

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Фонд содействия развитию малых форм предприятий
в научно-технической сфере

V Всероссийский Фестиваль науки

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

Центр фундаментального образования

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы
X международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

Йошкар-Ола, 17-18 апреля 2015 года

В 2 частях

Часть 1

Йошкар-Ола
ПГТУ
2015

УДК 378.147.88

ББК 74.58

Н 34

Редакционная коллегия

Д. В. Иванов, д-р физ.-мат. наук; проректор по научной работе
и инновационной деятельности;

С. Г. Кудрявцев, канд. техн. наук, директор ЦФО;

Э. В. Унженкина, специалист по учебно-методической работе ЦФО;

В. Е. Шебашев, канд. техн. наук, первый проректор

Научному прогрессу – творчество молодых: материалы X
Н 34 международной молодежной научной конференции по естественно-
научным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 17-18 апреля
2015 г.): в 2 ч. / редкол.: Д. В. Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: По-
волжский государственный технологический университет, 2015. –
Ч. 1. – 284 с.

Представлены результаты научно-исследовательских работ молодых ученых,
аспирантов и студентов по естественнонаучным и техническим дисциплинам.

УДК 378.147.88

ББК 74.58

© Поволжский государственный
технологический университет, 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

В сфере высшего образования необходимо учитывать переориентацию экономики на инновационный путь развития с доминированием наукоемкого производства. Задача подготовки специалистов, способных быстро воспринимать и воплощать новые идеи в практическую деятельность, может быть реализована на основе совмещения инновационных технологий в образовании с интенсивной научно-исследовательской деятельностью обучаемых, в том числе и по заказам предприятий, что позволит минимизировать рассогласование при их подготовке к реальным требованиям современного производства.

Традиционная X международная молодежная научная конференция по естественнонаучным и техническим дисциплинам, проведенная на базе центра фундаментального образования Поволжского государственного технологического университета, была направлена на привлечение талантливой молодежи к научным исследованиям, полноценному, гармоничному ее развитию и воспитанию. Основное внимание в работе конференции было сосредоточено на научно-техническом направлении, связанном с подготовкой инженерных кадров, способных в последующем обеспечить техническое и технологическое превосходство Российской Федерации в удержании и завоевании прочных позиций на мировом рынке интеллектуальных продуктов.

В конференции 2015 года участвовало более 500 представителей молодежи из 20 вузов и научно-исследовательских институтов Российской Федерации, стран ближнего зарубежья. Присутствовали большие студенческие делегации из Казани, Чебоксар, Москвы, Самары, Брянска. Работа конференции была организована по тематическому плану в 23 секциях. Наименование секций соответствовало научным направлениям, которые непосредственно связаны с научно-исследовательской работой сотрудников университета. По представлению руководителей секций лучшие доклады были отмечены дипломами соответствующей степени.

В отдельной секции проходило заседание конкурсной комиссии по отбору проектов в рамках выполнения Федеральной программы «УМНИК» (Участник Молодежного Научного Инновационного Курса»). Данная программа направлена на привлечение молодежи к научно-исследовательской, опытно-конструкторской работе с целью подготовки молодых ученых, изобретателей, предпринимателей для инно-

вационной деятельности; государственную поддержку молодых исследователей, у которых конкретные научные проекты имеют перспективы продвижения на рынке. Конференция входит в число мероприятий, аккредитованных Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (г. Москва), что предусматривает финансирование лучших инновационных проектов молодежи для проведения дальнейших исследований и подготовку молодых специалистов к созданию малых инновационных предприятий для реализации полученных научных разработок. В состав конкурсной комиссии входили представители Фонда, министерств и ведомств Республики Марий Эл, директора и ведущие специалисты научно-производственных фирм, ученые ПГТУ.

При подведении итогов работы конференции отмечен огромный интеллектуальный потенциал молодежи, который целесообразно направить и использовать на решение новых научных и прикладных задач.

По результатам конференции выпускается сборник материалов в 2 частях. В данной части представлены следующие 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», «Проблемы современного естествознания», «Метрология, стандартизация, сертификация», «Материаловедение и технология машиностроения», «Автомобили. Технологические машины и оборудование. Конструкция, эксплуатация, сервис», «Энергообеспечение предприятий».

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

Оргкомитет желает всем дальнейших творческих успехов в научных и технических поисках. Проведение XI конференции по традиционной тематике планируется на апрель 2016 года.

До новых встреч!

Директор центра
фундаментального образования ПГТУ
канд. техн. наук, доцент **С. Г. Кудрявцев**

1. МАТЕМАТИКА

УДК 519.17

Алехин И. С.

Научный руководитель: Пономарев В. П., канд. техн. наук, доцент
Самарский государственный технический университет

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Повышение эффективности работы транспортных сетей является актуальной и трудоемкой задачей. Для расчета режима максимального потока имеется более 20-ти алгоритмов, которые требуют перебора многих вариантов решения и специальных программ на алгоритмических языках высокого уровня.

Удобное решение сетевых задач можно получить с помощью пакета MATLAB, который располагает готовыми функциями для всех матричных операций. Первым шагом в решении является заполнение матрицы инцидентности орграфа и весов (максимальных пропускных способностей) дуг сети. Далее для решения можно вызывать стандартные программы и функции пакета. Расчет режима максимального потока производится методом линейного программирования с использованием программы `linprog (f,[],[],Aeq,beq)`,

где f – матрица коэффициентов использования пропускных возможностей дуг в режиме максимального потока для всех разрезов сети;

Aeq, beq – матрицы коэффициентов ограничений, описывающих равенство входящих и выходящих потоков в каждом узле сети.

С помощью такой программы проведены расчеты различных вариантов развития железнодорожной сети Куйбышевской железной дороги для увеличения её пропускной способности с востока на запад. Разработанная программа позволяют также рассчитывать управляющие воздействия на работу транспортной сети и различные аварийные ситуации.

Для наглядного вывода результатов расчета в среде пакета разработанная программа, рисующая орграф железнодорожной сети с потоками в её ветвях.

Белов В. В.

Научные руководители: Фищенко П. А., канд. физ.-мат. наук, доцент;

Тарасенко Е. В., канд. биол. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

К ВОПРОСУ О ПРЕДСКАЗАНИИ НАВОДНЕНИЙ

Одной из причин многих наводнений являются длительные осадки. Образованию наводнений также способствует быстрое таяние снега. Например, по данным К. Я. Кондратьева, за период с 1947 по 1997 гг. из-за наводнений погибло 360000 человек; на восстановительные работы и оказание помощи пострадавшим на Дальнем Востоке от стихии было выделено 40 миллиардов рублей. Поэтому представляется полезным умение определять размеры возможных потерь, меры и время, которыми располагаем для снижения этих потерь.

С помощью объемной формулы профессора Д. Л. Соколовского (Речной сток), рассчитав максимальный расход воды паводка:

$$Q_{\max} = \frac{K_p \cdot X \cdot \alpha \cdot F \cdot f}{t_p},$$

можно определить глубину затопления:

$$H = \frac{Q_{\max}}{v \cdot B},$$

где Q_{\max} – максимальный расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$); K_p – коэффициент размерности (для часовой единицы времени добегания равный 0,28); X – средний слой осадков на водосборе (мм); α – коэффициент стока; F – площадь водосбора (м^2); f – коэффициент формы паводка; t_p – продолжительность подъема эффективной части дождя плюс время добегания пика волны паводка (ч); H – глубина затопления (м); v – средняя скорость течения в зоне затопления (м/с); B – ширина разлившейся реки (м).

Уровень наводнения зависит еще от того, как ведет себя волна, то есть от продолжительности спада и подъема, которые учитываются в формуле расчета коэффициента формы паводка:

$$f = \frac{2}{1 + \frac{t_c}{t_n}},$$

где f – коэффициент формы паводка; t_c – продолжительность спада (ч); t_n – продолжительность подъема (ч).

Цель настоящей работы – изучение расчетных формул, определяющих глубину затопления. Для описания сложного процесса можно использовать функции нескольких переменных, например [1]. Настоящая работа выполнялась с учетом методов организации научно-исследовательской работы студентов (НИРС) [2].

Знание максимального расхода паводка необходимо для расчета зон затопления и планирования мер по эвакуации населения.

Литература

1. Функции нескольких переменных. Методические указания к выполнению типовых расчетов для студентов технических специальностей / сост. Ю. А. Ведерникова, Л. Н. Шарафутдинова, П. А. Фищенко. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2012. – 56 с.
2. Иванов, В. А. Методика организации НИРС 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. 43-47.
3. Гидрологические расчеты в природообустройстве: методические указания к практическим занятиям / сост.: Д. А. Бураков, И. Н. Гордеев. – Красноярс: КрасГАУ, 2010. – 45 с.
4. Методические рекомендации по расчету максимального дождевого стока и его регулированию. – М., 1980.

УДК 539.3

Бочкова Т. И.

