 МПа). В основу их действия положен метод сообщающихся сосудов, измеряемая величина компенсируется столбом жидкости, отнесенным к единице его поперечного сечения [2]. Существуют два вида жидкостных приборов давления – U-образные (двухтрубные) и чашечные (однотрубные). U-образный манометр (рис. 1) представляет собой изогнутую стеклянную трубку, заполненную до половины жидкостью (вода, ртуть). Трубка закрепляется по отвесу вертикально на твердом основании и по ее высоте наносится шкала в миллиметрах. Измеряемая величина уравновешивается и определяется столбом h рабочей жидкости, равным

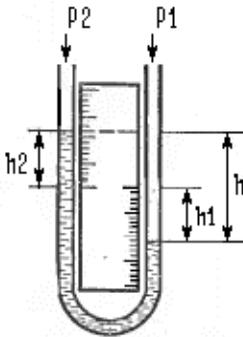


Рис 1. Схема U-образного жидкостного манометра

сумме столбов h_1 и h_2 в обоих коленах трубки. При измерении давления или разрежения один конец трубки оставляется открытым, а другой – соединяется с объектом измерения, а при измерении разности давлений к обоим концам трубки подводятся измеряемые давления. Результат измерения давления обычно выражается в миллиметрах водяного или ртутного столба. Для получения значений давления (в паскалях) используется формула $P=hgp$, где g – ускорение свободного падения, ρ – плотность рабочей жидкости.

Приборы для измерения давления, основанные на упругой деформации чувствительных элементов под действием измеряемой величины, широко применяются в диапазоне от 50 Па до 1000 МПа. Деформация

или сила, пропорциональная давлению, преобразуется в показания прибора или в изменения выходного сигнала. Такие приборы изготавливаются в виде тягомеров, наपोмеров, манометров и вакуумметров. В качестве упругих чувствительных элементов приборов применяются мембраны, мембранные коробки, сильфоны, трубчатые пружины. Принцип действия манометра с трубчатой пружиной показан на рис. 2. Его чувствительный элемент выполнен в виде полой одновитковой трубчатой пружины 1, центральная ось которой представляет собой дугу окружности с углом $200-270^\circ$.

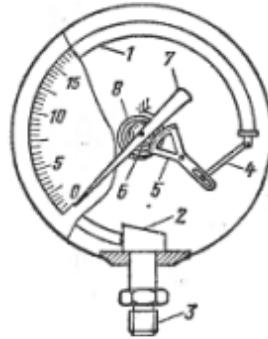


Рис. 2. Устройство манометра с одновитковой пружиной: 1 – трубчатая пружина, 2 – держатель, 3 – радиальный штуцер с резьбой для присоединения; 4 – поводок (рычаг), 5 – сектор, 6 – трубка, 7 – стрелка, 8 – спиральная пружина)

Один конец пружины, в который через радиальный штуцер 3 поступает давление, закреплен, а второй (закрытый) – может перемещаться. Сечение трубчатых пружин является эллипсоидальным (пружина Бурдона) или плосковальным. При подаче в трубку давления сечение деформируется, и пружина стремится распрямиться, перемещаясь в направлении величины ΔX . Ее чувствительность тем больше, чем больше радиус кривизны R и чем меньше толщина стенки сечения δ .

Также существуют электрические приборы давления, в чувствительных элементах которых происходит прямое преобразование давления в электрический измерительный сигнал [3]. Наибольшее распространение получили приборы на тензоэлектрических и пьезоэлектрических преобразователях. Тензоэлектрический эффект наблюдается у полупроводников, некоторых металлов и сплавов (платина, медь, никель, константан, марганец) и проявляется в изменении электрического сопротивления этих материалов в результате деформации. В приборах давления они используются в качестве чувствительных элементов, механически соединенных с мембраной или пружиной прибора, деформирующейся под действием измеряемого давления. В промышленности получили распространение приборы, в которых в качестве чувствительного элемента служит сапфировая мембрана с напыленными полупроводниковыми сопротивлениями. Измерительная схема представляет собой электрический мост, в плечи которого установлены тензопреобразователи, располагаемые сим-

метрично на мембране, воспринимающей измеряемое давление (в диапазоне от вакуума до 1000 МПа). Пьезоэффект, также используемый в приборах давления, возникает у некоторых кристаллических материалов (кварца, турмалина, титаната бария) и связан с появлением электрических потенциалов на гранях кристалла (вдоль электрической оси) при его деформации вдоль механической оси, полярность возникающих потенциалов зависит от вида деформации. Кристаллы выполняются в виде двух пластин, механически соединенных с мембраной, на которую воздействует измеряемое давление. Пьезокварцевые манометры позволяют измерять давление до 100 МПа и широко применяются при измерении циклически меняющихся давлений большой частоты.

Литература

1. Фарзанае, Н. Г. Технологические измерения и приборы / Н. Г. Фарзанае, Л. В. Илясов, А. Ю. Азим-заде. – М.: Высшая школа, 1989. – 456 с.
2. Хансуваров, К. И. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара / К. И. Хансуваров, В. Г. Цейтлин. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 287 с.
3. Курганов, В. В. Изучение методов и средств измерения давления / В. В. Курганов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 24 с.

УДК 537.311.322

Чернышова О. И.

Научные руководители: Григорьев Л. А., канд. физ.-мат. наук, доцент;
Красильникова С. В., канд. хим. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Аннотация. В работе исследуется электропроводимость полупроводников на основе германия от температуры.

Ключевые слова: полупроводники, электропроводимость, температура.

Полупроводники по удельному сопротивлению занимают промежуточное положение между металлами и диэлектриками. Они обладают со-

вокупностью специфических свойств, которые и выделяют их среди других веществ. В частности, полупроводники в большом интервале температур имеют положительный температурный коэффициент удельной проводимости; для них характерна сильная зависимость значения удельной проводимости от вида и количества содержащихся в них примесей; они чувствительны к различного рода внешним воздействиям [1]. Специфичность свойств полупроводниковых материалов обусловила их широкое техническое применение для изготовления различных приборов – диодов, транзисторов, фотодиодов, светодиодов, а также датчиков давления, магнитных полей, температур, излучений и др.

Цель работы заключалась в экспериментальном исследовании зависимости электропроводимости германия и примесных полупроводников на основе германия от температуры, определение ширины запрещённой зоны в образцах.

Работа проводилась на установке, принципиальная схема которой приведена на рис. 1. Образец полупроводника помещался в нагреватель, через который от батареи пропускался ток, при этом на образце появлялась разность потенциалов.

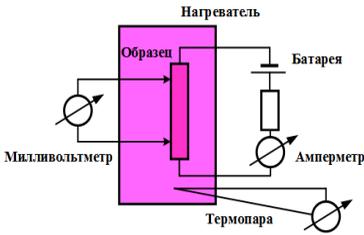


Рис. 1. Принципиальная схема установки

При нагревании образца менялась его электропроводность, и, следовательно, разность потенциалов, измеряемая милливольтметром.

Температура образца изменялась в пределах 298-438 К и измерялась с помощью термопары и гальванометра. В качестве образцов использовались нелегированный (*Ge*), легированный акцепторной примесью (*Ge-p*) и легированный донорной примесью (*Ge-n*) германий.

Удельная электропроводность полупроводника определяется концентрацией и подвижностью свободных носителей заряда, значения которых зависят от температуры [2]. Причем, для концентрации свободных носителей заряда характерна экспоненциальная температурная зависимость, а для подвижности – степенная. Учитывая, что степенная зависимость слабее экспоненциальной, для собственного полупроводника удельная проводимость определяется как

$$\sigma = const \cdot \exp\left(-\frac{\Delta E}{2kT}\right).$$

Из экспериментальной зависимости $\ln\sigma=f(1/T)$, можно определить ширину запрещенной зоны полупроводника ΔE . Экспериментальные

кривые температурной зависимости логарифма удельной проводимости нелегированного и легированного германия, представлены на рис. 2 и 3.

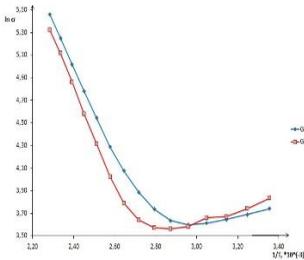


Рис. 2. Зависимость $\ln\sigma=f(1/T)$ легированного германия

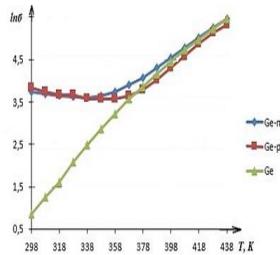


Рис. 3. Зависимость $\ln\sigma=f(T)$ легированного и нелегированного германия

Из рисунков видно, что при нагревании легированных образцов на 50 К их удельная электропроводимость немного уменьшается. Это можно объяснить тем, что при истощении примеси концентрация свободных носителей заряда практически не зависит от температуры, а определяется зависимостью подвижности носителей от температуры, при этом происходит рассеяние свободных носителей заряда на тепловых колебаниях решетки. Резкое увеличение удельной проводимости при дальнейшем росте температуры соответствует области собственной электропроводности германия, для которой можно определить ширину запрещенной зоны. При сравнении электропроводности чистого и примесного германия можно заметить, что при комнатной температуре проводимость кристаллов с примесями намного выше, чем проводимость чистых кристаллов, и при высоких температурах она приближается к собственной проводимости (рис. 3).

Литература

1. Электрорадиоматериалы / Б. М. Тареев и др.: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Высш. шк., 1978. – 336 с.
2. 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 531. 1: 656. 1

Андрианов Д. Ю.

Научный руководитель: Фищенко П. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЁТ ОБЪЕМА ТЕЛА МЕТОДОМ РАЗБИЕНИЯ НА ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПИРАМИДЫ

Аннотация. Определён объём тела, входящего в состав устройства, обеспечивающего устойчивость беспилотной транспортной платформы.

Ключевые слова: беспилотная транспортная платформа.

Актуальность. В связи со значительными перспективами развития Арктических и субарктических территорий стоит новая задача по разработке перспективных образцов транспортной техники, включая создание беспилотной транспортной платформы [1]. Платформа содержит систему обеспечения устойчивости (рис. 1), позволяющую смещать центр тяжести полезной нагрузки посредством кинематических связанных между

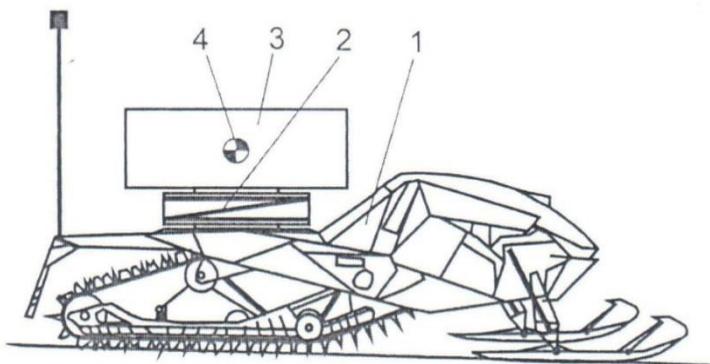


Рис. 1. Беспилотная снегоходная транспортная платформа: 1 – снегоход, 2 – основание с системой изменения положения центра тяжести, 3 – груз, 4 – система управления

собой приводных скошенных колец путём их относительного поворота [2]. Каждое скошенное кольцо можно рассматривать как однородное тело T , ограниченное снизу горизонтальной плоскостью xOy , сверху второй плоскостью, составляющей с плоскостью xOy двугранный угол γ (пересекаясь вдоль оси x), и боковой цилиндрической поверхностью радиуса R (рис. 2).

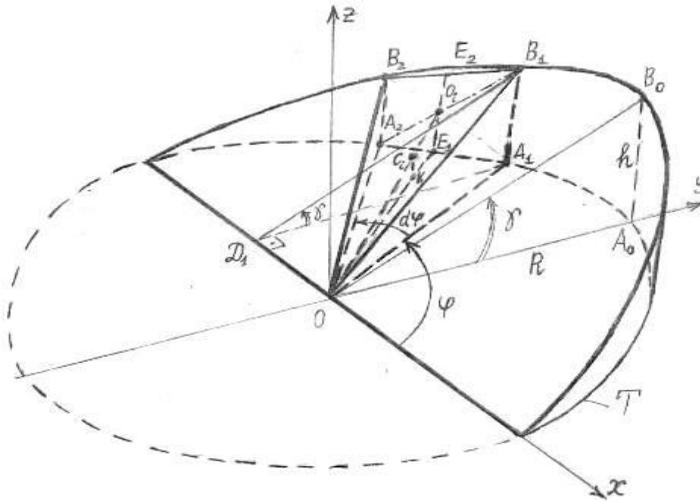


Рис. 2. Разбиение тела T на элементарные пирамиды

Целью настоящей работы является расчёт объема тела T методом разбиения на элементарные пирамиды вертикальными плоскостями, проходящими «веером» через начало координат O , получая n элементарных пирамид с общей вершиной O и основаниями вида $A_1A_2B_2B_1$ ($A_1B_1 \parallel A_2B_2, OA_1 \perp A_1B_1, OA_2 \perp A_2B_2, OE_1 \perp E_1O_1, E_1E_2 \perp A_1A_2$). Диагонали такого основания пересекаются в точке O_i .

При неограниченном увеличении числа n элементарных пирамид, в каждой пирамиде получаем $OA_0 = R = OA_1 = OA_2, D_1A_1 = R \cdot \sin \varphi$,

$$h_i = A_1B_1 = D_1A_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma = R \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \gamma = E_1E_2; \quad A_1A_2 \approx \overset{\frown}{A_1A_2} = R \cdot d\varphi,$$

где элементарная дуга $\overset{\frown}{A_1A_2}$ равна произведению радиуса R на элементарный угол $d\varphi = A_1OA_2$, измеряемый как и угол φ в радианах.

Площадь основания пирамиды равна

$$S A_1 A_2 B_2 B_1 = A_1 B_1 \cdot A_1 A_2 = (R \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \gamma) \cdot R \cdot d\varphi.$$

Высота пирамиды $E_1 O$ является одновременно высотой в равнобедренном треугольнике $A_1 O A_2$, где точки A_1 и A_2 сближаются при неограниченном увеличении n -количества элементарных пирамид, на которые дробится тело, причем длина высоты $E_1 O$ стремится к радиусу R . Тогда объем i -той элементарной пирамиды равен $V_i = \frac{1}{3} \cdot R^3 \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi$. Объем тела T равен сумме объемов элементарных пирамид, равен пределу интегральной суммы и, следовательно, равен интегралу

$$V_T = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \frac{1}{3} (R^3 \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi) = \frac{1}{3} R^3 \operatorname{tg} \gamma \cdot \int_0^\pi \sin \varphi \cdot d\varphi.$$

Следовательно, $V_T = \frac{2}{3} R^3 \operatorname{tg} \gamma$.

Следовательно, объем тела T пропорционален тангенсу двугранного угла γ и кубу радиуса боковой цилиндрической поверхности.

Методика организации НИРС и НИР. Настоящая работа выполнена с учетом методики организации НИРС и школьников [3,4].

Литература

1. Андрианов, Д. Ю. Предпосылки создания современной техники для освоения и социально-экономического развития Арктики / Д. Ю. Андрианов, П. А. Фищенко, И. А. Кудрявцев // Россия в многовекторном мире: национальная безопасность, вызовы и ответы. XX Вавиловские чтения: материалы международной междисциплинарной научной конференции: в 2 ч. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – Ч. 2. – С. 40-42.
2. Беспилотная снегоходная транспортная платформа со смещаемым центром тяжести: патент на полезную модель № RU159557 / Кудрявцев И. А., Егоров А. В., Андрианов Ю. С., Андрианов Д. Ю., 2015.
3. Фищенко, П. А. Некоторые методы научно-исследовательской работы школьников и студентов / П. А. Фищенко // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Социально-экономическая. – 2015. – № 3. – С. 82-85.
4. Иванов, В. А. Методика организации научно-исследовательской работы студентов на кафедре высшей математики / В. А. Иванов, Н. Н. Михеева, П. А. Фищенко // Современные проблемы фундаментального образования в техническом вузе: сборник статей. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. – С. 48-52.

Асташкин П. В., Капустин А. В., канд. техн. наук, доцент
 Поволжский государственный технологический университет

КИНЕМАТИКА ДВИЖЕНИЙ ЭКЗОСКЕЛЕТА МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

Аннотация. В работе представлены графики изменения скоростей и полных реакций в кинематических парах экзоскелета.

Ключевые слова: экзоскелет, ресурсные испытания, кинематика движений экзоскелета при ресурсных испытаниях.

Ресурсные испытания – важный элемент разработки и введения в эксплуатацию конструкции экзоскелета. Особенностью ресурсных испытаний является длительность нагружений механизма при цикловой работе всех узлов и элементов конструкции. В течение эксплуатации экзоскелет подвергается цикловым нагрузкам при воспроизведении локомоций ходьбы, ходьбы по лестнице, вставании и посадки на опору. Провести весь цикл испытаний до потери эксплуатационных свойств конструкции не представляется возможным, поэтому для моделирования эксплуатационных движений предлагается упрощенная схема в виде работы конструкции на велосипедном стенде, рис. 1.

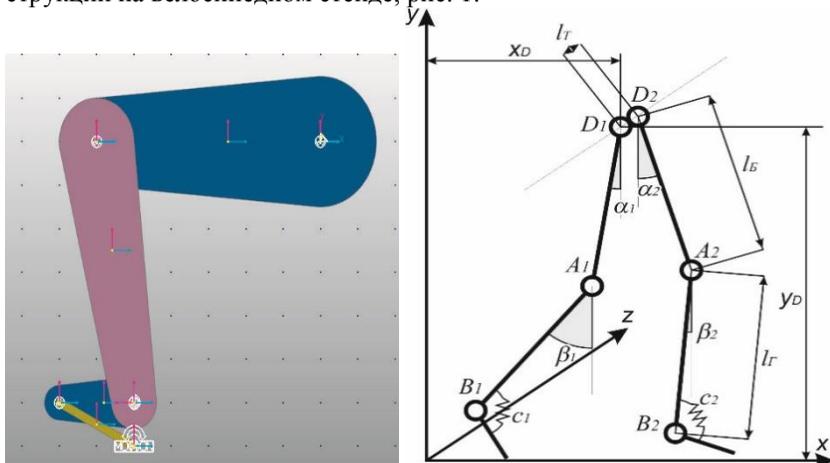


Рис. 1. Расчетная схема кинематики ресурсных испытаний

Расчетная кинематическая схема представляет собой сдвоенную плоскую незамкнутую кинематическую цепь с 6-ю степенями свободы, рис. 1. Для управления движением будем использовать управляемые вращательные приводы в точках D, A_1, A_2 . В точках B_1, B_2 находятся упругие связи с жесткостями c_1, c_2 .

Ходьба в прямом направлении является циклическим процессом, в котором за один цикл условная точка B (стопа человека) описывает кривую в координатах x, y , связанных с землей. При этом точка D подвеса ног (тазобедренный сустав) также перемещается в зависимости от законов изменения углов $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$. Пользуясь схемой на рис. 1, представим эту зависимость в виде формулы:

$$\begin{cases} x_D = l_B \sin \alpha + l_T \sin \beta + x_B \\ y_D = l_B \cos \alpha + l_T \cos \beta + y_B \end{cases}$$

Моделирование цикловых движений, а также вычисление кинематических и силовых величин осуществлялось в программном обеспечении для многотельного пространственного моделирования и расчета механических систем RecurDyn Student version. При заданных параметрах схемы, а также массовых величин звеньев были получены графики изменения угловой скорости, ускорения, а также реакции в кинематических парах экзоскелета (рис. 2, 3, 4).

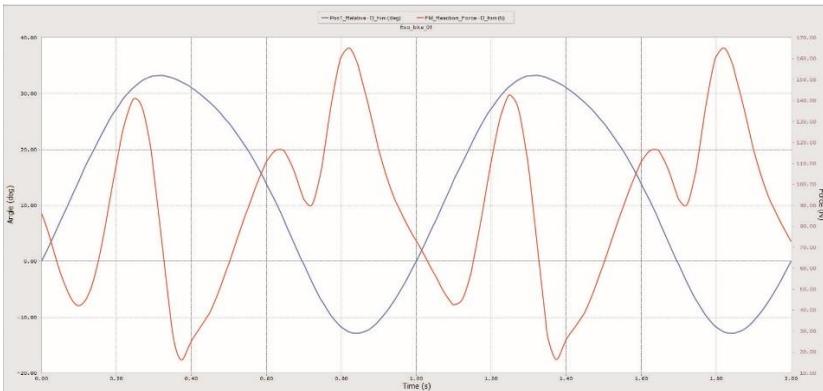


Рис. 2. График изменения угловой скорости и полной реакции в тазобедренном шарнире D

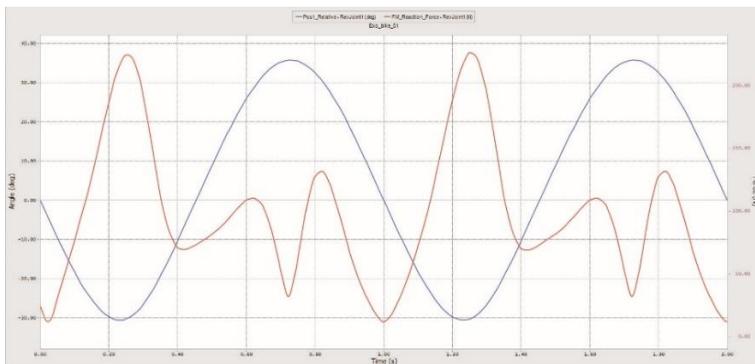


Рис. 3. График изменения угловой скорости и полной реакции в коленном шарнире А

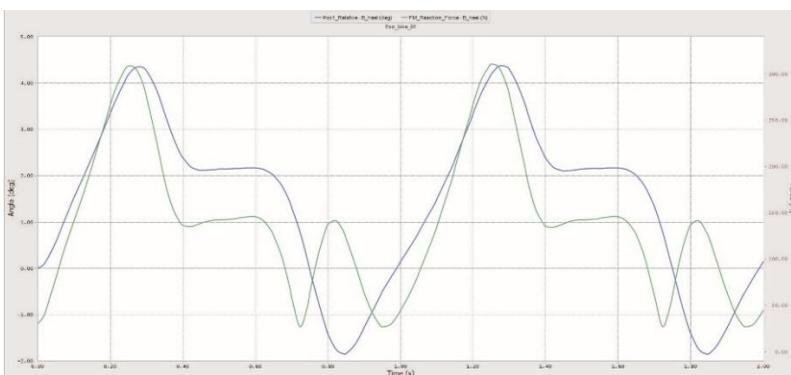


Рис. 4. График изменения угловой скорости и полной реакции в коленном шарнире В

Полученные данные позволяют рассчитать эквивалентную нагрузку при ресурсных испытаниях экзоскелета медицинского назначения.

Литература

1. Иоффе, М. Л. Кинематика плоского движения коленного сустава человека (сколько степеней свободы имеет коленный сустав?) // Российский журнал биомеханики. – 2008. – Т. 12. № 1. – С. 59-68.
2. Компьютерное моделирование регулярной ходьбы на основе кинематического анализа движений и синтеза алгоритмов управления экзоскелета / Ю. В. Лоскутов, А. В. Капустин, К. С. Ключев и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2017. – № 3 (35). – С. 47-60.

Булдакова Ю. М., Кудрявцев С. Г.

Поволжский государственный технологический университет

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОСЕЙ АНИЗОТРОПИИ В СЛОЯХ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДВУХСЛОЙНОГО ОСНОВАНИЯ

Аннотация. Представлены результаты исследования влияния направления осей анизотропии на напряженное состояние в двухслойном основании под действием статической нормальной поверхностной нагрузки. Рассматривается вариант полного сцепления между слоями.

Ключевые слова: напряжения, анизотропия, упругость, полоса, полуплоскость.

Рассмотрим двухкомпонентную упругую среду, состоящую из полосы бесконечной длины с плоскопараллельными границами и полуплоскости (рис. 1). Материал слоев принимается анизотропным с заданными упругими характеристиками. Каждый слой отнесем к местной декартовой системе координат с общим началом отсчета и осью абсцисс. Оси ординат направим вглубь слоев перпендикулярно границе раздела. Положительные направления напряжений и перемещений для полосы и полуплоскости показаны на рисунке. Перемещения, напряжения, упругие характеристики материала полуплоскости обозначим чертой сверху.

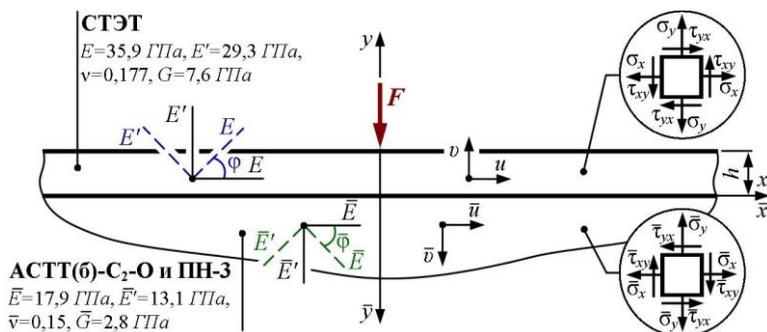


Рис. 1. Схема взаимодействия слоев основания

В работе [1] получены уравнения для определения перемещений и напряжений в произвольной точке двухслойного анизотропного основания, когда на верхней плоскости в сечении $x=0$ действует сосредоточен-

ная сила F перпендикулярно границе. Уравнения приведены для варианта, когда направления осей анизотропии материала слоев совпадают с осями координат. Выявим влияние направления осей анизотропии в слоях на характер напряженного состояния основания. С этой целью выразим коэффициенты деформации, используя формулы преобразования упругих постоянных при повороте осей анизотропии на некоторый угол φ ($\bar{\varphi}$) [2], через технические постоянные и полученные значения подставим в соответствующие уравнения [1].

Для примера рассмотрим основание, составленное из тканевого стеклопластика горячего прессования (СТЭТ) и стеклопластика на основе стеклоткани марки АСТТ(б)-С₂-О и полиэфирной смолы марки ПН-3 [2]. На рис. 2-5 приведены графики изменения напряжений в зависимости от направления осей анизотропии вдоль линии контакта слоев. Графики построены для обобщенного плоского напряженного состояния в безразмерных параметрах

$$\tilde{\sigma}_x = \frac{\sigma_x \pi h}{F} = \frac{\bar{\sigma}_x \pi h}{F}, \quad \tilde{\sigma}_y = \frac{\sigma_y \pi h}{F}, \quad \tilde{\tau}_{xy} = \frac{\tau_{xy} \pi h}{F}, \quad \tilde{x} = \frac{x}{h} = \frac{\bar{x}}{h}, \quad \tilde{y} = \frac{y}{h} = \frac{\bar{y}}{h},$$

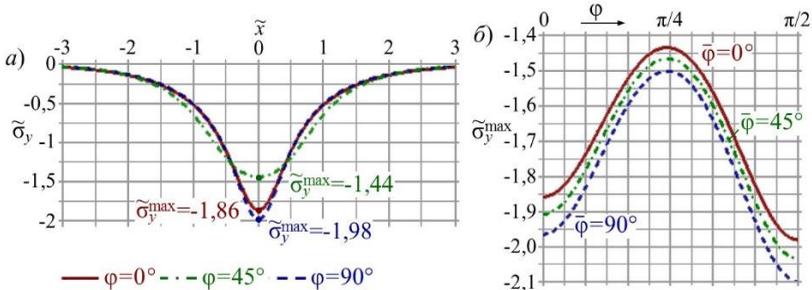


Рис. 2. Изменение параметра $\tilde{\sigma}_y$

а – при $\bar{\varphi} = 0$; б – значение $\tilde{\sigma}_y^{\max}$ в зависимости от φ и $\bar{\varphi}$.

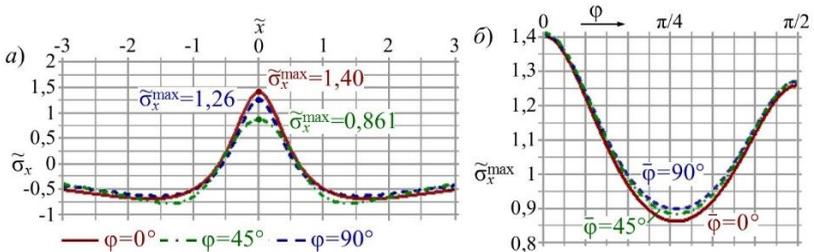


Рис. 3. Изменение параметра $\tilde{\sigma}_x$ в верхнем слое

а – при $\bar{\varphi} = 0$; б – значения $\tilde{\sigma}_x^{\max}$ в зависимости от φ и $\bar{\varphi}$

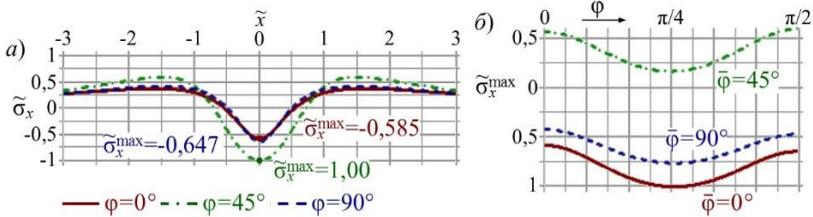


Рис. 4. Изменение параметра $\tilde{\sigma}_x$ в нижнем слое

а – при $\bar{\varphi}=0$; б – значения $\tilde{\sigma}_x^{\max}$ в зависимости от φ и $\bar{\varphi}$

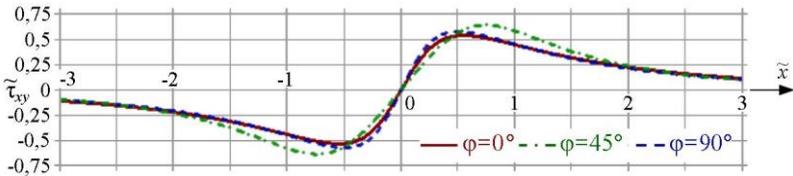


Рис. 5. Изменение параметра $\tilde{\tau}_{xy}$

Максимальные значения параметра $\tilde{\tau}_{xy}$ в зависимости от направлений углов φ и $\bar{\varphi}$ приведены в таблице.

Значения параметра $|\tilde{\tau}_{xy}^{\max}|$ в зависимости от φ и $\bar{\varphi}$

$\varphi \backslash \bar{\varphi}$	0°	30°	45°	60°	90°
0°	0,536	0,605	0,639	0,621	0,574
30°	0,506	0,573	0,605	0,588	0,544
45°	0,508	0,572	0,605	0,588	0,545
60°	0,489	0,553	0,585	0,568	0,526
90°	0,480	0,541	0,572	0,556	0,516

Из сравнения графиков и данных таблицы видно, что направление осей анизотропии материала в слоях двухслойного основания оказывает влияние на характер напряженного состояния.

Литература

1. Кудрявцев, С. Г. Напряженное и деформированное состояние двухслойного анизотропного основания / С. Г. Кудрявцев, Ю. М. Булдакова // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2015. – №5. – С. 9-20.
2. Лехницкий, С. Г. Теория упругости анизотропного тела / С. Г. Лехницкий. – М.: Наука, 1977. – 416 с.

Вязов А. Е., Капустин А. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ МЕХАНИЗМА КОЛЕННОГО СУСТАВА В ЭКЗОСКЕЛЕТЕ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В работе представлены структурные (безмасштабные) схемы механизма коленного сустава.

Ключевые слова: экзоскелет, структурный синтез, коленный сустав.

Коленный сустав человека представляет собой сложный многозвенный механизм, состоящий из четырех костей: бедренной кости, большеберцовой кости, малоберцовой кости и коленной чашечки, а также удерживающих связок (рис. 1). На первый взгляд кажется, что коленный сустав представляет собой обыкновенный шарнир – вращательную кинематическую пару, однако это не так, и при подробном исследовании обнаруживается, что он имеет две степени свободы [1].



Рис. 1. Основные элементы коленного сустава

Экзоскелет медицинского назначения предназначен для помощи больным с нарушениями опорно-двигательного аппарата, он может использоваться как вспомогательный, так и полностью повторяющий локомоторные движения человека.

Обычно конструкция коленного сустава экзоскелета медицинского назначения не реализуется в точности как на человеке, что в некоторых случаях может приводить к определенным недостаткам. При использовании экзоскелета пациенту необходимо точно совмещать ось сгибания колена с осью вращения коленного сустава экзоскелета. При отсутствии такого совмещения можно получить травму: перелом или растяжение сухожилий. Обстоятельства ухудшаются также тем, что некоторые пациенты не в состоянии чувствовать коленный сустав и вследствие этого не в состоянии контролировать совмещение осей. Поэтому надевание экзоскелета нижних конечностей, а также его эксплуатация должны сопровождаться под строгим контролем со стороны обслуживающего персонала.

Цель работы: структурный синтез механизма коленного сустава экзоскелета медицинского назначения.

В самом простом рассмотрении коленный сустав представляет собой вращательную кинематическую пару (рис. 2а). Такая конструкция не сложна в изготовлении и эксплуатации, а подвижность оси может обеспечиваться нежесткими креплениями ноги пациента к конструкции экзоскелета.

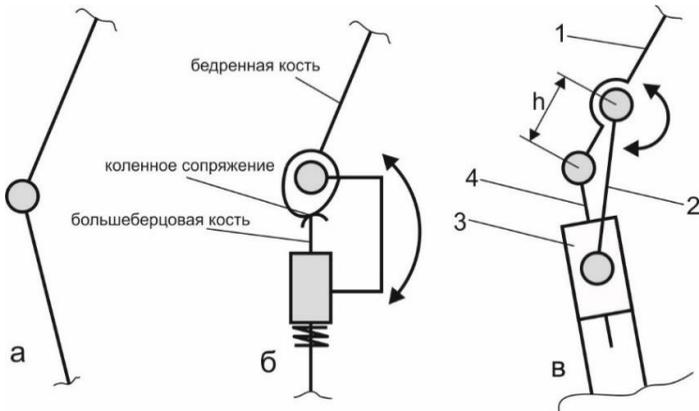


Рис. 2. Структурные схемы коленного сустава медицинского экзоскелета

В случае максимальной имитации коленного сустава он представляет собой кулачковый механизм с высшей кинематической парой в точке сопряжения кулачка (бедренной кости) и толкателя (большеберцовая кость) (рис. 2б).

Криволинейность поверхности кулачка определяет закон движения коленного сустава. Данная конструкция хорошо повторяет работу колен-

ного сустава, однако обладает рядом конструктивных недостатков, связанных с усложнением устройства сочленения, использованием высшей кинематической пары и упругого элемента для ее работы.

На рис. 2в представлена конструкция коленного сустава с использованием кулисной схемы. На данной схеме относительно бедренной кости 1 шарнирно закреплен приводной кривошип 2, который в свою очередь через ползун 3 связан с кулисой 4. При вращении кривошипа происходит смещение ползуна относительно кулисы, тем самым обеспечивая продольное перемещение большеберцовой кости. Величина перемещения зависит от расстояния h между шарнирами и рассчитывается исходя из заданных параметров. Таким образом, предложенная конструкция позволяет имитировать работу коленного сустава с учетом смещения оси вращения во время сгибания колена.

Литература

1. Иоффе, М. Л. Кинематика плоского движения коленного сустава человека (сколько степеней свободы имеет коленный сустав?) / М. Л. Иоффе // Российский журнал биомеханики. – 2008. – Т. 12. № 1. – С. 59-68.
2. Компьютерное моделирование регулярной ходьбы на основе кинематического анализа движений и синтеза алгоритмов управления экзоскелета / Ю. В. Лоскутов, А. В. Капустин, К. С. Ключев и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2017. – № 3 (35). – С. 47-60.

УДК 621.85-52; 531/534

Домрачев Т. Б., Яшметов К. С., Лоскутов Ю. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

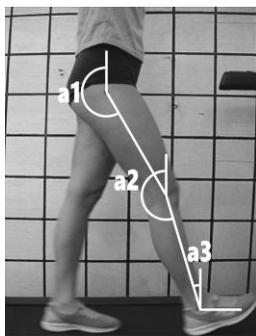
ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКОМОЦИЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ ХОДЬБЫ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

***Аннотация.** Представлен анализ кинематики локомоций человека. Экспериментально получены законы изменения углов между конечностями при ходьбе по ровной поверхности для создания возможных алгоритмов управления экзоскелетом.*

***Ключевые слова:** локомоции человека, биомеханика, экзоскелет, система управления.*

На сегодняшний день в России и во всем мире существует проблема ускоренной реабилитации для людей с ограниченными возможностями движения опорно-двигательного аппарата. Одним из возможных решений является использование устройства (экзоскелета), позволяющего человеку вести достаточно активный уровень жизни при некоторых ограниченных возможностях перемещения. Экзоскелет может использоваться не только для помощи больным с нарушением движения нижних конечностей [1], но и для увеличения возможностей здорового человека. При разработке системы управления экзоскелетом необходимо задать законы движения и устранить ненужные движения. Экзоскелет должен включать в себя соответствующие датчики, реагирующие на действия тела в пространстве с учетом условий устойчивости равновесия человека. Поэтому актуальность работы обусловлена необходимостью разработки алгоритмов управления экзоскелетом, способного «предугадывать» и «понимать» поведение человека [2].

Целью работы является кинематический анализ локомоций человека при переходе из состояния покоя в движение со скоростью 2 км/ч для отработки методики и разработки алгоритмов управления экзоскелета нижних конечностей.



Измеряемые углы
в суставах при ходьбе по
беговой дорожке

Процесс ходьбы по ровной поверхности является одним из основных движений человека [3, 4]. Люди, имеющие проблемы с функционалом нижних конечностей, испытывают трудности при данном перемещении. Именно поэтому важной задачей является анализ и синтез законов движения (углов поворота в суставах) системы «человек-экзоскелет». Для определения абсолютных углов, определяющих положение механизма во время ходьбы, были проведены экспериментальные исследования. В результате найдены зависимости суставных углов во времени. Для фиксации их изменений использовалась покадровая обработка видеозаписи эксперимента через малые равные промежутки времени.

Видеозапись разбивалась на кадры в программном комплексе «Adobe Premier» из расчета 30 кадров на один цикл движения. Затем в программном комплексе «AutoCad» для каждого кадра проводились оси координат и с помощью векторов измерялись углы наклона звеньев.

Изменение углов во времени

Номер кадра	Время, с	Углы между звеном и вертикалью, град		
		$a1$	$A2$	$A3$
1	0	167,08°	165,00°	345,00°
2	0,03	165,98°	162,20°	342,20°
3	0,07	164,37°	159,42°	339,42°
...
36	1,17	196,96°	16,96°	12,56°
37	1,20	195,00°	15,00°	10,92°
38	1,23	192,12°	12,12°	9,02°
...
72	2,36	170,25°	139,74°	319,74°
73	2,40	174,46°	134,11°	314,11°
74	2,43	179,08°	189,70°	309,70°

По результатам измерений получены аппроксимирующие функции, которые и приняты за законы движения звеньев механизма (абсолютные углы поворотов, изменяемые во времени). Дифференцирование этих функций один раз по времени дает функции угловых скоростей, дифференцирование второй раз – функции угловых ускорений.

Полученные результаты сопоставлены с результатами других исследований подобных локомоций человека по сходным и отличающимся методикам, в том числе и с применением аппаратно-программных комплексов на основе датчиков углов и скоростей [1, 5-7]. Сравнение полученных эмпирических кривых и управляющих функций углов показало хорошее соответствие наших результатов и данных других исследователей [4].