Научный руководитель: Радченко В. П., д-р физ.-мат. наук, профессор
Самарский государственный технический университет

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛОСКИХ ОБРАЗЦАХ ПОСЛЕ ПРОЦЕДУРЫ АНИЗОТРОПНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ

Рассматривается плоский образец, подвергшийся процедуре анизотропного поверхностного пластического упрочнения. Задача решается в

декартовой системе координат, координатная плоскость XOY расположена в плоскости упрочнения образца, ось OZ – по глубине упрочненного слоя. Предполагается, что компоненты напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ зависят только от координаты z . Касательными компонентами пренебрегаем. Тогда из уравнений равновесия $\sigma_z(z) = 0$. Введена гипотеза относительно распределения остаточных пластических деформаций $q_i = q_i(z)$ ($i=x, y, z$) вида $q_x(z) = \alpha q_y(z)$, где $\alpha = const$ – феноменологический параметр анизотропии упрочнения, при этом $\alpha=1$ для изотропной процедуры упрочнения (гидро- и пневмодробеструйная обработка микрочастицами, термопластическое упрочнение и др.), $\alpha \neq 1$ – для анизотропной процедуры (обкатка роликом, дорнование и др.)

Исходной информацией для определения напряженно-деформированного состояния в тонком упрочненном слое и параметра анизотропии являются экспериментально определенная эпюра остаточных напряжений $\sigma_x = \sigma_x(z)$ при $\alpha=1$ или эпюры $\sigma_x = \sigma_x(z), \sigma_y = \sigma_y(z)$ при $\alpha \neq 1$. Отсюда на основе уравнений равновесия и совместности деформаций установлены основные свойства распределения эпюр остаточных напряжений и остаточных пластических деформаций по глубине упрочненного слоя, в частности, самоуравновешенность графика для остаточных напряжений.

Исходя из свойства самоуравновешенности, предложена аппроксимация эпюры остаточных напряжений с точностью до трех параметров и разработана методика идентификации этих параметров, которая сводится к решению системы трех нелинейных алгебраических уравнений.

Для алгоритмизации расчетов разработано программное обеспечение, с помощью которого выполнен обстоятельный вариативный анализ данной задачи.

Исследовано влияние материала, вида и характера упрочнения поверхности, параметров технологического процесса на формируемые поля остаточных напряжений и остаточных пластических деформаций.

Выполнена проверка адекватности предложенного подхода. Наблюдается соответствие расчетных и экспериментальных данных.

Видякина Т. С.

Научный руководитель: Иванов В. А., д-р физ.-мат. наук, профессор;

Ведерникова Ю. А., ст. преподаватель

Поволжский государственный технологический университет

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОДНОНОМЕНКЛАТУРНАЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ

Правильное и своевременное определение оптимальной стратегии и тактики управления запасами позволяет высвободить оборотные средства, замороженные в виде запасов.

Цель данной работы – изучить одну из основных моделей управления запасами, на основе которой можно будет оценить эффективность реализуемых и нереализуемых товарных, сырьевых и иных запасов. Данная тема является актуальной для изучения, т. к. плотно соприкасается с рыночной системой хозяйствования, которая, в свою очередь, использует ряд математических моделей для описания своих явлений.

Статистическая однономенклатурная детерминированная модель без дефицита – это модель, у которой интенсивности расхода и спроса равны при хранении на складе изделий одного типа. Иными словами, на складе имеется некоторый запас товара N , по мере использования его запасы равномерно снижаются от n до нуля, после чего заказывается новая партия, величиной n .

В работе был рассмотрен вывод некоторых формул с помощью математический преобразований и логических рассуждений, которые в дальнейшем можно будет использовать в планировании реализации запасов на предприятии.

Затраты на поставку k партий за общий интервал времени работы будет определяться соотношением:

$$C_1 = k \cdot c_1 = c_1 \frac{N}{n}, \quad (1)$$

где c_1 – затраты на доставку одной партии продукта.

Далее оценили затраты на хранение запаса, используя метод математического интегрирования:

$$C_2 = \int_0^{kT} c_2 J(t) dt = kc_2 \int_0^T J(t) dt = kc_2 \frac{nT}{2} = \frac{c_2 t_p}{2} n \quad (2)$$

где c_1 – затраты на хранение одной единицы продукции;

J – количество единиц продукции на складе в произвольный момент времени;

T – интервал времени между поставками;

k – количество поставляемых партий за общий интервал времени работы по принятой модели.

Общие затраты C определяются затратами на поставку (1) и хранение (2):

$$C = \frac{c_1 N}{n} + \frac{c_2 t_p}{2} n.$$

Для определения оптимального размера партии использовали необходимый признак определения экстремума $C' = 0$. Таким образом, из соотношения

$$C' = -\frac{c_1 N}{n_0^2} + \frac{c_2 t_p}{2} = 0$$

нашли $n_0^2 = \frac{2c_1 N}{c_2 t_p}$.

Так как интенсивность расходования запаса $b = \frac{N}{t_p}$, то можно запи-

сать $n_0 = \sqrt{\frac{2c_1 b}{c_2}}$ – формула Уилсона.

Используя формулу Уилсона и полученные выше выражения, можно найти другие оптимальные параметры, такие как: интенсивность расходования запаса, оптимальный интервал времени между поставками, средние затраты на поставку и хранение запаса.

Таким образом, статистическая однономенклатурная детерминированная модель достаточно практична для использования. С её помощью можно рассчитать оборачиваемость оборотных активов, оценку транспортировки и хранения запасов.

Литература

1. Кузнецов, Б. Т. Математика: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям экономики и управления (060000) / Б. Т. Кузнецов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 719 с.
2. Акулич, И. Л. Математическое программирование в примерах и задачах: учебное пособие. – 3-е изд., стер. / И. Л. Акулич. – СПб.: Лань, 2011. – 352 с.

Волкова Е. Г., Пекпулатова Н. А.

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

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДЫ MATHCAD ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПЕРАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

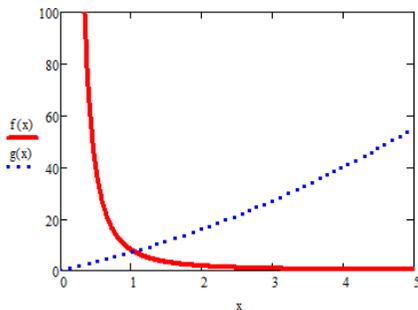
Преобразование Лапласа – основа операционного исчисления – довольно большого раздела математики, занимающегося решением дифференциальных уравнений с помощью перевода их в алгебраические [1].

В терминах операционного исчисления функция, которая подвергается преобразованию Лапласа, называется оригиналом, а та, которая получается в результате этого преобразования, – изображением. Оригинал и изображение определены на различных множествах: изображение – функция комплексной переменной, в то время как оригинал – функция переменной действительной. Записывается преобразование Лапласа в виде математической формулы следующим образом:

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(x) \cdot \exp(-sx) dx$$

В качестве простейшей функции для проведения над ней преобразования Лапласа обычно рассматривается функция Хевисайда. Это функция, значение которой определяется следующим образом: если аргумент меньше нуля, то ее значение равно нулю; если аргумент равен нулю, то ее значение равно одной второй; если аргумент больше нуля, то ее значение равно единице.

Рассмотрим применение среды Mathcad для реализации преобразования Лапласа.



На рисунке приведен результат расчета для решения задачи определения оригинала и изображения функции

$$f(x) = x^2 + 6x.$$

Таким образом, в рамках работы было проведено преобразование Лапласа для заданной функции.

Литература

1. Письменный, Д. Т. Конспект лекций по высшей математике: полный курс / Д. Т. Письменный. – 9-е изд. – М.: Айрис-пресс, 2009. – 608 с.: ил. – (Высшее образование).

УДК 51-76

Горождина Ю. А.

Научный руководитель: Егорова Г. Ф., канд. техн. наук, доцент
Самарский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МОРФОГЕНЕЗА

В данной работе исследуются условия возникновения пространственных автоколебаний для математической модели Гирера-Майнхардта, описывающей процесс формирования щупалец у гидры пресноводной. Модель представляет собой систему дифференциальных уравнений в частных производных следующего вида:

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial t} = a \frac{U^2}{V^2} - bV + D_1 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}, \\ \frac{\partial V}{\partial t} = cV - dV + D_2 \frac{\partial^2 V}{\partial x^2}, \end{cases} \quad (1)$$

здесь U и V – массы веществ под названием активатор и ингибитор, a, b, c, d – постоянные коэффициенты, D_1, D_2 – коэффициенты диффузии. Начальные условия $U = U_0, V = V_0$. Граничные условия

$$\left. \frac{\partial U}{\partial t} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial U}{\partial t} \right|_{x=1} = \left. \frac{\partial V}{\partial t} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial V}{\partial t} \right|_{x=1} = 0.$$

Исследование модели проводилось методом фазовой плоскости. Линеинный анализ для системы двух уравнений реакция-диффузия позволил сформулировать следующие выводы:

1. в результате исследования неустойчивости Тьюринга удалось построить область в пространстве основных параметров b и d , для которых

выполняются необходимые условия возникновения пространственных автоколебаний;

2. в случае возникновения пространственных автоколебаний их параметры не зависят от начальных условий;

3. соответствующая система дифференциальных уравнений не должна быть потенциально автоколебательной, главное, чтобы ее решения были устойчивы.

Полученные выводы проверялись с помощью пакета MATLAB (2006B).

УДК 519.2, 519.8

Кольцова Е. А.

Научный руководитель: Сусанина С. Н., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

МНОГОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С НЕОГРАНИЧЕННОЙ ОЧЕРЕДЬЮ

Рассматривается задача моделирования системы массового обслуживания (СМО) и вычисления характеристик обслуживания.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в настоящее время нельзя назвать область человеческой деятельности, в которой не использовались бы методы моделирования. Данные методы широко используются в системах массового обслуживания (СМО). К ним относятся, например, обслуживание покупателей в системе розничной торговли, медицинское обслуживание населения, ремонт оборудования и т. д. Заявки в систему массового обслуживания поступают не регулярно, а случайно. Поэтому главной особенностью процессов массового обслуживания является случайность.

Целью исследования является проектирование простейших многоканальных систем массового обслуживания с очередью. Для достижения данной цели решены следующие задачи:

- 1) рассмотрение схемы построения СМО с очередью;
- 2) изучение числовых характеристик СМО;
- 3) решение поставленной задачи.

К числу показателей эффективности СМО с очередью относятся:

- среднее время ожидания обслуживания;

- среднее число заявок в очереди;
- среднее время пребывания заявки в очереди;
- вероятность того, что канал занят.

Предельные вероятности состояний СМО определяются соотношениями:

$$p_0 = \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} \right)^{-1}, \quad p_1 = \frac{\rho}{1!} p_0, \quad p_n = \frac{\rho^n}{n!} p_0,$$

$$p_{n+1} = \frac{\rho^{n+1}}{n \cdot n!} p_0, \quad p_{n+r} = \frac{\rho^{n+r}}{n^r \cdot n!} p_0, \dots \quad (1)$$

Рассмотрим следующую задачу: В универсаме к кассам для расчета поступает поток покупателей с интенсивностью 81 человек в час. Интенсивность обслуживания одного покупателя составляет 30 человек в час. Определить минимальное количество кассиров, при котором очередь не будет расти до бесконечности, а также характеристики обслуживания и вероятность того, что в очереди будет не более трех покупателей.

Интенсивность нагрузки канала $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{81}{30} = 2,7$. Очередь не будет возрастать до бесконечности при числе кассиров $n = 3$ (т. к. по условию $\rho < n$).

Вероятность того, что в очереди будет не более трех покупателей, находим по формулам (1):

$$P(r \leq 3) = p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_{3+1} + p_{3+2} + p_{3+3} = 0,4636.$$

Среднее число занятых касс $\bar{k} = \rho = 2,7$, среднее число покупателей в очереди $L_{очер} = \frac{n \cdot \rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} \cdot p_0 = \frac{3 \cdot 2,7^4}{6 \cdot (3-2,7)^2} \cdot 0,025 = 7,38$, среднее число обслуживаемых покупателей и покупателей в очереди, $L_{сист} = L_{очер} + \rho = 7,38 + 2,7 = 10,08$. Среднее время пребывания заявки в системе $T_{сист} = \frac{L_{сист}}{\lambda} = \frac{10,08}{81} = 0,124$ чел./ч, или 7,47 чел./мин.

Таким образом, на примере рассмотренной задачи установлено, что проектирование и изучение многоканальных систем массового обслуживания является важнейшей составляющей в условиях современного рынка услуг.

Литература

1. Кузнецов, Б. Т. Математика / Б. Т. Кузнецов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 719 с.
2. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. образование, 2009. – 404 с.
3. Мхитарян, В. С. Теория вероятностей и математическая статистика / В. С. Мхитарян. – М.: Маркет ДС, 2013. – 336 с.
4. Бочкарев, П. П. Теория массового обслуживания / П. П. Бочкарев, А. В. Печинкин. – М.: РУДН, 1995. – 529 с.

УДК 519.852.35

Косиневский В. Н.

Научный руководитель: Котенко А. П., канд. физ.-мат. наук, доцент
Самарский государственный технический университет

ПРИЛОЖЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОСТРАНСТВА ЦИКЛОВ НЕОРИЕНТИРОВАННОГО ГРАФА

Описание пространства циклов неориентированного графа позволяет доказать неизоморфность графов сложной структуры сравнением некоторых их подграфов или описанием множества значений длин их циклов [1].

В предположениях работ [1,2] рассмотрим любой остов $T(V, R_1)$ связного неорграфа $G(V, R)$ с рёбрами весов $|r_i| \geq 0$. Тогда конечное множество C простых циклов \bar{c} графа G образует $(|R| - |R_1|)$ -мерное подпространство бинарных комбинаций базисных циклов $\bar{c}_i \in C$:

$$\bar{c} = \sum_{\oplus, i=1}^{|R|-|R_1|} \alpha_i \bar{c}_i, \quad \alpha_i \in \{0;1\}.$$

Множество бинарных векторов

$$\bar{c} = \sum_{\oplus, i=1}^{|R|} \beta_i r_i, \quad \beta_i \in \{0;1\},$$

образует $|R|$ -мерное конечное линейное пространство с метрикой

$$|\bar{c}| := \sum_{i=1}^{|R|} \beta_i |r_i|.$$

Здесь \sum_{\oplus} – покоординатное суммирование по модулю бинарных векторов соответствующих размерностей, в то время как вес цикла определяется обычным суммированием вещественных чисел.

Тогда бинарные вектора

$$\bar{c}_i := \sum_{\oplus, j=1}^{|R|} \delta_{ij} r_j$$

с коэффициентами из i -й строки $(|R| - |R_1|) \times |R|$ -матрицы $\|\delta_{ij}\|$, составленной из символов Кронекера будут базисными циклами, а произвольный простой цикл примет вид

$$\begin{aligned} \bar{c} &= \sum_{\oplus, i=1}^{|R|-|R_1|} \alpha_i \bar{c}_i = \sum_{\oplus, i=1}^{|R|-|R_1|} \alpha_i \left(\sum_{\oplus, j=1}^{|R|} \delta_{ij} r_j \right) = \\ &= \sum_{\oplus, j=1}^{|R|} r_j \left(\sum_{\oplus, i=1}^{|R|-|R_1|} \alpha_i \delta_{ij} \right). \end{aligned}$$

$$\text{Отсюда } |\bar{c}| = \sum_{j=1}^{|R|} |r_j| \left(\sum_{i=1}^{|R|-|R_1|} \alpha_i \delta_{ij} \right), \quad \alpha := (\alpha_1, \alpha_2, \dots) \in \overline{1; 2^{|R|-|R_1|}}.$$

Перебирая двоичные представления соответствующих натуральных чисел, получим веса всех циклов графа G . Этот конечный набор чисел (спектр длин циклов) можно использовать для сравнения графов: наличие цикла с длиной, не принадлежащей спектру заданного графа, гарантирует их неизоморфность. Меняя значения весов рёбер, можно значительно снизить требования к репрезентативности числа подграфов, обеспечивающих надёжное доказательство неизоморфности исследуемого графа заданному.

Отметим, что полученное описание пространства циклов применимо к слабо связанным орграфам, если ассоциировать с ними неорграфы с теми же вершинами и рёбрами, полученными из ориентированных дуг отключением ориентации.

Разработанное программное обеспечение для расчёта спектров длин циклов конечных графов позволяет найти статистические характеристики циклических перемещений элементов транспортного потока. Таким образом, можно оценить среднее время нахождения частиц потока в цикле и тем самым дать оценку перерасхода ресурсов на паразитические циклы. Сложность алгоритма равна $O(N^3)$, что позволяет использовать его для обработки данных громоздких транспортных сетей.

Литература

1. Косиневский, В. Н. Экстремальные циклы графов / В. Н. Косиневский // «XL Гагаринские чтения». Труды Международной молодёжной научной конференции, т. 5. – М.: Изд-во МАТИ, 2014. – С. 123-124.
2. Косиневский, В. Н. Поиск экстремальных циклов орграфа транспортной сети / В. Н. Косиневский // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы IX Международной молодёжной научной конференции. – Йошкар-Ола: Изд-во ПГТУ, 2014. – ч. 1. – С. 41-43.

Кудрявцев А. А., Ляхов А. А.

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

РЕШЕНИЕ ИНТЕГРАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ВЫЧЕТОВ

Вычетом функции $f(z)$ в изолированной особой точке z_0 (точка принадлежит области комплексных чисел) называется интеграл вида [1]:

$$\frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} f(z) dz,$$

где γ – контур, принадлежащий окрестности точки z_0 и охватывающий ее. Обход контура – положительный, т. е. область, ограниченная им и принадлежащая окрестности z_0 , при обходе расположена слева: обход против часовой стрелки.