Выводы. Экспериментальным путем получены законы движения, управляющие функции угловых скоростей и ускорений звеньев взаимосвязанной системы человека и экзоскелета для системы управления. Сопоставление полученных результатов с данными исследований других авторов показало хорошую достоверность результатов.

Работа выполнена в рамках реализации комплексного проекта «Создание высокотехнологичного производства многофункционального роботизированного экзоскелета медицинского назначения («РЭМ»), шифр 2017-218-09-1807, утвержденное по постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.

Литература

1. Биомехатронный комплекс нейрореабилитации – концепция, конструкция, модели и управление / В. Е. Павловский [и др.] // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. – 2014. - № 111. – 19 с.
2. Чигарев, А. В. Моделирование управляемого движения двуногого антропоморфного механизма / А. В. Чигарев, А. В. Борисов // Российский журнал биомеханики. – 2011. – Т. 15. – № 1. – С. 74-88.
3. Зазиорский, В. М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В. М. Зазиорский, А. С. Аруин, В. Н. Селуянов. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.
4. Бочаров, М. И. Частная биомеханика с физиологией движения [Текст]: монография / М. И. Бочаров. – Ухта: УГТУ, 2010. – 235 с.
5. Турлапов, Р. Н. Модели и алгоритмы управления движением экзоскелета для вертикализации и расширения функциональных возможностей человека // Рук. дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Курск: ФГБОУ ВО «Юго-Запад. гос. ун-т». – 2015. – 172 с.
6. Домрачев, Т. Б. Кинематика локомоций человека при вставании из седа и посадке на опору / Т. Б. Домрачев, К. С. Яшметов // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы III всероссийск. студ. конф. по ест.-научн. и технич. дисц. (Йошкар-Ола, 21-24 ноября 2017 г.): в 4 ч. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – Ч. 1. – С. 40-42.
7. Компьютерное моделирование регулярной ходьбы на основе кинематического анализа движений и синтеза алгоритмов управления экзоскелета / Ю. В. Лоскутов, А. В. Капустин, К. С. Ключев и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2017. – № 3 (35). – С. 47-60.

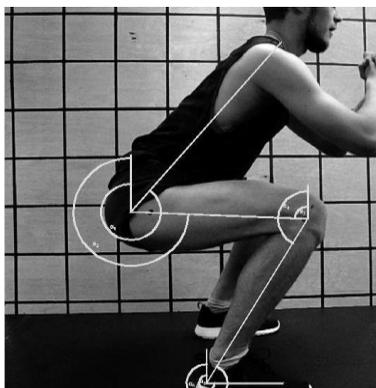
УДК 621.85-52; 531/534

Домрачев Т. Б., Яшметов К. С., Лоскутов Ю. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

КИНЕМАТИКА ЛОКОМОЦИЙ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ВСТАВАНИИ ИЗ СЕДА И ПОСАДКЕ

***Аннотация.** Представлен анализ кинематики локомоций человека. Экспериментально получены законы изменения углов между конечностями при приседе и вставании для создания возможных алгоритмов управления экзоскелетом.*

***Ключевые слова:** локомоции человека, биомеханика, экзоскелет, система управления, измерение перемещений.*



Покадровая обработка видеозаписи вставания из приседа

Экзоскелет (от греч. *ἔξω* – внешний и *σκελετος* – скелет – внешний) – устройство, предназначенное для увеличения силы человека за счет внешнего каркаса [1]. Экзоскелет представляет собой сложную систему, где есть механический прибор и человек. Прибор может выполнять как роль более сильного помощника, так и полностью заменять собой работу мышц человека. Однако движение человека сложный процесс, который необходимо перевести на язык алгоритмов. Экзоскелет должен «чувствовать» движения человека, «понимать» его намерения и быть безопасным. В то

же время движения экзоскелета, применяемого для реабилитации людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата, должны стимулировать активность мышц. Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки алгоритмов управления экзоскелетом [2].

Целью работы является кинематический анализ локомоций человека в режиме «присед-подъем» для отработки методики и разработки алгоритмов взаимодействия и управления экзоскелета с телом человека (в частности, с нижними конечностями).

Механизмы вставания и приседания – одни из неотъемлемых составляющих движений, которые необходимы человеку при ежедневной жизнедеятельности [3, 4]. Для людей с нарушением функций нижних конечностей и опорно-двигательного аппарата данный процесс становится затруднительным. Следовательно, важной задачей является анализ и синтез законов движения (углов поворота), управляющих угловых скоростей и ускорений звеньев системы «человек-экзоскелет». Для определения абсолютных углов были проведены экспериментальные исследования, позволившие найти зависимости углов во времени. При фиксации изменения углов во времени использовалась покадровая обработка видеозаписи эксперимента через равные малые промежутки времени.

При раскадровке использовался программный комплекс «Adobe Premier» из расчета 30 кадров на один цикл движения. Затем в программном комплексе «AutoCad» для каждого кадра проводились оси координат и с помощью векторов измерялись углы наклона звеньев. Далее результаты измерений записывались в таблицу «MS Office Excel», приведенную ниже.

Изменение углов во времени по результатам эксперимента

Номер кадра	Время, с	Углы между звеном и вертикалью, град		
		α (бедро)	β (голень)	φ (корпус)
1	0	171,78°	351,96°	187,32°
2	0,02	171,66°	351,78°	187,38°
3	0,04	171,46°	351,57°	187,95°
...
114	2,26	177,19°	357,28°	189,26°
115	2,28	177,29°	357,29°	189,11°
116	2,3	177,29°	357,29°	189,10°

Обработанные результаты эксперимента сопоставлены с результатами подобных исследований локомоций человека по сходным и отличающимся методикам, в том числе и с применением аппаратно-программных комплексов на основе датчиков углов и скоростей [1, 5-7]. Сравнение полученных показателей, как эмпирические кривые, управляющие функции углов, угловых скоростей и ускорений показало хорошее соответствие наших результатов и данных других исследователей.

Выводы. Экспериментальным путем получены законы движения, управляющие функции угловых скоростей и ускорений звеньев системы «человек-экзоскелет» для системы управления в режиме «присед-подъем». Сопоставление полученных результатов с данными, полученными другими авторами, показало хорошую достоверность результатов.

Работа выполнена в рамках реализации комплексного проекта «Создание высокотехнологичного производства многофункционального роботизированного экзоскелета медицинского назначения («РЭМ»), шифр 2017-218-09-1807, утверждённого по постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.

Литература

1. Экзоскелет-состояние проблемы и перспективы внедрения в систему абилитации и реабилитации инвалидов (Аналитический обзор) / А. А. Воробьев [и др.] // Волгоградский государственный медицинский университет. – 2015. – Вып. 2 (54). – С. 9-17.
2. Чигарев, А. В. Моделирование управляемого движения двуногого антропоморфного механизма / А. В. Чигарев, А. В. Борисов // Российский журнал биомеханики. – 2011. – Т. 15. – № 1. – С. 74-88.
3. Зацюрский, В. М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В. М. Зацюрский, А. С. Аруин, В. Н. Селуянов. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.

4. Бочаров, М. И. Частная биомеханика с физиологией движения [Текст]: монография / М. И. Бочаров. – Ухта: УГТУ, 2010. – 235 с.
5. Турлапов, Р. Н. Модели и алгоритмы управления движением экзоскелета для вертикализации и расширения функциональных возможностей человека // Рук. дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Курск: ФГБОУ ВО «Юго-Запад. гос. ун-т». – 2015. – 172 с.
6. Домрачев, Т. Б. Кинематика локомоций человека при вставании из седа и посадке на опору / Т. Б. Домрачев, К. С. Яшметов // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы III всероссийск. студ. конф. по ест.-научн. и технич. дисц. (Йошкар-Ола, 21-24 ноября 2017 г.): в 4 ч. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – Ч. 1. – С. 40-42.
7. Компьютерное моделирование регулярной ходьбы на основе кинематического анализа движений и синтеза алгоритмов управления экзоскелета / Ю. В. Лоскутов, А. В. Капустин, К. С. Ключев и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2017. – № 3 (35). – С. 47-60.

УДК 539.3

Жубрин А. Н., Куликов Ю. А., Чернышова О. И.
Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЁТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРЯМОГО ГИБКОГО СТЕРЖНЯ ПРИ ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ

***Аннотация.** Исследовано влияние усилий предварительного натяжения на поперечную жёсткость прямого гибкого стержня. Результаты точного и приближённого решений сопоставлены с данными физического эксперимента.*

***Ключевые слова:** гибкий стержень, продольно-поперечный изгиб.*

При проектировании мегасооружений особые требования предъявляются к перекрытиям. С одной стороны, они должны быть достаточно жёсткими, с другой, – иметь малый вес. Этим противоречивым требованиям удовлетворяют облегчённые висячие конструкции. Несущие элементы висячих конструкций работают на растяжение, что позволяет более полно использовать возможности материала и перекрывать значительные пространства. Вместе с тем им свойственна недостаточная устойчивость формы, связанная с малой поперечной жёсткостью. Одним из методов увеличения жёсткости является предварительное натяжение.

На примере гибкого стержня исследуем влияние усилий предварительного натяжения на его поперечную жёсткость. Результаты точного [1] и приближённого решений сопоставим с экспериментом.

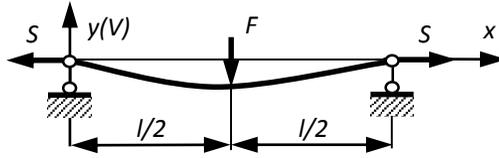


Рис. 1

Точное решение. Представим изгиб прямого стержня при совместном действии поперечной силы F и продольной растягивающей силы S (рис. 1). Для первого ($0 \leq x \leq l/2$) и второго ($l/2 \leq x \leq l$) участков запишем дифференциальные уравнения упругой линии:

$$EI_z V'' = M_z = SV - Fl/2 \quad \text{или} \quad V'' - p^2 V = -Fx/2EI_z; \quad (1)$$

$$EI_z V'' = M_z = SV - F(l-x)/2 \quad \text{или} \quad V'' - p^2 V = -F(l-x)/2EI_z$$

решения уравнений (1) имеют вид:

$$V(x) = C_1 ch px + C_2 sh px + Fx/2S, \quad (2)$$

$$V(x) = C_3 ch px + C_4 sh px + F(l-x)/2S.$$

Постоянные интегрирования определяются из граничных условий: при $x=0$ и $x=l$ прогибы $V=0$, а при $x=l/2$ прогибы $V_1=V_2$ и углы поворота $V_1'=V_2'$. Откуда $C_1=0$ и $C_2 = -\frac{F sh(pl/2)}{Sp sh(pl)}$.

В результате подстановки C_1 и C_2 в (2) при $x=l/2$ находим

$$V_{\max} = V_0 \left(\frac{k - th k}{k^3/3} \right), \quad \text{где} \quad V_0 = \frac{Fl^3}{48EI_z}, \quad k = \frac{pl}{2} = \frac{l}{2} \sqrt{\frac{S}{EI_z}}. \quad (3)$$

Приближённое решение. Считаем, что функция прогибов стержня при действии продольных и поперечных сил $V_{III}(x)$ подобна функции прогибов при действии только поперечных сил $V_{II}(x)$:

$$V_{III}(x) = \lambda V_{II}(x). \quad (4)$$

Здесь λ – коэффициент пропорциональности.

В свою очередь выражение для изгибающего момента запишем в виде алгебраической суммы моментов от действия силы F и силы S :

$$M_{III}(x) = M_{II}(x) - S V_{III}(x). \quad (5)$$

Используя дифференциальные уравнения упругой линии

$$EI_z V_{III}'' = -M_{III} \quad \text{и} \quad EI_z V_{II}'' = -M_{II}, \quad (6)$$

представим равенство (5) в виде

$$EI_z V_{II}'' - EI_z \lambda V_{II}'' + S \lambda V_{II} = 0$$

или
$$V_{II}'' + k^2 V_{II} = 0, \quad (7)$$

где
$$k^2 = \frac{\lambda S}{(1 - \lambda) EI_z}. \quad (8)$$

Решение дифференциального уравнения (7) имеет известный вид:

$$V_{II}(x) = C_1 \sin kx + C_2 \cos kx \quad (9)$$

Постоянные интегрирования C_1 и C_2 находятся из граничных условий: при $x = 0$ и $x = l$ прогибы $V_{II} = 0$.

Подставляя граничные условия в решение (9), получим $\sin kl = 0$. Откуда $kl = \pi n$. Тогда при $n = 1$ с учётом (8) имеем

$$(kl)^2 = \pi^2 = \frac{\lambda S l^2}{(1 - \lambda) EI_z}. \quad (10)$$

Обозначая $S_3 = \pi^2 EI_z / l^2$ – эйлерова сила, находим

$$\lambda = \frac{1}{1 + S/S_3} \quad \text{и} \quad V_{III} = \frac{V_{II}}{1 + S/S_3}. \quad (11)$$

Эксперимент. Воспользуемся стержнем с прямоугольным поперечным сечением $b \times h = 40 \times 2$ мм, длиной $l = 40$ см. Материал – оргстекло с модулем упругости $E = 3,25 \cdot 10^4$ кгГ/см² (определялся путём испытаний стержня на поперечный изгиб).

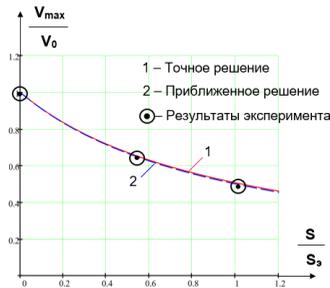


Рис. 2

Нагрузка прикладывалась ступенями: $F = 0, 20, 40, \dots, 120$ Г и $S = 0, 300, 600$ Г. Для замера прогибов V_{\max}^{\ominus} использовалась стандартная линейка с миллиметровой шкалой. На каждой ступени вычислялись приращения $\Delta V_{\max}^{\ominus}$, затем – их средние арифметические значения.

Полученные результаты показаны на рис. 2. Констатируем, с увеличением продольной силы S жёсткость стержня на изгиб увеличивается (V_{\max}^{\ominus}/V_0 уменьшается). Точное и приближённое решения хорошо согласуются друг с другом и соответствуют данным эксперимента.

Литература

1. Тимошенко, С. П. Сопrotивление материалов / С. П. Тимошенко. Т. 2. – М.: Наука, 1965. – 480 с.

УДК 621.86

Лагереv И. А., Шатунова Д. В.
Брянский государственный университет
имени академика И. Г. Петровского

ДЕМПФЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА ШАРНИРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МАНИПУЛЯТОРОВ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

***Аннотация.** В работе рассматриваются технические устройства для снижения ударных нагрузок при наличии люфта в шарнирных соединениях звеньев манипуляционных систем, а также математические модели для исследования динамики и проектирования таких устройств. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-79-10274).*

***Ключевые слова:** манипулятор, шарнир, люфт, демпферные устройства.*

Манипуляторы нашли широкое применение в качестве исполнительных органов мобильных машин, в том числе: краны-манипуляторы грузовых автомобилей, манипуляторы лесных машин. Манипуляторы представляют собой совокупность звеньев, соединенных цилиндрическими или призматическими шарнирами [1].

Цилиндрические шарнирные соединения манипуляторов мобильных машин представляют собой проушины, укрепленные на торцах смежных звеньев, соединенные шарнирным пальцем. В процессе эксплуатации

происходит износ проушин, что приводит к возникновению люфта в шарнире. Это приводит к увеличению динамических нагрузок, действующих в соединяемых звеньях. Кроме того, ресурс проушин и шарнирных пальцев сокращается в 4...5 раз.

Подобные задачи решаются для повышения точности позиционирования рабочих органов манипуляционных роботов (МР). Однако предлагаемые для МР технические решения не пригодны для манипуляторов мобильных машин [2].

В работе рассмотрены конструкции демпферных устройств (ДУ) для манипуляторов мобильных машин (рис. 1). Данные решения защищены патентами [3-5].

В ДУ простейшей конструкции (рис. 1, а, б) используются витые пружины. Для манипуляторов грузоподъемностью свыше 1 т предложены ДУ с кольцевыми упругими элементами (рис. 1, в), расположенными в один или несколько рядов. Для наилучшего гашения энергии предлагается использовать как пружины, так и гидравлические демпферы (рис. 1, г).

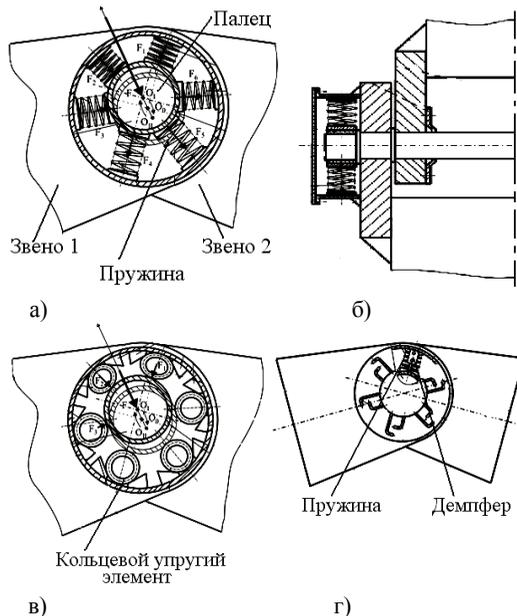


Рис. 1. ДУ: а, б – с пружинами; в – с кольцевыми упругими элементами; г – с пружинами и гидравлическими демпферами

Для исследования динамических процессов в манипуляторе с ДУ, разработана математическая модель (рис. 2) [1].

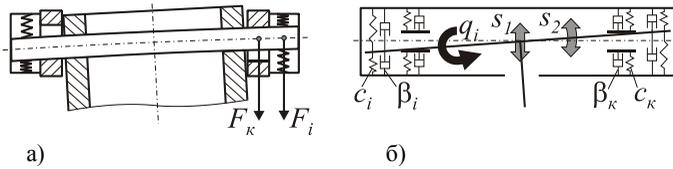


Рис. 2. Модель шарнира с демпферным устройством [1]:
а – рабочее состояние; б – расчетная схема

Силы сопротивления F_1 и F_2 , действующие со стороны амортизирующих элементов ДУ, определяются по формулам:

$$F_1 = -2(c_1 u_1 + \beta_1 \dot{u}_1); \quad F_2 = -2(c_2 u_2 + \beta_2 \dot{u}_2);$$

$$u_1 = s_1 - 0,5b \sin s_2; \quad \dot{u}_1 = \dot{s}_1 - 0,5b s_2 \cos s_2;$$

$$u_2 = s_1 + 0,5b \sin s_2; \quad \dot{u}_2 = \dot{s}_1 + 0,5b s_2 \cos s_2;$$

где u_i , \dot{u}_i – вертикальные перемещения и скорости левого и правого торца шарнирного пальца; s_i , \dot{s}_i – обобщенные координаты и скорости; b – расстояние между центрами ДУ; β_i , c_i – приведенные коэффициенты демпфирования и жесткости амортизирующих элементов (параметры ДУ).

Аналогичным образом определяются силы сопротивления F_k в зонах контакта шарнирного пальца и отверстий проушины. Наличие контакта проверяется при интегрировании уравнений движения системы.

Анализ результатов расчета для манипулятора мобильной машины АСТ-4-А показал, что повышение жесткости и (или) вязкости ДУ позволяет снизить (на 40...50 %) напряжения в звеньях манипулятора и ускорения груза. При этом увеличивается частота колебаний пальца. При относительно небольших коэффициентах жесткости (до 5 МПа/м) возможно повышение (на 10...20 %) динамических напряжений. Жесткость ДУ влияет только на амплитуду колебаний, а увеличение вязкости также вызывает запаздывание первого соударения пальца с поверхностью проушины.

Литература

1. Лагерев, И. А. Моделирование рабочих процессов манипуляционных систем мобильных многоцелевых транспортно-технологических машин и комплексов: монография / И. А. Лагерев. – Брянск: РИО БГУ, 2016. – 371 с.
2. Лагерев, И. А. Сравнительный анализ гидравлических кранов-манипуляторов транспортно-технологических машин и гидравлических манипуляторов

промышленных роботов / И. А. Лагерев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2016. – №3. – С. 16-43.

3. Пат. 160246 Рос. Федерация: МПК⁷ В66С23/64. Устройство для соединения секций грузоподъемной стрелы крано-манипуляторной установки / Лагерев А. В., Лагерев И. А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «БГУ им. ак. И. Г. Петровского». – №2014149984; заявл. 29.07.15; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 7. – 2 с.

4. Пат. 165377 Рос. Федерация: МПК⁷ В66С23/64. Устройство для соединения секций грузоподъемной стрелы крано-манипуляторной установки / Лагерев И. А., Ковальский В. Ф., Мильто А. А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «БГУ им. ак. И. Г. Петровского». – №2016116726; заявл. 27.04.16; опубл. 20.10.2016, Бюл. № 29. – 2 с.

5. Пат. 165378 Рос. Федерация: МПК⁷ В66С23/64. Устройство для соединения секций грузоподъемной стрелы крано-манипуляторной установки / Лагерев И. А., Ковальский В. Ф., Мильто А. А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «БГУ им. ак. И. Г. Петровского». – №2016114956; заявл. 18.04.16; опубл. 20.10.2016, Бюл. № 29. – 2 с.

УДК 612.766

Лушниченко Н. С.

Научный руководитель: Капустин А. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОИСК РАЗНООБРАЗИЯ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ МЕХАНИЗМА ЭКЗОСКЕЛЕТА МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В работе рассматриваются различные возможные варианты конструкций структурных (безмасштабных) схем экзоскелета медицинского назначения.

Ключевые слова: экзоскелет, структурный синтез.

Экзоскелет медицинского назначения предназначен для помощи больным с нарушениями опорно-двигательного аппарата, он может быть использован как вспомогательный, так и полностью повторяющий локомоторные движения человека.

Цель работы: осуществить синтез структурных схем механизма экзоскелета медицинского назначения, а также его элементов для создания многообразия технических решений конструкций экзоскелета.

Для структурного синтеза рассмотрим скелет человека нижней части туловища рис. 1. Кости человека будем рассматривать как твердые звенья, мышцы как приводы одностороннего действия, рис. 1а. Заменяя сложную конструкцию костей человека прямыми звеньями и сочленив их вращательными кинематическими парами получим незамкнутую шарнирную схему с шестью степенями свободы (модель Ханавана).

Посредством вариативной замены вращательных кинематических пар поступательными, изменением формы звеньев, введением дополнительных замкнутых кинематических цепей были получены различные структурные схемы экзоскелета медицинского назначения.

На рис. 2 представлены структурные схемы экзоскелета в различных вариантах исполнения.

На рис. 2а структурная схема с двумя приводами M_1 и M_2 в тазобедренном и коленном суставах, голеностопный сустав содержит упругую связь c . Рис. 2б привод в коленном суставе исполнен в виде четырехзвенника. Крутящий момент привода приложен к винтовой кинематической паре между двумя противоположными шарнирами. Аналогичное исполнение шарнира можно реализовать и для тазобедренного сустава.

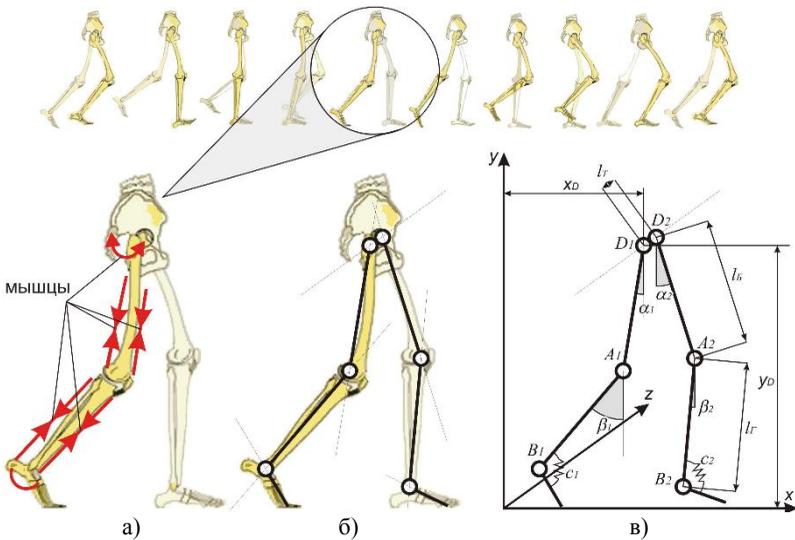


Рис. 1. Этапы перехода от скелета опорно-двигательного аппарата человека к структурной схеме экзоскелета

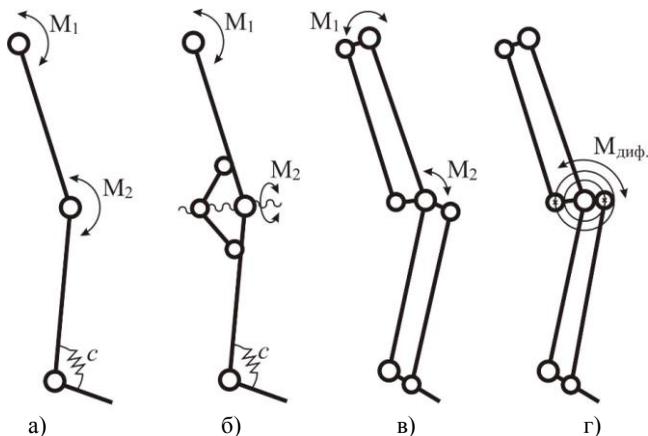


Рис. 2. Структурные схемы механизма экзоскелета человека

На рис. 2а структурная схема с двумя приводами M_1 и M_2 в тазобедренном и коленном суставах, голеностопный сустав содержит упругую связь c . Рис. 2б привод в коленном суставе исполнен в виде четырехзвенника. Крутящий момент привода приложен к винтовой кинематической паре между двумя противоположными шарнирами. Аналогичное исполнение шарнира можно реализовать и для тазобедренного сустава. Рис. 2в бедренная и берцовые кости исполнены в виде шарнирного четырехзвенника, каждый из которых имеет собственный привод M_1 и M_2 . Рис. 2г схема аналогична предыдущей схеме за тем исключением, что привод $M_{диф.}$ осуществляется при помощи дифференциального механизма, установленного в коленном суставе. Также возможны и другие варианты исполнения.

Созданное многообразие структурных схем позволяет принимать оптимальное решение при выборе конструкции экзоскелета. Каждая схема имеет свои преимущества и недостатки, выбор схемы целиком зависит от назначения и параметров работы экзоскелета.

Литература

1. Теория механизмов и механика машин [Текст]: [учеб. для студентов вузов по направлениям подгот. дипломиров. специалистов «Машиностроит. технологии и оборудование», «Технол. машины и оборудование»] / К. В. Фролов и др.; под ред. К. В. Фролова. – Изд. 5-е, стер. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 662 с.
2. Компьютерное моделирование регулярной ходьбы на основе кинематического анализа движений и синтеза алгоритмов управления экзоскелета / Ю. В. Лоскутов, А. В. Капустин, К. С. Ключев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2017. – № 3 (35). – С. 47-60.

Соковнина А. А., Соковнина Е. А., Шлычков С. В.
 Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ

Аннотация. Представлена экспериментальная методика определения диссипативных свойств древесины в диапазоне низших и средних частот. Для двух образцов построены амплитудно-частотные характеристики, определены упругие константы и вычислены декременты колебаний для двух низших изгибных форм. Установлено уменьшение декремента с повышением частоты колебаний.

Ключевые слова: декремент колебаний, амплитудно-частотная характеристика, диссипативные свойства, собственная частота.

Введение. В настоящее время для идентификации упругих и диссипативных свойств древесины существует метод [1]. Этот достаточно трудоемкий подход применим только для определения декремента колебаний на низшей собственной частоте. Анализ и исследование параметров затухания обертонов становится невозможным, поскольку размеры стандартного образца, способ его закрепления не позволяют исследовать его обертона. Однако для построения адекватной диссипативной модели реальной конструкции [2] эта информация необходима. Таким образом, представляется актуальным разработка подходов, позволяющих это осуществить. Для проведения экспериментальных исследований использована специальная

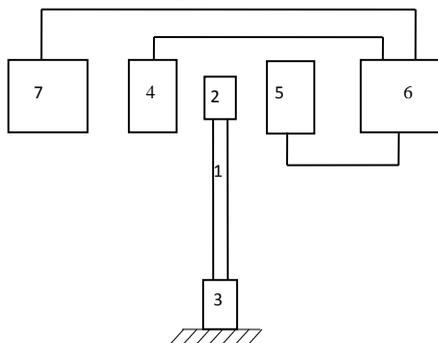


Рис. 1. Установка для определения упруго-диссипативных свойств материалов

установка [3] в сочетании с персональным компьютером.

Эксперимент. Принципиальная схема устройства для анализа диссипативных свойств изображена на рис. 1.

На образец 1 плотно надевается металлический колпачок 2, затем один конец образца закрепляется в станине прибора с помощью зажимного устройства 3. На электромагнитный датчик 4 подается гармонический сигнал заданной частоты с

выхода звуковой платы ПК 6. Таким образом, возбуждаются его механические колебания.

Посредством электромагнитного датчика 5 сигнал от колеблющегося колпачка поступает на вход звуковой платы ПК 6 и колебательный процесс отображается на экране монитора 7 посредством графопостроительной программы. Имеется возможность варьировать частоту и интенсивность колебаний. В случае прекращения подачи сигнала на электромагнитный вибратор 4 образец переходит в режим затухающих колебаний (рис. 2).

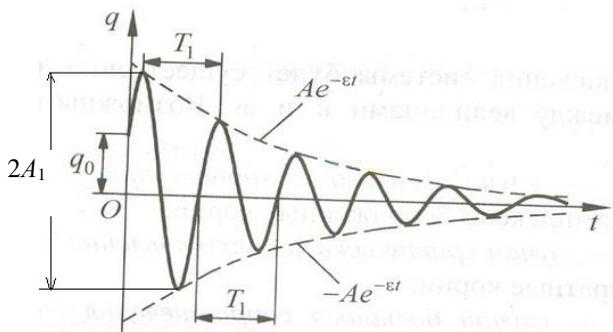


Рис. 2. Кривая затухающих колебаний

Дальнейший анализ полученной затухающей кривой позволяет делать выводы о диссипативных свойствах образца. Определяется величина амплитуд колебаний на виброграмме. С помощью представленных формул определяется декремент колебаний.

$$d^{k-1} = \frac{A_k}{A_1}; \Delta = \frac{1}{d}; k = 11.$$

В таблицах 1 и 2 представлены результаты экспериментов, полученные для двух образцов из разных пород древесины. В табл. 1 колпачок закреплен на свободном конце образца (рис. 1). В табл. 2 представлены результаты для образцов с колпачком, закрепленным посередине его длины. Это сделано для возбуждения второй изгибной формы колебаний.

Таблица 1

Образец	Величина силы	Первая частота [Гц]	Декремент	Вторая частота [Гц]	Декремент
1	F_{\max}	61	1,05	614	1,27
	F_{\min}		1,45		
2	F_{\max}	39	1,09	440	1,02
	F_{\min}		1,08		1,04

Таблица 2

Образец	Величина силы	Первая частота [Гц]	Декремент	Вторая частота [Гц]	Декремент
1	F_{\max}	95	1,07	480	1,04
	F_{\min}		1,34		
2	F_{\max}	70	1,3	385	1,02
	F_{\min}		1,22		1,03

Установлено, что диссипативные свойства древесины не одинаковы, они зависят от частоты колебаний. С увеличением частоты величина декремента уменьшается. Это характерно для исследованных пород древесины и не зависит от величины амплитуд колебаний.

В заключение следует отметить, что представленную методику определения диссипативных свойств можно использовать для достаточно широкого спектра материалов, в ту или иную сторону изменяя размеры образцов, для получения удовлетворительной затухающей кривой. Также следует придерживаться традиционных методов: возбуждать колебания на резонансной частоте образца, в противном случае результаты меняются.

Литература

1. ГОСТ 16483.31-74. Древесина. Резонансный метод определения модулей упругости и сдвига и декремента колебаний.
2. Шлычков, С. В. Влияние породы древесины на качество акустических панелей / С. В. Шлычков // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2016. – Т.20, № 4. – С. 60-63.
3. Шлычков, С. В. Методика оценки упруго-диссипативных характеристик материалов / С. В. Шлычков // Сб. мат. Всерос. научн. конф. «Механика композиционных материалов и конструкций сложных и гетерогенных сред». Москва, 2015 г. – М.: ИПРИМ РАН, 2015. – С. 311-313.

Чернышова О. И., Лоскутов Ю. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТ МКЭ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФЕРМЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ

Аннотация. Построена расчетная схема пространственной фермы с заданной нагрузкой. Определены геометрические размеры и материалы фермы, при которых конструкция проходит по ИПС, 2ПС и МУ

Ключевые слова: деформации, напряжения, МКЭ, Лира-САПР 2013.

Для уменьшения расхода применяемых материалов и облегчения конструкций в современном строительстве широко используются фермы. В основном они служат для перекрытия больших пролётов. Например, в строительных большепролётных конструкциях (типа мостов), стропильных системах промышленных зданий, спортивных сооружений, а также при возведении небольших лёгких строительных и декоративных конструкций: павильонов, подиумов, сценических конструкций, тентов и т. п. Поэтому задача оценки прочности и жесткости ферм представляется достаточно актуальной.

Целью работы является оценка прочности и жесткости пространственной фермы, предназначенной для приложения осевых нагрузок на стенки резервуара. Предусмотрено: разработка расчетной схемы и выбор конечного элемента, учет силовых и кинематических граничных условий, расчетная оценка прочностных и жёсткостных свойств конструкции.

В результате не предусмотренного режимами эксплуатации силового нагружения резервуар получил остаточные деформации стенки. Было принято решение выпрямить геометрию с помощью гидравлических прессов, закрепленных на пространственной ферме. Расчетная схема представлена на рис. 1. Заданы сечения верхнего и нижнего поясов, решетки.

Расчет проведен при помощи программного комплекса ЛИРА САПР-2013 [1] по нормам СП16.13330.2011 [2]. Для вычислений использованы конечные элементы КЭ10, имеющие 6 степеней свободы.

Универсальный стержневой КЭ изображен на рис. 2. Стержень имеет местную правую декартову систему координат X_1, Y_1, Z_1 , в которой определяются усилия и задается местная нагрузка. Ось X_1 направлена по продольной оси стержня от начала (первый узел) к концу (второй узел).

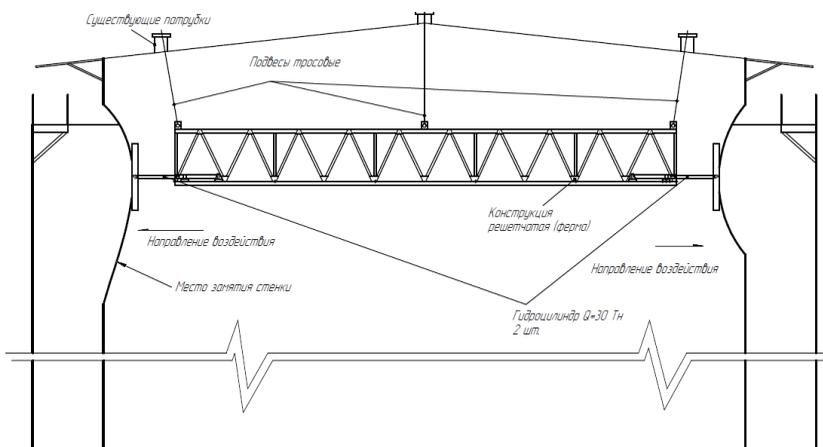


Рис. 1. Схема закрепления, нагрузки

Оси Y_1 и Z_1 являются главными центральными осями инерции. Ось Z_1 всегда направлена в верхнее полупространство. По умолчанию полагается, что у произвольно ориентированных стержней ось Y_1 параллельна горизонтальной плоскости XOY глобальной системы координат, а у вертикальных стержней – параллельна оси Y глобальной системы координат и направлена в противоположную сторону.

Предусмотрены следующие варианты крепления стержневых элементов к узлам схемы:

- при помощи абсолютно жестких вставок вдоль местных осей;
- при помощи снятия связи по любому направлению. Снятие линейной связи обеспечивает проскальзывание, снятие угловой связи – свободный поворот, то есть цилиндрический шарнир.

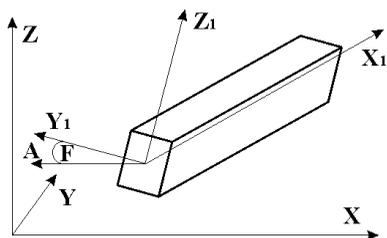
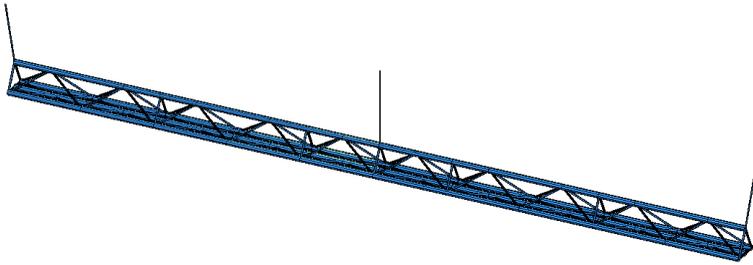


Рис. 2. Универсальный стержень

Матрица жесткости строится для гибкой части стержня. Привязки сосредоточенной и трапециевидной нагрузок задаются относительно упругой части стержня, т. е. возможны отрицательные значения.

Конечный элемент может работать во всех конечно-элементных схемах, применяемых при



расчете стержневых конструкций.

Для более точного расчета шарниры в узлах пересечения элементов не моделировались. Нагрузки учитывает собственный вес и осевое нагружение величиной 30 тс. Полученные в результате расчета МКЭ напряжения и деформации в элементах сопоставлены с допустимыми значениями. Жесткость конструкции в предложенном варианте не обеспечена. Разработаны рекомендации по материалу и размерам элементов фермы.

Вывод. Построена расчетная схема пространственной фермы с заданной нагрузкой. Определены геометрические размеры и материалы фермы, при которых конструкция проходит по 1ПС, 2ПС и МУ.

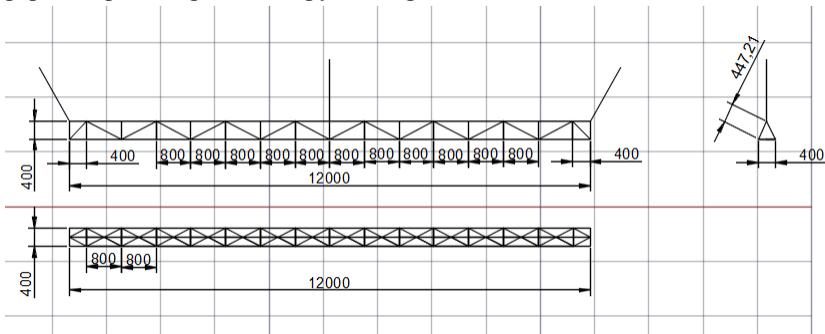


Рис. 3. Вид 3D и размеры конструкции

Литература

1. Городецкий, А. С. Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – Киев: Факт, 2009. – 344 с.
2. СП 63.13330.2011. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М.: Минрегион России. 2012. – 161 с.

УДК 539.376

Андреев Д. А. Иванов Д. А., Иванов С. П.
Поволжский государственный технологический университет

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ БАЛОК

Аннотация. В данной работе рассматриваются свободные колебания балок, имеющих прогибы, сравнимые с высотой поперечного сечения.

Ключевые слова: свободные колебания, геометрическая нелинейность.

Цель работы заключается в составлении дифференциальных уравнений свободных колебаний балок при больших прогибах w , когда концы балок не имеют перемещений u в направлении оси x (рис. 1) (крепления концов не показаны).

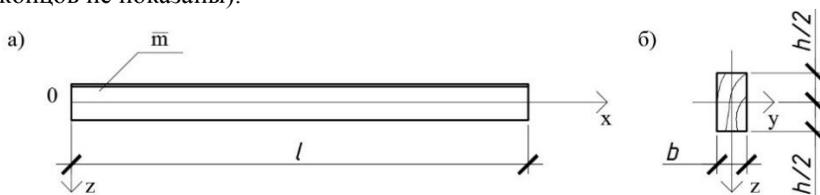


Рис. 1. Схема балки с распределенной массой \bar{m} (а); поперечное сечение (б)

Зависимость между напряжением σ и деформацией ε принимаем линейной в виде:

$$\sigma = E\varepsilon, \quad (1)$$

где E – модуль упругости.

При несмещающихся концах принимаем деформацию в следующей форме:

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

Здесь приняты такие обозначения:

$$u_x = \frac{\partial u}{\partial x}; \quad w_x = \frac{\partial w}{\partial x}; \quad w_{xx} = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \quad (3)$$

$$w = w(x, t); \quad u = u(x, t); \quad t - \text{время.}$$

Для вывода уравнений используем энергетический метод. Запишем полную энергию Π системы, которая состоит из потенциальной энергии U и кинетического потенциала K :

$$\Pi = U + K. \quad (4)$$

Здесь

$$U = \int_t^{\frac{h}{2}} \int_x^{\frac{\varepsilon}{2}} \int \sigma d\varepsilon dz dx dt, \quad K = \int_t^{\frac{h}{2}} \int_x^{\frac{\varepsilon}{2}} \bar{m} \frac{w_t^2}{2} dx dt. \quad (5)$$

С учетом (2), (3) и (5) получим полную энергию, выраженную через перемещения и их производные.

Определим экстремальное значение Π , используя уравнения Эйлера-Лагранжа:

$$-\frac{\partial^2}{\partial x^2} \frac{\partial F}{\partial w_{xx}} + \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial F}{\partial w_x} + \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial F}{\partial w_t} = 0; \quad \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial F}{\partial u_x} = 0, \quad (6)$$

где F – подынтегральная функция (4).

Раскрывая (6), получим систему нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных для исследования свободных колебаний балок:

$$w_{xxxx} + \frac{\bar{m}}{EI} w_{tt} = \frac{A}{I} \left(\frac{3}{2} w_x^2 w_{xx} + u_{xx} w_{xx} + u_x w_{xx} \right); \quad (7)$$

$$u = -w_x w_{xx},$$

где $A = b \cdot h$, $I = b \cdot h^3 / 12$.

Уравнения (7) решаются совместно с граничными условиями на концах балки.

В качестве примера исследуем свободные колебания балки, когда края опираются на шарнирно неподвижные опоры. Запишем граничные условия:

$$\begin{aligned} \text{При } x=0, \quad w(0) &= 0; & \text{При } x=l, \quad w(l) &= 0; \\ w_{xx}(0) &= 0; & w_{xx}(l) &= 0; \\ u(0) &= 0; & u(l) &= 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Для решения используем теорию рядов. Задаемся в первом приближении, согласно (8):

$$w = w_1(t) \sin \frac{\pi x}{l}; \quad u = u_1(t) \sin \frac{2\pi x}{l}. \quad (9)$$

Подставляя (9) в (7) и ортогонализируя, получаем обыкновенное нелинейное дифференциальное уравнение:

$$-\frac{\bar{m}}{EI} w_{1,tt} = \frac{\pi^4}{l^4} w_1 + \frac{A}{I} \frac{\pi^4}{4l^4} w_1^3. \quad (10)$$

Здесь $w_1 = w_1(t)$.

Данное уравнение можно решить численно, используя метод Рунге-Кутты. Получим зависимость между частотой нелинейных колебаний и амплитудой. Пусть балка совершает гармонические колебания:

$$w_1(t) = w_{11} \sin \omega t. \quad (11)$$

Подставляя (11) в (10) и ортогонализируя с учетом

$$\int_0^{2\pi/\omega} \sin^2 t dt = \frac{\pi}{\omega}; \quad \int_0^{2\pi/\omega} \sin^4 t dt = \frac{3}{4} \frac{\pi}{\omega}, \quad (12)$$

получим

$$\mu = 1 + \frac{A}{4I} w_{11}^2 = 1 + \frac{3}{h^2} w_{11}^2, \quad (13)$$

где $\mu = \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2$ – отношение частоты нелинейных свободных колебаний к частоте линейных колебаний.

Строим график зависимости μ от амплитуды w_{11} колебаний.

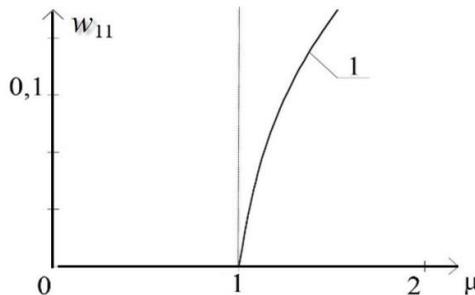


Рис. 2. График зависимости μ от амплитуды нелинейных колебаний

Выводы.

1. Получены дифференциальные уравнения свободных колебаний балки при прогибах, сравнимых с высотой поперечного сечения.
2. Из рис. 2 видно, что при нелинейных колебаниях частота зависит от амплитуды колебаний (кривая 1).

Ахметзянова Д. Р., Иванов С. П.
 Поволжский государственный технологический университет

ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ БАЛОК

Аннотация. Рассматривается продольно-поперечный изгиб балок, имеющих нелинейную диаграмму деформирования.

Ключевые слова: изгиб, сжатие, физическая нелинейность.

В современном строительстве широко используются различные материалы. Часть из них обладает физической нелинейностью [1].

Цель работы: исследовать влияние физической нелинейности материала на продольно-поперечный изгиб балки.

Зависимость между напряжениями σ и деформациями ε принимаем в виде кубической параболы:

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

где E , E_1 – постоянные, принимаются по экспериментальным данным.

Деформации при изгибе определяются по формуле:

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

где $w = w(x)$ – величина прогиба балки.

Пусть на элемент балки действует равномерно распределенные поперечная нагрузка q и продольная сила P .

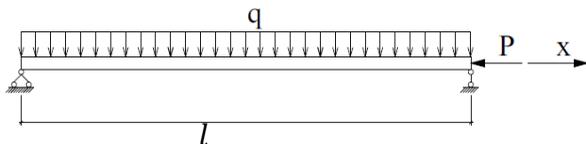


Рис. 1. Схема действующих нагрузок на балку

Составим полную энергию Π деформирования балки, состоящую из работы внутренних и внешних сил:

$$\Pi = \int_0^l \left(\int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \int_0^\varepsilon \sigma b d\varepsilon dz - qw - \frac{P \cdot w_x^2}{2} \right) dx. \quad (3)$$

Учитывая (1) и (2), получим полную энергию, выраженную через перемещения u , w и их производные.

Определим экстремальное значение полной энергии, используя уравнение Эйлера-Лагранжа:

$$-\frac{d^2}{dx^2} \frac{\partial F}{\partial w_{xx}} + \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial w_x} - \frac{\partial F}{\partial w_x} = 0, \quad (4)$$

где F – подынтегральная функция (3).

Раскрывая (4), получим нелинейное дифференциальное уравнение равновесия балки в перемещениях:

$$EIw_{xxxx} + Pw_{xx} = q + \frac{E_1 b}{4} \left[\frac{3}{20} h^5 (2w_{xx} w_{xx}^2 + w_{xx}^2 w_{xxxx}) \right]. \quad (5)$$

Уравнение (5) можно решить численно или в рядах с учетом граничных условий на концах балки.

Выполним расчет шарнирно-опертой балки (рис. 1) на действие равномерно распределенной нагрузки q продольной силы P .

Согласно граничным условиям на концах балки, задаемся решением уравнения (5) в первом приближении в виде одного члена тригонометрического ряда:

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

Здесь w_1 – величина прогиба центральной части балки.

Подставляя (6) в (5) и ортогонализируя, получим нелинейное алгебраическое уравнение. Решая его методом последовательных приближений, получим зависимость между прогибом w и действующими нагрузками q и P :

$$w_0 = \frac{4ql}{Ebh^3 \frac{\pi^5}{12l^3} - \frac{P\pi^3}{l}}. \quad (7)$$

Получаем линейное решение w_0 , а затем нелинейное – w в первом приближении:

$$w = w_0 + \frac{9}{160} \frac{\pi^8 E_1 b h^2 w_0^3}{El^8 \left(\frac{\pi^4}{l^4} - \frac{12P\pi^2}{Ebh^3 l^2} \right)} w_0^3. \quad (8)$$

На основе уравнения (8) построены графики зависимости нагрузка P – прогиб w (рис. 2) при следующих геометрических и физических параметрах балки: размеры поперечного сечения $b \times h = 0,6 \times 0,6$ м; длина $l = 12$ м; степень физической нелинейности $E_1/E = 10^3$.

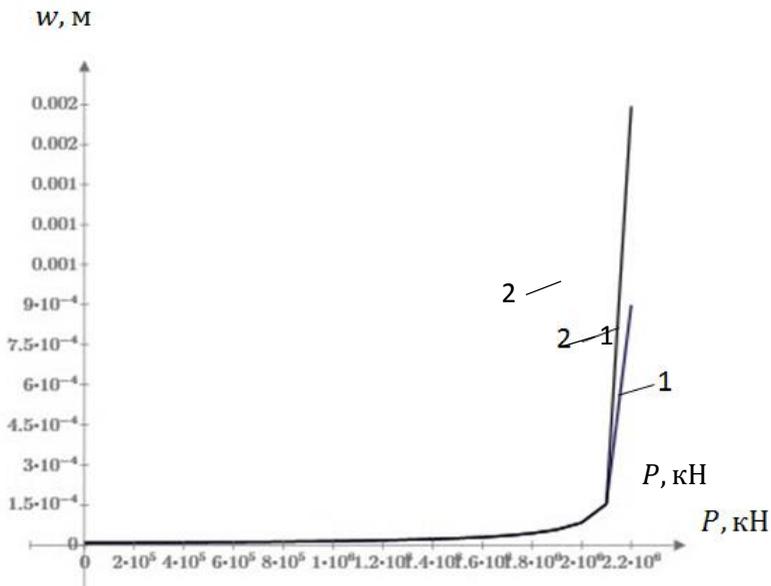


Рис. 2. График зависимости прогиба от нагрузки: 1 – по линейной теории; 2 – с учетом физической нелинейности

Выводы:

1. при приближении внешней нагрузки к значению $P_{кр} = (\pi^2 EI) / l^2$ величина прогиба стремится к бесконечности.
2. при учете физической нелинейности материала график зависимости прогиба от нагрузки смещается в левую сторону (кривая 2 на рис. 2).
3. в физически нелинейной балке потеря устойчивости наступает раньше, чем в упругой. Кривая 2 раньше стремится к бесконечности по сравнению с кривой 1.

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.

Габдуллин М. Р., Зыкова А. А., Иванов О. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ БАЛКИ С КОНЕЧНЫМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ

Аннотация. Исследуется влияние степени свободы на частоту свободных колебаний балки.

Ключевые слова: частота, степень свободы, свободные колебания.

Рассмотрим в качестве объекта исследования систему с конечным числом степеней свободы упругую невесомую балку жесткостью EJ с сосредоточенными массами, представленными на рис. 1 (a – с одной степенью свободы, b – с двумя степенями свободы, b – с тремя степенями свободы, z – с пятью степенями свободы).

Уравнение свободных колебаний относительно амплитуд записывается в виде:

$$\begin{cases} (\delta_{11} \cdot m_1 - \frac{1}{\omega^2}) \cdot y_1 + \delta_{12} \cdot m_2 \cdot y_2 + \dots + \delta_{1n} \cdot m_n \cdot y_n = 0; \\ \delta_{21} \cdot m_1 \cdot y_1 + (\delta_{22} \cdot m_2 - \frac{1}{\omega^2}) \cdot y_2 + \dots + \delta_{2n} \cdot m_n \cdot y_n = 0; \\ \dots \quad \dots \quad \dots \\ \delta_{n1} \cdot m_1 \cdot y_1 + \delta_{n2} \cdot m_2 \cdot y_2 + \dots + (\delta_{nn} \cdot m_n - \frac{1}{\omega^2}) \cdot y_n = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Решение системы (1) получится ненулевым, только если определитель, составленный из коэффициентов при амплитудах, равен нулю.

$$D = \begin{vmatrix} \delta_{11} \cdot m_1 - \frac{1}{\omega^2} & \delta_{12} \cdot m_2 & \dots & \delta_{1n} \cdot m_n \\ \delta_{21} \cdot m_1 & \delta_{22} \cdot m_2 - \frac{1}{\omega^2} & \dots & \delta_{2n} \cdot m_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1} \cdot m_1 & \delta_{n2} \cdot m_n2 & \dots & \delta_{nn} \cdot m_n - \frac{1}{\omega^2} \end{vmatrix} = 0, \quad (2)$$

где $n=1,2,3,\dots,W$ (W – степень свободы).

На основании векового уравнения (2), раскрывая определитель, получаем алгебраическое уравнение n -ой степени, решая его, определяем частоты свободных колебаний. Уравнение имеет n действительных корней, каждый из которых отвечает соответствующей частоте собственных колебаний. Частоты располагаются в порядке их возрастания, т. е. $\omega_1 \leq \omega_2 \leq \omega_3 \leq \dots \leq \omega_n$. Наименьшая частота называется основной частотой.

Неизвестные коэффициенты δ_{ij} находим методом Верещагина. Для этого строим эпюры изгибающих моментов от действия единичных сил, приложенных по направлениям возможных перемещений грузов при колебаниях.

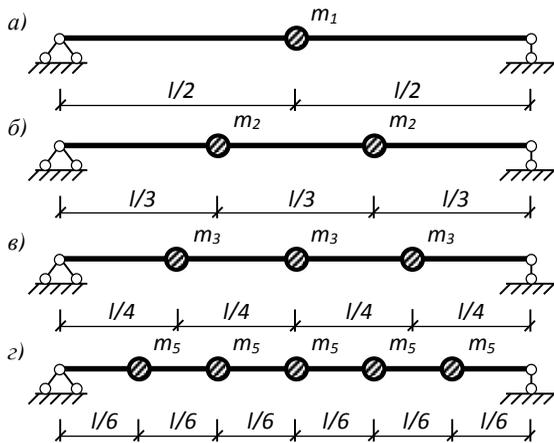


Рис. 1. Расчетная схема

Найдем основную частоту свободных колебаний, рассматривая балки с сосредоточенными массами $m_1 = m_2 = \dots = m_n = m$.

а) Для системы с одной степенью свободы рис. 1, а:

$$\delta_{11} \cdot m_1 - \frac{1}{\omega^2} = 0; \quad \omega_1 = 6,93 \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}}.$$

б) Для системы с двумя степенями свободы рис. 1, б):

$$D = \begin{vmatrix} \delta_{11} \cdot m - \frac{1}{\omega^2} & \delta_{12} \cdot m \\ \delta_{21} \cdot m & \delta_{22} \cdot m - \frac{1}{\omega^2} \end{vmatrix} = 0; \quad \omega_1 = 5,69 \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}}.$$

в) Для системы с тремя степенями свободы рис. 1, в):

$$\omega_1 = 4,933 \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}} .$$

г) Для системы с пятью степенями свободы рис. 1, з:

$$\omega_1 = 4,025 \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}} .$$

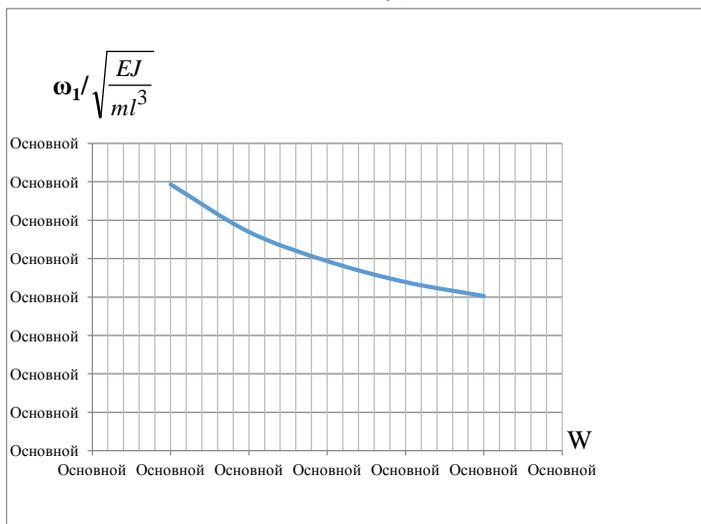


Рис. 2. Зависимость частоты от степени свободы

Из анализа полученных результатов (рис. 2) видно, что с увеличением степени свободы системы уменьшается частота свободных колебаний балки, а при степени свободы $W=\infty$ – частота свободных колебаний $\omega=0$. Это связано с тем, что и масса системы увеличивается бесконечно.

Литература

1. Иванов, С. П. Строительная механика. Часть III. Устойчивость, динамика и предельное состояние: курс лекций / С. П. Иванов, О. Г. Иванов. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2010. – 108 с.
2. Леонтьев, Н. Н. Основы строительной механики стержневых систем: учебник / Н.Н. Леонтьев и др. – М.: изд-во АСВ, 1996. – 541 с.
3. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики: учеб. пособие для вузов / Г. К. Клейн и др. – М.: Высшая школа, 1972. – 320 с.

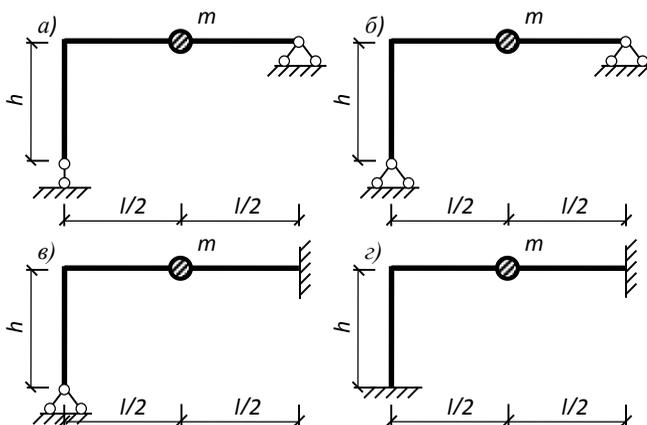
Гладырев Д. С., Дегтярёв В. Л., Иванов О. Г., канд. техн. наук, доцент
 Поволжский государственный технологический университет

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ Г-ОБРАЗНОЙ РАМЫ

Аннотация. Исследуется влияние степени статической неопределённости на частоту свободных колебаний балки.

Ключевые слова: рама, колебания, статическая неопределённость.

Рассмотрим в качестве объекта исследования систему с одной степенью свободы: Г-образную раму с одинаковыми жесткостями стержней EJ , с одной сосредоточенной массой, представленную на рисунке (a – статически определимая рама, $b, в, г$ – статически неопределимые рамы). Степень статической неопределённости n повышается путем добавления опорных связей.



Расчетная схема: $a)$ при $n=0$, $б)$ при $n=1$, $в)$ при $n=2$, $г)$ при $n=3$

Частота свободных колебаний системы с одной степенью свободы определяется по формуле:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{\delta_{11} \cdot m}}.$$

Единичные перемещения δ_{11} находим методом Верещагина. Для этого строим эпюры изгибающих моментов от действия единичных сил, приложенных по направлениям возможных перемещений грузов при колебаниях. При $h=a$, $l=2a$, получаем следующие результаты:

$$\begin{aligned} 1) \text{ при } n=0: \omega &= 2,45 \sqrt{\frac{EJ}{ma^3}}, & 2) \text{ при } n=1: \omega &= 3,10 \sqrt{\frac{EJ}{ma^3}}, \\ 3) \text{ при } n=2: \omega &= 4,30 \sqrt{\frac{EJ}{ma^3}}, & 4) \text{ при } n=3: \omega &= 5,12 \sqrt{\frac{EJ}{ma^3}}. \end{aligned}$$

Из анализа полученных результатов следует, что с увеличением степени статической неопределимости возрастает и частота свободных колебаний.

Литература

1. Иванов, С. П. Строительная механика. Часть III. Устойчивость, динамика и предельное состояние: курс лекций / С. П. Иванов, О. Г. Иванов. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2010. – 108 с.
2. Леонтьев, Н. Н. Основы строительной механики стержневых систем: учебник / Н. Н. Леонтьев и др. – М: изд-во АСВ, 1996. – 541 с.

УДК 539.376

Иванов С. П., Волкова М. Ю., Иванова А. С.
Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТ БАЛОК С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОПЕРЕЧНЫХ И ПРОДОЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ НАГРУЗОК

Аннотация. Рассматривается сжатие с изгибом балки из материала, имеющего нелинейную диаграмму деформирования.

Ключевые слова: изгиб, сжатие, физическая нелинейность.

В современном строительстве широко используются различные материалы. Часть из них обладает физической нелинейностью [1].

Цель работы: исследование влияния физической нелинейности материала на напряженно-деформированное состояние балки.

Зависимость между напряжениями σ и деформациями ϵ принимаем в виде кубического полинома:

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

где E, E_1 – постоянные, принимаются по экспериментальным данным.

Деформации при изгибе определяются по формуле:

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

где u, w – соответственно продольные перемещения и прогибы точек в балке.

Пусть на элемент балки действуют равномерно распределенные поперечная q_z и продольная q_x нагрузки.

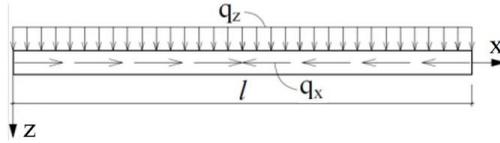


Рис. 1. Схема действующих нагрузок на балку

Составим полную энергию Π , состоящую из работы внутренних и внешних сил:

$$\Pi = \int_x \left(\int_{-h/2}^{h/2} \int_0^\varepsilon \sigma b d\varepsilon dz dx - q_z w - q_x u \right) dx. \quad (3)$$

Учитывая (1) и (2), получим полную энергию, выраженную через перемещения u, w и их производные.

Определим экстремальное значение полной энергии, используя уравнение Эйлера-Лагранжа:

$$\frac{d^2}{dx^2} \frac{\partial F}{\partial w_{xx}} + \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial w_x} - \frac{\partial F}{\partial w} = 0; \quad (4)$$

$$\frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial u_x} - \frac{\partial F}{\partial u} = 0,$$

где F – подинтегральная функция (3).

Раскрыв уравнения (4), получим систему нелинейных дифференциальных уравнений равновесия балки в перемещениях:

$$EI w_{xxxx} = q_z + \Phi_1^{нел.}; \quad EA u_{xx} = q_x + \Phi_2^{нел.}. \quad (5)$$

Здесь $\Phi_1^{нел.}$ и $\Phi_2^{нел.}$ – члены, учитывающие физическую нелинейность материала; $I = b \cdot h^3/12$; $A = b \cdot h$; b и h – соответственно ширина и высота поперечного сечения балки.

Уравнения (5) можно решить численно или в рядах с учетом граничных условий на концах балки.

Выполним расчет балки, на которую действуют равномерно распределенные нагрузки $q_z = q_x = q$. Вдоль оси x нагрузки действуют в противоположных направлениях до среднего сечения балки (рис. 1).

Для балки с шарнирно закрепленными концами принимаем:

$$w = w_1 \sin \lambda x; \quad u = u_1 \sin 2\lambda x, \quad (6)$$

где $\lambda = \pi / l$.

Решаем уравнение в рядах в первом приближении.

Подставляем (6) в (5) и ортогонализируем, получаем систему нелинейных алгебраических уравнений:

$$w_1 = 4 \frac{q_z}{\pi \lambda^4 EI} + 6 \frac{E_1 \lambda^2}{E} \left(\frac{3}{128} h^2 \lambda^2 w_1^3 - 33 u_1^2 w_1 \right); \quad (7)$$

$$u_1 = \frac{q_x}{\pi \lambda^2 EA} - 0,125 \frac{E_1 \lambda^2}{E} (24 u_1^3 + h^2 \lambda^2 u_1 w_1^2)$$

Решаем систему уравнений (7) методом последовательных приближений:

$$\begin{aligned} w_1 &= w_{10} + w_{11} + \dots; \\ u_1 &= u_{10} + u_{11} + \dots \end{aligned} \quad (8)$$

Расчеты выполнены при следующих геометрических и физических параметрах: $b = h = 0,6$ м, $l = 6$ м, $E_1/E = 10^6$. Построены графики зависимости прогиба $w^* = w_1/h$ от нагрузки $Q = q/(Eh)$ (рис. 2).

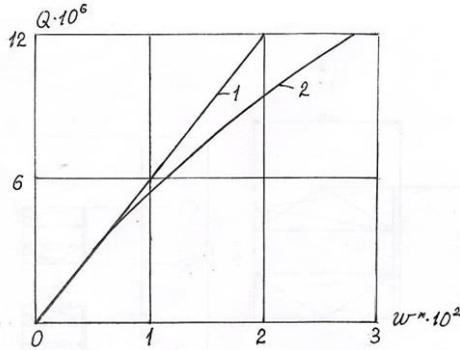


Рис. 2. Графики зависимости прогиба от нагрузки:
1 — по линейной теории; 2 — с учетом физической нелинейности

Из графиков видно, что физическая нелинейность оказывает существенное влияние на деформированное состояние балки (график 2 на рис. 2).

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.

УДК 539.376

Иванов С. П., Полянина Ю. С., Иванова А. С.

Поволжский государственный технологический университет

КОЛЕБАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ БАЛОК ИЗ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Рассмотрены свободные колебания балок при больших перемещениях. Балки изготовлены из материалов, имеющих нелинейную диаграмму деформирования. По результатам расчетов построены скелетные кривые при различных степенях физической нелинейности.

Ключевые слова: геометрическая нелинейность, физическая нелинейность, колебания, уравнение Эйлера-Лагранжа.

Конструкционные материалы обладают физической нелинейностью [1]. Большепролетные конструкции могут иметь перемещения, соизмеримые с геометрическими размерами некоторых элементов конструкций. Поэтому исследования в данной области являются актуальными.

Цель работы: получить дифференциальные уравнения свободных колебаний балок с учетом двойной нелинейности.

Рассмотрим балку с распределенной массой \bar{m} (рис. 1).

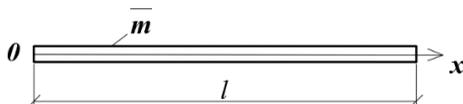


Рис. 1. Схема балки

Зависимость между напряжениями σ и деформациями принимаем в виде кубического полинома:

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

где E – начальный модуль упругости материала, E_1 – постоянная, учитывающая физическую нелинейность материала.

Если один из концов балки имеет свободное опирание (шарнирная подвижная опора) или свободен, то деформацию можно выразить через прогиб $w(x, t)$, где t – время:

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 - z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = \frac{1}{2} w_x^2 - z w_{xx}. \quad (2)$$

Для решения данной задачи определяем потенциальную энергию Π и кинетическую энергию K :

$$\Pi = \int \int_{t, x-h/2}^{h/2} \int_0^\varepsilon \sigma b \, d\varepsilon \, dz \, dx \, dt, \quad (3)$$

$$K = \int \int_{t, x} \frac{\bar{m} w_t^2}{2} \, dx \, dt, \quad (4)$$

где b и h – ширина и высота поперечного сечения балки, $w_t = \frac{\partial w}{\partial t}$.

Полную энергию L запишем в виде:

$$L = \Pi + K. \quad (5)$$

Подставляя (3) и (4) в (5) с учетом (1) и (2), получаем полную энергию L , выраженную через прогиб w и его производные.

Определяем экстремум полной энергии, используя уравнение Эйлера-Лагранжа:

$$-\frac{\partial^2}{\partial x^2} \frac{\partial F}{\partial w_{xx}} + \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial F}{\partial w_x} + \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial F}{\partial w_t} = 0, \quad (6)$$

где F – подынтегральная функция (5).

Раскрывая (6), получаем нелинейное дифференциальное уравнение свободных колебаний в частных производных.

Для балки с шарнирно закрепленными концами принимаем форму колебаний в виде синусоиды:

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

Подставляя (7) в составленное уравнение и ортогонализируя, получаем обыкновенное дифференциальное уравнение, которое зависит только от времени:

$$\begin{aligned} -\frac{\bar{m} l^4}{\pi^4 EI} w_{1,tt} = w_1 + \left(\frac{4,5}{h^2} - 0,1125 h^2 \frac{\pi^4}{l^4} \frac{E_1}{E} \right) w_1^3 - \\ - \frac{\pi^4}{l^4} \frac{E_1}{E} \left(1,6875 w_1^5 + \frac{0,8203}{h^2} w_1^7 \right). \end{aligned} \quad (8)$$

Данное уравнение можно решить численно. Решаем уравнение (8) аналитически, задаем функцию по гармоническому закону:

$$w_1(t) = w_{11} \sin(\omega t), \quad (9)$$

где ω – круговая частота свободных колебаний.

Подставляя (9) в (8) и ортогонализируя полученное уравнение с учетом выражения $\omega_0^2 = \pi^4 EI / \bar{m} l^4$, приходим к следующей зависимости:

$$\mu = \sqrt{1 + 0,75 \left(\frac{4,5}{h^2} - 0,11 h^2 \frac{\pi^4 E_1}{l^4 E} \right) w_{11}^2 - \frac{E_1 \pi^4}{E l^4} \left(1,06 w_{11}^4 + \frac{0,45}{h^2} w_{11}^6 \right)}, \quad (10)$$

где $\mu = \omega^2 / \omega_0^2$ – отношение частот нелинейных и линейных колебаний.

На рис. 2 представлены графики зависимости μ от $w^* = w_{11}/h$ при следующих параметрах балки: $\pi/l = 1$; $h/l = 0,1$; E_1/E – степень физической нелинейности.

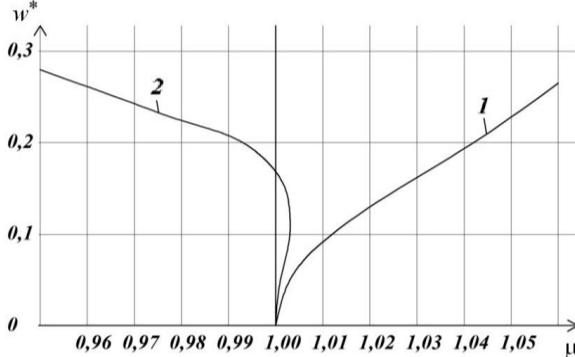


Рис. 2. Графики зависимости μ от w^* :
кривая 1 – при $E_1/E = 10^3$; кривая 2 – при $E_1/E = 3 \cdot 10^3$

Выводы.

1. Получено дифференциальное уравнение свободных колебаний балок с учетом физической и геометрической нелинейности.
2. При слабо выраженной физической нелинейности превалирует геометрическая нелинейность (график 1 на рис. 2), а при увеличении степени физической нелинейности скелетная кривая все больше отклоняется в левую сторону (график 2 на рис. 2).

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.

УДК 539.376

Колпаков А. А., Иванов С. П.

Поволжский государственный технологический университет

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ БАЛОК

Аннотация. В данной работе рассматриваются свободные колебания балки с учетом физической нелинейности. Представлен пример расчета.

Ключевые слова: балка, колебания, физическая нелинейность.

Введение. Многие из современных конструкционных материалов имеют нелинейную диаграмму деформирования [1]. Поэтому исследования с учетом физической нелинейности материала имеют практический интерес.

Цель работы: необходимо получить дифференциальные уравнения свободных колебаний балок с учетом физической нелинейности.

Рассмотрим балку с распределенной массой \bar{m} (рис. 1) (крепления концов не показываем).

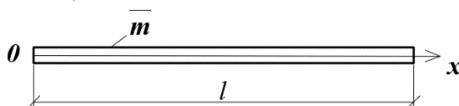


Рис. 1. Схема балки

Для расчета можно воспользоваться зависимостью между напряжениями σ и деформациями ε в виде кубического полинома:

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

где постоянные E и E_1 принимаются из экспериментальных данных.

Продольные деформации можно выразить через прогиб $w(x, t)$ (t – время):

$$\varepsilon = -z \cdot w_{xx}^2, \quad (2)$$

где $w_x = \frac{\partial w}{\partial x}$, $w_{xx} = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$ и т. д.

Удельная энергия деформации имеет вид:

$$\Phi = E \frac{\varepsilon^2}{2} - E_1 \frac{\varepsilon^4}{4}. \quad (3)$$

Работа внутренних сил равна:

$$U = \frac{Eb}{24} h^3 w_{xx}^2 - \frac{E_1 b}{320} h^5 w_{xx}^4. \quad (4)$$

Определяем полную энергию деформации балки:

$$П = \int (U + K) dx, \quad (5)$$

где K – кинетический потенциал:

$$K = \int \frac{\bar{m} \cdot w_t^2}{2} dt. \quad (6)$$

Определяем экстремальное значение $П$, используя уравнение Эйлера-Лагранжа. Предварительно выражаем уравнение (5) через прогиб w и его производные:

$$-\frac{\partial^2}{\partial x^2} \frac{\partial F}{\partial w_{xx}} + \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial F}{\partial w_x} + \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial F}{\partial w_t} = 0, \quad (7)$$

где F – подынтегральная функция выражения (5).

Окончательное уравнение в частных производных имеет вид:

$$EI w_{xxxx} + \bar{m} w_{tt} = \frac{3}{80} E_1 b h^5 (2 w_{xx} w_{xxx}^2 + w_{xx}^2 w_{xxx}). \quad (8)$$

Уравнение (8) решается совместно с граничными условиями на концах балки:

1. Шарнирное закрепление концов балки (рис. 1).

Граничные условия:

$$x = 0: w(0) = 0, w_{xx}(0) = 0;$$

$$x = l: w(l) = 0, w_{xx}(l) = 0.$$

Принимаем прогиб

$$w(x, t) = w_1(t) \cdot \sin \frac{\pi x}{l}. \quad (9)$$

Подставляя (9) в уравнение (8) и ортогонализируя, получаем нелинейное обыкновенное дифференциальное уравнение свободных колебаний:

$$EI \left(\frac{\pi}{l} \right)^4 w_1 + \bar{m} w_{1,tt} = \frac{15}{320} E_1 b h^5 w_1^3. \quad (10)$$

Данное уравнение можно решить численно, используя метод Рунге-Кутты. Можно получить амплитудно-частотную зависимость аналитически. Пусть балка совершает гармонические колебания:

$$w_1(t) = w_{11} \sin \omega t. \quad (11)$$

Подставляя (11) в (10) и ортогонализируя, с учетом

$$\int_0^{2\pi/\omega} (\sin \omega t)^2 dt = \frac{\pi}{\omega}; \quad \int_0^{2\pi/\omega} (\sin \omega t)^4 dt = \frac{3}{4} \frac{\pi}{\omega}, \quad (12)$$

получаем

$$\mu = 1 - 0,4218 \frac{E_1}{E} \frac{l^4}{\pi^4} h^2 w_{11}^2, \quad (13)$$

где $\mu = \omega^2/\omega_0^2$ – отношение частоты ω нелинейных свободных колебаний к частоте ω_0 линейных колебаний; $\omega_0^2 = \pi^4 EI / \bar{m} l^4$

По уравнению (13) строим амплитудно-частотную зависимость свободных колебаний балки с учетом физической нелинейности (рис. 2).

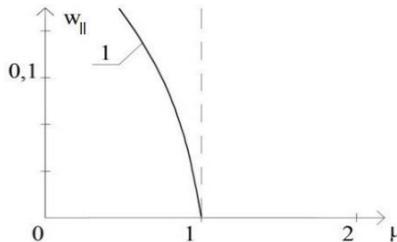


Рис. 2. График зависимости частоты от амплитуды колебаний

Выводы

1. Получено дифференциальное уравнение свободных колебаний балок с учетом физической нелинейности материала.
2. Для физически нелинейной балки кривая 1 (рис. 2) отклоняется в левую сторону, что означает зависимость частоты от амплитуды колебаний.

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.

Секция «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

УДК 515.2

Иванцов И. В., Щеглова М. И.

Научный руководитель: Новоселов Н. Т., доцент

Поволжский государственный технологический университет

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

***Аннотация.** Представлена классификация задач начертательной геометрии и выделены алгоритмы их решения.*

***Ключевые слова:** позиционные задачи, метрические задачи, алгоритмы решения.*

Круг задач начертательной геометрии чрезвычайно широк, но независимо от степени их сложности и характера вопросов, требующих ответа, все они могут быть отнесены к одному из двух классов: позиционные и метрические.

Несмотря на то, что деление задач на позиционные и метрические является условным, оно позволяет установить единые алгоритмы, пригодные для решения широкого круга задач, входящих в один класс, и, как следствие, обеспечит простой и надежный поиск способа решения.

1. Позиционные задачи

Позиционные задачи – задачи, связанные с взаимным расположением геометрических фигур. Они включают задачи на взаимную принадлежность и на взаимное пересечение.

При решении позиционных задач не рассматривают метрические характеристики фигур, т. е. те их характеристики, которые могут быть выявлены в результате измерения.

Основой для решения позиционных задач является решение двух исходных задач: о принадлежности точки поверхности и о взаимном пересечении поверхностей, т. к. они используются для решения остальных позиционных задач.

Для поиска алгоритма решения задач по пересечению поверхностей геометрических фигур можно использовать структурно-логическую схему, данную на рисунке

В случаях, когда при решениях позиционных задач возникают трудности по использованию типовых алгоритмов, прибегают к преобразованию чертежа – приводят одну из геометрических фигур в проецирующее положение.

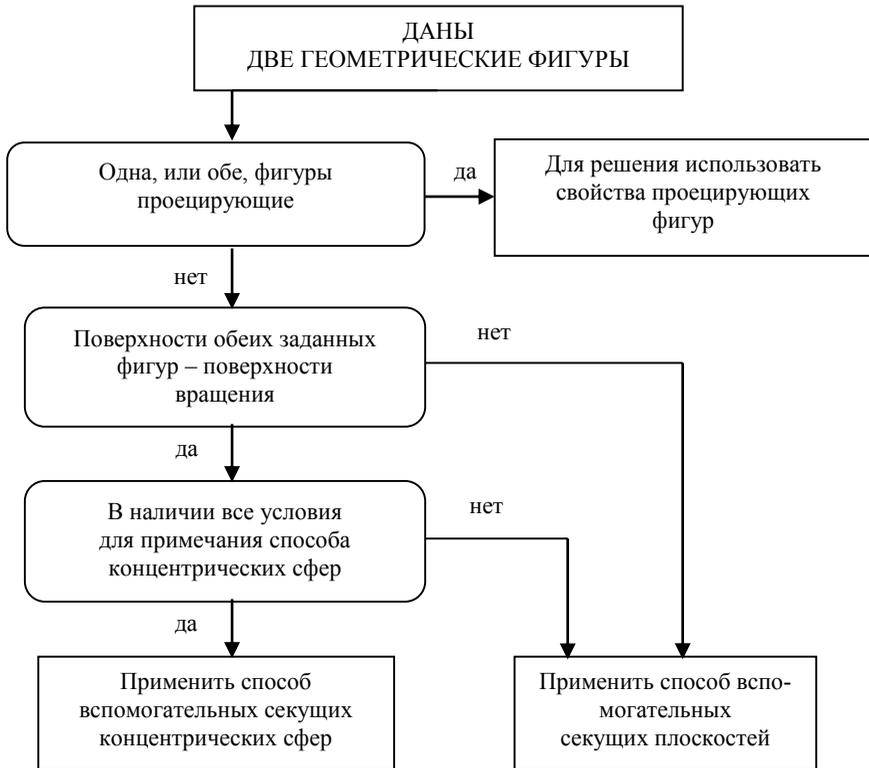


Рис. 1

2. Метрические задачи

Несмотря на то, что чисто метрические задачи встречаются редко, целесообразно выделить их в самостоятельную группу, включив в нее и те задачи, в которых на промежуточных этапах решения приходится выяснять позиционные отношения между геометрическими фигурами.