Вычет функции в конечной изолированной особой точке равен коэффициенту C_{-1} при первой отрицательной степени в разложении функции в ряд Лорана в окрестности этой точки, т. е. при $1/(z-z_0)$ для z_0 , принадлежащей области комплексных чисел:

$$\operatorname{res}_{z_0} f(z) = C_{-1}.$$

Вычеты имеют достаточно широкое применение для решения ряда математических и физических задач, в частности, для вычисления интегралов.

Пусть требуется вычислить интеграл:

$$\oint_{|z-1|=1} \frac{z}{e^z - i} dz.$$

Решение задачи будем производить с применением среды Mathcad.

Символьный блок вычислений позволяет определить особые точки подынтегральной функции (т. е. нули знаменателя) с помощью процедуры Variable – Solve. Точка $z = i\pi/2$ – простой нуль знаменателя. Проверим утверждение: поскольку период функции $\exp(z)$ равен 2π , то остальные нули знаменателя не попадают в область, ограниченную контуром.

$$\left| i \left(\left(\frac{1}{2} \pi + 2\pi \right) \right) - i \right| = 6,854.$$

Вычислим вычет в особой точке по формуле $\text{res}(u(z)/v(z), z_k) = u(z_k)/v'(z_k)$, поскольку $z = i\pi/2$ – простой полюс подынтегральной функции:

$$f(z) := \frac{z}{\exp(z) - i} \qquad \text{res}(z) := \frac{z}{\left[\frac{d}{dz} (\exp(z) - i) \right]}$$

Значение интеграла равно $2\pi \cdot \text{res}(i\pi/2)$:

$$\text{Int} := 2\pi * i * \text{res}\left(i * \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\text{Int} \rightarrow \pi^2 * i.$$

Значение интеграла равно $i\pi^2$.

Таким образом, в рамках работы был проведен анализ применимости теории вычетов для решения интегралов.

Литература

1. Письменный, Д. Т. Конспект лекций по высшей математике: полный курс / Д. Т. Письменный. – 9-е изд. – М.: Айрис-пресс, 2009. – 608 с.: ил. – (Высшее образование).

УДК 519.22

Кузьминых Н.А.

Научный руководитель: Михадарова О.В., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩЕЙ МАШИНЫ

Благодаря такой точной науке как математика мы упрощаем себе жизнь. Математика используется во всех сферах жизнедеятельности. Руководитель сложного производства уже не может полагаться лишь на традиционные методы управления, построенные на опыте и интуиции: слишком велик риск принять неправильное решение, если не иметь под рукой достоверных данных, надежных количественных оценок возможных последствий реализации решения.

Целью данного проекта является ознакомление с работой валочно-пакетирующей машины, определения коэффициента корреляции и корреляционной зависимости результатов наблюдений.

В ходе работы были изучены некоторые отдельные аспекты математики: математическая статистика, теория вероятностей и элементы корреляционно-регрессионного анализа.

Для исследования взяли следующие пары величин: объем спиливаемого дерева $q_{хл}$ и время цикла валки-пакетирования t_y одного дерева.

Результаты наблюдений

Номер наблюдений	$q_{хл}, м^3$	$t_y, с$	Номер наблюдений	$q_{хл}, м^3$	$t_y, с$	Номер наблюдений	$q_{хл}, м^3$	$t_y, с$
1	0,29	18	8	0,44	31	15	0,53	34
2	0,43	24	9	0,36	26	16	0,66	55
3	0,55	27	10	0,52	37	17	0,64	38
4	0,58	38	11	0,33	22	18	0,29	25
5	0,64	45	12	0,41	38	19	0,61	49
6	0,74	46	13	0,61	42	20	0,71	40
7	0,53	41	14	0,49	31	21	0,71	48

В ходе исследования вычислены статистические величины:

1) средние значения:

$$\overline{q_{хл}} = \frac{1}{21} \sum_{i=1}^{21} q_{хл i} = (0,29 + 0,43 + \dots + 0,71) \frac{1}{21} = 0,527 \text{ м}^3 .$$

$$\overline{t_y} = \frac{1}{21} \sum_{i=1}^{21} t_{y i} = (18 + 24 + \dots + 48) \frac{1}{21} = 35,95 \text{ с} ;$$

2) дисперсии:

$$D = \sum_{i=1}^{21} (q_{хл i} - \overline{q_{хл}})^2 = 0,019194 \text{ (м}^3)^2 ,$$

$$D_t = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{21} (t_{y i} - \overline{t_y})^2 = 98,25 \text{ с}^2 ;$$

3) средние квадратические отклонения:

$$\sigma_q = \sqrt{D} = \sqrt{0,019194} = 0,1385 \text{ м}^3 ,$$

$$\sigma_t = \sqrt{D_t} = \sqrt{98,25} = 9,91 \text{ с} .$$

4) коэффициент корреляции:

$$r_{qt} = \frac{\frac{n}{n-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^n q_{xli} \cdot t_{qi}}{n} - q_{xltq} \right)}{\sigma_q \sigma_t} = 0,8485 .$$

Значение коэффициента корреляции свидетельствует о тесной прямой связи между исследуемыми показателями (объемом хлыста и временем цикла).

Литература

1. Редькин, А. К. Математическое моделирование и оптимизация объектов технологии лесозаготовок / А. К. Редькин, С. Б. Якимович. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 504 с.
2. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.

УДК 519.2, 519.8

Лапин Р. Д.

Научный руководитель: Сусанина С. Н., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО

Теория массового обслуживания является одним из методов моделирования экономических процессов.

В современном мире нельзя назвать область человеческой деятельности, в которой в той или иной степени не использовались бы методы моделирования, что обуславливает актуальность исследования. Это относится к сфере управления различными системами, где основными являются процессы принятия решений на основе получаемой информации. Метод моделирования применяют в таких областях, как автоматизация проектирования, системах массового обслуживания, при автоматизированном управлении производственными процессами, а также при проектировании, создании, внедрении, эксплуатации систем при их взаимодействии с окружающей средой.

В данной работе рассмотрена задача моделирования и подсчета числа обслуженных заявок системы массового обслуживания (СМО) с отказами.

Целью исследования является изучение систем массового обслуживания с отказами. Для достижения данной цели решены следующие задачи:

- 1) изучить метод Монте-Карло при моделировании СМО;
- 2) рассмотреть методику решения СМО;
- 3) решить поставленную задачу.

Сущность метода Монте-Карло состоит в следующем: требуется найти значение a некоторой изучаемой величины. Для этого выбирают такую случайную величину X , математическое ожидание которой равно a : $M(X) = a$.

Поскольку метод Монте-Карло требует проведения большого числа испытаний, его часто называют методом статистических испытаний. Теория метода указывает на то, как наиболее целесообразно выбрать случайную величину X , как найти ее возможные значения. Разрабатываются способы уменьшения дисперсии используемых случайных величин, в результате чего уменьшается ошибка, допускаемая при замене искомого математического ожидания a его оценкой a^* .

Рассмотрим следующую задачу: В трехканальную СМО с отказами поступает пуассоновский поток заявок. Время между поступлениями двух последовательных заявок распределено по показательному закону $f(\tau) = 5e^{-5\tau}$. Длительность обслуживания каждой заявки равна 0,5 мин. Найти методом Монте-Карло математическое ожидание a числа обслуженных заявок за время $T = 4$ мин.

Пусть $T_1 = 0$ – момент поступления первой заявки. Время поступления следующих заявок выражается формулой: $T_i = T_{i-1} + \tau_i$, где τ_i – время между двумя заявками. Время τ_i разыгрывается по формуле:

$$\tau_i = (1/\lambda)(-\ln r_i).$$

Первая заявка поступает в первый канал. Далее, если канал занят, заявка поступает в следующий канал. Если все каналы заняты, заявка получает отказ. Испытание прекращают, если момент поступления заявки $T > 4$ мин. В ходе одного испытания установлено, что из 20 поступивших заявок обслужено $x_1 = 12$ заявок. Выполнив еще 5 испытаний, получим: $x_2 = 15$, $x_3 = 14$, $x_4 = 12$, $x_5 = 13$, $x_6 = 15$. В качестве оценки

искомого математического ожидания a числа обслуженных заявок примем выборочную среднюю

$$a^* = \bar{x} = (2 * 12 + 13 + 14 + 2 * 15) / 6 = 13,5.$$

Таким образом, моделируя реальные процессы, которые происходят в жизни, мы можем прогнозировать качество работы системы. Результаты моделирования можно применить в своей жизни, например, открывая свое дело, касающееся массового обслуживания населения.

Литература

1. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Изд-во Юрайт, 2012. – 479 с.
2. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. образование, 2009. – 404 с.
3. Кузнецов, Б. Т. Математика / Б. Т. Кузнецов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 719 с.
4. Мхитарян, В. С. Теория вероятностей и математическая статистика / В. С. Мхитарян. – М.: Маркет ДС, 2013. – 336 с.

УДК 519.65

Малахов И. А.

Научный руководитель: Михадарова О. В., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

ИНТЕРПОЛЯЦИОННАЯ ФОРМУЛА НЬЮТОНА

Интерполяционные формулы Ньютона – формулы вычислительной математики, применяющиеся для полиномиального интерполирования.