Все многообразие метрических задач, в конечном счете, сводится к задачам на определение натуральной величины одного из параметров объекта.

Для решения таких задач целесообразно привести объект в частное положение по отношению к плоскости проекции с тем, чтобы на одной из новых проекций получить более простое решение.

При ортогональном проецировании это может быть достигнуто двумя путями:

- перемещением в пространстве проецируемой фигуры;
- выбором новой плоскости проекции.

Первый путь лежит в основе способов: вращения вокруг проецирующей прямой, вращения вокруг линии уровня, совмещения и плоскопараллельного перемещения; второй составляет теоретическую базу способов замены плоскостей проекций и вспомогательного проецирования.

Независимо от того какой способ преобразования чертежа применяется. Для решения большинства метрических задач необходимо решить одну из четырех основных задач:

1. преобразовать прямую общего положения в прямую уровня.
2. преобразовать прямую общего положения в проецирующую прямую.
3. преобразовать плоскость общего положения в проецирующую.
4. преобразовать плоскость общего положения в плоскость уровня.

Подводя итоги, можно отметить, что для нахождения более рационального способа решения любой задачи, независимо от ее принадлежности к тому или иному классу, нужно сначала решить в пространстве – уяснить количество, содержание и последовательность тех пространственных операций, при помощи которых определяются искомые элементы.

Литература

1. Климухин, А. Г. Начертательная геометрия: учебник для вузов / А. Г. Климухин. – М.: Стройиздат, 1978. – 334 с.
2. Алгоритмы решения метрических задач: учебное пособие / Е. И. Желонкин, Г. С. Иванов, Л. И. Мальцева и др. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1989. – 88 с.
3. Новоселов, Н. Т. Алгоритмы построения общих элементов геометрических фигур: учеб. пособие / Н. Т. Новоселов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. – 112 с.

Леухин М. Д.

Научный руководитель: Новоселов Н. Т., доцент
 Поволжский государственный технологический университет

ВЫБОР ПОЛОЖЕНИЯ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. Представлены основные характеристики, влияющие на оптимальный выбор положения точки зрения при построении перспективы.

Ключевые слова: перспектива, точка зрения, главный луч, картинная плоскость, угол зрения, линия горизонта.

Перспектива – очень действенная форма проверки композиционных достоинств объекта в стадии проектирования.

Характер перспективного изображения объекта зависит от положения картинной плоскости и точки зрения.

Построение перспективы начинается с выбора точки зрения.

Точка зрения – точка, принимаемая за место, откуда рассматривается предмет, проецируемый на картинную плоскость.

Выбор точки зрения включает три основных элемента, тесно связанных между собой. Это (рис. 1):

а) расстояние от точки зрения до объекта L или величина угла зрения. Рекомендуется 30-40°.

б) положение главного луча SP , а, следовательно, и связанное с ним положение картинной плоскости. Положение главного луча желательно выбирать близким к оси конуса зрения, и выход его из средней трети угла недопустим. Картинная плоскость располагается перпендикулярно главному лучу;

в) положение линии горизонта $h-h$.

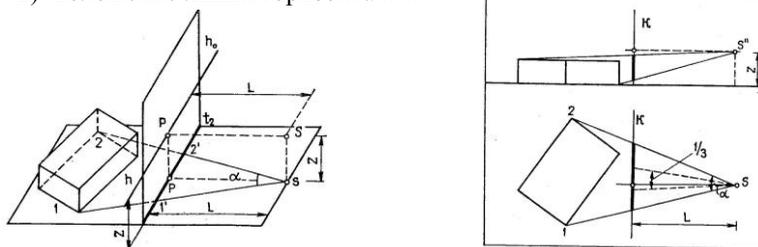


Рис. 1

Все эти элементы устанавливаются совместно. При изменении одного из них корректируются остальные.

При построении перспективы не рекомендуется располагать картинную плоскость так, чтобы один из проецирующих лучей проходил через биссектрису угла зрения.

На рис. 2 дан чертеж призмы. Картинная плоскость, заданная ее горизонтальным следом $k-k$, составляет с двумя смежными вертикальными гранями призмы углы α и β .

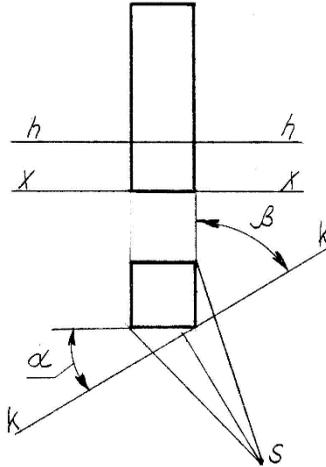


Рис. 2

На рис. 3 показано, как будут изменяться перспективные изображения призмы в зависимости от изменения углов α и β .

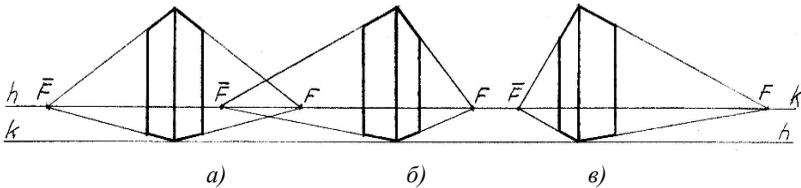


Рис. 3

При равенстве углов α и β изображение получается маловыразительным (рис. 3, а).

Картинную плоскость следует располагать так, чтобы главные направления объекта составляли заметно разные углы с картинной плоскостью (рис. 3, б, в). Рекомендуется между картиной плоскостью и объектом брать угол 30° .

На рис. 4 приведены перспективы призмы при постоянном главном луче и при углах зрения от 30° до 116° . На плане штриховой линией показаны совмещенный габарит фасада, а в сносках – углы зрения в вертикальной плоскости.

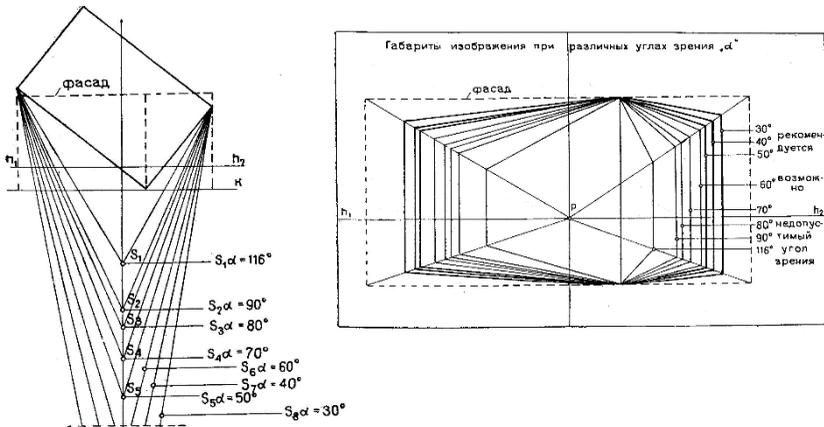


Рис. 4

При углах зрения меньше 30° построение перспективы возможно, но изображение получается не активным, к тому же построение осложняется далеким расположением точек схода.

Кроме геометрических рекомендаций по выбору точки зрения, надо обратить внимание на композиционную сторону изображения. Необходимо, чтобы оно правдиво выявляло особенности архитектурного решения, его членения, пропорции, рельефность частей, чтобы полнее раскрылись основные части здания, главные объемы не закрывались второстепенными.

Литература

1. Белов, Н. В. Начертательная геометрия / Н. В. Белов, А. А. Виксель. – М.: Стройиздат, 1969. – 288 с.
2. Климухин, А. Г. Начертательная геометрия: учебник для вузов / А. Г. Климухин. – М.: Стройиздат, 1978. – 334 с.

Порубова В. В., Черкашина А. А.
Научный руководитель: Фоминых И. А., доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПРОПОРЦИИ В ГЕОМЕТРИИ ЛАНДШАФТА

***Аннотация.** Рассматриваются основные геометрические построения и пропорции, которые используются в ландшафтном проектировании для создания гармоничной композиции.*

***Ключевые слова:** золотое сечение, ландшафтный дизайн, числа Фибоначчи, правило треугольника.*

Создание садов, парков, приусадебных ландшафтов в наше время стало настоящим искусством, требующим специальных знаний и умений. Современные дизайнеры используют опыт многих поколений, интернет, компьютерную графику, проектируя элементы озеленения территорий. Ландшафтный дизайн – это комплекс мероприятий, сочетающий в себе четыре основных категории: газоны, цветы, кустарники и различные деревья. Эти элементы являются основой, на которую накладываются уже все остальные декоративные элементы сада. Для полной гармонии они должны идеально дополнять друг друга и выглядеть не как разрозненные элементы, а как единое целое.

Садовые растения отличаются декоративностью, поэтому отыскать нужные варианты по величине растений, их окраске или наличию цветков не составит большого труда. Гораздо сложнее их правильно высадить, чтобы композиция не только смотрелась эстетично, но и радовала глаз долгое время. Специалистами за долгие годы практики были выведены основные (базовые) принципы, по которым строятся самые красивые зеленые композиции. В рекомендациях описаны общие закономерности взаимосвязей цвета и формы, общей перспективы и целостности композиции. Ориентируясь на них, можно создать уникальное творение на садовом участке любой площади и конфигурации.

Каждый отдельный участок должен гармонично вписываться в целое, поэтому его границы четко соразмеряются. Лучше всего, когда на нем не будет лишних нагромождений: иногда чем проще – тем лучше. В этом случае каждый конкретный элемент приобретает максимальную выразительность и не сможет затеряться на фоне других. Его художественная

ценность от этого только выигрывает. Так формируется геометрия ландшафта. Все эти законы работают не только при обустройстве большой площади, но и в границах одного цветника.

Рассмотрим рекомендуемые соразмерности частей в одном целом. Так, оптимальными считаются следующие пропорции: 3:5; 5:8; 8:13; 13:21... – числа Фибоначчи. При необходимости их можно продолжать до бесконечности. Все будет зависеть исключительно от масштабности проекта и его территориальных размеров. Эти числа относятся друг к другу, как 1 к 1,6, такая пропорция называется «**золотым сечением**», и большинство дизайнеров стараются максимально его придерживаться. Исключения, конечно, тоже бывают, но они только подтверждают данное правило. Графически такая пропорция задаётся спиралью (рис. 1).

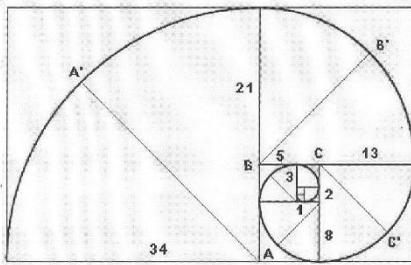


Рис. 1

Использовать пропорции «золотого сечения» можно в произвольном порядке. Например, оптимальным может считаться, когда отдельные части сада соотносятся к общему размеру участка, как 8:5:3. Здесь общая площадь будет составлять восемь зон (отдельных участков), на газоны выделяется 5 частей, а на цветники 3.

Причем газоны и цветники можно поменять местами.

Знание цифровых значений золотого сечения позволяет без особых проблем рассчитывать расстояния проектируемого пространства. Такая гармоничная асимметрия в геометрии участка придаёт наибольшую зрелищность композиции зелёных насаждений.

В ландшафтном дизайне можно довести реализацию этого принципа до совершенства. Применить его к положению растений в пространстве – вертикально и горизонтально, в выборе композиционных решений и даже в использовании цвета (к примеру, можно высаживать растения разных цветов, располагая их на участке по формуле «0,68-0,32»). Создавая гармоничную композицию, нужно активно использовать геометрические формы: круг, квадрат и треугольник. С золотым сечением в первую очередь связан треугольник. Композиционные решения, основанные на правиле треугольника, позволяют грамотно разделить участок при проектировании пространства.

Можно сказать, правило треугольника означает, что на участке желательно создавать группы из элементов числом не более 3. При этом все они должны быть разного размера и (или) разной высоты (рис. 2).

Высаживать насаждения нужно в виде треугольника либо по одной линии (но группой в 3 элемента). Если это треугольник, то насаждения должны располагаться по его углам. При этом правило треугольника можно использовать одновременно и в высоту. Например, самое маленькое дерево посадить на одной из вершин треугольника, дерево побольше – на второй, а самое большое – на третьей. И длина отрезков треугольника, и высота деревьев должны хотя бы приблизительно укладываться в

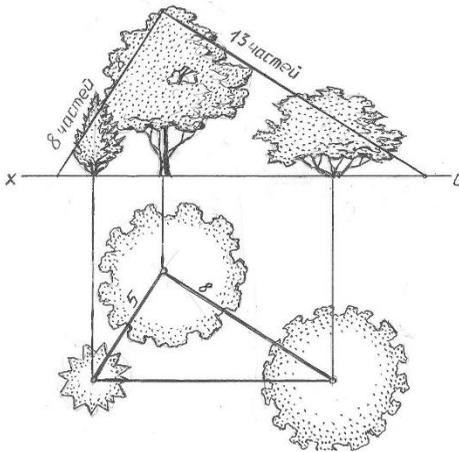


Рис. 2

рассматриваемую формулу. Это же соблюдается, когда деревья высаживаются в одну линию. Расстояние между первым и вторым деревом должно составлять 0,68 частей, между вторым и третьим – 0,32. При этом отношение высоты деревьев относительно друг друга должно максимально приближаться к золотому сечению. В итоге вся композиция обретет объем и законченность.

По такому же принципу можно высаживать деревья не только разной высоты, но и различных видов (например, посадить яблоню рядом с березой и ивой) или разной кроны – тогда дерево с широкой кроной красиво закроет большую часть линии, по которой идут посадки. Можно высаживать не только деревья, но и все растения – деревья, кустарники, цветники. А если к этому присоединить еще и дорожки, строения и др., т. е. максимально усложнить композицию, то в итоге можно получить очень необычный результат.

Таким образом, золотое сечение – это тот случай, когда асимметрия (ведь все отрезки и части не равны друг другу) выглядит более гармоничной и красивой, чем симметрия. Необходимо научиться использовать рассмотренные отношения для создания востребованной ландшафтной композиции.

УДК 547.834.22

Алексеева А. Ю.

Научный руководитель: Бардасов И. Н., канд. хим. наук, доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

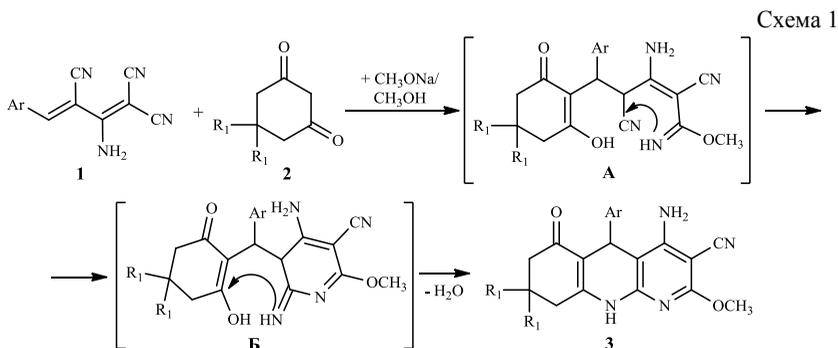
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИМЕРА МАЛОНОНИТРИЛА В СИНТЕЗЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО ЗАМЕЩЕННЫХ НАФТИРИДИНОВ

Аннотация. Взаимодействием арилметиленпроизводных димера малононитрила с циклическими энгидразинокетонами и их енаминопроизводными синтезированы функционально замещенные 1,8-нафтиридин-3-карбонитрилы.

Ключевые слова: димер малононитрила, 1,8-нафтиридины.

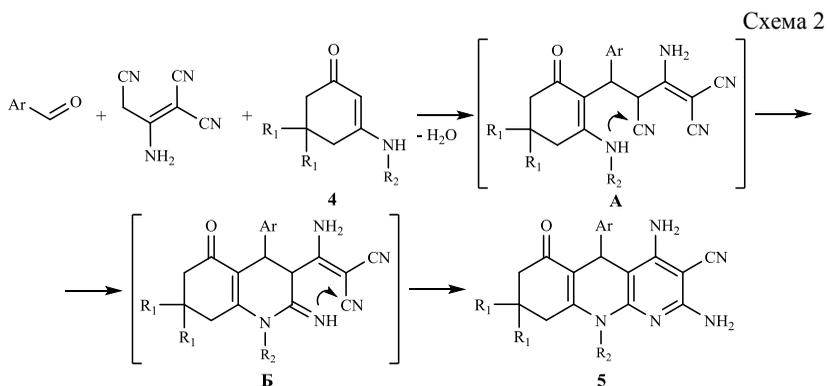
Построение конденсированных гетероциклов сложного функционального окружения – актуальная задача тонкого органического синтеза. Эффективным подходом к решению данного вопроса является использование методологии каскадной гетероциклизации. Удобными исходными соединениями для вовлечения их в каскадные процессы являются полинитрильные соединения, в частности, димер малононитрила и его производные [1-2].

При взаимодействии арилметиленпроизводных димера малононитрила **1** с β -дикетоном **2** в среде абсолютного метилового спирта в присутствии метилата натрия нами были выделены 1,8-нафтиридины **3**.



Алколят-анион, присоединяясь по концевой цианогруппе непредельного нитрила **1**, приводит к образованию иминного фрагмента **А**, гетероциклизация которого формирует первый пиридиновый цикл **Б**. А дальнейшая гетероциклизация с участием имино- и карбонильной группы интермедиата **Б** замыкает 1,8-нафтиридиновую систему **3**.

При использовании енаминопроизводных циклических 1,3-дикетонов **4** в трехкомпонентной системе с ароматическими альдегидами и димером малонитрила нами были выделены и охарактеризованы N-замещенные 1,8-нафтиридины **5**. Наличие в образующемся аддукте Михаэля сочетания нуклеофильных и электрофильных центров благоприятствует протеканию каскадных процессов циклизации.



Таким образом, при использовании димера малонитрила и его производных с 1,3-циклогександионами и их енаминопроизводными в результате каскадных процессов циклизации происходит образование анелированных 1,8-нафтиридинов.

Исследование выполнено в рамках стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов СП-2141.2016.4.

Литература

1. Shaabani, A.; Hooshmand, S. E.; Tabatabaei, A. T. Synthesis of fully substituted naphthyridines: A novel domino four-component reaction in a deep eutectic solvent system based on choline chloride/urea. *Tetrahedron Lett.* **2015**, *57*, 351-353.
2. Sun, F.; Zhu, F.; Shao, X.; Li, Z. One-Pot, Three-Component Synthesis of 1,8-Naphthyridine Derivatives from Heterocyclic Ketene Aminals, Malononitrile Dimer, and Aryl Aldehydes. *Synlett.* **2015**, *26*, 2306-2312.

Давыдова В. В., Марьясов М. А., Насакина Д. К.
Научный руководитель: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ДЕТОНАЦИОННЫЙ НАНОАЛМАЗ КАК СРЕДСТВО ДОСТАВКИ ЦИАНООРГАНИЧЕСКИХ СУБСТАНЦИЙ

***Аннотация.** Была проведена иммобилизация наработанных ранее полицианоорганических соединений на поверхность детонационного наноалмаза и исследована антипролиферативная активность полученных субстанций.*

***Ключевые слова:** наноалмазы, детонационный синтез, цианоорганические соединения.*

Одной из главных проблем химиотерапии является доставка лекарственного вещества (ЛВ) к биологической мишени. Известно, что только 1 молекула из 10000 введенных в организм достигает цели. Данная проблема может быть решена введением в медицинскую практику инновационных лекарственных препаратов на наноносителях.

К настоящему времени в литературе описано более 400 видов наночастиц, из которых наиболее изученными являются липосомы, полимерные наночастицы, нанокристаллы, частицы металлов, мицеллы, эмульсии, дендримеры, белки, конъюгаты, ДНК и др. [1].

Углеродные наноструктуры (УН) являются одними из основных претендентов на роль «идеальных» носителей для систем доставки ЛВ, так как их поверхность можно направленно функционализировать для ковалентной или адсорбционной иммобилизации БАВ и ЛВ. Они могут пассивно проникать через мембраны различных типов клеток.

В ряде работ [2, 3] показано, что среди углеродных наноструктур наименьшим токсическим действием обладает наноалмаз (НА), благодаря оптимальному комплексу его физико-химических, биофармацевтических и фармако-токсикологических характеристик [4].

В настоящее время только детонационный синтез получил промышленное применение (десятки тонн/год). Детонационные наноалмазы (ДНА) образуются из конденсированных взрывчатых веществ с отрицательным кислородным балансом (например, тринитротолуол), т. е. разлагающихся с выделением «свободного углерода» при детонации зарядов в охлаждающей среде. Синтез проводят во взрывных камерах объемом от 1 до 20 м³, которые изготавливают из низко- или высоколегированных сталей [5].

Подрыв осуществляют в трёх вариантах: в газовой среде, в воде или при орошении водой, или в ледяной бронировке. Подрываемый заряд представляет собой смесь, содержащую 50-70 масс. % тротила и гексогена.

В то же время, исследуя в течение полутора десятков лет химию полицианоорганических соединений, мы обратили внимание на сотни, полученных нами структур, часто чрезвычайно сложного строения (400 РСА) имеют достаточно неплохую биологическую активность.

Помимо очевидного усиления активности органических соединений в качестве противораковых субстанций, цианогруппа идеально подходит для закрепления субстанций на наночастицах. Она компактна (3,5 Å), не создает стерических препятствий, обладает наивысшей адгезией практически ко всем материалам, что нашло применение в цианакрилатных клеях.

Нами была осуществлена ковалентная прививка ряда цианоорганических соединений к ДНА и изучена антипролиферативная активность полученных образцов.

Испытания на чистых линиях клеток опухолей проводили в NCI США, некоторых образцов – в НОЦ «Фармацевтики» г. Казань. Были испытаны следующие субстанции с ДНА: 3-(R-гидразоно)метилциклобутан-1,1,2,2-тетракарбонитрилы, 3((2-R-гидразоно)метил)-6-метилциклогес-4-ен-1,1,2,2-тетракарбонитрилы, 1,1,2,2-тетрацианоциклопентаны, 1,3,5-триарил-2,4-диазапентан-1,4-диены, трицианобициклоимины, цианопираны и цианотерагидропиридины.

Результаты исследования антипролиферативной активности соединений в концентрации 10^{-5} моля по программе Onne-Dose Screeen на клетках, полученных из опухолей легких, толстой кишки, мозга, яичников, почек, предстательной железы, молочной железы, а также лейкемии и меланомы человека. При концентрации 10 мкМ было выявлено значительное ингибирование опухолевых клеток. Особенно это проявляется в отношении лейкемии, так как подавляется рост тестовых культур (CCRF-CEM, YL-60(TB), K-562< MOLT-4, RPMI-8226, SR). Среднее значение ингибирования данных линий составляет 88,4%, максимальное – 95,4% (SR).

Все вышесказанное свидетельствует о том, что ДНА повышает в 2-3 раза активность цианоорганических соединений и увеличивает их биодоступность, снижая токсическое действие.

Литература

1. Наноструктуры в биомедицине: пер. с англ. / под ред. К. Гонсалвес [и др.]. – 2-е изд. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2012. – 519 с.

2. A comparative study of cellular uptake and cytotoxicity of multi-walled carbon nanotubes, graphene oxide, and nanodiamond / X. Zhang [et al.] // Toxicol. Res. – 2012. – Vol. 1, № 1. – P. 62-68.
3. Differential biocompatibility of carbon nanotubes and nanodiamonds / A. M. Schrand [et al.] // Diamond Relat. Mater. – 2007. – Vol. 16, № 12. – P. 2118-2123.
4. Man, H. B. Nanodiamonds as platforms for biology and medicine / H. B. Man, D. Ho // J. Lab. Autom. – 2013. – Vol. 18, № 1. – P. 12-18.
5. Долматов, В. Ю. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза: свойства и применение / В. Ю. Долматов // Успехи химии. – 2001. – Т. 70, № 7. – С. 687-708.

УДК 547.678.7

Егоров П. А., Васильев В. В., Сазанова А. А.,
Васильева С. Ю., Насакин О. Е.

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ТАЛЛОВОГО МАСЛА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФУРАНОВОГО ПОЛИМЕРА

***Аннотация.** Исследовано влияние жирных кислот таллового масла на фурановый композиционный материал. Показано, что добавки ж.к.т.м. улучшают прочность образцов при сжатии, увеличивают плотность и уменьшают водопоглощение.*

***Ключевые слова:** фурановые полимеры, фурфуролацетоновая смола, мономер ФА, жирные кислоты таллового масла, прочность, водопоглощение.*

В данной работе рассмотрен вариант получения полимерной композиции отверждением мономера ФА (смесь монофурфурилиденацетона и дифурфурилденацетона) в присутствии кислотного катализатора, наполнителей, в которую в разных количествах вводили жирные кислоты таллового масла с целью улучшения физико-химических свойств композиции. Благодаря высокой реакционной активности мономера ФА в комнатных условиях и небольшим временем отверждения, он является перспективным сырьем для производства наполненных композиционных материалов.

Фурановые полимеры представляют интерес, так как отличаются повышенной термо- и химической стойкостью, высокими физико-механическими показателями, но имеют недостаток – повышенную хрупкость и

жесткость [1,2]. Этот недостаток можно устранить модификацией фураноцетонových смол реакционноспособными реагентами. Большой интерес представляет их модификация веществами природного происхождения, нетоксичными, дешевыми и доступными. Таковыми являются жирные кислоты таллового масла (ж.к.т.м.) Их получают ректификацией сырого таллового масла, они содержат как насыщенные кислоты, так и ненасыщенные кислоты.

Можно предположить, что в кислой среде идет конденсация активных групп олигомера и жирных кислот таллового масла, это приводит к снижению хрупкости и повышению адгезионной способности композиции, что, возможно, позволит получить полимербетон, который мог бы использоваться в качестве асфальта (холодно-отверждающей смеси) в особо нагруженных участках дороги.

В проводимых экспериментах в фурановое связующее загружали разное количество жирных кислот таллового масла, вводили наполнитель, затем отверждали образцы под действием катализатора при комнатной температуре, в них содержалось от 1 до 5% жирных кислот таллового масла. После выдержки определяли плотность образцов, прочность на сжатие на разрывной электромеханической машине РЭМ-10А2 по ГОСТ 10180-2012, определяли водопоглощение – по ГОСТ 12730.3-78. Результаты испытаний сравнивали со стандартным образцом без добавок ж.к.т.м. Полученные данные представлены на рис. 1, 2 и в табл. 1.

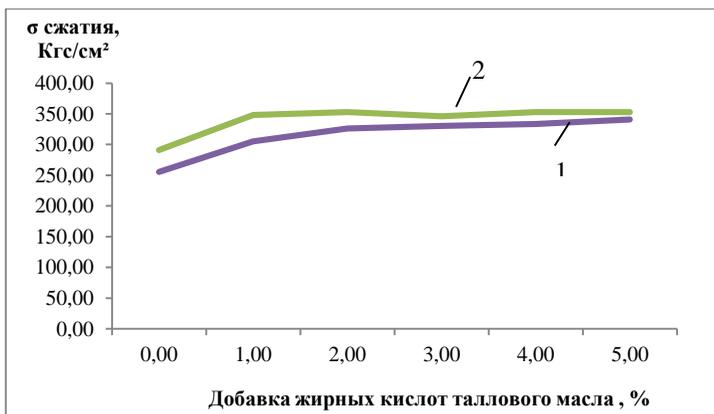


Рис. 1. Зависимость предела прочности от добавок ж.к.т.м.:
1 – образцы испытывали через 15 дней выдержки после отверждения;
2 – образцы испытывали после 50-дневной выдержки

Таблица 1. Физико-механические прочностные образцы

№ оп.	Добавка ж.к.т.м.,%	Водопо - глощение, %	Плотность, г/см ³	Предел прочности при сжатии	
				После 15 дней выдержки, Кгс/ см ²	После 50 дней выдержки, Кгс/ см ²
1	-	3,90	1,71	255,40	291,20
2	1	1,96	1,82	305,24	347,97
3	2	1,64	1,83	326,41	352,88
4	3	1,41	1,85	330,45	346,30
5	4	0,83	1,83	333,25	352,88
6	5	0,51	1,86	340,70	352,88

Анализируя полученные данные, можно выделить следующее: наблюдается зависимость увеличения прочности образцов при сжатии и плотности их от добавок жирных кислот таллового масла. И чем больше добавка, тем выше прочность образца при сжатии и плотность.

Водопоглощение является одним из важнейших показателей для композиционных материалов, поскольку вода внутри полимера оказывает негативное воздействие на прочностные характеристики, уменьшает срок службы полимеров. Из рис. 2 и табл. 1 видно, что с жирными кислотами таллового масла достигается уменьшение водопоглощения в несколько раз по сравнению с образцом, в который не вводили жирные кислоты таллового масла.

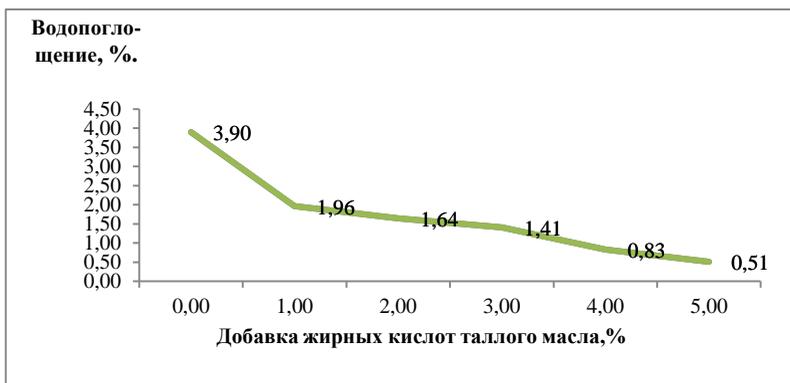


Рис. 2. Зависимость водопоглощения от добавок жирных кислот таллового масла

Таким образом получен фурановый композиционный материал с добавками жирных кислот таллового масла повышенной прочности и низким показателем водопоглощения.

Литература

1. Муравицкая, Т. П. Теоретическое обоснование процессов структурирования смол на основе фуранацетонного мономера / Т. П. Муравицкая, А. Г. Ивлёв, А. А. Гурусова // Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2010. – №1. – С. 98-100.
2. Маматов, Ю. М. Фурановые смолы: производство и применение / Ю. М. Маматов. – М.: Химия, 1974. – 99 с.

УДК 547.821

Игнатъева А. П.

Научный руководитель: Ершов О. В., канд. хим. наук, доцент;
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

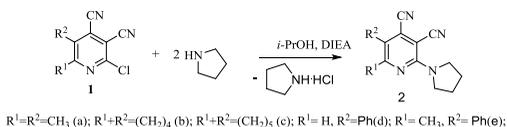
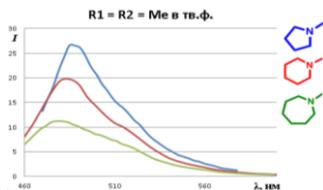
СИНТЕЗ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОИЗВОДНЫХ 2-ХЛОРПИРИДИНОВ С ЦИКЛИЧЕСКИМИ АМИНАМИ

***Аннотация.** Разработаны способы получения 2-(пирролидин-1-ил) 2-(пиперидин-1-ил) и 2-(азепан-1-ил) 5,6-диметилпиридин-3,4-дикарбонитрилов. Исследованы флуоресцентные свойства.*

***Ключевые слова:** пиридин, амины, флуоресценция.*

Интересным направлением изучения свойств 2-галогенпиридин-3,4-дикарбонитрилов, получаемых на основе трехкомпонентной реакции между тетрацианоэтиленом, кетоном и галогеноводородом, является замещение атома галогена в 2-хлорпиридин-3,4-дикарбонитрилах на амины различного строения и исследование их оптических свойств.

Исследования показали, что взаимодействие 5,6-диалкил(арил)-2-хлорпиридин-3,4-дикарбонитрилов 1 с циклическими вторичными аминами – пирролидином, пиперидином и гексаметиленимином протекает в присутствии диизопропилэтиламина в пропан-2-оле при нагревании до 70°C в течение 1 часа. Продукты взаимодействия – 2-амино-5,6-диметилпиридин-3,4-дикарбонитрилы 2 были получены с выходами 76-89%.



Было найдено, что полученные производные циклических аминов 2 проявляют флуоресценцию как в растворах, так и в твердом виде. Установлены структурные факторы, оказывающие влияние на эмиссию.

Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России № 4.6283.2017/8.9.

УДК 547.327

Иевлев М. Ю., Павлова С. И., Андреева Н. А.

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИТОТОКСИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ 6-ИМИНО-2,7-ДИОКСАБИЦИКЛО[3.2.1]ОКТАН-4,4,5-ТРИКАРБОНИТРИЛОВ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

Аннотация. Проведено сравнительное исследование цитотоксичности 6-имино-2,7-диоксабицикло[3.2.1]октан-4,4,5-трикарбонитрилов и их производных с целью выявления структурного фрагмента, обуславливающего биологическую активность.

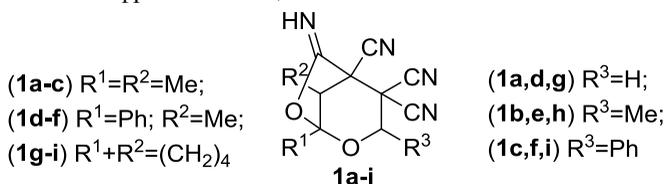
Ключевые слова: нитрилы, бицикло[3.2.1]октаны, цитотоксичность.

Направленный синтез веществ, обладающих противоопухолевой активностью, является одной из важнейших задач современной органической и медицинской химии. Ее решение – это первый шаг к созданию новых лекарственных препаратов, которые характеризуются доступностью и невысокой себестоимостью.

Соединения гетеробицикло[3.2.1]октанового ряда являются уникальными объектами для изучения их физиологической активности. Данный жесткий каркас обуславливает однозначное расположение функциональных групп в трехмерном пространстве, что является важнейшим условием для эффективного взаимодействия молекулы с отдельно заданной

биомишеню и позволяет придавать веществу селективность в выборе приоритетной цели для атаки.

Ранее сообщалось о цитотоксическом действии 6-имино-2,7-диоксабицикло[3.2.1]октан-4,4,5-трикарбонитрилов **1** на различные клеточные линии рака [1,2]. Согласно разработанным нашим научным коллективом методикам [3], был синтезирован ряд соединений **1a-i** в разнообразном функциональном обрамлении, содержащих алифатические, циклические и ароматические фрагменты R^1 , R^2 и R^3 .



Проведенные исследования цитотоксичности данных соединений с методом МТТ-теста на клеточной линии HeLa показали, что умеренным цитотоксическим действием обладают соединения с метильной группой в третьем положении: **1e** ($IC_{50} = 25 \mu M$) и **1h** ($IC_{50} = 37 \mu M$), а также структуры, где $R^3 = H$: **1a** ($IC_{50} = 31 \mu M$) и **1g** ($IC_{50} = 24 \mu M$). Для соединений **1c,f,i**, где $R^3 = Ph$ отмечалось значительное повышение концентрации, необходимой для полумаксимального ингибирования клеточного роста. Так, например, соединение **1i** характеризуется $IC_{50} = 74 \mu M$, что в 3 раза превышает данный параметр соединения **1g** без ароматического кольца.

Кроме того, на примере ацетильного фрагмента было выявлено, что введение защиты иминогруппы значительно повышает цитотоксичность молекул. Так, соединение **1i**, обладавшее высоким значением концентрации полумаксимального ингибирования после введения ацетильной группы по NH фрагменту, стало характеризоваться $IC_{50} = 25 \mu M$ (при времени экспозиции 48 ч) и $IC_{50} = 13 \mu M$ (при времени экспозиции 72 ч). Это косвенно подтверждает факт физиологической значимости именно бициклического каркаса, который с введением ацетильной защиты стал более стабильным.

Таким образом, были проведены сравнительные исследования цитотоксичности 6-имино-2,7-диоксабицикло[3.2.1]октан-4,4,5-трикарбонитрилов **1** и были установлены основные закономерности их структуры, обуславливающие повышение и снижение биологической активности.

Работа выполнена в рамках стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов СП-127.2016.4

Литература

1. Nasakin, O. E. Antitumor activity of some polynitrile derivatives / O. E. Nasakin, A. N. Lyshchikov, Ya. S. Kayukov, V. P. Sheverdov // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. – 2000. – Vol. 34. – №4. – P. 170-185.
2. Синтез и исследование противоопухолевой активности 3-(пиридин-3-ил)-2,7-диоксабицикло[3.2.1]октан-4,4,5-трикарбонитрила / П. А. Гуревич, М. Ю. Иевлев, С. И. Павлова и др. // *Вестник технологического университета*. – 2016. – Т. 19. – Вып. 10. – С. 141-142.
3. Новый способ домино-синтеза 6-имино-2,7-диоксабицикло[3.2.1]октан-4,4,5-трикарбонитрилов и изучение стереохимических особенностей их формирования и строения / М. Ю. Иевлев, О. В. Ершов, А. Г. Миловидова и др. // *Химия гетероциклических соединений*. – 2015. – Т. 51. – № 5. – С. 457-461.

УДК 547.821

Кольцова Е. П., Порозова М. А., Чунихин С. С.

Научный руководитель: Ершов О. В., канд. хим. наук, доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

НОВЫЙ МЕТОД КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАПАВЕРИНА В ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТАХ

***Аннотация.** Представлен новый способ контроля качества фармацевтических препаратов, содержащих в качестве действующего вещества азотистые основания.*

***Ключевые слова:** ТСРy, флуоресценция, фармпрепараты.*

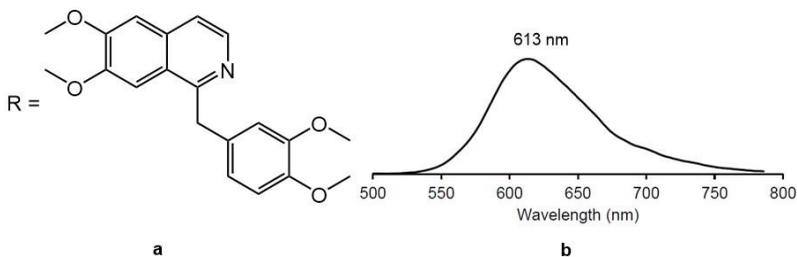
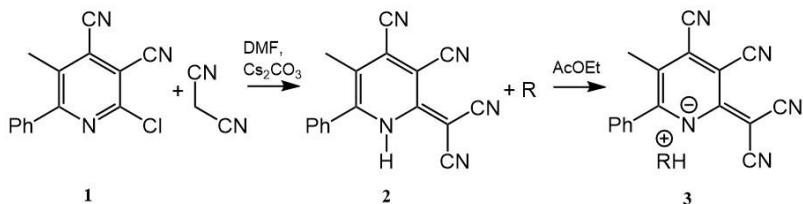
Фальсификация лекарственных препаратов является насущной проблемой современной фармацевтической промышленности. По этой причине разработка новых методов качественного и количественного определения компонентов лекарственных препаратов является актуальной задачей фармацевтической индустрии.