Интерполяционные полиномы в форме Ньютона удобно использовать, если точка интерполирования находится вблизи начала (прямая формула Ньютона):

$$P_n(x) = Y_0 + q\Delta Y_0 + \frac{q(q-1)}{2!} \Delta^2 Y_0 + \dots + \frac{q(q-1)\dots(q-n+1)}{n!} \Delta^n Y_0,$$

или конца таблицы (обратная формула Ньютона):

$$P_n(x) = Y_n + q\Delta Y_{n-1} + \frac{q(q-1)}{2!} \Delta^2 Y_{n-2} + \dots + \frac{q(q-1)\dots(q-n+1)}{n!} \Delta^n Y_0.$$

Ценность интерполяционных формул Ньютона состоит в простоте структуры коэффициентов, в возможности экстраполяции и в возможности непосредственной интерполяции между узлами вблизи краев.

Известно, что интерполяционные формулы позволяют приближенно вычислять значения функции для промежуточных значений аргумента, не совпадающих с узлами таблицы. Эти формулы строятся с помощью так называемых интерполяционных полиномов, которые представляют собой полиномы по степеням независимой переменной, точно совпадающие в узлах [4].

Рассмотрим пример построения интерполяционного полинома Ньютона с шагом $h=0,05$ для функции $y = 2 - 3x + 4x^2 - 6x^3$, заданного таблицей:

x	1	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3
y	-3	-3,685	-4,445	-5,285	-6,207	-7,218	-8,321

Для расчета составляем таблицу разностей.

x	y	Δy	$\Delta^2 y$	$\Delta^3 y$
1	-3	0,685	-0,075	0,005
1,05	-3,685	0,76	-0,08	0,002
1,1	-4,445	0,84	-0,082	0,007
1,15	-5,285	0,922	-0,089	0,003
1,2	-6,207	1,011	-0,092	
1,25	-7,218	1,103		
1,3	-8,321			

Так как разности третьего порядка практически постоянны, то полагая $n=3$ и приняв $x_0 = 1, y_0 = -3$, будем иметь:

$$P_n(x) = -3 + 0,685q - 0,075 \frac{q(q-1)}{2} + 0,005 \frac{q(q-1)(q-2)}{6}.$$

Или

$$P_n(x) = -3 + 0,685q - 0,0375q(q-1) + 0,00083q(q-1)(q-2),$$

где

$$q = \frac{x - x_0}{h} = \frac{x - 1}{0,05} = 20(x - 1).$$

$P_n(x)$ – есть искомый интерполяционный полином Ньютона [1].

Полученный полином дает возможность прогнозирования дальнейшего приближенного вычисления.

Но у интерполяционных формул есть существенный минус. Первая формула Ньютона практически неудобна для интерполирования вблизи конца таблицы. В этом случае обычно применяется вторая интерполяционная формула Ньютона. И, наоборот, вторая интерполяционная формула Ньютона неудобна для интерполирования в начале таблицы.

Литература

1. Демидович, Б. П. Основы вычислительной математики / Б. П. Демидович, И. А. Марон. – М.: Наука, 1966. – 664 с.
2. Копченова, Н. В. Вычислительная математика в примерах и задачах / Н. В. Копченова, И. А. Марон. – М.: Наука, 1972.
3. <http://www.artint.com.ua/rass/vip16.htm>
4. http://sci.sernam.ru/book_dsm.php?id=257

УДК 521.1

Массаулина М. А.

Научный руководитель: Заусаев А. Ф., д-р физ.-мат. наук, профессор
Самарский государственный технический университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ КОУЭЛЛА ШЕСТОГО ПОРЯДКА

Исследование эволюции орбит небесных тел Солнечной системы является одним из основных этапов решения проблемы, связанной с астероидной опасностью. Вследствие того, что движение малых тел Солнечной системы описывается математической моделью в форме систем дифференциальных уравнений, разработка методов численного интегрирования уравнений движения является актуальной задачей в настоящее время.

В данной работе был реализован метод Коуэлла для решения уравнений движения небесных тел, основанных на новом принципе взаимодействия [1]:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \sum_i \left(\frac{x_i - x}{\Delta_i} \right) \frac{3a_{0i}r_{0i}^2}{\Delta_i^2 + \Delta_i \sqrt[3]{(\Delta_i^3 - r_{0i}^3)} + \sqrt[3]{(\Delta_i^3 - r_{0i}^3)^2}},$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \sum_i \left(\frac{y_i - y}{\Delta_i} \right) \frac{3a_{0i}r_{0i}^2}{\Delta_i^2 + \Delta_i \sqrt[3]{(\Delta_i^3 - r_{0i}^3)} + \sqrt[3]{(\Delta_i^3 - r_{0i}^3)^2}},$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = \sum_i \left(\frac{z_i - z}{\Delta_i} \right) \frac{3a_{0i}r_{0i}^2}{\Delta_i^2 + \Delta_i \sqrt[3]{(\Delta_i^3 - r_{0i}^3)} + \sqrt[3]{(\Delta_i^3 - r_{0i}^3)^2}},$$

где r_{0i} – эффективный радиус i -того тела; a_{0i} – соответствующее ускорение для i -того тела на расстоянии r_{0i} от центра массы; x, y, z – барицентрические координаты возмущаемого тела; x_i, y_i, z_i – барицентрические координаты возмущающих тел, $\Delta_i^2 = (x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2$.

Построена математическая модель движения небесных тел на основе создания высокоэффективных алгоритмов и программ численного интегрирования дифференциальных уравнений методом Коуэлла с учетом шестых разностей.

Разработаны алгоритм и программное обеспечение с использованием банка данных координат планет в форме полиномов Эверхарта для исследования эволюции орбит небесных тел на основе многошагового метода Коуэлла. Созданная программа позволила более чем в 2 раза сократить расчетное время решения по сравнению с одношаговым методом Эверхарта.

Проведено исследование сходимости и устойчивости решений системы дифференциальных уравнений методом Коуэлла на интервале времени с 18 апреля 2013 г. по 16 ноября 2045 г. для астероидов, представляющих потенциальную угрозу для Земли.

В ходе работы было доказано, что элементы орбит астероидов групп Аполлона и Атона, полученные методом Коуэлла, согласуются с результатами других исследований.

Литература

1. Заусаев, А. Ф. Математическое моделирование орбитальной эволюции малых тел Солнечной системы / А. Ф. Заусаев, А. А. Заусаев. – М.: Машиностроение, 2008. – 250 с.

Медведева К. В.

Научный руководитель: Андреев А. А., канд. физ.-мат. наук
Самарский государственный технический университет

СМЕШАННАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ СИСТЕМЫ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Объектом исследования в докладе является система уравнений в частных производных второго порядка с постоянными коэффициентами гиперболического типа (матричное волновое уравнение):

$$\overline{u}_{tt} - A\overline{u}_{xx} = 0, \quad (1)$$

где $\overline{u}(x, t) = (u_1(x, t), u_2(x, t), \dots, u_n(x, t))$ – искомый вектор;

A – заданная постоянная квадратная матрица размерности n с действительными, положительными собственными значениями;

Известно, что характеристическое уравнения матрицы A имеет вид:

$$\det \| A - \lambda E \| = 0,$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – его корни. Тогда существует матрица T , такая, что

$$\Lambda_a = T^{-1}AT,$$

где Λ_a – диагональная матрица подобная матрице A ,

T – матрица перехода при диагонализации матрицы A ,

$$\lambda_1 > \dots > \lambda_n > 0.$$

Матрица T , приводящая матрицу A к виду Λ_a , составлена из векторов, соответствующих всем корням характеристического уравнения.

Задача нахождения решения уравнения (1) с начальными условиями и граничными условиями называется смешанной задачей.

Для системы (1) рассмотрим начальные условия:

$$\overline{u}(x, 0) = \overline{\varphi}(x), \overline{u}_t(x, 0) = \overline{\psi}(x), 0 \leq x \leq 1; \quad (2)$$

граничные условия первого рода:

$$\overline{u}(0, t) = 0, \overline{u}(1, t) = 0, 0 \leq t \leq T. \quad (3)$$

Первая краевая задача с начальными условиями: найти решение системы уравнений (1) с начальными условиями (2) и граничными условиями (3).

Выполним в системе (1) замену $U = T^{-1}u$, приводящую систему (1) к системе n однородных уравнений:

$$\overline{U}_{tt} - \Lambda_a \overline{U}_{xx} = 0, \quad (4)$$

с начальными условиями (2):

$$\overline{U}(x, 0) = T^{-1}\overline{\varphi}(x) = \overline{\tau}(x), \overline{U}_t(x, t) = T^{-1}\overline{\psi}(x) = \overline{v}(x), 0 \leq x \leq 1; \quad (5)$$

с граничными условиями (3):

$$\overline{U}(0, t) = 0, \overline{U}(1, t) = 0, 0 \leq t \leq T. \quad (6)$$

Решение системы уравнений (4) производится по методу Фурье.

Метод Фурье, или метод разделения переменных, является одним из наиболее распространенных методов решения уравнений с частными производными.

Производя решение согласно методу Фурье, получим решение матричного уравнения (4) с заданными начальными (5) и граничными (6) условиями:

$$U^i = \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^i \cos \sqrt{\lambda_i} \pi n t + b_n^i \sin \sqrt{\lambda_i} \pi n t) \sin \pi n x$$

$$a_n^i = 2 \int_0^1 \tau_i(x) \sin \pi n x dx$$

$$b_n^i = \frac{2}{\sqrt{\lambda_i} \pi n} \int_0^1 v_i(x) \sin \pi n x dx.$$

Выполняя замену $U = T^{-1}u$, получим решение первой краевой задачи с начальными условиями исходной системы (1).

Теорема. Если $\overline{\varphi}(x) \in C^2(\overline{I}), \overline{\psi}(x) \in C^1(I)$, то классическое решение смешанной задачи для матричного волнового уравнения корректно по Адамару.

Михайлов Е. Э., Игнатъев А. В.

Научные руководители: Фищенко П. А., канд. физ.- мат. наук, доцент;

Багаутдинов И. Н., канд. техн. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАТНОГО ХОДА ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ПО РЕПЕРНЫМ ДАННЫМ

Современное развитие автоматизированных систем в области транспортных средств направлено на создание автоматизированной системы движения их без участия оператора по заранее определенному маршруту.

В качестве примера может служить разработка компании GOOGLE.



Рис. 1. Toyota Prius, модифицированная для работы в качестве беспилотного автомобиля Google

Система использует информацию, собранную сервисом Google Street View, видеокамеры, датчик LIDAR, установленный на крыше, радары в передней части авто и датчик, подключенный к одному из задних колес, который помогает определить положение автомобиля в пространстве по отношению к другим объектам и передвигаться безаварийно по заданному маршруту.

В данной работе рассматривается лесозаготовительная машина (ЛЗМ), движущаяся по лесному массиву, имеющему некоторое количество деревьев. При движении «вперед» автоматически запоминаются расположения деревьев, используемых в качестве реперных точек [1, 2].

А чтобы вернуться машине обратно на то же самое место, машина учитывает данные об этих реперах. Целью работы было определение состава и качества информации для успешного возвращения в исходное положение для складирования (пакетирования) в установленные места.

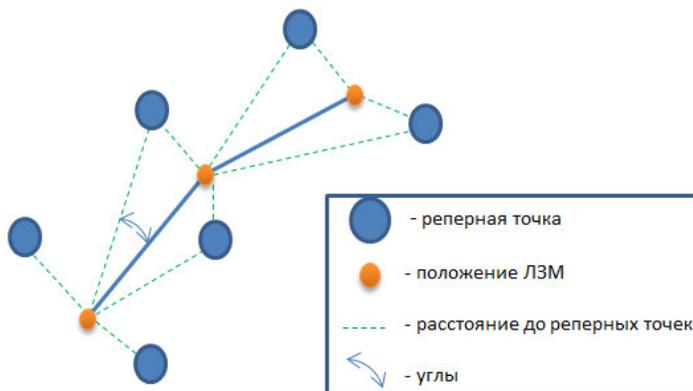


Рис. 2. Схема движения ЛЗМ по лесному массиву

Объектом исследования была автоматизированная система обратного хода по реперным данным. Для определения положения и ориентации ЛЗМ находились расстояния и углы до реперных точек. Машина рассчитывает расстояние до определенного места, запоминает точку, в которой она должна остановиться и выполняет дальнейшие команды с последующим их запоминанием. После захвата и срезания дерева при обратном ходе, по команде «возврат», машина самостоятельно должна вернуться в исходную точку. Данная автоматизированная система уменьшает утомляемость оператора машины и, как следствие, повышает производительность машины.

Литература

1. Функции нескольких переменных: методические указания к выполнению типовых расчетов для студентов технических специальностей / сост. Ю. А. Ведерникова, Л. Н. Шарафутдинова, П. А. Фищенко. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2012. – 56 с.
2. Иванов, В. А. Методика организации НИРС 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. 43-47.

Румянцев А. С.

Научный руководитель: Иванов В. В., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ОТБРАКОВКА НЕДОСТОВЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА СКОЛЬЗЯЩИХ МЕДИАН

Статистическая информация, полученная путем непосредственного измерения физической величины, может содержать отдельные измерения, резко отличающиеся по значению от других измерений того же ряда, что может вызвать сомнения в их достоверности.

Существуют различные подходы к обработке такой информации. По одному из них [1] вычисляется вероятность допустить ошибку получения такого недостоверного измерения. По результатам расчетов данное измерение или отбрасывается или все измерения в выборке сохраняются. Методы другого подхода основаны на сглаживании полученной статистической информации (см., например, [2, 3] и др.). Здесь используются, в частности, различные варианты метода среднеквадратичного приближения функций. Суть метода состоит в следующем. Пусть задана таблица значений $\{y_i\}_{i=0}^{i=N}$ функции $y(x)$. Требуется заменить функцию $y(x)$ другой, более гладкой функцией $\varphi(x)$. Согласно работе [2] многочлен наилучшего среднеквадратичного приближения, построенный по трем соседним значениям функции $y(x)$ с центром в узле x_i , т. е. по значениям y_{i-1} , y_i , y_{i+1} , имеет вид

$$\varphi^{(i)}(x) = \frac{y_{i-1} + y_i + y_{i+1}}{3} + \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2h}(x - x_i),$$

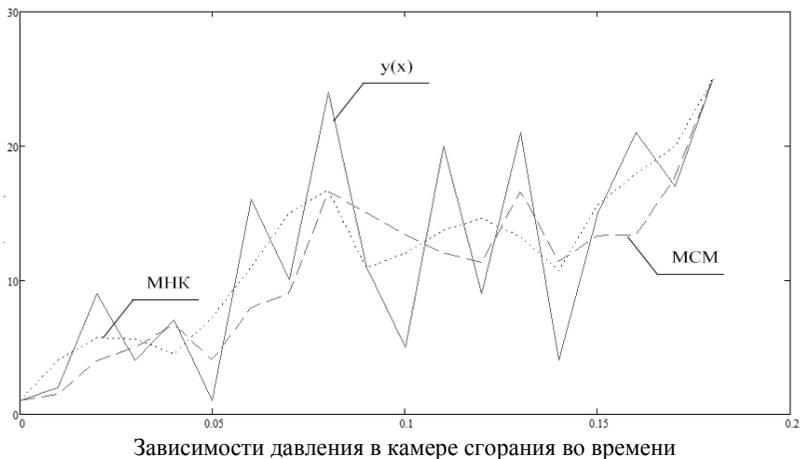
причем

$$\varphi^{(i)}(x_i) = \frac{y_{i-1} + y_i + y_{i+1}}{3}, \quad i = 1, 2, \dots, N-1.$$

Сглаживание состоит в замене значений сеточной функции $\{y_i\}_{i=0}^{i=N}$ значениями $\varphi^{(i)}(x_i)$, $i = 1, 2, \dots, N-1$, $\varphi^{(0)}(x_0) = y_0$, $\varphi^{(N)}(x_N) = y_N$.

В данной работе для сглаживания значений $\{y_i\}_{i=0}^{i=N}$ были применены метод наименьших квадратов (МНК) [3] и метод скользящих медиан

(МСМ) [4]. В качестве примера рассматривается задача о сглаживании значений давления в камере сгорания, измеренных при запуске двигателя [4].



На рисунке представлены графики функций $y(x)$ и $\varphi(x)$: сплошная ломаная представляет измеренные значения давления, штриховая линия соответствует аппроксимации по МСМ, пунктирная – по МНК. Отметим, что штриховая ломаная по данным работы [4] получена в результате выполнения четырех итераций сглаживания МСМ, в то время как пунктирная ломаная получена за одну итерацию применения МНК.

Литература

1. Скарборо, Дж. Численные методы математического анализа / Дж. Скарборо. – М.: ГГТИ, 1934. – 440 с.
2. Самарский, А. А. Численные методы: учеб. пособие для вузов / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М.: Наука, 1989. – 432 с.
3. Калиткин, Н. Н. Численные методы / Н. Н. Калиткин. – М.: Наука, 1978. – 512 с.
4. Беляев, Е. Н. Математическое моделирование рабочего процесса жидкостных ракетных двигателей / Е. Н. Беляев, В. К. Чванов, В. В. Черваков. – М.: Изд-во МАИ, 1999. – 226 с.

УДК 539.3

Свистунова А. А.

Научный руководитель: Зотеев В. Е., д-р техн. наук, профессор
Самарский государственный технический университет

АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ

При расчете и исследовании полей остаточных напряжений и пластических деформаций при поверхностном упрочнении цилиндрического изделия одной из основных задач является задача достоверной оценки параметров напряженно-деформируемого состояния поверхностно упрочненного слоя. Эта задача решается на основе данных эксперимента для компоненты напряжений $\sigma_{\theta}^{res}(r)$, зависимость которой от глубины r упрочненного слоя, как правило, описывается аналитической функцией вида [1]:

$$\sigma_{\theta}^{res}(r) = \sigma_0 - \sigma_1 \exp[-\alpha(a-r)^2] \quad (1)$$

где σ_0 , σ_1 и b – параметры, подлежащие определению. Известные подходы к решению этой задачи не предполагают в своих алгоритмах применения статистических методов обработки результатов эксперимента, что является их существенным недостатком.