Нами разработан новый способ количественного определения содержания действующего вещества, относящегося к классу азотистых оснований, в лекарственных препаратах. Суть метода заключается в улавливании действующего вещества при помощи специального реагента, в результате чего образуется комплекс, который может быть легко идентифицирован и отделён от прочих наполнителей лекарственного препарата. Дальнейший

анализ образовавшегося осадка, а также математические вычисления позволяют легко рассчитать содержание целевого соединения в исследуемом препарате.

Нами предложен подход к синтезу соединения **2**, которое относится к классу пиридинов, содержащих трицианобутадиеновый фрагмент (ТСРу). Данная структура была получена из хлорпиридина **1**, реакцией замещения хлора на малононитрил (рисунок). Синтезированные ТСРу **2** обладают NH кислотными свойствами, благодаря чему способны к реакциям солеобразования с различными азотистыми основаниями.

Для количественного определения содержания папаверина использовали таблетки данного препарата. Их растворяли в этилацетате и к раствору прибавляли небольшой избыток ТСРу **2**. В результате формируется соль **3**, полностью растворимая в этилацетате. Нерастворимые наполнители, содержащиеся в таблетках, отфильтровали, а раствор упарили досуха. Определили массу образовавшегося осадка соединения **3** и по ней рассчитали количественное содержание папаверина. По результатам трех исследований было выявлено, что содержание папаверина в лекарственном препарате во всех трех случаях совпадает с заявленными в составе данными.



Синтез солей ТСРу (**a**).
Твердофазная флуоресценция соединения **3** (**b**)

Соль ТСРу с папаверином **3** можно легко идентифицировать, поскольку она обладает твердофазной флуоресценцией, максимум которой приходится на длину волны 613 нм (рисунок).

Таким образом, в настоящей работе был изложен новый метод качественного и количественного определения действующего вещества в лекарственных препаратах на примере папаверина. Мы считаем, это исследование является актуальным, поскольку предложенный метод контроля качества может быть распространен на многие другие лекарственные препараты, действующим компонентом которых являются азотистые основания.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-13-01237).

УДК 547.738

Мартюшова Е. В., Липин К. В.

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

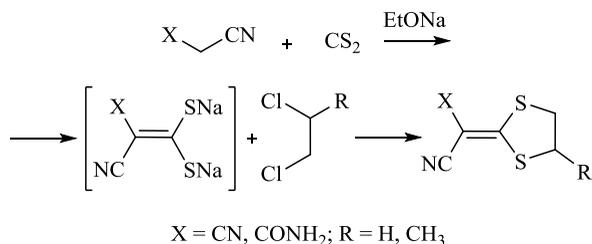
ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА 5,5-ДИМЕТИЛ-2-(4-МЕТИЛ-1,3-ДИТИОЛАН-2-ИЛИДЕН)ЦИКЛОГЕКСАН-1,3-ДИОНА

Аннотация. *Разработан оригинальный one-pot метод синтеза 5,5-диметил-2-(4-метил-1,3-дитиолан-2-илиден)циклогексан-1,3-диона, значительно упрощающий методику его получения.*

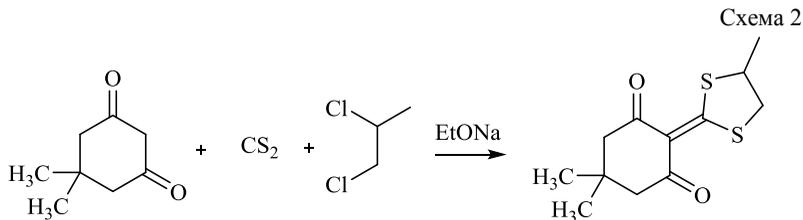
Ключевые слова: *дитиолан, сероорганические соединения, одnoreакторные синтезы.*

Пятичленные 1,3-дитиогетероциклы часто встречаются в синтезе веществ с ценными электронными и оптическими свойствами. Описаны соединения с 2-илиден-1,3-дитиолоновым фрагментом, поглощающие ближний ультрафиолет и узкие диапазоны видимого света [1], при этом обладающие светостойкостью и стабильностью. На основе этих веществ уже созданы материалы, применяемые для оптической записи информации и изготовления защитных покрытий от ультрафиолетового излучения.

Ранее сообщалось о разработанных методах синтеза некоторых представителей 2-илиден-1,3-дитиоланов [2]. Наибольший интерес представляет одnoreакторный способ получения, заключающийся во взаимодействии метиленактивного соединения, сероуглерода и дихлорэтана (схема 1).



При дальнейшем изучении данного превращения было решено распространить одnoreакторный метод синтеза на более сложные объекты. В качестве метиленактивного соединения использовался димедон (5,5-диметил-1,3-циклогександион). В результате с выходом 89% был получен 5,5-диметил-2-(4-метил-1,3-дителилан-2-илиден)циклогексан-1,3-дион (схема 2).



Полученный 1,3-дителилан неизвестен, строение подтверждено данными ИК-, масс- и ¹H ЯМР спектроскопии.

Разработка многокомпонентных one-pot синтезов является одним из направлений научных исследований нашего коллектива и продолжает цикл работ на эту тему [3-10].

Таким образом, разработан оригинальный one-pot метод синтеза 5,5-диметил-2-(4-метил-1,3-дителилан-2-илиден)циклогексан-1,3-диона, значительно упрощающий методику его получения.

Исследование проведено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-5518.2018.3.

Литература

1. Stiefel, E. I. Dithiolene Chemistry: Synthesis, Properties, and Applications / E. I. Stiefel, K. D. Karlin. N.-Y. etc: J. Wiley & Sons Inc., 2004. – 738 с.

2. Синтез некоторых представителей 2-илиден-1,3 –дитиолонов / К. В. Липин, О. В. Ершов, М. Ю. Беликов и др. // Журнал органической химии. – 2017. – № 1. – С. 148-150.
3. Трёхкомпонентный синтез 2-хлорпиридин-3,4-дикарбонитрилов / К. В. Липин, В. Н. Максимова, О. В. Ершов и др. // Журнал органической химии. – 2010. – № 4. – С. 623-624.
4. Трёхкомпонентный синтез и биологическая активность 2-хлоропиридин-3,4-дикарбонитрилов / К. В. Липин, В. Н. Максимова, О. В. Ершов и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 8. – С. 37-40.
5. Синтез и биологическая активность 2-оксо-4-циано-2,5,6,7,8,9-гексагидро-1*H*-циклопента[*b*]пиридин-3-карбоксамид / П. А. Гуревич, С. В. Федосеев, О. В. Ершов и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 15. – С. 231-232.
6. Synthesis and solid-state fluorescence of aryl substituted 2-halogenocinchomeric dinitriles / O. V. Ershov, M. Y. Ievlev, M. Y. Belikov, Lipin K.V., Naydenova A.I., Tafeenko V.A. // RSC ADVANCES, 2016. – №85. – P. 82227-82232.
7. Однореакторный метод синтеза 2-оксо-1,2-дигидропиридин-3,4-дикарбонитрилов / С. В. Федосеев, К. В. Липин, О. В. Ершов и др. // Журнал органической химии. – 2015. – №8. – С. 1210-1212.
8. Синтез и биологическая активность 2-галоген-5,6,7,8-тетрагидрохинолин-3,4-дикарбонитрилов / П. А. Гуревич, В. Н. Максимова, К. В. Липин и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 1. – С. 90-93.
9. Синтез новых производных пирроло[3,4-*c*]пиррол-1,3,4,6-тетраонов / П. А. Гуревич, С. В. Федосеев, К. В. Липин и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 15. – С. 59-60.
10. Реакции гидролиза и ацилирования иминогруппы *e/z*-изомеров 3,4-диалкил-8-амино-1-имино-6-морфолин-4-ил-2-окса-7-азаспиро[4.4]нона-3,6,8-триен-9-карбонитрилов / М. Ю. Беликов, О. В. Ершов, И. В. Липовская и др. // Журнал органической химии. – 2013. – №8. – С. 1211-1214.

УДК 547.745

Миловидова А. Г., Беликов М. Ю.

Научный руководитель: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

СИНТЕЗ 7-АМИНО-1-ОКСО-8-ОКСА-2-АЗАСПИРО[4.5]ДЕКА-3,6,9-ТРИЕН-6-КАРБОНИТРИЛОВ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ МИХАЭЛЯ

*Аннотация. Исследовано взаимодействие 2-(2-оксо-1,2-дигидро-3*H*-пиррол-3-илиден)малонитрилов с димедоном в присутствии основного катализатора.*

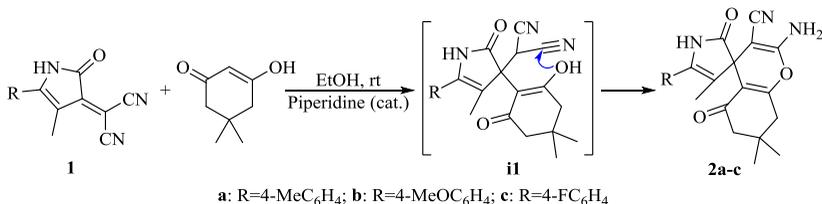
Установлено, что в результате исследуемых превращений образуются 7-амино-1-оксо-8-окса-2-азаспиро[4.5]дека-3,6,9-триен-6-карбонитрилы.

Ключевые слова: реакция Михаэля, 3*H*-пирролы, 8-окса-2-азаспиро[4.5]дека-3,6,9-триены, димедон.

Модификация структур органических соединений, востребованных в технической, медицинской и т. д. сфере, является актуальной задачей для химиков-синтетиков. Одним из эффективных способов реорганизации молекул, обладающих практически значимыми свойствами, является реакция Михаэля [1,2]. В настоящее время присоединение по данному принципу, вследствие универсальности реакции, применяется для получения разнообразных гетероциклических структур путем подбора соответствующих исходных компонентов. Преимуществами такого метода являются простота и результативность при использовании его как в промышленном, так и в тонком органическом синтезе полифункциональных соединений.

Примером варьирования функционального обрамления органических соединений с помощью реакции Михаэля является взаимодействие 2-(2-оксо-1,2-дигидро-3*H*-пиррол-3-илиден)малонитрилов **1** с реагентами, которые содержат метиленактивный фрагмент, в присутствии катализаторов основного характера. Данные цианосодержащие производные 3*H*-пиррола **1** являются интересными объектами для исследования за счет наличия в их структуре нескольких реакционноактивных центров, к примеру, двойная связь, активированная акцепторными группами [3].

По-видимому, на первоначальном этапе описываемого превращения происходит присоединение димедона С-нуклеофильным центром по активированной за счет наличия геминальных цианогрупп двойной связи соединения **1**.



В результате гетероциклизации пространственно сближенных циано- и гидроксигрупп в образовавшемся интермедиате **ii** осуществляется формирование 7-амино-1-оксо-8-окса-2-азаспиро[4.5]дека-3,6,9-триен-6-карбонитрилов **2**.

Структуры синтезированных соединений подтверждены данными ИК-, ¹H ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов № СП-2501.2016.4.

Литература

1. Huang, G. Applications of Michael Addition Reaction in Organic Synthesis / G. Huang, X. Li // *Current Organic Synthesis*, 2017. Vol. 14 (4). – P. 568-571.
2. Kim, S. Copper-catalyzed aza-Michael addition of aromatic amines or aromatic aza-heterocycles to α,β -unsaturated olefins / S. Kim, S. Kang, G. Kim, Y. Lee // *J. Org. Chem.*, 2016. Vol. 81 (10), P. 4048–4057.
3. Синтез 2-(5-арил-4-метил-2-оксо-1,2-дигидро-3H-пиррол-3-илиден)малонитрилов / М. Ю. Беликов, М. Ю. Иевлев, А. Г. Миловидова и др. // *Журнал органической химии*. – 2017. – Т. 53. Вып. 10. – С. 1565-1567.

УДК 547.821

Михайлов О. А., Шишликова М. А.

Научный руководитель: Ершов О. В., канд. хим. наук, доцент;
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

СИНТЕЗ 3,5-ЦИАНОЗАМЕЩЕННЫХ ТИОПИРИДОНОВ

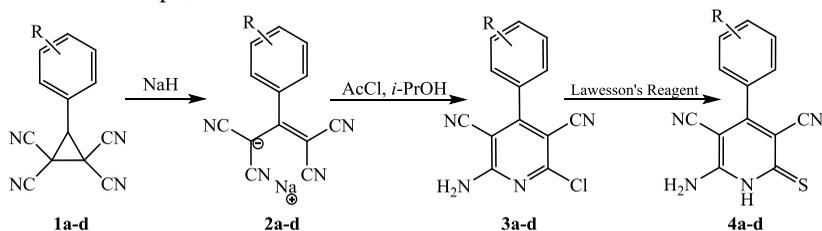
Аннотация. *Разработан способ получения 2-амино-6-меркаптопиридин-3,5-дикарбонитрилов, основанный на сульфировании хлорпиридина реактивом Лавессона.*

Ключевые слова: *циклопропан, пропенид, хлорпиридин, тиопиридон, реактив Лавессона.*

Цианозамещенные тиопиридоны находят разнообразное применение, например, они используются в синтезе тиенопиридинов, которые обладают широким спектром биологической активности.

В настоящее время известны различные методы синтеза цианозамещенных 2-тиопиридонов основанные на замещении галогена. Нами был разработан новый способ получения цианозамещенных 2-тиопиридонов **4** основанный на замене хлора в 2-хлорпиридинах **3** на серу с помощью сульфлирующего агента реактива Лавессона. Синтез был осуществлен по следующей схеме: первоначально циклопропан **1** раскрывали гидридом

натрия в безводном диоксане с образованием пропенида **2**, затем его превращали в хлорпиридин **3** действием на него ацетилхлорида в изопропиловом спирте при нагревании. Далее замещение галогена осуществляли с помощью реактива Лавессона в среде диоксана, в результате чего образовался тиопиридон **4**.



R = (a)2-Cl(a); 2-OCH₃(b); 3-NO₂(c); 4-F(d).

Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России № 4.6283.2017/8.9.

УДК 547.46'052

Никифорова А. Л.

Научный руководитель: Каюков Я. С., канд. хим. наук, доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

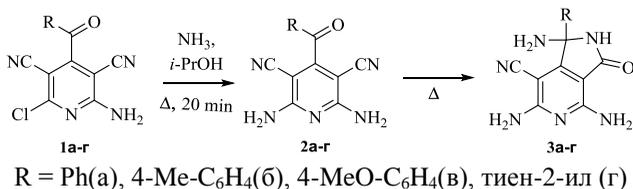
АММОЛИЗ 2-АМИНО-4-АЦИЛ-6-ХЛОРПИРИДИН-3,5-ДИКАРБОНИТРИЛОВ

Аннотация. *Взаимодействие спиртового раствора аммиака с 2-амино-4-ацил-6-хлорпиридин-3,5-дикарбонитрилами при повышенном давлении приводит к нуклеофильному замещению атома хлора и образованию 2,6-диамино-4-ацилпиридин-3,5-дикарбонитрила. При более длительном нагревании происходит гетероциклизация с участием кетонитрильного фрагмента.*

Ключевые слова: *пиридины, аммиак, пирроло[3,4-с]пиридины, аннелирование.*

Хлоропиридины **1** представляют большой интерес в современной синтетической химии в качестве исходных веществ. Для получения 2,6-диамино-4-ацилпиридин-3,5-дикарбонитрила реакции проводят при повышенном давлении из-за пониженной нуклеофильности и летучести аммиака. При этом получается смесь двух веществ **2** и **3**, но при длительном

нагревании и повышенном давлении происходит замещение атома галогена на аминогруппу и дальнейшая гетероциклизация с участием кетонитрильного фрагмента. Реакция аннелирования приводит к 1,4,6 – триамино-3-оксо-1-ацил-2,3-дигидро-1*H*-пирроло[3,4-*c*] пиридин-7-карбонитрилу **3**.



Строение всех соединений **2-3** подтверждается данными масс спектрометрии и спектроскопии ЯМР ¹H и ¹³C. Структура соединений **2а, 3а** установлена методом РСА.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01204 мол_а.

УДК 547.824

Федосеев С. В.

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 3-ГИДРОКСИ-4-ХЛОРФУРО- [3,4-*c*]ПИРИДИН-1(3*H*)-ОНА С ПРОПАН-2-ОЛОМ

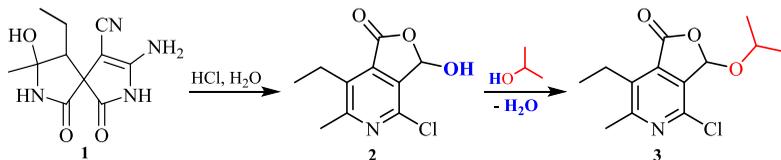
Аннотация. Путем взаимодействия 3-гидрокси-4-хлорфуоро[3,4-*c*]пиридин-1(3*H*)-она с пропан-2-олом в присутствии серной кислоты получен 3-изопропокси-4-хлорфуоро[3,4-*c*]пиридин-1(3*H*)-он.

Ключевые слова: 5-гидроксифуран-2(5*H*)-он, 3-формилизоникотиновая кислота, линейно-циклическая таутомерия.

5-Гидроксифуран-2-оны используются в синтезе производных, обладающих различной биологической активностью.

4-Галоген-3-гидроксифуоро[3,4-*c*]пиридин-1(3*H*)-оны **2** образуются из 3-амино-8-гидрокси-1,6-диоксо-2,7-дизаспиро-[4.4]нон-3-ен-4-карбонитрилов **1** под действием галогеноводородных кислот [1].

В результате исследования обнаружено, что при взаимодействии 3-гидрокси-4-хлорфуоро[3,4-с]пиридин-1(3H)-она с пропан-2-олом в присутствии серной кислоты образуется 3-изопропокси-4-хлорфуоро[3,4-с]пиридин-1(3H)-он **3**.



Строение соединения **3** установлено комплексом физических методов, таких как ИК, ЯМР ^1H спектроскопия и масс-спектрометрия.

Таким образом, в ходе данного исследования получен 3-изопропокси-4-хлорфуоро[3,4-с]пиридин-1(3H)-он **3**.

Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-5982.2018.3.

Литература

1. Fedoseev S. V., Ershov O. V., Lipin K. V., Belikov M. Yu. *RSC Adv.*, 2016, 52, 10597-10600.

УДК 547.821

Шишликова М. А.

Научный руководитель: Ершов О. В., канд. хим. наук, доцент;
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

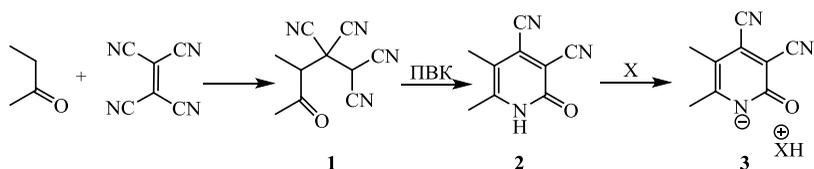
ХЕМОСЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА 5,6- ДИМЕТИЛ-2-ОКСОПИРИДИН-3,4-ДИКАРБОНИТРИЛА

Аннотация. *Исследованы хемосенсорные свойства 5,6-диметил-2-оксопиридин-3,4-дикарбонитрила на амины.*

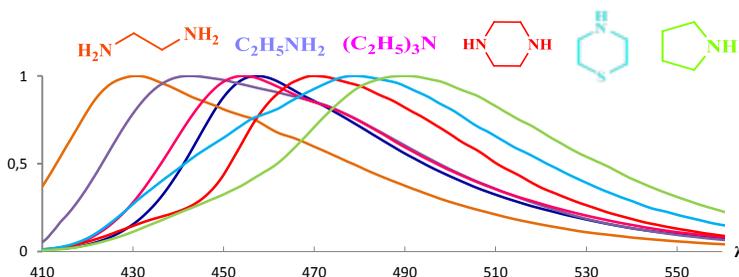
Ключевые слова: *хемосенсоры, пиридоны, флуоресценция.*

Исследования по поиску новых соединений, обладающих хемосенсорным откликом на различные соединения, является актуальной задачей современной органической химии. Нами обнаружено, что циано-пиридоны могут легко вступать в реакцию солеобразования с аминами. При этом образующиеся соли различаются расположением максимума эмиссии.

В качестве модельного пиридона для исследования хемосенсорных свойств был выбран 5,6-диметил-2-оксопиридин-3,4-дикарбонитрил **2**. Его синтез был осуществлен по следующей схеме:



Найдено, что пиридон **2** легко образует соли **3** с аминами различной природы. Установлено, что они обладают флуоресценцией. Замечено, что соли на основе ациклических аминов, имеют гипсохромный сдвиг по отношению к исходному пиридону **2**, а циклические – батохромный.



УДК 547.26/118

Акчурин А. С.

Научные руководители: Зиновьева Е. Г., канд. хим. наук, доцент;

Ефимов В. А., канд. хим. наук, доцент

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ЗОЛОТО. ЕГО ЗНАЧИМОСТЬ В АЛХИМИИ И ХИМИИ

***Аннотация.** В работе раскрыты следующие вопросы: влияние золота на развитие алхимии и становление химии, попытки трансмутаций в наши дни, новые сферы применения золота.*

***Ключевые слова:** золото, трансмутация, синтез, свойства.*

С древних времен золото привлекает людей. Интерес к этому элементу не утихает и по сей день. Недавнее увеличение возможностей применения золота стимулировало его исследование химией. Были обнаружены новые степени окисления золота, получены и изучены целые новые классы соединений этого элемента. Последние несколько десятилетий показали поразительный интерес к золоту как лекарственному средству.

В чем же основная особенность золота?

Во-первых, золото – самый пластичный металл. Из 1 грамма можно вытянуть проволоку длиной 1,5-2 километра. Также металл может быть прокован в листки толщиной до 100 нм (сусальное золото).

Во-вторых, золото – очень тяжёлый металл: плотность чистого золота равна 19,32 г/см³ (шар из чистого золота диаметром 46 мм имеет массу 1 кг).

В-третьих, золото – один из самых инертных металлов, стоящих в ряду напряжений правее всех других металлов. При нормальных условиях оно не взаимодействует с большинством кислот и не образует оксидов, поэтому его относят к благородным металлам.

В древности главной целью алхимиков было искусственное получение золота из других металлов. В поисках способов трансмутации алхимиками было открыто множество важных веществ (серная и соляная кислоты, сурьма, уксусная кислота, щелочь и т. д.), что в полной мере раскрывает роль золота в развитии науки.

Важнейшим является использование золота, основанное на его физических и химических свойствах, а не декоративной ценности. В медицине металл используют при протезировании и в качестве дополнительного

компонента различных лекарств. Радиоактивное золото-198 используют для получения радиограмм органов человеческого тела и для лечения раковых опухолей. Радиоактивное золото значительно менее вредно, чем рентгеновские лучи. Сегодня золото растрачивают, не задумываясь, для синтеза других элементов, представляющих интерес для науки. Одно время в измерительной технике особое значение приобрел изотоп ртути с массовым числом 198. Этот изотоп требовался в очень чистом виде, а выделить его из природной ртути не удавалось. Нужно было получить ртуть-198 искусственно, а для этого требовалось золото. Золото используют, чтобы искусственно получить изотопы элементов, которые, как известно, нельзя получить из природных источников (франций и астат). Дальнейшее изучение этого элемента приведет лишь к более захватывающим открытиям [1-5].

Литература

1. Справочник химика. – 2-е изд., пер. и доп. – М.-Л.: Химия, 1966. – Т. 1. – 1072 с.
2. Факты про золото [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.dragmet.com.ua/zoloto-fakty.html.
3. Алхимия. Золото из свинца или путь к благородству [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://istina1888.narod.ru/22AA.NTM>.
4. Популярная библиотека химических элементов. Раритетные издания. Наука и техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://n-t.ru/ri/ps/pb079.htm>.
5. Золото // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969-1978.

УДК 68.39.15

Белова Т. В.

Научный руководитель: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор;

Васильева С. Ю., старший преподаватель

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

НОВЫЙ СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНУЛИНА ИЗ ТОПИНАМБУРА

Аннотация. Приведен способ получения высокомолекулярного инулина.

Ключевые слова: инулин, топинамбур, сахарный диабет.

Известно, что инулин – это полисахарид фруктозы (полифруктозан), является продуктом фотосинтеза некоторых растений и представляет собой смесь структурно сходных полимераналогов, содержащих около 35 фрагментов фруктозы, с переменным удельным вращением $[\alpha]_D$ от -32 до -40° . Высокомолекулярный полимер инулина, который выделяют перекристаллизацией из воды, может иметь $[\alpha]_D = -40^\circ$ [1]. Инулин является хорошим диетическим продуктом и лечебно-профилактическим препаратом для больных сахарным диабетом, т. к. усвоение фруктозы в значительно меньшей степени зависит от гормона поджелудочной железы инсулина, чем для глюкозы. Умеренное потребление фруктозы не вызывает выраженных изменений уровня содержания сахара в крови [2].

Нами установлено, что сырой инулин, полученный осаждением спиртом или после однократной кристаллизации, содержит примеси, такие как пектин, остатки белков и аминокислот, органические кислоты, фенольные соединения и продукты их окисления. Примеси обнаруживаются методом бумажной хроматографии с соответствующими диагностическими реактивами или в УФ-свете флуоресцентной лампы.

Можно отметить недостатки указанных способов [4, 5, 6]. Использование уксуснокислого свинца для осаждения коллоидов не оправданно с медицинской точки зрения из-за токсичности иона металла. Использование ультрафильтрации для очистки инулина требует наличия специальных фильтров и мембран, которые мало доступны для промышленного использования. Кроме того, очистка извлечений из топинамбура с помощью ультрафильтрации и фильтрации на мембранах не дает возможности освободить извлечения, содержащие инулин от высокомолекулярных природных полимеров белков и пектинов. Экстракция 25%-ным спиртом приведет к частичной потере инулина, который плохо растворим в спиртовых растворах и не будет полностью экстрагироваться в данных условиях. Подкисление раствора инулина может привести к потере инулина. К примеру, 0,2 н. раствор серной кислоты вызывает гидролиз инулина в течение 10 – 15 минут при 70°C [3].

Для получения высокомолекулярного инулина получали сок из сырья и извлечение веществ из выжимок и из сырья горячей водой при 80°C в течение 60 мин.

В качестве исходного сырья использовали измельченные клубни топинамбура. Из измельченных клубней топинамбура выжимали сок с помощью соковыжималки. Из выжимок дополнительно получали водные извлечения. Извлечения проводили при нагревании в течение 60 мин при

80°С. Сок разбавляли горячей водой (95°С) 1:1, и отдельно, горячие водные извлечения обрабатывали карбонатом кальция (мелом) при 80 – 85°С в течение 60 мин и фильтровали в горячем виде через слой бязи.

Это дало возможность разрушить инулиново-пектиновый комплекс, коагулировать белки, освободиться от водорастворимых пектинов, частично от органических кислот, белков, не разрушая при этом инулин, где рН сохраняется близким к нейтральной. Фильтрат водного раствора сока упаривали под вакуумом. Кристаллизацию инулина проводили при 4°С в холодильнике 5 суток. К упаренным водным извлечениям прибавляли спирт 1:1. Выпавшие осадки сырого инулина имеют серый цвет. Далее проводили дополнительную очистку инулина. Для этого раствор инулина пропускали через колонку с анионитом в ОН⁻-форме. Колонку промывали водой при 45°С до объема, равного взятому исходному раствору. Анионит позволяет удалить органические кислоты, фенолокислоты и другие соединения кислотного характера, а также анионы органических и неорганических солей; далее к элюату добавляли оксид алюминия и нагревали при постоянном перемешивании 30 мин при 75°С, и фильтровали через слой бязи, а осадок с фильтра промывали горячей водой. Это позволяет удалить примеси, сорбирующиеся на оксиде алюминия (фенолы, полифенолы, продукты их окисления). К полученному раствору прибавляли 96%-ный спирт 1:3 и кристаллизовали инулин в холодильнике при 4°С в течение 1 суток. В результате получили белый порошок с влажностью 10% и удельным вращением $[\alpha]_D = -36,5^\circ$. Контроль чистоты инулина проводили методом хроматографии на бумаге в системе растворителей бутанол – уксусная кислота – воды 4:1:2.

Литература

1. Химия углеводов. Фруктаны / Н. К. Кочетков, А. Ф. Бочков и др. – М.: Химия, 1967. – 672 с.
2. Методы химии углеводов; пер. с англ., под ред. Н. К. Кочеткова. – М.: Мир, 1967. – 512 с.
3. Official Monographs, USP XXII, «Inulin», p.700 - 702.
4. Авт. св. СССР, ДСП, АГ 1709612 А1, А 61 К 35/78, 1984, 4808959/14, 30.03.90, Институт орг. хим. АН КиргССР и хим. фарм. з-д Фрунзенского ПО «Фрунзебиофарм», К. Турдумамбетов, Ю. В. Немальцев, Н. В. Плеханова и др. № 1214104, (54, 57) Способ получения инулина.
5. Авт. св. СССР, № 487118, кл. С 1313/00, заявл. 05.03.73 № 1891936, опубл. 26.02.76. Федоткин И. М., Герасименко А. А., Бобровник Л. Д. и др. [Киевский технологический ин-т пищевой промышленности]. Способ получения инулина.

6. Патент РФ, 2001621, А 61 К 35/78, 31/715, С 13 К 11/00, 5044672/14, 29.05.92. Борисенко В. Г., Королев В. Д., Педанов Ф. Р. и др. Способ получения инулина.

7. Warteresienicz Mariusz. Hydroliza glikofruktozanow topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.). Ann. Univ. M. Curie-Sklodowska. 1962. P.16, 163-188.

УДК 343.2

Бураков В. А., Винокурова Р. И.

Поволжский государственный технологический университет

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

***Аннотация.** Рассмотрены топливные элементы, которые являются современными химическими источниками тока непрерывного действия.*

***Ключевые слова:** химические источники тока, топливные элементы, электрохимические генераторы.*

Охрана окружающей среды является одной из самых острых и глобальных экологических проблем современности. Основной вклад в загрязнение окружающей среды вносят транспорт и энергетика.

Более совершенный способ преобразования энергии (электрохимический) осуществляется в топливных элементах (ТЭ).

Топливные элементы – устройства, вырабатывающие электрическую энергию за счет окислительно-восстановительных реакций жидких или газообразных реагентов, поступающих извне.

ТЭ являются химическими источниками тока непрерывного действия. На электродах ТЭ протекают электрохимические реакции: на отрицательном – с участием восстановителя (топлива), на положительном – с участием окислителя (чаще всего O_2 или воздуха). ТЭ способен работать неограниченное время, пока поступают реагенты и происходит отвод продуктов реакции и тепла.

Для увеличения тока и напряжения ТЭ соединяют в батареи. Устройство, состоящее из батарей ТЭ, систем подвода реагентов, отвода продуктов реакции и тепла, а также автоматики, получило название электрохимического генератора (ЭХГ). В свою очередь, ЭХГ входит в электрохимическую энергоустановку (ЭЭУ), которая, кроме ЭХГ, включает блок подготовки топлива, преобразователь постоянного тока в переменный (инвертор) и блок использования тепла.

Основное отличие ТЭ от гальванических элементов заключается в том, что в ТЭ используются нерасходуемые электроды, поэтому ТЭ могут работать длительное время (десятки тысяч часов). Реагенты в ТЭ поступают во время работы, а не закладываются заранее, как в гальванических элементах и аккумуляторах. В отличие от аккумуляторов ТЭ не требуют подзарядки.

Разработка ТЭ началась еще в начале 20 века для прямого превращения энергии природных видов топлива – природного газа, нефтепродуктов или оксида углерода, получаемого газификацией углей (отсюда и название – «топливный элемент») в электрическую как альтернатива тепловым машинам. В топливных элементах химическая энергия топлива и окислителя непосредственно превращается в электрическую энергию, тогда как в тепловых машинах процесс преобразования химической энергии идет через несколько промежуточных стадий, в том числе через стадию образования теплоты. Однако из-за инертности природных топлив к электрохимическим реакциям, задача оказалась трудной.

В 60-х годах 20 века были разработаны водородно-кислородные ТЭ (рабочая температура от 20 до 100-160°C) с щелочным электролитом (30-40% водным раствором KOH) и пористыми никелевыми или углеродными электродами с нанесенным катализатором (Pt, Ag, Pd), которые с одной стороны контактируют с электролитом, с другой – с реагирующим газом. В качестве топлива используется водород высокой степени чистоты, окислителя – чистый кислород. На аноде окисляется водород: $2\text{H}_2 + 4\text{OH}^- - 4\text{e} \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}$, на катоде – восстанавливается кислород $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} \rightarrow 4\text{OH}^-$.

Образующаяся вода поступает в электролит, откуда удаляется с помощью внешних устройств либо испаряется с поверхности электродов при рабочих температурах выше 60°C.

Электродвижущая сила (ЭДС) данных ТЭ при давлении 1 атм и 25°C составляет 1,229 В. Срок службы водородно-кислородных элементов до 10 тыс. часов. Эти ТЭ предназначались для космических кораблей, автономных устройств связи и т. д.

В дальнейшем для гражданского применения были разработаны ТЭ с фосфорнокислым электролитом (98%-ным раствором H_3PO_4).

Такие элементы работают при средних температурах 180-230°C. Материалом электродов, устойчивым при этой температуре в агрессивной среде, служит графит, а катализатором – Pt и ее сплавы. Топливом может служить технический водород, окислителем – кислород воздуха, так как компоненты воздуха химически не взаимодействуют с такими электро-

литами. Реальный коэффициент полезного действия (КПД) ТЭ составляет 40-65%, выделяемое тепло может быть использовано либо для теплофикации, либо для генерации дополнительной электрической энергии с помощью паровых или газовых турбин. На базе среднетемпературных ТЭ в США и Японии созданы опытные электростанции мощностью около 10 МВт.

В последние годы большой интерес проявляется к ТЭ с твердополимерным электролитом (ионообменной мембраной). В качестве материала электродов используется графит, катализатора – Pt и ее сплавы. Рабочая температура ТЭ около 100°C. К достоинствам этих ТЭ относят отсутствие жидкого электролита, высокую удельную мощность. В качестве топлива используют метанол, который предварительно конвертируется в водород. В последние годы во многих лабораториях мира ведутся работы по созданию ТЭ, в которых происходит прямое электроокисление метанола: $\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} - 6e \rightarrow \text{CO}_2 + 6\text{H}^+$.

Основное назначение ЭЭУ на основе данных ТЭ – это электромобили. Применение ТЭ позволит создать транспорт, характеризуемый бесшумностью и удовлетворяющий экологическим требованиям.

Следует отметить, что в рассмотренных видах ТЭ применяются Pt и ее сплавы. Массовое производство ЭЭУ на основе ТЭ будет лимитироваться запасами Pt, которые относительно невелики. Поэтому большое внимание уделяется разработке высокотемпературных ТЭ, не содержащих Pt-катализаторы. В одном из них, работающем при температурах 650-700°C применяется электролит из расплава карбонатов лития и натрия ($\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$), находящийся в порах керамической матрицы (LiAlO_2). Материалом анода служит никель, легированный хромом; катода – литированный оксид никеля ($\text{NiO} + \text{Li}_2\text{O}$).

К настоящему времени созданы ЭЭУ мощностью от нескольких киловатт до 2 МВт. Установки имеют КПД 60% и выше. Основная проблема ТЭ с расплавленным карбонатным электролитом связана с условиями эксплуатации, поскольку в расплаве в присутствии O_2 и CO_2 происходит коррозия материала катода.

Энергоустановки на основе ТЭ имеют много преимуществ по сравнению с традиционными энергоустановками: более высокий КПД (в 1,5-2 раза выше), экологическая чистота, практическая бесшумность, широкий диапазон мощностей и применяемого топлива, возможности когенерации тепла. Эти ЭЭУ не потребляют воду, при необходимости можно даже использовать воду, которая является продуктом реакции. Пока основным тормозом для их широкого применения являются относительно

высокая стоимость (в 2-3 раза) по сравнению с традиционными установками, а также недостаточный срок службы.

Таким образом, при всех положительных характеристиках важнейшими проблемами этих топливных элементов являются снижение стоимости и увеличение срока службы.

УДК 662.613.52

Бусыгин С. В., Шумов С. А.

Научный руководитель: Афанасьев В. В., д-р техн. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ ОКИСЛОВ АЗОТА КОТЛА ТГМЕ-464

***Аннотация.** Проведен анализ литературных источников по уменьшению выбросов оксидов азота с дымовыми газами котельными агрегатами за счет режимных и технологических мероприятий по организации процесса горения. Показано, что наиболее эффективным и дешевым способом снижения концентрации термических оксидов азота котла ТГМЕ-464 является уменьшение температуры в зоне активного горения, находящейся между подом и нижним ярусом горелок котла за счет направления большей части рециркулируемых дымовых газов в дутьевой воздух горелок нижнего яруса.*

***Ключевые слова:** природный газ, котельный агрегат, рециркуляция дымовых газов, термические оксиды азота.*

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды является энергетика, от уровня развития которой зависит экономический потенциал страны, ее конкурентоспособность и благополучие населения.

Целью данной работы является снижение выбросов оксидов азота при сжигании природного газа в котле ТГМЕ-464 за счет рециркуляции дымовых газов. Котел ТГМЕ-464 спроектирован в середине 20 века с минимизацией массогабаритных размеров, имеет сравнительно высокие теплонапряженные зоны активного горения (с тепловыми потоками свыше 500 кВт/м²) и поэтому сопровождается высоким уровнем эмиссии оксидов азота. Данные котлы не удовлетворяют современным нормативам по выбросу оксидов азота. Учитывая, что при сжигании природного газа в котлах в основном образуются термические оксиды азота, то представляет интерес провести анализ литературных источников по изучению

распределения зон с максимальными тепловыми потоками и температурами в топочных камерах по ее высоте для эффективного подавления эмиссии оксидов азота. В работе [1] с помощью численного моделирования на модели парового котла ДКВр-4/13 установлено, что максимальная температура в топке 1915 К, которая уменьшается линейно до 1650 К с увеличением доли рециркуляции от 0 до 40%. Снижение эмиссии NO_x из топки наиболее интенсивно происходит в диапазоне $r = 15\text{--}20\%$ и достигает до 70%. Дальнейшее увеличение доли рециркуляции r сопровождается незначительным уменьшением концентрации NO_x , но при заметном повышении давления и расхода тягодутьевых вентиляторов и КПД котла.

В работе [2] показано, что максимум лучистого теплового потока находится немного ниже отметки оси нижнего яруса горелок и достигает до 470-500 кВт/м² для бокового экрана. Такое распределение тепловых потоков по высоте топки объясняется развитием факела нижнего яруса в ограниченном объеме – сверху их сдерживают факела верхнего яруса горелок, а снизу – раскаленное огнеупорное покрытие подового экрана с обратным излучением в сторону горелок нижнего яруса. Полученные данные сильно отличаются от общепринятых представлений о распределении лучистого теплового потока по высоте топки.

При анализе работы [2] выяснили, что для эффективного подавления эмиссии оксидов азота необходимо уменьшить максимальную температуру в зоне активного горения.

Распределение температуры по высоте топочной камеры для заднего и бокового экранов котла ТГМЕ-464 представлены в таблице. Видно, что максимальная температура у бокового экрана достигает до 1950⁰С и находится почти на два м ниже первого уровня яруса горелок, а у заднего экрана достигает до 2000⁰С и практически совпадает с осью нижнего яруса горелок

Высота топки, м	4	5	6	7	8	9	10	12	14	18
Боковой экран, t, °С	1220	1950	1950	1880	1810	1790	1720	1670	1550	1300
Задний экран, t, °С	1650	1700	1950	2000	1880	1770	1710	1540	1420	1400

Максимальные значения температуры в зоне активного горения у нижнего яруса горелок практически совпадают с теоретической температурой горения, приведенные определяемой из выражения:

$$t_T = \frac{Q_H^p + q_{\text{физ}} - q_{\text{дис}}}{\Sigma V_{\text{ср}}}$$

Здесь Q_H^p – низшая теплота сгорания; $q_{\text{физ}}$ – физическая теплота газа и воздуха; $q_{\text{дис}}$ – суммарные затраты теплоты на диссоциацию CO_2 и H_2O ; кДж/м^3 ; $\Sigma V_{\text{ср}}$ – сумма произведений объемов CO_2 , H_2O и N_2 , образовавшихся при сгорании 1 м^3 газа и средних теплоемкостей продуктов сгорания.

Оценки изменения максимальной температуры t_T от степени рециркуляции показывают, что при $r = 40\%$ и равномерной раздаче дымовых газов в дутьевой воздух она уменьшается до $5000 \text{ }^\circ\text{C}$ от первоначального значения.

Известно, что равновесная концентрация оксидов азота C_{NO} достигается при температурах более $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ и увеличивается в 2 раза при повышении температуры на каждые $200\text{-}250 \text{ }^\circ\text{C}$. Применительно к нашему случаю это означает снижение оксидов азота до 75% от исходной концентрации порядка 475 мг/м^3 . Оптимальное значение доли рециркуляции при равномерном разбавлении дутьевого воздуха дымовыми газами согласно [1] находится в пределах $r = 15\text{-}20\%$. Дальнейшее разбавление приводит к заметному снижению КПД котла. Отсюда следует, что для эффективного уменьшения концентрации оксидов азота котла ТГМЕ-464 необходимо снижать температуру в первую очередь у нижнего яруса горелок, например, за счет перераспределения газов рециркуляции между ярусами горелок при неизменной общей их доле $r=15\text{-}20\%$.

Для определения оптимальных соотношений разбавления дымовыми газами дутьевого воздуха между ярусами горелок и сохранения на приемлемом уровне технико-экономических показателей работы ТЭЦ необходимо провести реальные эксперименты с замерами выхода оксидов азота, температуры уходящих газов и определения технико-экономических показателей котла.

Литература

1. Кобзарь, С. Г. Снижение выбросов оксидов азота в газовых котлах методом рециркуляции дымовых газов / С. Г. Кобзарь, А. А. Халатов // Промышленная теплотехника. – 2009. – Т. 31. – №4. – С. 5-11.
2. Холщев, В. В. Сравнительный анализ двух экспериментов, проведенных в разные годы на мазутных котлах / В. В. Холщев // Электрические станции. – 2001. – №3. – С. 12-16.

Голова С. Г., Силкина О. В.
Поволжский государственный технологический университет

ТАНИНЫ – УДИВИТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ЧАЕ

***Аннотация.** Танины, или «таннины» – группа фенольных соединений растительного происхождения, содержащих большое количество гидроксильных групп. Танины обладают дубильными свойствами и характерным вяжущим вкусом. Дубящие вещества, в свою очередь, обладают антибактериальным, противовоспалительным и гемостатическим эффектом. Особого внимания заслуживает свойство танинов выводить токсины и соли тяжелых металлов из организма человека и животных.*

***Ключевые слова:** танины, дубильные вещества, вяжущие вещества, чай, лекарственные растения.*

Почти каждый человек ежедневно употребляет чай, не придавая особого значения, с какой целью и почему этот напиток так необходим для процессов жизнедеятельности. Задумавшись над вопросами, каков состав чая и каково его влияние на организм человека, нам захотелось найти ответы на эти вопросы.

Лекарственное растительное сырье, содержащее танин, широко распространено по миру и широко доступно, в связи с чем является весьма привлекательным предметом для изучения. Фармакологические исследования танина природного и синтетического происхождения позволили установить вяжущее, противовоспалительное и обволакивающее действие, что привело к созданию множества лекарственных средств, обладающих местной противовоспалительной активностью.

Танины (таннины, танниды) (от франц. *tanner* – дубить кожу), группа фенольных соединений растительного происхождения, содержащих большое количество групп ОН; обладают дубящими свойствами. Дубящее действие танинов основано на их способности образовывать прочные связи с белками, полисахаридами и др. биополимерами (пектиновыми веществами, целлюлозой).

Танины содержатся в коре, древесине, листьях и(или) плодах (иногда семенах, корнях, клубнях) множества растений: дуба, каштана, акации, ели, лиственницы, эвкалипта, чая, гранатового и хинного деревьев, сушаха, квебрахо и др.; придают листьям и плодам терпкий вкус.

Дубильная кислота защищает растения от широкого спектра болезнетворных микробов, а также защищает от употребления их в пищу насекомыми и животными.

Выделяют танины главным образом из коры акации, ели, каштана в виде водного экстракта. Танины подавляют рост патогенных для многих растений микроорганизмов, защищают растения от поедания животными. Используются для дубления кожи и меха, приготовления чернил, протравливания текстильных волокон, как вяжущие лекарственные средства, для придания различным напиткам терпкого и вяжущего вкуса.

В конечном виде полученный продукт представляет собой порошок светло-жёлтого цвета, обладающий слабовыраженным специфическим запахом и вяжущим вкусом. Порошок растворяется в воде, алкоголе и глицерине. Водный раствор танина имеет кислую реакцию, и обладает выраженными дубильными свойствами. При взаимодействии с алкалоидами, растворами протеинов и солей тяжёлых металлов образуют осадки.

Танины не только снижают вязкость, но и повышают проницаемость клеточных стенок растений, – а значит, улучшается выход растворимых веществ при экстракции. И сами танины в готовом напитке оказываются вполне у места: облагораживают вкус и увеличивают пользу для здоровья.

В воде образует коллоидные растворы, имеющие кислую реакцию и обладающие сильным дубильным действием. Водные растворы образуют осадки с алкалоидами, растворами белка и желатины, солями тяжелых металлов. Применяют в качестве вяжущего и местного противовоспалительного средства.

В медицине танины находят применение как вяжущие лекарственные средства, как антидот (при отравлении солями свинца, ртути и др.), как противодиарейные, кровоостанавливающие и противогеморроидальные средства.

Дубильные вещества – один из существенных компонентов чая и чайного настоя. Они составляют 15-30 % чая и представляют собой сложную смесь более трёх десятков полифенольных соединений, состоящую из танина и различных (по крайней мере, семи) катехинов, полифенолов и их производных. Прежние представления о чайном танине как о простом дубящем веществе, которому приписывали горький вкус, были существенно изменены благодаря работам академика А. Л. Курсанова и кажутся сейчас, по меньшей мере, наивными. Следует иметь в виду, что танин чая, или теотанин, неравнозначен фармацевтическому танину или

галлотанину. Теотанин представляет собой сложный химический комплекс, состав которого теперь полностью расшифрован. Представление о том, что танин придаёт чаю горечь, неверно. Если в свежем чайном листе танин действительно обладает горьким вкусом, то после фабричной обработки эта горечь исчезает, и танин в чае приобретает приятную терпкость, придающую основной вкус настою чая.

Особо следует подчеркнуть, что танин и катехины чая обладают свойствами витамина Р и именно из-за наличия танина чай является для нас главным источником получения этого важного витамина.

Как правило, содержание танина в зелёных чаях значительно выше, чем в чёрных (почти вдвое), ибо в зелёных чаях танин находится почти в неокисленном состоянии, в то время как в чёрном байховом чае до 40-50 % танина окислено. Из чёрных же чаёв в чаях Южной Азии – индийском, цейлонском и явском – содержится больше танина, чем в китайском, грузинском, азербайджанском и красnodарском. Танин придаёт южным чаям более резкий, можно сказать, более доходчивый чайный вкус, ценимый некоторыми категориями потребителей. В грузинских чаях танина бывает больше в листьях июньского, июльского и августовского сборов, а в майском и сентябрьском – значительно меньше. Кроме того, обычно во всех чаях высших сортов танина содержится больше, чем в низших.

Дубильные вещества чая не остаются неизменными. Продукты их окисления – хиноны, возникающие в ходе фабричного производства чая, в свою очередь производят окисление других веществ чайного листа и образуют многие ароматические продукты, участвующие в создании аромата чая.

Таким образом, значение дубильных веществ в чае огромно, и они не оказывают дубящего действия на слизистую оболочку желудка человека, а напротив, проявляют лекарственные свойства и являются антидотами ко многим токсическим соединениям.

Литература

1. ГОСТ 19885-74. – Чай. Методы определения содержания танина и кофеина. – Введ. 01.07.1975. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 101-102 с.
2. Похлёбкин, В. В. Чай: Его типы, свойства, употребление / В. В. Похлёбкин. – М.: Центрполиграф, 2001. – 46-47 с.
3. Heiss, R. J. The Story of Tea / R. J. Heiss, M. L. Heiss. – Ten Speed Press. – 2007. – 211 с.

Денисова О. Н., Майорова Е. В., Старыгина П. А., Трифонова Л. С.
Поволжский государственный технологический университет

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РУТИНА В НЕКОТОРЫХ ВИДАХ ЧАЯ И ТРАВЯНЫХ НАСТОЯХ

***Аннотация.** Проведён сравнительный анализ содержания рутина в популярных сортах чая и травяных настоях методом перманганатометрического титрования.*

***Ключевые слова:** рутин, биофлавоноиды, витамины, количественное содержание.*

С пищей мы получаем большое количество различных полезных веществ, в том числе не синтезируемых организмом. К ним относится рутин ($C_{27}H_{30}O_{16}$) – биологически активное вещество, относящееся к группе флавоноидов, полифенолов, обладающих Р-витаминной активностью, причем получить его можно только из растительной пищи. Рутин придает окраску и аромат многим растениям и исполняет роль их защитника от болезнетворных бактерий, многих паразитов и грибков, отпугивает вредителей, в то же время, привлекая полезных насекомых. Впервые этот биофлавоноид был обнаружен в лимонной кожуре в 1863 г. американским ученым Альбертом Сент-Дьери. Рутин является водорастворимым веществом, которое в чистом виде имеет жёлтую, либо жёлто-зелёную окраску.

В биотехнологии рутин используется как биологическая добавка к кормам сельскохозяйственных животных. В сочетании с другими биологически активными веществами он способен повышать прирост живой массы мясных пород животных и птиц. В организме человека витамин Р, являясь природным антиоксидантом, продолжает играть свою роль защитника уже человеческих клеток и выполняет следующие функции:

- улучшает эластичность и прочность стенок кровеносных сосудов, тем самым предотвращая кровотечение;
- активно противодействует появлению целлюлита, варикоза, геморроя, тромбофлебита;
- улучшает поглощение витамина С, усиливая его действие;
- повышает защитные возможности организма;

- понижает артериальное давление;
- является мочегонным веществом;
- замедляет сердечный ритм;
- стимулирует функциональность коры надпочечников;
- выступает в качестве противовоспалительного средства;
- облегчает симптомы многих аллергических реакций, в том числе бронхиальной астмы.

Однако в первый триместр беременности употребление витамина Р противопоказано.

Существует несколько веществ, способных разрушать рутин в организме. К ним относятся: табак, алкоголь, антибиотики, аспирин, кортизон. Чтобы не спровоцировать дефицит витамина Р, людям в первую очередь необходимо отказаться от вредных привычек и не употреблять антибиотики и аспирин без назначения врача.

Так как рутин поступает в организм только извне, необходимо постоянно употреблять продукты, содержащие это вещество, причём в сыром виде. Источниками рутина являются citrusовые, ягоды (в особенности черноплодная рябина, малина и смородина), фрукты (сливы, абрикосы и т. д.), овощи (томаты, капуста, свёкла и т. д.), гречневая крупа, а также чёрный и зелёный чай. Поскольку многие из нас употребляют чай практически каждый день, именно он был выбран нами в качестве объекта исследования. В ходе работы сравнивались три марки чая из разных ценовых категорий. Для определения рутина были выбраны пакетированные чаи (чёрный и зелёный) марок «Greenfield», «Tess» и «Лисма». Кроме того, мы проанализировали на содержание рутина такие популярные травяные настои, как зверобой, ромашка и иван-чай (кипрей).

Каждый образец заваривали в течение 5 мин, после чего охлаждали и проводили титрование. Для проверки полноты извлечения один из образцов подвергли завариванию в течение 10 минут. Этот опыт показал, что при пятиминутной экстракции достигается полнота извлечения рутина, поскольку его содержание при десятиминутной экстракции не увеличивалось. Методика определения рутина в образцах основана на его способности окисляться перманганатом калия. В качестве индикатора применялся индигокармин, который вступает в реакцию с перманганатом калия сразу после того, как окислится весь рутин.

Результаты эксперимента представлены в таблице.

Результат эксперимента

№	Название образца	Содержание рутина мг/100 г	Содержание рутина в одном пакетике, мг
1	«Greenfield» (чёрный)	52,8	1,056
2	«Greenfield» (зелёный)	42,1	0,842
3	«Tess» (чёрный)	49,6	0,893
4	«Tess» (зелёный)	33,6	0,605
5	«Лисма» (чёрный)	36,8	0,552
6	«Лисма» (зелёный)	27,7	0,416
7	Зверобой	23,5	0,353
8	Ромашка	17,1	0,257
9	Иван-чай (кипрей)	16,0	0,240

Данные, полученные в ходе эксперимента, свидетельствуют о том, что содержание рутина зависит от ценовой категории и вида чая. Самый дорогой чай «Greenfield» содержит больше рутина по сравнению с другими марками. В самом дешёвом чае «Лисма» обнаружено наименьшее количество рутина.

В рамках одной ценовой категории в черном чае содержание рутина выше, чем в зеленом в 1,2-1,5 раза. Это можно объяснить различием в методах получения, условиях обработки и хранения чёрного и зелёного чая. При производстве зеленого чая листья предварительно фиксируются паром при высокой температуре (170-180°C), ферментация происходит не более 2 дней. Листья черного чая ферментируют дольше – примерно в течение месяца.

Из популярных травяных настоев максимальное количество рутина содержит зверобой, однако, и он уступает даже самой дешёвой из проанализированных марок зелёного чая «Лисма» примерно в 1,2 раза. Настои ромашки и иван-чая содержат ещё меньшее количество рутина, причём настой иван-чая уступает по этому показателю настою ромашки примерно на 7 %.

Литература

1. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. проф., д-ра техн. наук И. М. Скурихина и проф., д-ра мед. наук М. Н. Волгарева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.
2. Шапиро, Д. К. Практикум по биологической химии. –2-е изд / Д. К. Шапиро. – Минск: Вышэйшая школа. – 1976. – 288 с.

3. Нечаев, А. П. Пищевые добавки / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. – М.: Колос, 2001. – 256 с.
4. Биохимия растительного сырья / Под ред. Щербакова В. Г. – М.: Колос, 1999. – 376 с.

УДК 678.86

Ефимов К. В.

Научные руководители: Ушмарин Н. Ф., канд. техн. наук;
Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ВЛИЯНИЕ СОПОЛИМЕРОВ ЭТИЛЕНА С ВИНИЛАЦЕТАТОМ НА РЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ

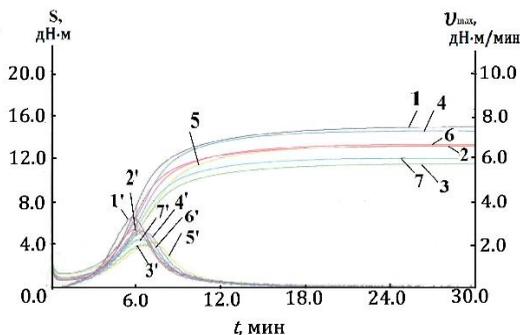
Аннотация. Исследовано влияние сополимеров этилена с винилацетатом на реометрические свойства резиновой смеси на основе комбинации бутадиен-нитрильного и изопренового каучуков.

Ключевые слова: сополимеры этилена с винилацетатом, бутадиен-нитрильный и изопреновый каучуки, резиновая смесь, реометрические свойства.

В настоящее время в нефтегазодобывающей промышленности для герметизации пространства между скважиной и грунтом применяются нефтенабухаемые резиновые уплотнительные элементы, изготовленные из резин на основе бутадиен-нитрильных каучуков (БНК). К этим уплотнительным элементам предъявляются жесткие требования по физико-механическим и эксплуатационным свойствам. Для придания определенных свойств и повышения эксплуатационных характеристик резинотехнических изделий широко применяются различные технологические добавки. В качестве таких добавок представляет интерес использование сополимеров этилена с винилацетатом (СЭВА). Макромолекулы СЭВА способны образовывать ковалентные связи атомов углерода винильных остатков СЭВА с частично положительно заряженными атомами углерода, находящимися в α -положении по отношению к кратным связям, и координационные связи между атомами полярных групп (ацетатные СЭВА и нитрильные группы бутадиен-нитрильного каучука соответственно). Это способствует хорошей совместимости СЭВА с каучуками, а следовательно, увеличению прочностных и эксплуатационных свойств резин. В работе [1] показана возможность повышения сорбционных

свойств резины на основе комбинации каучуков СКИ-3 и СКМС-30 АРК за счет введения в их состав СЭВА. В связи с этим представляет интерес исследовать влияние различающихся содержанием винилацетатных звеньев СЭВА на реометрические свойства резиновой смеси на основе комбинации бутадиен-нитрильного и изопренового каучуков. Полученные результаты позволят судить о кинетических закономерностях процесса вулканизации резиновой смеси.

Основой резиновой смеси служила комбинация бутадиен-нитрильного БНКС-18АМН и изопренового СКИ-3 каучуков. Помимо каучуков, резиновая смесь также содержала: вулканизирующий агент N,N'-дитиодиморфолин; ускоритель вулканизации тиурам Д; активатор вулканизации – цинковые белила, стеарин и другие ингредиенты. В резиновую смесь также вводились сополимеры этилена СЭВА 11104-030, СЭВА 11808-340, ЭВА MarPol 1802. Резиновую смесь изготавливали путём смешения каучуков БНКС-18АМН и СКИ-3 с ингредиентами на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150. Охлаждение резиновой смеси производили на металлическом столе не менее 24 час. Исследование реометрических свойств резиновой смеси проводилось на реометре MDR 3000 фирмы «Моп Tech» при температуре 150°C в течение 30 мин по ГОСТ 12535-84. Базовый вариант резиновой смеси не содержал СЭВА в своем составе. Реометрические кривые для семи различных вариантов резиновой смеси приведены на рисунке.



Реометрические кривые резиновой смеси
(номера кривых соответствуют номерам вариантов):
1-7 – крутящий момент; 1'-7' – скорость вулканизации

В таблице представлены реометрические свойства, следующие из рисунка. Из данных таблицы следует, что для вариантов 2-7 резиновой

смеси, содержащих СЭВА, по сравнению с базовым вариантом наблюдается увеличение минимального (S_{\min}) и уменьшение максимального (S_{\max}) крутящих моментов. Причем наименьшим временем начала вулканизации (t_s) обладают варианты 1 и 4, а наибольшим – вариант 3. Наименьшее значение времени оптимального времени вулканизации (t_{90}) наблюдается для варианта 4 резиновой смеси, содержащего 5 мас. ч. СЭВА 11808-340. С увеличением содержания СЭВА максимальная скорость вулканизации (v_{\max}) резиновой смеси уменьшается, а время её достижения (t_{\max}) возрастает. Наибольшим значением максимальной скорости вулканизации характеризуется также 4 вариант резиновой смеси.

Варианты и реометрические свойства резиновой смеси

Технологические добавки и показатели	Варианты резиновой смеси						
	1	2	3	4	5	6	7
СЭВА 11104-030	–	5	10	–	–	–	–
СЭВА 11808-340	–	–	–	5	10	–	–
ЭВА MarPol 1802	–	–	–	–	–	5	10
Реометрические свойства резиновой смеси (150°C, 30 мин)							
S_{\max} , дН*м	14,84	13,08	11,43	14,47	13,16	13,21	11,96
S_{\min} , дН*м	0,65	0,77	0,92	1,29	1,21	0,70	0,87
t_s , мин	3,41	3,45	3,67	3,40	3,61	3,66	3,65
t_{90} , мин	11,28	10,97	11,42	10,58	11,99	10,98	10,88
t_{\max} , мин	5,94	5,98	6,01	5,94	6,15	6,19	6,31
v_{\max} , дН*М/мин	2,47	2,67	2,01	2,76	2,10	2,70	2,17

Примечание: S_{\max} – максимальный крутящий момент; S_{\min} – минимальный крутящий момент; t_s – время начала вулканизации; t_{90} – оптимальное время вулканизации, t_{\max} – время достижения максимальной скорости вулканизации; v_{\max} – максимальная скорость вулканизации

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что резиновая смесь на основе комбинации бутадиен-нитрильного и изопренового каучуков, содержащая в своем составе 5 мас. ч. СЭВА 11808-340, характеризуется оптимальными реометрическими свойствами.

Литература

1. Ушмарин, Н. Ф. Разработка и исследование свойств нефтенабухающей резины / Н. Ф. Ушмарин, Д. В. Пелипенко, С. И. Сандалов и др. // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии: сборник трудов участников XXII научно-практической конференции. – М.: ООО «Научно-исследовательский центр «НИИШП», 2017. – С. 132-133.

Илларионова М. С., Спиридонов И. С.
Научные руководители: Ушмарин Н. Ф., канд. техн. наук;
Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

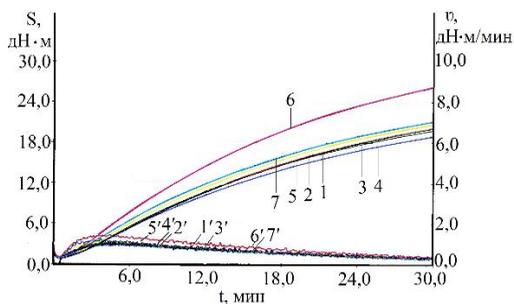
ВЛИЯНИЕ СОПОЛИМЕРОВ ЭТИЛЕНА С ВИНИЛАЦЕТАТОМ НА КИНЕТИКУ ВУЛКАНИЗАЦИИ РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА

***Аннотация.** Исследовано влияние сополимеров этилена с винилацетатом на реометрические свойства резины на основе бутадиен-нитрильного каучука. Показано, что с увеличением содержания винилацетата в сополимерах наблюдается возрастание минимального крутящего момента и уменьшение времен начала и оптимума вулканизации резиновой смеси. Наибольшими величинами максимального крутящего момента и максимальной скорости вулканизации характеризуется резиновая смесь, содержащая 5 мас. ч. Сэвилена 11808-340.*

***Ключевые слова:** резиновая смесь, бутадиен-нитрильный каучук, сэвилены, реометрические свойства.*

К резинотехническим изделиям (РТИ) для нефтегазодобывающей промышленности, предназначенным для работы в жестких условиях, предъявляются высокие требования по физико-механическим и эксплуатационным свойствам. В частности, такие РТИ должны обладать повышенной стойкостью к углеводородам и высоким температурам. В резиновые смеси вводят различные технологические добавки, улучшающие эксплуатационные свойства РТИ. Одними из перспективных ингредиентов, способных увеличить термо- и агрессивностойкость резин, являются сополимеры этилена с винилацетатом (СЭВА) [1]. СЭВА хорошо распределяются в каучуке за счет образования координационных связей между α -звеньями молекул каучука и полярными группами сополимеров, повышая прочностные и эксплуатационные свойства резины. Представляет интерес изучить влияние СЭВА с различным содержанием винилацетата на вулканизационные характеристики резиновой смеси. В связи с этим было исследовано влияние СЭВА марок Сэвилены 11104-030 и 11808-340, а также этиленвинилацетата (ЭВА) MarPol 1802 на кинетику вулканизации резиновой смеси на основе бутадиен-нитрильного каучука, применяемой для изготовления термоагрессивостойких РТИ для нефтегазодобывающей промышленности.

Основой исследованной резиновой смеси служил бутадиен-нитрильный каучук СКН-2645, который смешивали на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150 с вулканизующим агентом DCP-99, активаторами вулканизации монометакрилатом цинка, стеарином и другими ингредиентами. Помимо основных ингредиентов в резиновую смесь вводились СЭВА с различным содержанием винилацетата: Сэвилен 11104-030 – 5-7%, ЭВА MarPol 1802 – 18 %, Сэвилен 11808-340 – 26-30%. Охлаждение резиновой смеси производили на металлическом столе. Готовую резиновую смесь выдерживали не менее 24 часов. Исследование кинетики вулканизации резиновой смеси проводилось на реометре MDR 3000 фирмы «Mon Tech» при температуре 150°C по ГОСТ 12535-84. На рисунке приведены реометрические кривые, снятые для различных вариантов резиновой смеси. Всего были исследованы семь вариантов резиновой смеси. Базовым являлся первый вариант резиновой смеси, не содержащий СЭВА.



Реометрические кривые резиновой смеси
(номера кривых соответствуют номерам вариантов):
1-7 – крутящий момент; 1'-7' – скорость вулканизации

Реометрические свойства, следующие из рисунка, представлены в таблице. Из данных таблицы следует, что введение СЭВА в резиновую смесь влияет на кинетику её вулканизации. Для вариантов 2-7 резиновой смеси, по сравнению с базовым вариантом, наблюдается увеличение минимального крутящего момента (S_{\min}) и уменьшение времен начала (t_s) и оптимума (t_{90}) вулканизации. Наибольшей величиной максимального крутящего момента (S_{\max}) обладает вариант 6 резиновой смеси, содержащий 5,0 мас. ч. Сэвилена 11808-340. С увеличением содержания СЭВА происходит незначительное изменение максимальной скорости вулканизации v_{\max} резиновой смеси и времени ее достижения (t_{\max}). Наибольшая максимальная скорость вулканизации наблюдается для варианта 6 резиновой смеси.

Варианты и реометрические свойства резиновой смеси

СЭВА и показатели	Варианты резиновой смеси						
	1	2	3	4	5	6	7
Сэвилен 11104-030	–	5	10	–	–	–	–
ЭВА MarPol 1802	–	–	–	5	10	–	–
Сэвилен 11808-340	–	–	–	–	–	5	10
Реометрические свойства резиновой смеси (режим 150°C, 30 мин)							
S_{max} , дН*м	20,17	20,18	19,87	18,97	20,80	26,23	21,19
S_{min} , дН*м	0,97	0,98	0,99	1,09	1,11	1,23	1,11
t_s , мин	3,36	3,33	3,26	3,30	3,15	3,04	2,90
t_{90} , мин	24,83	24,77	24,68	24,77	24,59	24,44	24,39
t_{max} , мин	4,72	4,86	4,58	4,85	4,88	4,42	3,74
v_{max} , дН*м/мин	1,18	1,18	1,20	1,17	1,19	1,51	1,21

Примечание: S_{max} – максимальный крутящий момент; S_{min} – минимальный крутящий момент; t_s – время начала вулканизации; t_{90} – оптимальное время вулканизации, t_{max} – время достижения максимальной скорости вулканизации; v_{max} – максимальная скорость вулканизации

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что СЭВА влияют на вулканизационные характеристики резиновой смеси. Установлено, что резиновая смесь, содержащая 5 мас. ч. Сэвилена-11808-340, характеризуется лучшими реометрическими свойствами.

Исследование выполнено в рамках комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства на АО «ЧПО им. В. И. Чапаева» при финансовой поддержке Минобрнауки России, договор №03.G25.31.0227.

Литература

1. Ушмарин, Н. Ф. Разработка и исследование свойств нефтенабухающей резины / Н. Ф. Ушмарин, Д. В. Пелипенко, С. И. Сандалов и др. // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии: сборник трудов участников XXII научно-практической конференции. – М.: ООО «Научно-исследовательский центр «НИИШП» 2017. – С. 132-133.

Князев Н. В., Кадыров Д. М., Винокуров А. И.
Поволжский государственный технологический университет

КОМПЛЕКСЫ ГЕТЕРОЦИКЛОВ С МЕТАЛЛАМИ В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ И МЕДИЦИНЕ

Аннотация. *Рассмотрены вопросы строения, химических свойств гетероциклических соединений и их комплексов с металлами, роль в биологических процессах и применение в медицине.*

Ключевые слова: *комплексные соединения, гетероциклы, переходные металлы, металлопорфирины, биологическая и каталитическая активность.*

Гетероциклическими называют органические соединения, в циклах которых, кроме атомов углерода, содержатся атомы кислорода, азота или серы. Они различаются размером и числом колец, количеством и типом гетероатомов (O, N, S), их взаимным расположением и т. д. [1]. Наиболее важную в практическом отношении группу составляют гетероароматические соединения. Большая группа гетероциклов состоит из двух и более колец. В природе наиболее распространены пяти- и шестичленные гетероциклы; они чаще всего используются и в научных исследованиях.

Следует отметить чрезвычайно широкий диапазон реакционной способности гетероциклов. В зависимости от pH среды они образуют анионы или катионы, взаимодействуют с электрофильными и нуклеофильными частицами; легко восстанавливаются или окисляются. Имеются и амфотерные гетероциклические системы, проявляющие одновременно все перечисленные свойства.

Гетероциклы участвуют во многих химических процессах, протекающих в живых клетках. Важное биохимическое значение имеет способность многих гетероциклов образовывать прочные комплексы с микроколичествами ионов металлов [2]. К числу «металлов жизни», помимо широко распространенных натрия, калия, магния, кальция, железа, цинка, относятся и более экзотичные – молибден, кобальт, хром и некоторые другие. Все они находятся в организме в виде катионов, связанных координационными связями с лигандами. Роль последних играют, прежде всего, аминокислоты и азотистые гетероциклы. Жестко ориентированная в пространстве неподеленная электронная пара пиридинового

атома азота идеально приспособлена для координации с любыми металлическими ионами.

Важнейшим природным тетраденатным лигандом является порфиновая система, которая с включенным в нее ионом магния входит в состав зеленого пигмента растений хлорофилла, а связанная с ионом железа – в состав гемоглобина крови. Подобный комплекс с ионом двухвалентного кобальта является структурным фрагментом витамина В12. В 1948 году было выделено комплексное соединение кобальта красного цвета, которое оказалось действующим началом противоанемических препаратов. Его назвали кобаламин. У большинства организмов витамин В12 находится в виде кофермента, то есть участвует в ферментативных реакциях.

Известно большое число биологических систем, в структуре которых металлопорфирины выполняют функции инициатора того или иного биологического процесса [3]. Наибольшее число исследований посвящено гемоглобину и процессам обратимой фиксации атмосферного кислорода на биологических и модельных системах.

Еще задолго до развития фармацевтической химии люди лечили болезни, используя гетероциклические соединения из природной аптеки: листья, плоды и кору деревьев, корни и стебли трав, выгяжки из насекомых и т. д. Хинин – один из представителей многочисленного семейства алкалоидов – азотсодержащих органических соединений преимущественно растительного происхождения. Почти все алкалоиды являются производными азотистых гетероциклов. Хинин сыграл историческую роль в борьбе с малярией. Примером другого алкалоида является папаверин, который используют в медицине как спазмолитическое и сосудорасширяющее средство. Мало кто из нас обходится в течение дня без чашки чая или кофе. Бодрящий эффект вызывают присутствующие в листьях чая и в плодах кофе алкалоиды пуриновой группы – кофеин, теобромин и теофиллин. Все они являются стимуляторами центральной нервной системы, повышают жизнедеятельность тканей, усиливают общий обмен веществ. Теофиллин и теобромин применяются в медицине, как сосудорасширяющие средства, а также диуретики.

Двадцатый век называют иногда веком Великой лекарственной революции. Одним из ее ярких символов, безусловно, следует считать β -лактамы антибиотики – пенициллин и цефалоспорин, спасшие миллионы человеческих жизней. Оба они также являются производными гетероциклических соединений. В последние годы намечился прорыв в решении

такой сложной задачи, как создание эффективных противовирусных препаратов. В 1988 году американским ученым Г. Эллион и Дж. Хитчингсу была присуждена Нобелевская премия за создание ацикловира – первого высокоэффективного препарата против герпесных вирусных инфекций. Несколько ранее те же ученые получили и внедрили в клиническую практику азидотимидин, применяемый как средство против СПИДа. Действие ацикловира и азидотимидина направлено на генетический аппарат вирусов. Оба препарата относятся к пуринам и пиримидинам. Успехи в борьбе с инфекционными заболеваниями отодвинули их, как основную причину смертности, на третье место. В то же время на два первых места вышли сердечно-сосудистые и раковые заболевания. Вместе с расстройствами нервной системы, распространенными также чрезвычайно широко, их часто называют болезнями XX века. В ряду сердечно-сосудистых препаратов в последние годы на первых местах обосновались производные 1,4-дигидропиридина, например, фенигидин. Распространенным противораковым средством является 5-фторурацил.

Современная революция в психофармакологии началась еще в 50-е годы с производных одного из гетероциклов – фенотиазина. Классическим и, пожалуй, самым ярким их представителем является хлорпромазин (аминазин). В 60-е годы в клиническую практику была введена новая группа успокаивающих препаратов, также относящаяся к гетероциклам. Речь идет о производных 1,4-бензодиазепина. Наиболее известные из них – диазепам, нитразепам, феназепам и др. За короткое время по количеству потребляемых таблеток они стали одними из самых распространенных в мире лекарств.

Следовало бы также упомянуть о выдающейся роли гетероциклов в дыхательном процессе и консервации энергии, фотосинтезе. В последние годы с гетероциклами тесно связана новая бурно прогрессирующая область науки – супрамолекулярная химия, исследующая закономерности самоорганизации молекул и их распознавания друг другом.

Литература

1. Пожарский, А. Ф. Гетероциклические соединения в биологии и медицине / А. Ф. Пожарский // Соросовский Образовательный Журнал. – 1996. – № 6. – С. 25-32.
2. Улахович, Н. А. Комплексы металлов в живых организмах / Н. А. Улахович // Соросовский Образовательный Журнал. – 1997. – № 8. – С. 27-32.
3. N-T.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://n-t.ru> Химия в организме человека.

Лаврентьев О. А., Ефимовский Е. Г.
Научные руководители: Ушмарин Н. Ф., канд. техн. наук;
Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ВЛИЯНИЕ ПОЛЫХ МИКРОСФЕР НА СВОЙСТВА МАСЛОБЕНЗОСТОЙКОЙ РЕЗИНЫ

***Аннотация.** Исследовано влияние полых микросфер на свойства маслобензостойкой резины на основе бутадиен-нитрильного каучука.*

***Ключевые слова:** полые микросферы, бутадиен-нитрильный каучук, реометрические свойства, физико-механические и эксплуатационные свойства маслобензостойкой резины.*

Известно [1, 2], что введение полых микросфер в резины позволяет регулировать их свойства. В связи с этим нами исследовано влияние корундовых микросфер НСМ-Л и гранатовых керамических микросфер на свойства маслобензостойкой резины на основе бутадиен-нитрильного каучука БНКС-18АМН с серной вулканизирующей системой, наполнителем техническим углеродом П 803 и другими ингредиентами. Резиновую смесь готовили путем смешения каучука с ингредиентами на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150 в течение 45 мин. Микросферы вводили в резиновую смесь путем частичной замены технического углерода П 803. Реометрические свойства резиновой смеси определяли на реометре MDR 3000 при 150°C. Вулканизацию резиновой смеси проводили при температуре 150°C в вулканизационном прессе ВП-400-2Э. Физико-механические и эксплуатационные свойства вулканизатов определялись по стандартным методикам, применяемым в резинотехнической промышленности.

Из результатов исследований реометрических свойств следует, что с повышением содержания микросфер до определенного количества уменьшаются максимальный крутящий момент и время начала вулканизации резиновой смеси. При этом увеличиваются минимальный крутящий момент и оптимальное время вулканизации, а также уменьшается время достижения максимальной скорости вулканизации, значение которой практически не зависит от природы использованных микросфер и их количества в резиновой смеси.

Изменение природы и содержания микросфер также оказывает влияние на физико-механические и эксплуатационные свойства резины. Так,

увеличение содержания микросфер до определенного количества приводит к повышению относительного удлинения при разрыве, сопротивления раздиру и относительной остаточной деформации сжатия. При этом происходит уменьшение условной прочности при растяжении и показателя истирания резины с сохранением её твердости. Термоагрессивостойкость полученных вулканизатов исследовали по изменению их физико-механических свойств и степени набухания после выдержки в воздушном термостате при 125°С и в смеси изооктан + толуол при комнатной температуре. Полученные результаты показывают повышение физико-механических и эксплуатационных свойств резины при введении в неё микросфер. Из исследованных микросфер добавки гранатовых керамических микросфер приводят к большему улучшению реометрических, физико-механических свойств и термоагрессивостойкости резины.

Литература

1. Краснова, Е. В. Исследование влияния полых корундовых микросфер на свойства резины на основе карбоцепных каучуков / Е. В. Краснова, Е. Н. Егоров, Н. И. Кольцов // Всерос. 51-я научн. студен. конф. «Наука. Студент. Университет» (12-16 апреля 2016 г. Чебоксары): сб. трудов. – Чебоксары: изд-во Чувашии. – С. 139-140.
2. Ушмарин, Н. Ф. Влияние полых корундовых микросфер на свойства повышенной обувной резины / Н. Ф. Ушмарин, Д. В. Пелипенко, С. И. Сандалов и др. // XXII Междунар. научно-практич. конф. «Резиновая промышленность. Сырье, материалы, технологии», Москва, 29 мая – 02 июня 2017. Тезисы докл. – М.: ООО «Научно-исследовательский центр «НИИШП», 2017. – С. 122-124.

УДК 620.2

Никитин С. А., Винокурова Р. И.

Поволжский государственный технологический университет

ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В ТЕХНИКЕ И НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. Рассмотрены характеристика и классификация высокоэнергетических материалов и их применение в различных областях техники и промышленности.

Ключевые слова: высокоэнергетические материалы, взрывчатые вещества.

Использование достижений химии и технологии высокоэнергетических материалов в различных областях техники и народном хозяйстве позволяет не только резко повысить эффективность и экономичность многих технологий, но и создавать принципиально новые материалы, изделия и технологические процессы.

Высокоэнергетические материалы, взрывчатые вещества (ВВ) – индивидуальные вещества или смеси, способные под влиянием внешнего воздействия (нагревание, удар, трение, взрыв другого вещества) к быстрой самораспространяющейся химической реакции с выделением большого количества энергии и образованием газов.

Важнейшими представителями индивидуальных ВВ из ароматических нитросоединений являются тринитротолуол (тротил), тринитрофенол и др., из нитраминов – гексоген, октоген, из нитроэфиров – нитроглицерин, нитраты целлюлозы, из солей неорганических кислот – нитрат и перхлорат аммония.

Большинство применяемых ВВ представляют собой смеси, которые содержат вещества, способные окисляться (горючее) и окислитель. Например, в целях повышения безопасности в шахтах в состав ВВ вводят пламегасители, или ингибиторы горения, обычно соли щелочных металлов (NaCl). Такие смеси называются предохранительными (антигризутными) ВВ. Для эксплуатации зарядов при повышенных температурах (разработка глубоких нефтяных скважин) применяют термостойкие ВВ (смесь тринитробензола, октогена и др.).

Ряд взрывчатых смесей на основе таких окислителей, как хроматы, дихроматы, пероксиды, нитраты металлов в сочетании с горючими добавками применяют в пиротехнике.