Предлагается новый численный метод определения параметров (1). В основе метода лежит среднеквадратичное оценивание коэффициентов разностного уравнения, описывающего результаты эксперимента для компоненты остаточных напряжений. Алгоритм этого метода включает следующие основные этапы [2]:

- построение рекуррентной формулы, связывающей несколько последовательных дискретных значений зависимости (1) компоненты напряжений;
- разработка разностных уравнений, описывающих результаты наблюдений и учитывающих случайный разброс в данных эксперимента;
- формирование на основе разностных уравнений обобщенной регрессионной модели, коэффициенты которой известным образом связаны с параметрами исследуемой зависимости (1);
- среднеквадратичное оценивание коэффициентов обобщенной регрессионной модели, в основе которого лежит минимизация суммы

квадратов отклонений модели (1) от результатов наблюдений по всем точкам эксперимента;

- вычисление параметров компоненты остаточных напряжений, возникающих в упрочненном слое цилиндрического образца;
- оценка погрешности результатов вычислений, а также адекватности построенной модели результатам эксперимента.

Было построено три алгоритма определения параметров остаточных напряжений: **1 алгоритм** – модель (1) не имеет ограничений, **2 алгоритм** – модель (1) самоуравновешенная, т. е. выполняется условие:

$$\int_0^a \sigma_{\theta}^{res}(r) dr = 0,$$

3 алгоритм – модель (1) самоуравновешенная и известна величина x_0 , при которой $\sigma_{\theta}^{res}(x_0) dr = 0$.

Был применен используемый в механике метод определения параметров остаточных напряжений, а также три разработанных алгоритма на основе разностных уравнений. Данные приведены в таблице.

	σ_0	σ_1	α	s^2
Известный метод	19.3	1019.3	156.25	11.4%
1 алгоритм	-37.84	880.55	147.74	7.9%
2 алгоритм	15.20	840.5	150.0	14.8%
3 алгоритм	18.12	961.29	154.95	9.6%

Таким образом, применение численного метода, в основе которого лежит среднеквадратичное оценивание коэффициентов разностного уравнения, при расчете и исследовании полей остаточных напряжений при поверхностном упрочнении цилиндрических изделий позволяет повысить адекватность модели экспериментальным данным и, тем самым, достоверность оценок параметров напряженно деформируемого состояния.

Литература

1. Радченко, В. П. Ползучесть и релаксация остаточных напряжений в упрочненных конструкциях / В. П. Радченко, М. Н. Саушкин. – М.: Машиностроение-1, 2005. – 226 с.
2. Зотеев, В. Е. Параметрическая идентификация диссипативных механических систем на основе разностных уравнений / В. Е. Зотеев. - М.: Машиностроение, 2009. – 344 с.

Сергеева Е. М.

Научный руководитель: Огородников Е. Н., канд. физ.-мат. наук, доцент
Самарский государственный технический университет

ОБ ОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА С ПАМЯТЬЮ

В работе [1] предложена одномерная обобщенная модель вязкоупругого тела с памятью:

$$\sigma + \sum_{k=1}^n b_k D_{0t}^{\beta k} \sigma = E_0 \varepsilon + \sum_{k=1}^m a_k D_{0t}^{\alpha k} \varepsilon, \quad (1)$$

где $\sigma = \sigma(t)$ и $\varepsilon = \varepsilon(t)$ – напряжение и деформация тела в момент времени t ; постоянные величины a_k, b_k, E_0 обычно заранее неизвестны и определяются экспериментальным путем; $D_{0t}^{\alpha} \varphi = D^n I_{0t}^{n-\alpha}$ – левосторонняя дробная производная Римана-Лиувилля порядка $\alpha > 0$ функции $\varphi(t)$ ($t > 0$, $n = [\alpha] + 1$, $[\alpha]$ – целая часть $\alpha \in R$); $D_{0t}^0 = I\varphi$ – тождественный оператор; $I_{0t}^{\beta} \varphi = D_{0t}^{-\beta}$ – левосторонний дробный интеграл Римана-Лиувилля порядка $\beta > 0$ [2]. Если $a_k, b_k = k$, то соотношение (1) превращается в стандартную обобщенную модель вязкоупругого тела и, тем самым, становится ясно, что переход от классической модели к её дробному аналогу фактически осуществляется путём замены целочисленных производных дробными производными.

В настоящей работе предложена математическая модель вязкоупругого поведения деформируемого твердого тела на основе оператора, являющегося линейной оболочкой двух производных, дробный порядок которых равноотклоняется от некоторого целочисленного значения на величину $\pm\alpha$, $\alpha \in [0,1)$, а именно $qD_{0t}^{n-\alpha} + (1-q)D_{0t}^{n+\alpha}$, причем тождественный оператор $I = D_{0t}^0$ заменяется выражение $qD_{0t}^{-\alpha} + (1-q)D_{0t}^{\alpha}$, где $q \in [0,1]$.

В конечном итоге, если мы располагаем явным решением задачи о ползучести в рамках той или иной классической реологической модели $\dot{u}(t) = f(t, \sigma(t))$, то окончательное решение для деформаций $\varepsilon(t)$ найдено в явном виде из интегро-дифференциального уравнения:

$$(qD_{0t}^{-\alpha} + (1-q)D_{0t}^{\alpha})\varepsilon(t) = u(t),$$

которое редуцируется к интегральному уравнению Вольтерры второго рода:

$$\varepsilon(t) - \lambda I_{0t}^{2\alpha} \varepsilon(t) = I_{0t}^{\alpha} u(t), \quad \lambda = \frac{q}{q-1}, \quad (2)$$

Решение интегрального уравнения (2) имеет вид:

$$\varepsilon(t) = (I - \lambda I_{0t}^{2\alpha})^{-1} I_{0t}^{\alpha} u(t) = (I + \lambda E_{0t; \lambda}^{2\alpha, 2\alpha}) I_{0t}^{\alpha} u(t), \quad (3)$$

где

$$E_{0t; \lambda}^{\mu, \alpha} f = \int_0^t \text{Exp}(\alpha, \mu; \lambda; t - \tau) f(\tau) d\tau, \quad (4)$$

$\text{Exp}(\alpha; \mu; \lambda, t) = t^{\mu-1} E_{\alpha}(\lambda t^{\alpha}; \mu)$ – обобщенная дробная экспоненциальная функция [3], $E_{\alpha}(z; \mu)$ – функция типа Миттаг-Леффлера.

Литература

1. Бегли, Р. Л. Дифференциальное исчисление, основанное на производных дробного порядка – новый подход к расчёту конструкции с вязкоупругим демпфированием / Р. Л. Бегли, П. Дж. Торвик // *Аэрокосмическая техника*. – 1984. – Vol. 27. – P. 84-93.
2. Kilbas, A. A. Theory and Applications of Fractional Equations / A. A. Kilbas, H. M. Srivastava, J. J. Trujillo // *North-Holland Mathematics Studies*. Vol. 204 / ed. J. van Mill. Amsterdam: Elsevier, 2006. – 523 pp.
3. Огородников, Е. Н. Реологические модели вязкоупругого тела с памятью и дифференциальные уравнения дробных осцилляторов / Е. Н. Огородников, В. П. Радченко, Н. С. Яшагин // *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*. – 2011. – № 1(22). – С. 255-268.

УДК 519.852

Смергина А. Н.

Научный руководитель: Ведерникова Ю. А., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ ЗАМЕНЫ ОБОРУДОВАНИЯ

Значительная часть экономических задач линейного программирования требует целочисленного решения. Это, прежде всего, задачи по производству и распределению неделимой продукции. Этим обусловлена актуальность данной темы.

Оптимальное решение задачи, найденное симплексным методом, как правило, не является целочисленным. Его можно округлить до ближайших целых чисел. Но такое округление может дать не лучшее решение среди целочисленных или привести к решению, не удовлетворяющему условиям задачи.

В работе рассмотрена задача: Принято решение об установке в цехе площадью 20 м² оборудования. На приобретение этого оборудования выделено 15 млн. руб. Можно купить оборудование двух видов. Приоб-

ретенение одного комплекта оборудования первого вида стоит 1 млн. руб., а второго вида – 3 млн. руб. Приобретение одного комплекта оборудования первого вида позволяет предприятию увеличить выпуск продукции в смену на 3 шт., а одного комплекта оборудования второго вида – на 4 шт. Для установки одного комплекта оборудования первого вида требуется 2 м^2 площади, а одного комплекта оборудования второго вида – 3 м^2 . Определить такой набор дополнительного оборудования, который дает возможность максимально увеличить выпуск продукции.