Для ВВ характерны два режима химического превращения – горение и детонация. Горение при определенных условиях может переходить в детонацию. По условию этого перехода ВВ делят на инициирующие (первичные ВВ), бризантные (вторичные ВВ) и пороха (метательные ВВ). Иницирующие ВВ воспламеняются от слабого импульса и горение легко переходит в детонацию при атмосферном давлении, применяются для возбуждения взрывчатого превращения других веществ. Горение порохов не переходит в детонацию даже при очень высоких давлениях. В соответствии с этим пороха применяют в режиме горения в ствольном оружии, в качестве твердого ракетного топлива.

Бризантные ВВ занимают промежуточное положение и применяются в режиме детонации для промышленных взрывных работ, снаряжения боеприпасов.

Поскольку пороха и взрывчатые вещества являются чрезвычайно компактными носителями энергии, не требующими для ее реализации сложных устройств, они давно используются для производства трудоемких работ, таких, как строительство дорог, дамб, плотин, прокладка туннелей, каналов, добыча полезных ископаемых. Если не считать атомную энергию, то ни одно устройство не в состоянии при равных массе и размерах развивать такую титаническую мощность, как взрывчатые вещества.

В горном деле пороха стали применять еще в XVII веке, однако широкое использование высокоэнергетических материалов для добычи полезных ископаемых началось только с появлением динамита. В течение длительного времени горнодобывающая промышленность была практически единственным объектом мирного использования взрывчатых веществ, и даже сейчас она является потребителем 80-90% всех промышленных ВВ.

Незаменимы ВВ и при разведке земных недр. Разработка и использование быстрых, дешевых и надежных способов обнаружения полезных ископаемых в земной коре являются весьма актуальными задачами. Одним из самых эффективных геофизических методов разведки полезных ископаемых является сейсмический. С помощью сейсморазведки ведутся работы по поиску месторождений нефти и газа, угля, металлических руд, изучаются обширные геологические массивы, составляются прогнозы и т. д. Этот метод применяют также для изучения глубинного строения Земли. Пороха и ВВ широко используются при бурении и эксплуатации скважин.

В последнее время взрывчатые вещества стали использовать для получения сверхтвердых материалов, например, алмазов. Такие материалы широко применяют при создании режущих, абразивно-шлифовальных и буровых инструментов, притирочных и полировальных паст и т. п. В последние десятилетия существенно расширились области применения ВВ в металлургии и машиностроении.

Особенно возросла роль ВВ в машиностроении с появлением новых сверхпрочных и тугоплавких сплавов, не поддающихся обработке традиционными методами. Применение традиционных механических методов обходится значительно дороже и гораздо менее производительно. Задачи, решаемые в современной технике с помощью высокоэнергетических материалов, значительно расширились в последние годы в связи с применением тонких, «ювелирных» зарядов ВВ малой массы. Особенно характерно это для ракетно-космической техники.

С использованием ВВ получают полимерные материалы. Под воздействием ударной волны, образующейся при взрыве полимеризация протекает с большими скоростями (10^{-6} с.) даже в отсутствие катализатора.

Изложенные примеры использования высокоэнергетических веществ и материалов не охватывают даже малой части существующих и возможных областей их применения в современной технике и народном хозяйстве. Несмотря на то, что сокрушительная сила взрыва в представлении многих неотделимо связана с ужасами войн, несущих гибель тысяч людей, бессмысленные разрушения, уничтожение материальных и культурных ценностей, в руках человека-творца взрывчатые вещества становятся могучей производительной силой, которая служит и будет служить созидательным целям.

УДК 543.645.9

Парфенова Д. С.

Научный руководитель: Житарь С. В., канд. хим. наук;

Яценко Н. Н., канд. хим. наук

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ИЗУЧЕНИЕ СТЕПЕНИ ПОГЛОЩЕНИЯ КАДМИЯ И СВИНЦА ЛЕКАРСТВЕННЫМИ ТРАВАМИ

***Аннотация.** Рассматривается изучение степени поглощения кадмия и свинца различными частями растений семейств Крапивных и Астровых, растущих в Моргаушском районе Чувашской Республики, село Большой Сундырь.*

***Ключевые слова:** кадмий, свинец, инверсионная вольтамперометрия, лекарственные травы.*

В настоящее время окружающая среда все больше и больше подвержена антропогенным загрязнениям. Причиной этому является активная деятельность человека, который создает для себя удобную среду обитания, в результате чего начинает нарушаться экологическое равновесие. С позиции оценки экологической чистоты большую опасность для здоровья человека несут соединения тяжелых металлов, особенно кадмия и свинца, поэтому стоит обратить особое внимание на контроль содержания этих металлов в лекарственных травах (СанПин 2.3.2.1078-01). [1,5].

Целью данной работы являлось изучение степени поглощения кадмия и свинца различными частями растений семейств Крапивных и Астровых, растущих в Моргаушском районе Чувашской Республики, село Большой Сундырь.

В ходе работы были поставлены следующие задачи исследования:

- 1) определить содержание кадмия и свинца в растениях;
- 2) установить, какой из органов растений преимущественно накапливает тяжелые металлы.

В качестве объектов исследования были отобраны образцы крапивы двудомной (лат. *Achillea*) и тысячелистника обыкновенного (лат. *Urtica*), согласно ГОСТ 24027.0-80.

Концентрацию кадмия и свинца при совместном присутствии определяли методом инверсионной вольтамперометрии на вольтамперометрическом анализаторе «ЭКОТЕСТ-ВА» с трехэлектродной электрохимической ячейкой: в качестве рабочего электрода использовался углеситалловый вращающийся микроэлектрод, электрода сравнения – хлорсеребряный и вспомогательного электрода – платиновый. [6,7].

Подготовку образцов проводили в соответствии с ГОСТ 26929-94 методом мокрой минерализации. [2,3]. Расчет содержания тяжелых металлов в пробах выполняли по разности вольтамперных кривых пробы и фона, пробы с добавкой стандартного раствора и фона. При расчете использовали метод расчета пиков по высоте. [4,6,7].

Содержание Cd и Pb в лекарственном растительном сырье

Наименование пробы	С _{Pb} , мг/кг	С _{Cd} , мг/кг
Крапива двудомная		
Стебли	1,477	0,196
Листья	0,165	1,534
Тысячелистник обыкновенный		
Стебли	1,179	1,200
Листья	0,334	0,127
Соцветия	0,667	0,001

Согласно СанПин 2.3.2.1078-01 от 14.11.2001/22.03.02, содержание не должно превышать для Pb – 0,5мкг/г, для Cd – 0,03 мкг/г [1,5]. Наибольшее количество Pb было обнаружено в стеблях 1,48 мг/кг, что почти в 3 раза превышает ПДК, а Cd – в листьях крапивы двудомной 1,53 мг/кг, превышающий значение ПДК в 51 раз.

Как показали экспериментальные данные, Pb и Cd преимущественно аккумулируется в стеблях растений.

Наибольшее содержание Pb накапливается в крапиве в порядке: стебли > листья, в тысячелистнике: стебли > соцветия > листья.

Cd накапливается в крапиве в порядке стебли > листья, в тысячелистнике – стебли > листья > соцветия.

Литература

1. СанПин 2.3.2.1078-01. «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов». – М., 2001.
2. Носкова, Г. Н. Минерализация пищевых продуктов. Методическое пособие по подготовке проб для определения содержания токсичных элементов: практическое руководство / Г. Н. Носкова, А. В. Заичко, Е. Е. Иванова. – Томск: изд-во ТПУ, 2007. – 30 с.
3. ГОСТ 26929-94 методом мокрой минерализации. «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов».
4. Методические указания. МУК 4.1.1500 – 03. Инверсионно-вольтамперометрическое измерение концентрации кадмия и свинца в лекарственном растительном сырье.
5. Фармакогнозия. Экотоксиканты в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах / И. В. Гравель, Я. Н. Шойхет, Г. П. Яковлев и др. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 304 с.
6. Житарь, С. В. Мониторинг содержания свинца и кадмия в почве и лекарственном растительном сырье / С. В. Житарь, Н. Н. Яценко, Ю. С. Швецова // Сборник научных трудов молодых ученых и специалистов. – Чебоксары: изд-во ЧГУ им. И. Н. Ульянова, 2017. – С. 168-171.
7. Житарь, С. В. Определение кадмия и свинца в фитопрепаратах // Химия и современность: сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной Году экологии в Российской Федерации (Чебоксары, 23 мая 2017 г.). – Чебоксары: изд-во ЧГПУ им. И. Я. Яковлева, 2017. – С. 106-108.

УДК 678.86

Петрова А. С.

Научные руководители: Ушмарин Н. Ф., канд. техн. наук;
Егоров Е. Н., канд. хим. наук; Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ВЛИЯНИЕ ХИТОЗАНА НА РЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ

***Аннотация.** Исследовано влияние хитозана на реометрические свойства резиновой смеси на основе комбинации изопренового и бутадиен-метилстирольного каучуков. Показано, что добавки хитозана оказывают влияние на кинетику вулканизации резиновой смеси.*

***Ключевые слова:** резиновая смесь, изопреновый и бутадиен-метилстирольный каучуки, хитозан, реометрические свойства.*

Хитозан [поли- β -(1,4)-2-амино-2-дезоксид-Д-глюкозамин] является продуктом деацетилирования хитина и представляет собой структурный аналог целлюлозы. Наличие аминогрупп в хитозане определяет его растворимость в различных средах и комплекс физико-химических и биологических свойств [1]. Применение этого биополимера для создания новых материалов является одним из перспективных направлений. Уникальные свойства хитозана и его производных обуславливают их применение в различных областях: в пищевой промышленности, где они выполняют роль консервантов, эмульгаторов и пищевых добавок; в косметической промышленности – являясь биологически совместимыми полимерами, вводятся в состав увлажняющих кремов, лосьонов, гелей, лаков для волос и шампуней; в медицине – компоненты шовных материалов, рано- и ожогозаживляющих повязок, мазей и различных лечебных препаратов, в частности, для детоксикации живых организмов от ионов тяжелых металлов [2]. Кроме того, высокие сорбционные свойства позволяют использовать хитозан при очистке воды от микробов и бактерий [3], катионов тяжелых металлов, нефтепродуктов и взвешенных веществ [4]. Однако хитозан и его производные обладают хрупкостью и невысокими физико-механическими свойствами. Поэтому представляет интерес получение и исследование свойств сополимеров хитозана и его производных с различными полимерами. Так, в работе [5] получены сополимеры акрилонитрила с хитозаном, которые по физико-механическим свойствам не уступают полиакрилонитрильному волокну и обладают высокой гигроскопичностью. В работе [6] получены сополимеры акрилонитрила и метилакрилата с хитозаном, превосходящие хитозан по физико-механическим свойствам. В [7] разработан сорбент для ликвидации разливов нефти на основе пенополиуретана и хитозана. Установлено, что сорбент с использованием хитозана проявляет достаточно высокие сорбционные свойства, его поглощающая способность по отношению к нефти составляет порядка 10 г/г. В [8] получены и исследованы свойства сополимеров хитозана с полилактидом, которые значительно превосходят хитозан по упруго-деформационным свойствам. В связи с этим представляет интерес исследование влияния добавок хитозана на вулканизационные характеристики модельной резиновой смеси на основе комбинации изопренового и бутадиен-метилстирольного каучуков.

Основой резиновой смеси служили каучуки СКИ-3 и СКМС-30FHR, которые смешивали на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150 с серной вулканизирующей системой. Помимо основных ингредиентов в резиновую смесь вводились пищевые хитозаны и сукцинат хитозана. В таблице приведены реометрические свойства четырех вариантов резиновой смеси, полученные на реометре MDR 3000 фирмы «Mon Tech» при температуре

150°C. Первый вариант не содержал хитозан. Второй, третий и четвертый варианты соответственно содержали пищевые хитозаны (хитозан 1 и хитозан 2) и сукцинат хитозана.

Варианты и реометрические свойства резиновой смеси

Хитозаны, показатели	Варианты (мас. ч. на 100 мас. ч. каучуков)			
	1	2	3	4
Хитозан 1	-	10	-	-
Хитозан 2	-	-	10	-
Сукцинат хитозана	-	-	-	10
Реометрические свойства резиновой смеси				
S_{max} , ДН·м	11,93	10,46	11,24	10,05
S_{min} , ДН·м	1,22	1,31	1,27	1,31
t_s , мин	0,79	0,82	0,86	0,78
t	3,00	2,87	3,06	2,63

Как видно, добавки хитозана приводят к уменьшению максимального крутящего момента (S_{max}) и возрастанию минимального крутящего момента (S_{min}). При этом время начала вулканизации (t_s) возрастает при использовании пищевых хитозанов, а оптимальное время вулканизации (t_{90}) уменьшается для резиновой смеси, содержащей хитозан 1 и сукцинат хитозана. Таким образом, добавки хитозана оказывают влияние на кинетику вулканизации резиновой смеси. Из исследованных вариантов лучшими реометрическими свойствами обладают варианты резиновой смеси, содержащие пищевые хитозаны.

Литература

1. Скрыбин, К. Г. Хитин и хитозан получение, свойства и применение / К. Г. Скрыбин, Г. А. Вихорева, В. П. Варламов. – М.: Наука, 2002. – 368 с.
2. Тунакова, Ю. А. Оценка сорбционной емкости биополимерных сорбентов на основе хитозана в отношении металлов / Ю. А. Тунакова, Е. С. Мухаметшина, Ю. А. Шмакова // Вестник Казанского технологического ун-та. – 2011. – Т. 14. – № 10. – С. 96-100.
3. Тарановская, Е. А. Обеззараживание стоков с применением хитозана / Е. А. Тарановская, Н. А. Собгайда, Н. А. Влазнева // Вестник технологического ун-та. – 2015. – Т. 18. – № 14. – С. 232-236.
4. Применение хитозана для удаления поллютантов из модельных стоков / Н. А. Собгайда, В. Ф. Абдулин, Н. А. Влазнева и др. // Вестник Казанского технологического ун-та. – 2014. – Т. 17. – № 14. – С. 397-400.
5. Структура и свойства привитых сополимеров акрилонитрила с хитозаном / Н. А. Андриянова, Л. А. Смирнова, Ю. Н. Дроздов и др. // Журн. прикл. химии. – 2005. – Т. 78. Вып. 6. – С. 984-988.

6. Привитая полимеризация акрилонитрила и метилакрилата на хитозан в присутствии комплексов кобальта (III) / И. А. Баранов, Н. А. Андриянова, А. Е. Мочалова и др. // Высокомолекулярные соединения. – 2012. – Т. 54Б. – № 3. – С. 498-505.

7. Куинь Ань Куен Тхи Полимерная композиция на основе пенополиуретана и хитозана / Куинь Ань Куен Тхи, М. А. Иванова, Л. А. Зенитова // Вестник Казанского технологического ун-та. – 2017. – Т. 20. – № 11. – С. 32-35.

8. Термомеханические характеристики сополимеров хитозана с полилактидом / П. Е. Горюнова, В. Н. Ларина, Н. Н. Смирнова и др. // Журн. физ. химии. – 2016. – Т. 90. № 5. – С. 659-662.

УДК 678.063

Петькова А. П., Ефимовский Е. Г.

Научный руководитель: Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ВЛИЯНИЕ ПОРОШКОВОГО ШУНГИТА НА СВОЙСТВА РЕЗИНЫ 81-453

***Аннотация.** Исследовано влияние порошкового шунгита ПШ-5 на свойства резины марки 81-453. Установлено улучшение реометрических показателей, физико-механических и эксплуатационных свойств резины при частичной замене наполнителя росила 175 на шунгит ПШ-5.*

***Ключевые слова:** резина 81-453, порошковый шунгит ПШ-5, реометрические, физико-механические и эксплуатационные свойства.*

Традиционными минеральными наполнителями резиновых смесей являются каолин, мел, тальк и кремнекислоты. В последние годы возрос интерес к применению мелкодисперсных форм шунгита [1]. Введение шунгита в состав резин позволяет направленно регулировать их свойства. В связи с этим нами исследовано влияние частичной и полной замены наполнителя росила 175 на тонкомолотый шунгит ПШ-5 на свойства резины марки 81-453 на основе комбинации бутадиен-нитрильного каучука БНКС-40АМН, бутадиенового каучука СКД, бутадиен-метилстирольного каучука СКМС-30 АРК и сэвилена 11808-340. Резиновую смесь готовили на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150, а затем вулканизовали при 150°С в течение 30 мин. Для резиновой смеси определяли реометрические свойства, для вулканизатов – физико-механические свойства, стойкость к термическому старению и действию агрессивных сред. В таблице приведены варианты и свойства резиновой смеси 81-453 и вулканизатов на её основе. Из результатов исследований реометрических свойств следует, что шунгит

ПШ-5 оказывает значительное влияние на кинетику вулканизации резиновой смеси. Увеличение содержания шунгита ПШ-5 взамен росила 175 приводит к росту максимального крутящего момента и скорости вулканизации. При этом минимальный крутящий момент, времена начала, оптимума и достижения максимальной скорости вулканизации уменьшаются.

Варианты и свойства резиновой смеси 81-453 и вулканизатов

Наполнитель, свойства	Варианты (мас.ч.)		
Росил 175			
Шунгит ПШ-5			
Реометрические свойства резиновой смеси при 150°C			
S_{max} , дН*м	,	1	10,20
S_{min} , дН*м	4,27	1	3,33
t_s , мин	1,14	3,15	5
t_{90} , мин	27,47	13,55	2
t_{max} , мин	0,52	3	,
v_{max} , дН*м/мин			
Свойства вулканизатов			
f_p , МПа			
ϵ_p , %			
H, ед. Шор А			
Изменение свойств вулканизатов после старения (100°C, 72 час)			
Δf_p , %			
$\Delta \epsilon_p$, %			
α , %, бензин (23°Cx24 ч)			
α , %, И-20А, (100° Сx24 ч)			

Примечание: S_{min} – минимальный крутящий момент; S_{max} – максимальный крутящий момент; t_s – время начала вулканизации; t_{90} – оптимальное время вулканизации; t_{max} – время достижения максимальной скорости вулканизации; v_{max} – максимальная скорость вулканизации; f_p – условная прочность при растяжении; ϵ_p – относительное удлинение при разрыве; H – твёрдость; Δf_p , $\Delta \epsilon_p$ – относительное изменение показателя после выдержки вулканизата в агрессивной среде; α – степень набухания по массе в агрессивной среде.

В таблице также приведены физико-механические свойства вулканизатов резиновой смеси. Как видно, увеличение содержания шунгита ПШ-5 в резиновой смеси приводит к росту условной прочности при растяжении и твердости вулканизатов. При этом относительное удлинение при разрыве уменьшается. Вулканизат варианта 2 не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к резинотехническим изделиям на основе резиновой смеси 81-453. Поэтому для данной резиновой смеси рекомендуется частичная замена росила 175 на шунгит ПШ-5. Это также подтверждают приведенные в таблице данные по изменению условной прочности при растяжении и относительного удлинения вулканизатов после трехсуточного теплового воздействия воздуха, а также изменению их относительной массы после суточной выдержки в бензине и индустриальном масле И-20А.

Литература

1. Ушмарин, Н. Ф. Освоение новых шунгитовых наполнителей в производстве РТИ / Н. Ф. Ушмарин, Н. И. Кольцов // Каучук и резина. – 2008. – № 4. – С. 26-30.

УДК 547.26/118

Ромашов Н. П.

Научные руководители: Зиновьева Е. Г., канд. хим. наук, доцент;

Ефимов В. А., канд. хим. наук, доцент

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ВЛИЯНИЕ ИЗОМЕРИЗАЦИИ НА СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация. В работе показано влияние строения комплексных соединений на их физико-химические и лекарственные свойства.

Ключевые слова: комплексные соединения, изомеризация, свойства, триалкилфосфаты, соли металлов.

В огромном мире разнообразнейших веществ, существующих в природе и полученных человеком, еще в начале XIX века был выделен новый класс неорганических соединений – комплексные соединения (КС). Гемоглобин и хлорофилл – КС, без которых не может существовать живот-

ный и растительный мир. Основной вклад в изучение КС внёс швейцарский химик Альфред Вернер, который в 1913 году получил Нобелевскую премию за создание координационной теории.

Каковы же особенности строения данных веществ? Комплексы в большинстве своём состоят из внутренней и внешней сферы, а их геометрическое строение зависит от типа гибридизации центрального атома. Химические и физические свойства комплексов связаны со строением и природой как лигандов, так и внешней сферы. В отличие от других классов неорганических соединений для КС характерна изомерия: структурная, которая в свою очередь подразделяется на гидратную, сольватную, координационную и ионизационную изомерию; и стереоизомерия, которая также подразделяется на оптическую и геометрическую изомерию. Изомерия, вне сомнений, имеет огромное влияние на свойства координационных соединений. Она влияет на физические свойства вещества (вращательная способность плоскости поляризации светового луча, окраска вещества и раствора и т. д.), физико-химические свойства (растворимость при различных температурах, окраска вещества и раствора и т. д.), и конечно, на химические свойства (реакционная способность, диссоциация, образование различных осадков и продуктов реакции и т. д.).

В частности, в наших работах [1-4] приведены результаты исследований по синтезу КС триалкилфосфатов с солями различных металлов и установлена их высокая каталитическая активность в реакциях полимерообразования, модифицирующие антипиренные и пластифицирующие свойства.

Важнейшим, на наш взгляд, является способность некоторых изомеров проявлять противоопухолевую активность и являться препаратами против онкологических заболеваний, например, препарат цисплатин, являющийся, исходя из названия цис-изомером дихлородиамминплатины. Поэтому изучение влияния изомерии соединений на их конечные свойства является перспективным направлением в химии КС.

Литература

1. Образование тетраakis[три(2-хлорэтил)-фосфат]диаквакобальта(II)тетрахлорокобальтата(II) / Е. Г. Зиновьева, Д. А. Безгин, В. А. Ефимов и др. // Журнал общей химии. – 2016. – Т.86, Вып. 7. – С. 1226-1228.
2. Zinov'eva E. G., Bezgin D. A., Efimov V. A., Krivolapov D. B., Musin R. Z., Dimukhametov M. N. Formation of tetrakis[tri(2-chloroethyl)-phosphate]diaquacobalt (II) tetrachlorocobaltate (II) // Russ. J. Gen. Chem. 2016. Vol. 86. N 7. P. 1772-1773. DOI: 10.1134/S1070363216070409.

3. Зиновьева, Е. Г. Исследование кинетики отверждения эпоксидной смолы ЭД-20 триалкил(арил)фос-фатными комплексами кислот Льюиса и триэтилентетрамином / Е. Г. Зиновьева, В. А. Ефимов, Н. И. Кольцов // Пластические массы. – 2011. – № 6. – С. 22-24.

4. Зиновьева, Е. Г. Исследование свойств полимеров эпоксидиановой смолы ЭД-20, отвержденной триалкил(арил)фосфатными комплексами кислот Льюиса и триэтилентетрамином // Е. Г. Зиновьева, В. А. Ефимов, Н. И. Кольцов // Пластические массы. – 2011. – № 7. – С. 3-5.

УДК 548.31

Ружбеляева Е. В., Сидорова А. В.

Научный руководитель: Тарасенко Е. В., канд. биол. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

КРИСТАЛЛЫ В ПРИРОДЕ И В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. Рассматриваются формы и строение кристаллов, их роль в природе и жизни человека.

Ключевые слова: кристаллы, строение кристаллов, использование кристаллов.

Кристаллы – это твёрдые вещества, имеющие естественную внешнюю форму правильных симметричных многогранников, основанную на их внутренней структуре. Кристаллическая решетка кристаллов – вспомогательный геометрический образ, имеющий сходство с канвой или сеткой, что даёт основание называть точки решётки узлами. Относительно каждой точки все остальные расположены совершенно одинаково. Для удобства обычно точки решётки совмещают с центрами каких-либо атомов из числа входящих в кристалл, либо с элементами симметрии. Каждому веществу в кристаллическом состоянии соответствует определенная кристаллическая структура и форма кристалла.

По форме элементарной ячейки кристаллические структуры могут быть разбиты на семь сингоний. Все возможные сочетания имеющихся в кристаллической решётке поворотных осей симметрии и зеркальных плоскостей симметрии приводят к делению кристаллов на 32 класса симметрии, а с учётом винтовых осей симметрии и скользящих плоскостей симметрии на 230 пространственных групп. Классификация реше-

ток по симметрии: низшая сингония (триклинная, моноклинная, ромбическая) – все трансляции не равны между собой; средняя сингония (тетрагональная, гексагональная) – две трансляции из трех равны между собой; высшая сингония (кубическая) – все трансляции равны между собой.

Тип химической связи между атомами в кристаллах определяет многие их свойства. Ковалентные кристаллы имеют высокую твёрдость, малую электрическую проводимость, большие показатели преломления. Металлические кристаллы обладают хорошей электро- и теплопроводностью, пластичны и непрозрачны. Промежуточные характеристики имеют ионные кристаллы. Молекулярные кристаллы легкоплавки, имеют малую твердость, некоторые проявляют полупроводниковые свойства. Жидкие кристаллы, аморфные тела и стекла имеют более низкую, чем у кристаллов, атомную упорядоченность.

Изучением кристаллов занимаются многие науки:

- кристаллография изучает идеальные кристаллы с позиций законов симметрии и сопоставляет их с кристаллами реальными;
- структурная кристаллография занимается определением внутренней структуры кристаллов и классификацией кристаллических решеток;
- кристаллооптика изучает оптические свойства кристаллов;
- кристаллохимия изучает зависимость физических и химических свойств кристаллических веществ от их строения.

Кристаллами интересуются биологи, так как в их микрополостях, заполненных жидкостью, могут находиться древние микроорганизмы.

Кристаллы встречаются повсюду: в облаках, в глубинах Земли, на вершинах гор, в песчаных пустынях, в морях и океанах, в научных лабораториях, в клетках растений, в живых и мёртвых организмах. Большинство веществ на Земле и других планетах находится в твёрдом кристаллическом состоянии. Природные кристаллы составляют минеральное сырьё, например, соли и оксиды металлов (руды), кварц (SiO_2), кальцит (CaCO_3 , в мелкокристаллической форме – мрамор). Кристаллы входят в состав живых организмов, – биоминералы, – это преимущественно малорастворимые соли (карбонаты и фосфаты Ca, Mg, Mn и др.), чередующиеся с отложением белков. Кости и зубы на 70% состоят из кристалла гидроксиапатита, в элементарную ячейку которого входят молекулы $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$. В природе встречаются одиночные кристаллы, скопления мелких кристаллов – «песок», сростки кристаллов – друзы, игольчатые кристаллы – стелоиды и рафиды. Кристаллизация вещества

происходит не только на нашей планете, но и на других планетах и далёких звёздах.

В жизни человека кристаллы играют незаменимую роль, они являются основой множества современных устройств. Например, кристаллы кварца (SiO_2) применяются в радиотехнике. Радиотехнические и вычислительные устройства полупроводниковой электроники основаны на полупроводниковых кристаллах (Ge, Si и др.) или микросхемах. В запоминающих устройствах громадной ёмкости используются кристаллы магнитодиэлектриков и различных типов ферритов. Исключительное значение имеют кристаллы для квантовой электроники (рубин, иттриево-алюминиевый гранат). В технике управления световыми пучками используют кристаллы, обладающие электрооптическими свойствами. Для измерения слабых изменений температуры применяются пьезоэлектрические кристаллы (турмалин). Высокие механические свойства сверхтвёрдых кристаллов (алмаз) используются в обработке материалов и бурении; рубин и сапфир и применяют в качестве опорных элементов в часах. Ювелирная промышленность использует не только природные драгоценные камни, но всё больше и синтетические кристаллы.

В промышленности и исследовательских лабораториях кристаллы выращивают из паров, расплавов и растворов, из твердой фазы, синтезируют путем химических реакций, осуществляют электролитическую кристаллизацию, кристаллизацию из гелей и др. Наиболее распространенный способ выращивания монокристаллов – кристаллизация из расплава. В настоящее время более половины технически важных кристаллов выращивают из расплава. Веществами, наиболее подходящими для выращивания из расплава, являются те, которые плавятся без разложения, не имеют полиморфных переходов и характеризуются низкой химической активностью. Из расплава выращивают элементарные полупроводники и металлы, оксиды, галогениды, халькогениды, вольфраматы, ванадаты, ниобаты и другие вещества.

Без использования кристаллов не обходится ни одна отрасль. Круг применения кристаллов достаточно широк и постоянно увеличивается.

Табаринов Р. А.

Научный руководитель: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор,

Васильева С. Ю., старший преподаватель

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

НОВЫЙ ЛАК ИЗ ОТХОДОВ ПОЛИСТИРОЛА

Аннотация. Приведен способ переработки отходов полистирола в лак по дереву.

Ключевые слова: отходы полистирола, лак, утилизация отходов.

Использование отходов химической промышленности снижает издержки на сырье и решает экологическую проблему – защиты окружающей среды. Объектом исследования для получения строительных красок в нашем исследовании явились отходы пенополистирола (ППС). Они образуются при изготовлении теплоизоляционных изделий и упаковочной тары.

Общеизвестен дефицит строительных красок. Мы решили объединить две вышеуказанные проблемы. Подлежащий утилизации ППС использован для создания лаковой основы для производства дешевых строительных красок.

Известно получение полистирольных красок, где в качестве пленкообразующего используют полистирол [1]. Сущность способов получения полистирольных красок заключается в приготовлении 14-25% растворов полистирола (лака) в растворителе: толуоле, сольвенте, ксилоле и других. Приготовленный лак смешивают с пластификаторами, пигментами, красителями, наполнителями, различными модифицирующими добавками и используют как готовый продукт для нанесения защитного лакокрасочного (материала) покрытия – краски. От качества смешения (степени перетира) зависит качество лакокрасочного покрытия. Поэтому на этой стадии применяют специальное оборудование: краскотерки, мельницы бисерные, шаровые и др.

Недостатки: продолжительное время стадии смешения (перетира) и полистирольные лакокрасочные покрытия обладают слабым блеском, что безусловно сказывается на потребительской стоимости продукции.

В данной работе была решена задача усовершенствования процесса путем изменения параметров существующих технологий. Удалось сократить время на стадии перемешивания и перетира, снизить содержание летучих веществ при сушке, повышает блеск готового продукта на защищаемых поверхностях из металла, бетона или дерева.

Поставленная задача осуществлена растворением полистирола в растворителе, смешением с пластификатором, наполнителем, добавкой до образования готового продукта. В случае получения окрашенного ППС, перед растворением получают окрашенный полистирол путем экструдирования при температуре 180-230°C гранул, бисера или дробленого полистирола, предварительно смешанных с пластификатором, (медицинским вазелиновым маслом), пигментами, красителями, наполнителями, с модифицирующими добавками. Затем полистирол окрашенный растворяется при перемешивании с пластификатором – смеси олигомеров стирола и триэтиленгликольдиметаркилата.

Указанный эффект достигается за счет того, что в отличие от известного в предлагаемом способе получения полистирольной краски:

- происходит лучшее распределение пигментов, красителей, наполнителей и различных добавок в окрашенном полистироле благодаря экструдированию при температуре 180-230°C предварительно смоченной пластификатором поверхности полистирола в виде бисера, дроблений или гранул. Растворение окрашенного полистирола в растворителях обеспечивает достаточно полную гомогенизацию краски, Кроме того, снижается содержание летучих веществ на стадии сушки и сокращается время на получение готового продукта;

- вся совокупность технологических приемов обуславливает улучшение физико-механических и эксплуатационных показателей.

Достичь этого эффекта путем прямого увеличения концентрации полистирола или введением модифицирующих добавок нельзя, т. к. повышается вязкость краски, что затрудняет ее переработку и нанесение на поверхность. Изучены свойства полученных красителей, соответствующие ГОСТам на наружные работы по окраске древесины, бетона и металла.

Литература

1. Рейбман, А. И. Защитные лакокрасочные покрытия / А. И. Рейбман. – М.: Химия, 1982. – С. 78-79.

Тимофеев И. В., Ефимовский Е. Г.
Научные руководители: Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ВЛИЯНИЕ СЭВИЛЕНОВ НА ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА И АГРЕССИВОСТОЙКОСТЬ ОБУВНОЙ РЕЗИНЫ

Аннотация. Исследовано влияние сэвиленов на деформационно-прочностные свойства и агрессивностойкость резины, используемой для изготовления подошв маслобензостойкой резиновой обуви.

Ключевые слова: обувная резина, сэвилены, деформационно-прочностные свойства, агрессивностойкость.

Известно [1], что сэвилены (сополимеры этилена с винилацетатом) повышают стойкость резин к действию высоких температур и агрессивных сред [1]. В связи с этим нами исследовано влияние сэвиленов на деформационно-прочностные свойства и агрессивностойкость резины, используемой для изготовления подошв маслобензостойкой резиновой обуви. Резиновая смесь содержала каучуки БНКС-40АМН, СКМС-30АРКМ 15, технический углерод, антиоксиданты, сэвилены 1104-030, 11808-340, MarPol 1802 и другие ингредиенты. Резиновую смесь готовили путем смешения каучуков с сэвиленами и ингредиентами на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150. Далее проводили вулканизацию резиновой смеси при температуре 150°C. Для полученных в форме стандартных образцов вулканизатов определялись физико-механические и эксплуатационные свойства вулканизатов по стандартным принятым в резинотехнической промышленности методикам. В таблице приведены деформационно-прочностные свойства вулканизатов, а также стойкость к термическому старению на воздухе и степень их набухания после выдержки в агрессивных средах. Из таблицы следует, что для вулканизатов, содержащих сэвилены, по сравнению с вулканизатом базового варианта условная прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве незначительно уменьшаются. При этом твёрдость вулканизатов незначительно возрастает, а значения сопротивления раздиру и сопротивления истиранию возрастают. Лучшие деформационно-прочностные свойства имеет вулканизат резиновой смеси, содержащий сэвилен 11808-390.

Варианты и свойства резиновой смеси

Севилены, свойства	Варианты (мас. ч.)			
	1	2	3	4
1104-030	-	10,00	-	-
11808-390	-	-	10,00	-
MarPol 1802	-	-	-	10,00
Деформационно-прочностные свойства вулканизатов				
f_p , МПа	11,9	11,3	11,5	11,5
ϵ_p , %	380	340	370	360
H, ед. Шор А	70	75	72	75
B, кН/м	42	45	52	53
I, см ³ /кВт·час	103	115	128	133
Изменение свойств вулканизатов после старения на воздухе (100°С, 24 ч.)				
Δf_p , %	-12,3	-9,6	+4,4	+5,1
$\Delta \epsilon_p$, %	-23,9	-18,2	-10,0	-11,3
Степень набухания вулканизатов после выдержки в агрессивных средах (23 °С, 24 ч.)				
α (нефрас), %	11,3	9,5	6,4	6,2
α (индустриальное масло И-20А), %	9,6	7,3	5,7	6,3

Примечание: f_p – условная прочность при растяжении; ϵ_p – относительное удлинение при разрыве; H – твердость; B – сопротивление раздиру; I – сопротивление истиранию; Δf_p , $\Delta \epsilon_p$ – относительное изменение показателя после выдержки вулканизата в агрессивной среде; α – степень набухания по массе, равное отношению разности между значениями массы после и до старения в агрессивной среде к исходному значению, умноженному на 100%.

Из таблицы следует, что вулканизат резиновой смеси, содержащей сэвилен 11808-340, обладает наименьшими изменениями величин условной прочности при растяжении и относительного удлинения после термического старения на воздухе. Наименьшие величины степени набухания в нефрасе и индустриальном масле И-20А также наблюдаются для вулканизата 3 варианта резиновой смеси. Таким образом, повышенной стойкостью к действию агрессивных сред обладает вулканизат резиновой смеси, содержащий сэвилен 11808-390, характеризующийся наибольшим содержанием винилацетатных групп. Эти группы образуют координационные связи с α -звеньями молекул СКМС-30АРКМ 15 и нитрильными группами БНКС-40АМН, тем самым повышая прочностные и эксплуатационные свойства резины.

Литература

1. Ушмарин, Н. Ф. Разработка и исследование свойств нефтенабухающей резины / Н. Ф. Ушмарин, Д. В. Пелипенко, С. И. Сандалов и др. // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии: сборник трудов участников XXII научно-практической конференции. – М.: ООО «Научно-исследовательский центр «НИИШП», 2017. – С. 132-133.

УДК 678.86

Федоров И. А., Семенова Н. А.

Научные руководители: Ушмарин Н. Ф., канд. техн. наук;

Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ВЛИЯНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ НА РЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНЫ

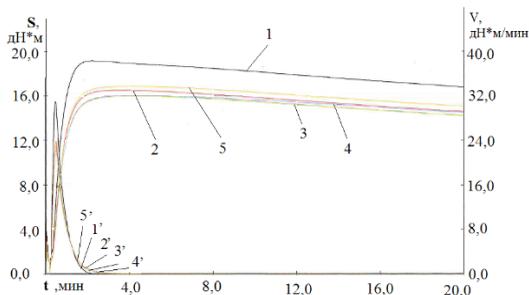
Аннотация. Исследовано влияние синтетических тканей на реометрические свойства резины на основе каучуков общего назначения.

Ключевые слова: резина, каучуки общего назначения, синтетические ткани, реометрические свойства.

В настоящее время получили широкое распространение резиновые уплотнительные элементы, обладающие высокими абсорбционными свойствами к углеводородным средам. При этом абсорбционная способность резин во многом определяется природой входящих в них каучуков, а также различных добавок. Для изготовления абсорбирующих углеводороды уплотнительных элементов, как правило, используют резиновые смеси на основе смесей каучуков общего назначения. В связи с этим в данной работе для резиновой смеси на основе каучуков общего назначения изучено влияние синтетических тканей на реометрические её свойства, которые характеризуют кинетические закономерности процесса вулканизации и являются определяющими для установления оптимальных условий изготовления уплотнительных элементов.

Резиновая смесь включала изопреновый СКИ-3, бутадиен-стирольный СКМС-30АРК каучуки и сэвилен 11808-340, серную вулканизирующую систему, технический углерод, синтетические ткани (кевлар, стеклоткань, акрофтил, оксипановая ткань и ватин) и другие ингредиенты. Синтетические ткани предварительно дробили на лабораторных вальцах

ЛБ 320 150/150 при нулевом зазоре между вальцами. Резиновую смесь готовили на тех же вальцах. Для полученных вариантов резиновой смеси исследовалась кинетика вулканизации на реометре MDR 3000 при температуре 150°C в течение 30 мин. Результаты приведены на рисунке. Из рисунка следует, что вариант резиновой смеси, содержащий кевлар, обладает наиболее высокими значениями максимального и минимального крутящих моментов.



Реометрические кривые (1-5 – крутящий момент, 1'-5' – скорость вулканизации) различных вариантов резиновой смеси, содержащих ткани:

1 – кевлар, 2 – оксипановая ткань, 3 – стеклоткань, 4 – акрофтил, 5 – ватин

Варианты резиновой смеси с другими тканями имеют близкие значения крутящих моментов. Среди них вариант резиновой смеси, содержащий стеклоткань, обладает несколько меньшими значениями максимального и минимального крутящих моментов. Синтетические ткани практически не оказывают влияния на время начала и оптимальное время вулканизации, значения которых находятся в интервалах 0,38...0,40 мин и 1,20...1,45 мин соответственно. Время достижения максимальной скорости вулканизации также практически одинаково для всех вариантов резиновой смеси. Однако наибольшей величиной максимальной скорости вулканизации обладает вариант резиновой смеси, содержащий кевлар. Для вариантов резиновой смеси, содержащих другие ткани, величины максимальной скорости вулканизации практически одинаковы. Таким образом, из исследованных вариантов лучшими реометрическими свойствами характеризуется вариант резиновой смеси, содержащий кевлар. В дальнейшем нами будут проведены исследования физико-механических и эксплуатационных свойств вулканизатов резиновой смеси, содержащих разные ткани.

Исследование выполнено в рамках комплексного проекта по созданию высокотехнологического производства на АО «ЧПО им. В. И. Чапаева» при финансовой поддержке Минобрнауки России, договор №03.G25.31.0227.

Литература

1. Разработка резины для водонефтенабухающих пакеров / Н. Ф. Ушмарин, Д. В. Пелипенко, Е. Н. Егоров // VII Всероссийская конференция «Каучук и резина-2017: традиции и новации». Москва, 25-26 апреля 2017. Материалы докладов. – М., 2017. – С. 56-57.

УДК 621.2

Чеканов В. С., Винокуров А. И.

Поволжский государственный технологический университет

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Аннотация. *Рассмотрены классификация, структура и свойства композиционных материалов, получивших широкое применение во всех отраслях промышленности.*

Ключевые слова: *композиционные материалы, композиты, армированные пластики.*

Наука о композиционных материалах (раздел материаловедения) зародилась на рубеже 60-х годов и разрабатывалась главным образом для решения проблемы улучшения свойств материалов.

Композиционные материалы (композиты, КМ) – многокомпонентные материалы, состоящие из полимерной, металлической, углеродной, керамической или другой основы (матрицы), армированной наполнителями из волокон, нитевидных кристаллов, тонкодисперсных систем и др. Путем подбора состава и свойств матрицы и наполнителя, их соотношения, ориентации наполнителя можно получить материалы с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств.

Все эти материалы являются результатом объемного сочетания разнородных компонентов, один из которых пластичен (связующее, матрица), а другой обладает высокой прочностью и жесткостью (наполнитель, арматура), и при этом композиции имеют свойства, которых не имеют отдельные составляющие.

Использование в одном материале нескольких матриц (полиматричные КМ) или наполнителей различной природы (гибридные КМ) значительно расширяет возможности регулирования свойств материалов. Матрица обеспечивает монолитность материала, передачу и распределение напряжения в наполнителе, определяет тепло-, влаго-, огне- и химическую стойкость.

По структуре наполнителя композиты подразделяют на волокнистые (армированы волокнами или нитевидными кристаллами), слоистые (армированы пленками, пластинками, слоистыми наполнителями), дисперсноупрочненные (с наполнителем в виде тонкодисперсных частиц), упрочненные частицами и нанокомпозиты.

Наибольшее применение в технике получили волокнистые композиты или армированные пластики, в которых в качестве связующего применяют синтетические смолы (эпоксидные, феноло-формальдегидные, полиэфирные), кремнийорганические полимеры, полиамиды и др. В зависимости от природы наполнителя различают стеклопластики (наполнитель стеклянное волокно), боропластики (борное волокно), асбoplastики (асбестовое волокно, углепластики (углеродное волокно), древесные слоистые пластики (древесный шпон) и др. Армированные пластики с наполнителями в виде коротких волокон называются волокнистыми, в виде тканей – текстолитами, в виде бумаги – гетинаксами. Широко варьировать свойства материала позволяет также изменение ориентации размера и концентрации волокон. Кроме того, армирование волокнами придает материалу анизотропию свойств (различие свойств в разных направлениях), а за счет добавки волокон проводников можно придать материалу электропроводность вдоль заданной оси.

Армированные пластики – конструкционные, электроизоляционные, теплозащитные, коррозионностойкие материалы, широко используемые в химическом машиностроении, космической технике, строительстве, в производстве изделий медицинского назначения и массового потребления.

В слоистых композиционных материалах матрица и наполнитель расположены слоями, как, например, в особо прочном стекле, армированном несколькими слоями полимерных пленок.

Микроструктура остальных классов композиционных материалов характеризуется тем, что матрицу наполняют частицами армирующего вещества различных размеров. В композитах, упрочненных частицами размером больше 1 мкм их содержание составляет 20-25% (по объёму), тогда как дисперсноупрочненные композиты включают в себя до 70-80 %

(по объёму) частиц размером от 0,01 до 0,1 мкм. Размеры частиц, входящих в состав нанокompозитов – нового класса композиционных материалов – ещё меньше и составляют 10-100 нм.

Композиционные материалы нашли широкое применение во всех отраслях промышленности: в авиационной и ракетно-космической технике, в области судостроения, железнодорожного транспорта, сельского хозяйства, в строительстве, в области мостостроения и в оборонной промышленности.

В настоящее время важнейшими факторами, сдерживающими применение большинства композиционных материалов, являются высокая стоимость армирующих волокон, в первую очередь нитевидных монокристаллов, а также серьезные проблемы технологического характера, затрудняющие высокую степень реализации прочности армирующих волокон в деталях из композиционных материалов.

Поэтому основные усилия исследователей и производителей направлены на разработку эффективных, технологичных и экономичных методов получения армирующих волокон, а также на совершенствование технологических процессов изготовления материалов и изделий. Успешное решение этих проблем позволит надеяться, что преимущества, связанные с использованием композиционных материалов, будут успешно реализованы в самом широком ассортименте изделий, с которыми нам приходится иметь дело постоянно.

УДК 519.87

Васильев Н. И.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

***Аннотация.** В данной статье рассматривается задача вероятностного динамического программирования на примере азартной игры. Представлена теоретическая основа для решения задачи, а также разобрана задача вероятностного динамического программирования.*

***Ключевые слова:** вероятность, динамическое программирование, азартная игра, прибыль, оптимальная стратегия.*

Вероятностное динамическое программирование используется в различных областях деятельности, однако наиболее ярким примером решения задачи с помощью вероятностного динамического программирования является алгоритм решения задачи «Азартная игра». Под азартной игрой в данном случае будем понимать одну из разновидностей игры в русскую рулетку со следующими условиями: 1) по периметру колеса нанесены n последовательных чисел от 1 до n ; 2) вероятность того, что колесо в результате одного вращения остановится на цифре i , равна p_i ; 3) игрок платит x долларов за возможность осуществить m вращений колеса; 4) сам же игрок получает сумму, равную удвоенному числу, которое выпало при последнем вращении колеса.

При этом требуется разработать оптимальную стратегию для игрока. Для этого сформулируем задачу, используя определенные обозначения: 1) этап i соответствует i -му вращению колеса, т. е. $i = 1, 2, \dots, m$; 2) альтернативы на каждом этапе состоят в следующем: либо прокрутить колесо еще раз, либо прекратить игру; 3) состояние системы j на каждом этапе i представляется одним из чисел от 1 до n , которое выпало в результате последнего вращения колеса.

Пусть $f_i(j)$ – максимум ожидаемой прибыли при условии, что игра находится на этапе (вращении) i и исход последнего вращения есть число j . Рекуррентное уравнение для определения ожидаемой прибыли на этапе i при условии, что исходом последнего вращения является число j , запишется:

$$f_{m+1}(j) = 2j,$$

$$f_i(j) = \max \begin{cases} \text{конец игры: } 2j \\ \text{продолжение игры: } \sum_{k=1}^n p_k f_{i+1}(k), i = 2, 3, \dots, m, \end{cases}$$

$$f_1(0) = \sum_{k=1}^n p_k f_2(k).$$

Обоснование рекуррентного уравнения, написанного выше, сводится к следующему. При $i = 1$ имеем $j = 0$, т. к. игра только началась. Поэтому $f_1(0) = p_1 f_2(1) + p_2 f_2(2) + \dots + p_n f_2(n)$. При $i = m$ имеется лишь один выбор – закончить игру независимо от исхода j m -го вращения. Значит, $f_{m+1}(j) = 2j$.

Рекуррентные вычисления начинаются с f_{m+1} , заканчиваются при $f_1(0)$ и сводятся к $m+1$ вычислительному этапу. Так как $f_1(0)$ – ожидаемая прибыль от всех m вращений колеса, а игра обходится игроку в x долларов, имеем следующее. Ожидаемая прибыль равна $f_1(0) - x$.

Рассмотрим данную задачу на конкретном примере. Дана последовательность чисел по периметру от 1 до 6 ($n = 6$); $p_1 = 0,28$, $p_2 = 0,23$, $p_3 = 0,19$, $p_4 = 0,15$, $p_5 = 0,10$, $p_6 = 0,05$. Игрок платит $x = 6$ долларов за возможность сделать $m \leq 4$ вращения. Определить оптимальную стратегию для игрока для каждого из 4 вращений и найти ожидаемый выигрыш.

Этап 5: $f_5(j) = 2j$. Так как конец игры, выигрыш равен удвоенному значению последнего выпавшего числа и при любом исходе игру необходимо закончить.

Этап 4:

$$f_4(j) = \max \{2j, p_1 f_5(1) + p_2 f_5(2) + p_3 f_5(3) + p_4 f_5(4) + p_5 f_5(5) + p_6 f_5(6)\} =$$

$$= \max \{2j, 0,28 * 2 + 0,23 * 4 + 0,19 * 6 + 0,15 * 8 + 0,10 * 10 + 0,05 * 12\} =$$

$$= \max \{2j, 5,42\}.$$

Исход 3-го вращения	Ожидаемая прибыль		Оптимальное решение	
	Закончить	Вращать	$f_3(j)$	Решение
1	2	5,42	5,42	Вращать
2	4	5,42	5,42	Вращать
3	6	5,42	6	Закончить
4	8	5,42	8	Закончить
5	10	5,42	10	Закончить
6	12	5,42	12	Закончить

По аналогии делаем следующие этапы. Этап 3:
 $f_3(j) = \max\{2j, p_1f_4(1) + p_2f_4(2) + p_3f_4(3) + p_4f_4(4) + p_5f_4(5) + p_6f_4(6)\} =$
 $= \max$
 $\{2j, 0,28 * 5,42 + 0,23 * 5,42 + 0,19 * 6 + 0,15 * 8 + 0,10 * 10 + 0,05 * 12\} =$
 $= \max\{2j, 6,7\}$. Следовательно, необходимо вращать при выпадении 1, 2, 3; в противном случае игру закончить.

Этап 2:
 $f_2(j) = \max\{2j, p_1f_3(1) + p_2f_3(2) + p_3f_3(3) + p_4f_3(4) + p_5f_3(5) + p_6f_3(6)\} =$
 $= \max\{2j, 0,28 * 6,7 + 0,23 * 6,7 + 0,19 * 6,7 + 0,15 * 8 + 0,10 * 10 + 0,05 * 12\} =$
 $= \max\{2j, 7,49\}$. Поэтому необходимо вращать при выпадении 1, 2, 3; иначе игру закончить.

Этап 1:
 $f_1(0) = p_1f_2(1) + p_2f_2(2) + p_3f_2(3) + p_4f_2(4) + p_5f_2(5) + p_6f_2(6) =$
 $= 0,28 * 7,49 + 0,23 * 7,49 + 0,19 * 7,49 + 0,15 * 8 + 0,10 * 10 + 0,05 * 12 = 8,043$.

В начале игры единственным выбором является вращение колеса.

Оптимальная стратегия на игру выглядит следующим образом:

Номер вращения	Оптимальная стратегия
1	Начало игры: вращать
2	Вращать стоит, если при первом вращении выпало одно из чисел: 1, 2, 3; иначе закончить
3	Вращать стоит, если при втором вращении выпало одно из чисел: 1, 2, 3; иначе закончить
4	Вращать стоит, если при третьем вращении выпало одно из чисел: 1, 2; иначе закончить

Ожидаемая прибыль от игры составляет $8,043 - 6 = 2,043$ доллара.

Из представленного примера видно, что некоторые азартные игры поддаются вероятностному динамическому программированию.

Литература

1. Беллман, Р. Е. Прикладные задачи динамического программирования / Р. Е. Беллман, С. Е. Дрейфус. – М.: Наука, 1965. – 460 с.
2. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е изд.; Пер. с англ. / Хемди А. Таха. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.: ил.

Ермаков А. С.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ФИРМЫ В УСЛОВИЯХ СОВЕРШЕННОЙ КОНКУРЕНЦИИ В КОРОТКОМ ПЕРИОДЕ

Аннотация. В данной статье рассматриваются предприятие и рынок совершенной конкуренции в коротком периоде.

Ключевые слова: совершенная конкуренция, цена, прибыль, издержки.

Совершенная конкуренция – такое состояние рынка, которое характеризуется минимальной взаимозависимостью участников сделок; влияние каждого участника рынка на общую ситуацию настолько мало, что им можно пренебречь. Рынок совершенной (чистой) конкуренции характеризуется следующими признаками: 1) множественность участников сделок; 2) однородность товаров; 3) полная информация; 4) свободный доступ на отраслевой рынок; 5) мобильность факторов производства; 6) в цене товара не учитываются транспортные издержки.

Равновесие конкурентной фирмы в коротком периоде. Как правило, фирма ставит цель максимизировать экономическую прибыль (т. е. сверхприбыль). Для графического решения данной задачи совместим линии затрат и выручки на графике (рис. 1 и рис. 2).

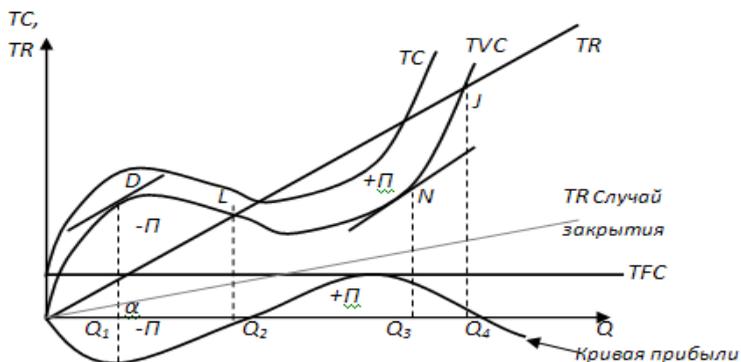


Рис. 1. Совокупные издержки, выручка и прибыль конкурентной фирмы
 -П – убыток; +П – прибыль

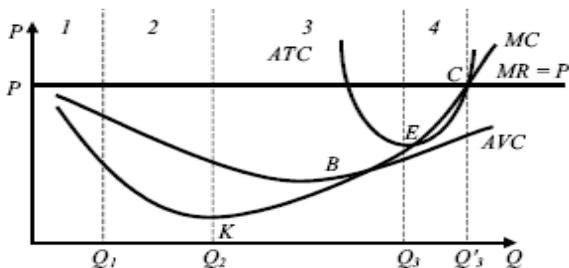


Рис. 2. Совокупные издержки, выручка и прибыль конкурентной фирмы

В коротком периоде фирма не может менять оборудование (общие постоянные затраты TFC), но может с помощью общих переменных затрат (TVC) минимизировать издержки или максимизировать прибыль.

Существуют два подхода к определению уровня производства, при котором фирма-конкурент может максимизировать прибыль:

- путем сравнения общей выручки и общих издержек;
- путем сравнения предельной выручки и предельных издержек.

Рассмотрим первый подход. В краткосрочном периоде фирма несет убытки, равные ее постоянным издержкам, т. к. производство равно нулю. Фирме следует продолжать производство в том случае, если она получает экономическую прибыль или имеет убыток, меньший по величине ее постоянных издержек. Объем продукции должен быть таким, чтобы максимизировать прибыль или минимизировать убытки.

Условия максимизации прибыли конкурентной фирмы. Продифференцируем прибыль по Q и приравняем к нулю:

$$\frac{d\Pi}{dQ} = \frac{d(TR - TC)}{dQ} = \frac{d(TR)}{dQ} - \frac{d(TC)}{dQ} = MR - MC = P - MC = 0,$$

т. к. $MR = P$.

Из уравнения видно, что $P - MC = 0$, а значит, $MC = MR = P$.

Прибыль конкурентной фирмы достигает максимума тогда, когда предельные затраты равны предельной выручке и равны цене (если $P=0$, то $TR = 0$, значит, выручки не будет и линия TR совпадет с осью абсцисс).

Если цена увеличивается, то фирма будет наращивать объем производства; если цена уменьшается, то будет уменьшаться и прибыль. На участке EB у фирмы будут убытки, но их можно допустить при наличии резервов. Продолжая производство, фирма понесет убыток меньший, чем потеря постоянных издержек, которые неизбежны при закрытии. В этом случае фирма сведет убытки к минимуму.

Если TR выше TVC , то фирме стоит продолжать производство; при этом постоянные издержки (их часть) и переменные издержки будут возмещены из дохода. При закрытии фирмы потери ее общих постоянных затрат TFC будут оплачены предпринимателем. Следовательно, при продолжении производства общая сумма убытков будет меньше на некоторую часть ее совокупных постоянных издержек. В случае закрытия фирмы линия TR будет находиться ниже кривой TVC , т. е. переменные издержки не смогут быть покрыты.

Рассмотрим второй подход. Фирме следует производить любую единицу продукции, предельная выручка от которой выше предельных затрат, т. к. от продажи каждой единицы продукции фирма получает больше дохода, чем от прибавки к издержкам при производстве этой единицы продукции. Следовательно, такая единица продукции увеличивает совокупную прибыль или уменьшает убытки. Аналогично если $MC > MR$, то производство необходимо прекратить, т. к. такая единица продукции не будет окупаться. Соответственно, можно сказать следующее: 1) если $MC < P$, то имеет место экономическая прибыль, даже если ATC растут; 2) при повышении объема производства от Q_2 до Q_3 $MR > MC$ и прибыльность растет, на участке от Q_3 до Q_4 $MR < MC$ и прибыльность падает. Эти интервалы разделяет особая точка C , в которой $MR = MC$. Точка C определяет правило поведения фирмы: фирма будет максимизировать прибыль или минимизировать убытки, производя в той точке, где $MR = MC$.

Если фирма ставит цель: повысить объем продаж, то это целесообразно делать до объема Q_4 ; если целью является максимизация прибыли, то оптимальный размер производства будет равен Q_3 ; если у фирмы соблюдается правило $MR = MC$, то возникают ограничения:

- фирма предпочитает производить, чем закрыться, если $MR \geq AVC$;
- чисто конкурентная фирма не может манипулировать ценой.

Рынок совершенной конкуренции не свободен от тех недостатков, которые свойственны рыночной экономике в целом. Среди них, прежде всего, следует отметить тенденцию к монополизации, которая возникает в результате конкуренции, объективно усиливающей концентрацию производства и капитала.

Литература

1. Дроздова, Н. В. Экономико-математическое моделирование: учеб. пособие / Н. В. Дроздова, И. Г. Переломова. – Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 246 с.

Мубаракшина К. А.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ И СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ

***Аннотация.** Рассматриваются основные методы анализа динамики численности населения, анализ состава населения по основным демографическим признакам.*

***Ключевые слова:** анализ, ряд динамики, демографический признак, численность населения.*

Рассматриваются основные методы анализа динамики численности населения.

1) Метод группировки. Для изучения структуры населения необходимо, прежде всего, выделение признака группировки. Группировка – это распределение множества единиц исследуемой совокупности по группам в соответствии с существенным для данной группы признаком. Благодаря группировке появляется возможность сравнивать, анализировать причины различий между группами, изучать взаимосвязи между признаками. Примерами группировок могут быть группы населения по полу, возрасту, месту проживания, доходу и т. д., то есть, может решаться задача по изучению структурного состава той или иной однородной совокупности, структурных изменений по тому или иному признаку. Метод группировки и расчеты показателей интенсивности позволяют определить демографические коэффициенты (рождаемости, смертности, брачности, разводимости, смертности, миграции).

2) Продольный анализ – метод реального поколения (метод когорты). Реальное поколение – это совокупность людей, родившихся в один и тот же период времени (календарный год или несколько лет). Когортой называется совокупность людей, одновременно (в один и тот же период времени) переживших какое-то событие (брачная когорта – совокупность людей, в один и тот же период вступивших в брак; когорта мигрантов – в одном периоде времени поменявших место жительства). Когорта – более широкое понятие, чем поколение. Поколение – частный случай когорты.

Метод реального поколения основан на расчете показателей (рождаемости, брачности, смертности), характеризующих интенсивность демографических процессов, происходящих в одном реальном поколении в разные периоды его жизни. Достоинством метода реального поколения (когорты) является то, что с его помощью можно делать оценку действительных итогов демографической жизни поколений людей без всяких предположений и условных допущений. Недостатком является то, что показатели реальных поколений носят всегда ретроспективный характер, относятся к прошлому, в то время как одна из важнейших задач и целей демографического анализа – прогнозирование будущего.

3) Поперечный (конъюнктурный) анализ – метод условного поколения. Метод условного поколения основан на использовании статистических показателей за короткий промежуток времени (1-2 года). Условное, гипотетическое поколение – это условная совокупность людей, на протяжении жизни которой (или ее пребывания в некотором демографическом состоянии) интенсивность демографического процесса в каждом возрасте соответствует существующей в данный календарный период. Поэтому демографические показатели, рассчитанные для конкретного года, будут зависеть от характеристик демографических процессов во всех одновременно живущих реальных поколениях и отражать не глубинные тенденции демографических процессов, как это происходит при рассмотрении реальных поколений, а особенности процессов, характерные для данного календарного периода (года). Этот метод является наиболее применимым для оценки демографической ситуации, обладает хорошей прогностической способностью.

Показатели условного поколения имеют более динамичный характер, чем показатели реального поколения, они чутко откликаются на изменения социально-экономических условий жизни страны и поэтому служат хорошим барометром демографической ситуации в короткие промежутки времени. Показатели реального поколения, напротив, служат индикатором направления долговременных изменений, тенденций демографических процессов. Так что каждый из этих двух методов играет свою незаменимую роль, имеет свою специфическую ценность, оба метода полезны при грамотном использовании каждого в своих пределах.

4) Индексный метод. Статистический индекс – это относительная величина сравнения сложных совокупностей и отдельных их частей. Ин-

дексный метод в статистических исследованиях применяется очень широко. Можно выделить три основные сферы применения индексного метода:

- сравнительная характеристика сложных совокупностей (индексы роста и прироста, территориальные индексы);
- анализ динамики средних показателей: зависящих от изменения структуры совокупности;
- изучение связей и оценка доли отдельных факторов в изменении сложного явления.

Синтезировав метод средних величин и индексный метод, статистика населения сформировала метод стандартизации демографических коэффициентов. Этот приём позволяет исключить влияние структурных факторов на общие коэффициенты смертности, рождаемости.

5) Метод демографической таблицы. Статистическая таблица – это цифровое выражение итоговой характеристики всей наблюдаемой совокупности или ее составных частей по одному или нескольким существенным признакам. Характерной особенностью методологии статистики населения является построение вероятностных моделей, получивших название демографических таблиц (таблицы смертности, брачности, плодovitости).

6) Графический метод. Ряд данных, даже небольшой размерности, часто является трудным для непосредственной интерпретации и анализа. Использование графических методов позволяет организовать и обобщить данные так, чтобы их можно было легко интерпретировать и анализировать. Графическое представление данных дает информацию об основных свойствах набора данных в целом. Наиболее ярким примером могут служить возрастно-половые пирамиды, позволяющие наглядно представить особенности возрастно-полового состава населения, его динамику.

Литература

1. Демография и статистика населения: учебник / И. И. Елисеева, Э. К. Васильева, М. А. Клупт и др.; Под ред. И. И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 688 с.
2. Статистика населения с основами демографии / Г. С. Кильдишев, Л. Л. Козлова, С. П. Ананьева и др. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 312 с.

Степанова И. Ю.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ЭКОНОМИКЕ

***Аннотация.** Рассмотрена неопределенность как характерная черта рыночной экономики. Выделены типы неопределенности в экономике. Приведены основные проблемы, возникающие с ростом получаемой информации.*

***Ключевые слова:** экономика, экономическая среда, экзогенная неопределенность, эндогенная неопределенность, экономический агент.*

Как известно, даже самые строгие расчеты еще не гарантируют успех, так как любая хозяйственная деятельность связана с неопределенностью, т. е. с ситуацией, при которой неизвестно, как будут развиваться предстоящие события.

Актуальность данной работы заключается в том, что неотъемлемой характеристикой экономической среды стала неопределённость современного этапа развития экономики России. Непрерывные изменения формальных правил и, как следствие, – постоянное воспроизводство все новых неформальных процессов взаимодействия экономических агентов, составляют прочную основу для самоусиливающегося возрастания уровня неопределённости.

Неопределенность – это ситуация, не поддающаяся оценке, усложняющая выбор вариантов, поведение участников хозяйственной деятельности [1]. Если вероятность ожидаемого события неизвестна, оно может развиваться и наступить различными способами, т. е. имеет место неопределенность. Нередко конечный итог в целом известен, но неизвестны сроки, отклонения от прогнозируемого варианта, непредвиденные последствия.

Неопределенность в экономике связана с событиями и факторами функционирования экономической системы, которые хозяйствующие субъекты не в состоянии с достаточной вероятностью предвидеть, а потому и не могут надлежащим образом приспособиться к ним.

В науке неопределенность делится на внешнюю, или экзогенную, и внутреннюю, или эндогенную. Примерами источников экзогенной неопределенности являются вкусы потребителей, научно-технический прогресс, погода. Ни одна экономическая система не может уменьшить

экзогенную неопределенность, но смягчить ее последствия возможно путем страхования. К эндогенной неопределенности относится, например, неопределенность, которая свойственна действиям покупателя, предполагающего объем покупок, или неопределенность индивида относительно заключения сделки со своим партнером. К этой же категории можно отнести неопределенность фирмы относительно того, какую технологию производства выбрать. Такая неопределенность может быть устранена целиком и полностью самим экономическим агентом.

Кроме того, существуют синтезированные типы неопределенности, представляющие собой сочетания экзогенного и эндогенного типов.

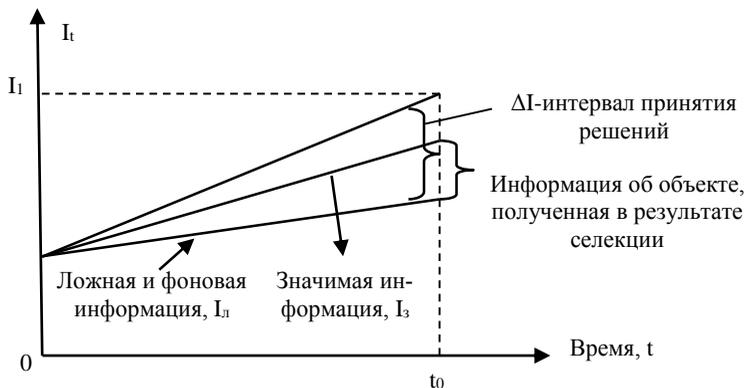
Таким образом, главное отличие экзогенной неопределенности от эндогенной состоит в том, что в условиях экзогенной неопределенности решение принимает не столько сам экономический агент, сколько некоторая внешняя сила, на которую он не может повлиять, а во втором случае главную роль в процессе принятия решения играет сам экономический агент.

Отдельным видом экзогенной неопределенности является политическая неопределенность. Политическая неопределенность – неопределенность относительно возможных последствий влияния политики правительства на экономику страны [3]. Особенно важно воздействие экономической политики на налоговую систему, ставку процента и производство общественных благ.

Нарастающий со временем общий объем информации порождает для субъектов экономики ряд серьезных проблем [3]:

- проблему селекции, т. е. выбора необходимой информации и отделения «фоновой» (балластной) информации;
- проблему ценности и значимости информации, ее «веса» для принятия решений;
- проблему обработки информации. Когда объемы поступающей информации несоразмерны с возможностями ее обработки, возникает кризисная ситуация, связанная с нарастанием неопределенности. С одной стороны, часть информации не может быть обработана и отбрасывается (в том числе информация, содержащая ценные сведения); с другой стороны, избыточная информация порождает проблему выбора из n вариантов, когда вместе с увеличением количества вариантов нарастает вероятность принятия неверного решения [2].

Данное положение можно пронаблюдать на рис. 1 [2]. Из общего информационного потока I , достигшего в момент времени t_0 значение I_1 , необходимо вычленить значимую информацию об объекте ΔI путем ее селекции из общего массива.



Отражение операции обработки информации

В результате подобной операции накапливаются неопределенности за счет I_3 (значимой информации) и $I_л$ (ложной и балластной информации, включенной в базу принятия решений).

Таким образом, в связи с развитием рыночных отношений предпринимательскую деятельность в нашей стране приходится осуществлять в условиях нарастающей неопределенности. Неопределенность – **фундаментальная** характеристика недостаточной обеспеченности процесса принятия экономических решений знаниями относительно определенной проблемной ситуации, риска. С их ростом возникает наибольшая вероятность наступления опасности неудачи, непредвиденных потерь.

Литература

1. Абрамов, В. Л. Мировая экономика: учебное пособие для студентов и слушателей экономических специальностей / В. Л. Абрамов. – 6-е изд., перераб. – М.: Дашков и К, 2010. – 312 с.
2. Ломакин, В. К. Мировая экономика: учебник для студентов вузов / В. К. Ломакин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2014. – 671 с.
3. Международные экономические отношения: учебник / Под ред. Б. М. Смитиенко. – 2 изд. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 528 с.

Степанова И. Ю.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

***Аннотация.** Приведены основные приемы, используемые для обеспечения производства пригодной к употреблению продукции, оказания полезных услуг с наименьшими затратами и контроля за качеством продукции на различных этапах выпуска.*

***Ключевые слова:** оценка качества выпускаемой продукции, статистические методы, диаграммы.*

Статистические методы – это приемы, посредством которых можно с заданной точностью и достоверностью судить о состоянии явлений, которые исследуются.

Актуальность использования статистических методов управления качеством продукции в различных отраслях современного менеджмента непрерывно возрастает. Это вызвано развитием рыночных отношений.

Основной задачей статистических методов управления качеством продукции является обеспечение производства пригодной к употреблению продукции, оказание полезных услуг с наименьшими затратами и контроль за качеством продукции на различных этапах выпуска.

Основные области применения статистических методов:

- статистический анализ точности и стабильности технологического процесса;
- статистическое регулирование технологического процесса;
- статистический приемочный контроль качества продукции;
- статистический метод оценки качества продукции.

Среди существующих статистических методов наиболее распространенными являются: 1) описательная статистика; 2) планирование экспериментов; 3) проверка гипотез; 4) регрессионный анализ; 5) корреляционный анализ; 6) выборочный контроль; 7) факторный анализ; 8) анализ точности измерений; 9) анализ возможностей процесса (гистограммы) и другие.

Используемые в сегодняшней практике предприятий статистические методы можно подразделить на следующие категории:

1) методы высокого уровня сложности, которые используются разработчиками систем управления предприятием или процессами;

2) методы специальные, которые используются при разработке операций технического контроля, планировании промышленных экспериментов, расчетах на точность и надежность и т. д.;

3) методы общего назначения, в разработку которых большой вклад внесли японские специалисты.

При выборе статистических методов стремятся к тому, чтобы они соответствовали характеру производственного процесса, наличию средств измерений и обработки статистической информации.

Статистические методы классифицируют по признаку общности:

а) графические методы. Это так называемые «семь инструментов контроля качества». К ним относятся:

– контрольные листки, позволяющие усовершенствовать процесс сбора данных и упорядочить данные для дальнейшего использования;

– диаграммы Парето, позволяющие выяснить причины появления многочисленных существенно важных дефектов и сосредоточить усилия на ликвидации именно этих причин;

– диаграммы причин и результатов (диаграмма Исикавы), показывающие отношение между показателем качества и воздействующими на него факторами. Использование диаграмм Исикавы эффективно при решении вопросов обеспечения качества продукции, повышения производительности труда, разработки рационализаторских предложений;

– гистограммы, отражающие условия процесса за период, в течение которого были получены данные. Гистограммы удобны при составлении отчетов о качестве выпускаемой продукции;

– диаграммы рассеяния, позволяющие выявить причинно-следственные связи показателей качества и влияющих факторов при анализе диаграммы;

– контрольные карты, позволяющие отделить вариации показателя качества, обусловленные определенными причинами, от вариаций, обусловленных случайными причинами. Исследуя изменение данных с течением времени, следят, чтобы точки графика не вышли за контрольные границы. Если обнаруживается выброс одной или нескольких точек за контрольные границы это воспринимается, как информация об отклонении параметров или условий процесса от установленной нормы;

– метод расслоения, в соответствии с которым данные группируются в зависимости от условий их получения. Обработка каждой группы данных проводится отдельно. Расслоение помогает выяснить причины появления дефектов;

б) методы анализа статистических совокупностей: сравнения средних; сравнения дисперсий; регрессивный вид анализа; дисперсионный вид анализа;

в) экономико-математические методы: математическое программирование; планирование эксперимента; имитационное моделирование; метод оценки риска и последствий отказов.

Важно именно совместное применение уже известных методов контроля качества и «семи новых инструментов контроля качества». К «семи новым инструментам контроля качества» относятся:

– диаграмма срoдства служит для определения нарушений и для указания возможных мер, требуемых для их устранения;

– диаграмма зависимостей составляется для того, чтобы проблемам, требующим решения, зафиксированным в диаграмме срoдства, поставить в соответствие основные причины, вызвавшие их появление;

– диаграмма планирования оценки процесса применяется для оценки правильности осуществления, а также необходимости корректирования тех или иных мероприятий;

– анализ матричных данных – это обработка большого количества числовых данных, полученных при осуществлении каждого этапа матричной диаграммы.

Таким образом, статистические методы являются основой для эффективного распознавания проблем и их анализа. С их помощью можно добиться полной картины о возможных причинах проблем, установить приоритеты и принимать решения.

Литература

1. Ефимов, В. В. Статистические методы в управлении качеством: учебное пособие / В. В. Ефимов. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 134 с.
2. Басовский, Л. Е. Управление качеством: учебник / Л. Е. Басовский, В. Б. Протасьев. – М.: ИНФРА, 2001. – 212 с.
3. Варакута, С. А. Управление качеством продукции: учебное пособие / С. А. Варакута. – М.: Издательство РИОР, 2004. – 109 с.
4. Николаева, Э. К. «Семь инструментов качества» в японской экономике / Э. К. Николаева. – М.: Изд. Стандартов, 2000. – 88 с.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Акчурин А. С., *I*, 134
Алексеева А. Ю., *I*, 113
Андреев Д. А., *I*, 85
Андреев В. А., *I*, 31
Андреева Н. А., *I*, 121
Андрианов Д. Ю., *I*, 5, 53
Асташкин П. В., *I*, 56
Ахметзянова Д. Р., *I*, 88
- Беликов М. Ю., *I*, 127
Белова Т. В., *I*, 135
Булдакова Ю. М., *I*, 59
Бураков В. А., *I*, 138
Бусыгин С. В., *I*, 141
- Васильев В. В., *I*, 117
Васильев Н. И., *I*, 8, 184
Васильева П. Г., *I*, 17
Васильева С. Ю., *I*, 117
Винокуров А. И., *I*, 156, 181
Винокурова Р. И., *I*, 138, 160
Волкова М. Ю., *I*, 95
Вязов А. Е., *I*, 62
- Габдуллин М. Р., *I*, 91
Гайя А. М., *I*, 34
Гильмутдинов И. И., *I*, 40
Гильмутдинов И. М., *I*, 40
Гилязов Т. Р., *I*, 37
Гладырев Д. С., *I*, 94
Голова С. Г., *I*, 144
- Давыдова В. В., *I*, 115
Дегтярёв В. Л., *I*, 94
Денисова О. Н., *I*, 147
Домрачев Т. Б., *I*, 64, 67
- Егоров П. А., *I*, 117
Ермаков А. С., *I*, 11, 187
- Ефимов К. В., *I*, 150
Ефимовский Е. Г., *I*, 159, 168, 177
- Жубрин А. Н., *I*, 70
- Зыкова А. А., *I*, 91
- Иванов В. В., *I*, 14
Иванов Д. А., *I*, 85
Иванов О. Г., *I*, 91, 94
Иванов С. П., *I*, 85, 88, 95, 98, 101
Иванова А. С., *I*, 95, 98
Иванцов И. В., *I*, 104
Игнатъева А. П., *I*, 120
Иевлев М. Ю., *I*, 121
Илларионова М. С., *I*, 153
- Кадыров Д. М., *I*, 156
Капустин А. В., *I*, 56, 62, 76
Каримов Т. М., *I*, 40
Кашков А. В., *I*, 34
Кизев В. Е., *I*, 45
Князев Н. В., *I*, 156
Колпаков А. А., *I*, 101
Кольцова Е. П., *I*, 123
Коротаева А. Л., *I*, 43
Короткова К. С., *I*, 17
Корчемкин К. Н., *I*, 45
Крашенинникова М. А., *I*, 18
Кудрявцев С. Г., *I*, 59
Кузнецова И. В., *I*, 40
Куликов Ю. А., *I*, 70
- Лаврентьев О. А., *I*, 159
Лагерев И. А., *I*, 73
Леухин М. Д., *I*, 107
Липин К. В., *I*, 125
Лоскутов Ю. В., *I*, 64, 67, 82
Лушниченко Н. С., *I*, 76

- Майорова Е. В., *I*, 147
Мартюшова Е. В., *I*, 127
Марьясов М. А., *I*, 115
Миловидова А. Г., *I*, 127
Михайлов О. А., *I*, 129
Москалева Е. А., *I*, 47
Мубаракшина К. А., *I*, 190
Мухаммадиев А. Д., *I*, 40
- Насакин О. Е., *I*, 117
Насакина Д. К., *I*, 115
Никитин С. А., *I*, 160
Никифорова А. Л., *I*, 130
- Павлова С. И., *I*, 121
Парфенова Д. С., *I*, 163
Петрова А. С., *I*, 165
Петькова А. П., *I*, 168
Полянина Ю. С., *I*, 98
Порозова М. А., *I*, 123
Порубова В. В., *I*, 110
- Ромашов Н. П., *I*, 170
Ружбеляева Е. В., *I*, 172
- Сазанова А. А., *I*, 117
Сарафанников А. С., *I*, 34
Семенова Н. А., *I*, 179
Сивандаева С. Ю., *I*, 47
Сидорова А. В., *I*, 172
- Силкина О. В., *I*, 144
Соковнина А. А., *I*, 79
Соковнина Е. А., *I*, 79
Спиридонов И. С., *I*, 153
Старыгина П. А., *I*, 147
Степанова И. Ю., *I*, 22, 193, 196
- Табаринов Р. А., *I*, 175
Тимофеев И. В., *I*, 177
Тихонова Т. Г., *I*, 25, 28
Трифорова Л. С., *I*, 147
- Улукманов А. С., *I*, 43
- Федоров И. А., *I*, 179
Федосеев С. В., *I*, 131
- Чеканов В. С., *I*, 181
Черкашина А. А., *I*, 110
Чернышова О. И., *I*, 14, 50, 70, 82
Чунихин С. С., *I*, 123
- Шатунова Д. В., *I*, 73
Шишликова М. А., *I*, 129, 132
Шлычков С. В., *I*, 79
Шумов С. А., *I*, 141
- Щеглова М. И., *I*, 104
- Яшметов К. С., *I*, 64, 67

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
Секция «Математика»	5
Секция «Теоретическая и экспериментальная физика»	31
Секция «Прикладная механика»	53
Секция «Строительная механика и теория сооружений»	85
Секция «Прикладная геометрия и компьютерная графика»	104
Секция «Органический синтез и химическая технология»	113
Секция «Прикладная и экологическая химия»	134
Секция «Математические методы и модели исследований операций в экономике»	184
<i>Авторский указатель</i>	199

Научное издание

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ –
ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы
XIII Международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

В 4 частях

Часть 1

Отв. за выпуск *Э.В. Унженина*

Компьютерная верстка *Э. В. Унжениной*

Подписано в печать 20.08.18. Формат 60x90^{1/16}.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 11,86. Тираж 100 экз. Заказ № 3910

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «Вертола»
424030, Республики Марий Эл, г. Йошкар-Ола,
ул. Льва Толстого, д. 45.