Экономико-математическая модель имеет вид:

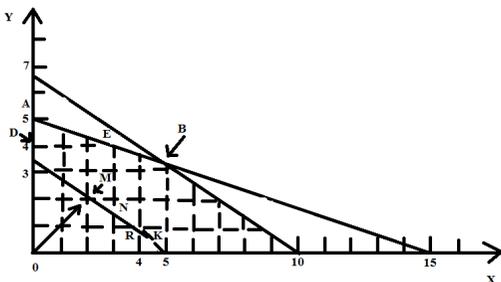
$$F = 3x + 4y \rightarrow \max$$

при условиях

$$\begin{cases} 2x + 3y \leq 20, \\ x + 3y \leq 15, \\ x \geq 0, y \geq 0, \end{cases}$$

где x – количество комплектов оборудования первого вида, а y – количество комплектов оборудования второго вида, x, y – целые числа.

Решая задачу графическим способом, получили область допустимых решений $OABC$, представленную на рисунке:



Полученное оптимальное решение нецелочисленное. Для нахождения целочисленного решения заменим многоугольник $OABC$ на многоугольник $ODEMNRK$. В данном случае точкой выхода из области допустимых решений является точка E . Ее координаты $x_E = 3, y_E = 4$. Количество продукции, выпускаемой на этом оборудовании в смену,

$$F = 3 \times 4 + 4 \times 4 = 28 \text{ ед. продукции.}$$

Таким образом, предприятию следует приобрести один комплект оборудования первого вида и три комплекта оборудования второго вида. Это обеспечит (при имеющихся ограничениях на производственные площади и денежные средства) максимальное увеличение выпуска продукции, равное 28 ед. в смену.

Литература

1. Кузнецов, Б. Т. Математика: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям экономики и управления (060000) / Б. Т. Кузнецов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 719 с.
2. Акулич, И. Л. Математическое программирование в примерах и задачах: учебное пособие. – 3-е изд., стер. / И. Л. Акулич. – СПб.: Лань, 2011. – 352 с.

УДК 519.852

Смирнов В. С.

Научный руководитель: Ведерникова Ю. А., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

ЗАДАЧА О ПРОИЗВОДСТВЕ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Линейное программирование – это наука о методах исследования и отыскания наибольших и наименьших значений линейной функции, на неизвестные которой наложены линейные ограничения.

Применение данного метода в экономическом анализе позволяет решать задачи, связанные с планированием деятельности организации. Он помогает выявить оптимальные величины выпуска продукции, а также направления наиболее эффективного использования имеющихся в распоряжении организации производственных ресурсов. При помощи данного метода осуществляется решение так называемых экстремальных задач, которые заключаются в нахождении крайних значений, то есть максимума и минимума функций переменных величин.

В данной работе рассмотрена задача по оптимизации производственной программы предприятий. Предприятие электронной промышленности выпускает две модели радиоприемников, причем каждая модель производится на отдельной технологической линии. Суточный объем первой линии – 60 изделий, второй линии – 80 изделий. На радиоприемник первой модели расходуется 15 однотипных элементов электронных схем, на радиоприемник второй модели – 10 таких же элементов. Максимальный суточный запас используемых элементов равен 950 единиц. Прибыли от реализации одного радиоприемника первой и второй моделей равны 40\$ и 20\$ соответственно. Необходимо определить оптимальные суточные объемы производства первой и второй моделей на основе графического решения задачи.

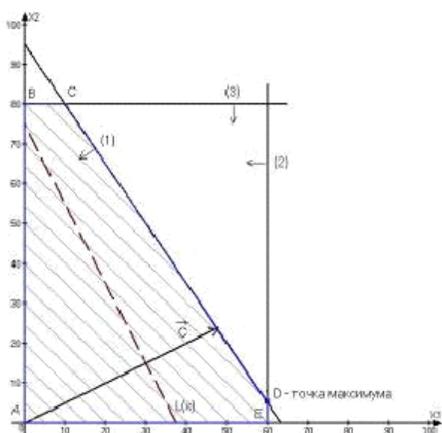
Математическая модель задачи имеет вид:

$$L(x) = 40x_1 + 20x_2 \rightarrow \max,$$

где x_1 – суточный объем производства радиоприемников первой модели,
 x_2 – суточный объем производства радиоприемников второй модели.
 Система ограничений:

$$\begin{cases} 15x_1 + 10x_2 \leq 950; \\ x_1 \leq 60; \\ x_2 \leq 80; \\ x_1 \geq 0; \\ x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Задача решена графическим методом:



Таким образом, ежесуточное производство радиоприёмников первой модели в количестве 60 штук и радиоприёмников второй модели в количестве 5 штук является наилучшим режимом работы предприятия. Доход от продажи продукции составит 2500\$ в сутки.

Литература

1. Пучков, Н. П. Математика в экономике / Н. П. Пучков, А. Л. Денисова, А. В. Щербакова. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. – 80 с.
2. Кремер, Н. Ш. Высшая математика для экономических специальностей: учебник и практикум / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт; И.Д. Юрайт, 2010. – 909 с.
3. Экономико-математические методы [электронный учебник]: <http://www.math.mrsu.ru/text/courses/method/index.htm> (Дата обращения: 26.01.2014).

Терентьева К. Д.

Научный руководитель: Михеева Н. Н., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ЗАДАЧА КОММИВОЯЖЕРА ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ПО ГОРОДАМ КРЫМА

В работе рассмотрена задача определения оптимального маршрута, позволяющего объехать определенные города Крыма по одному разу и вернуться в исходную точку с наименьшими затратами.

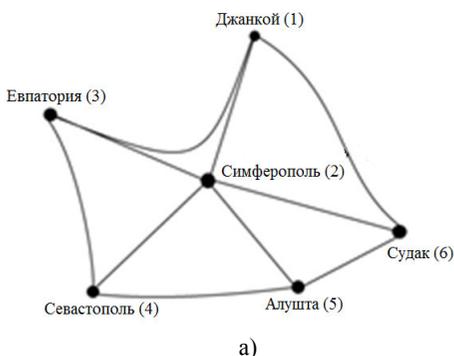
Актуальность исследования обусловлена необходимостью решения данной задачи во многих областях, связанных с замкнутыми и при этом жестко связанными по времени системами, такими как: конвейерное производство, многооперационные обрабатывающие комплексы, судовые и железнодорожные погрузочные системы, перевозки грузов по замкнутому маршруту, расчет авиационных линий.

Цель исследования: определить такую последовательность объезда городов, которая обеспечит минимальные расходы на дорогу. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: 1) изучение основных положений теории графов; 2) изучение методов решения задачи коммивояжера; 3) составление графа, отражающего маршруты между городами Крыма; 4) определение оптимального маршрута методом ветвей и границ.

В работе рассмотрена следующая задача: определить маршрут, проходящий через 6 городов Крыма (Джанкой, Симферополь, Евпатория, Севастополь, Судак, Алушта) по одному разу, с возвращением в исходный пункт и имеющий наименьшую протяженность. Схематичное расположение городов и дорог, соединяющих их, и расстояние между городами показаны на рис. 1.

Данная задача представляет собой пример задачи коммивояжера, для решения которой можно использовать такие методы, как метод ветвей и границ, метод генетических алгоритмов, алгоритм муравьиной колонии, метод эластичной сети и метод Монте-Карло [1,2].

Представленная в работе задача была решена методом ветвей и границ. За 26 итераций был получен следующий оптимальный маршрут Симферополь – Алушта – Судак – Джанкой – Евпатория – Севастополь – Симферополь (рис. 2). При этом общая длина пути составляет 588 км.



	1	2	3	4	5	6
1	Б	95	140	163	140	148
2	95	Б	71	69	48	103
3	140	71	Б	103	118	170
4	163	69	103	Б	113	171
5	140	48	118	113	Б	80
6	148	103	170	171	80	Б

Рис. 1. Схематическое расположение городов Крыма (а) и расстояние между ними (б)

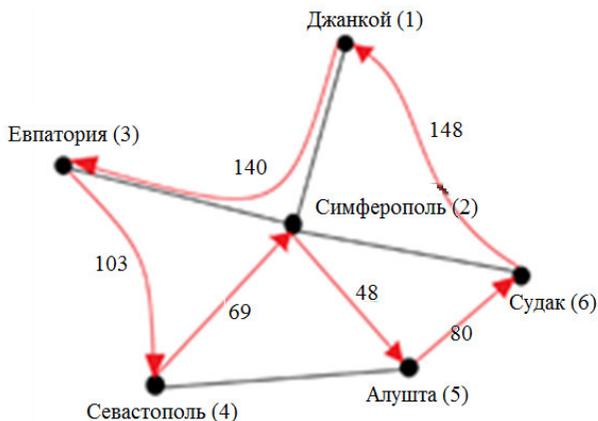


Рис. 2. Оптимальный маршрут минимальной длины по городам Крыма

Таким образом, оптимальный маршрут с минимальной протяженностью 588 км должен последовательно проходить через Симферополь, Алушту, Судак, Джанкой, Евпаторию, Севастополь, Симферополь.

Литература

1. Просветов, Г. И. Дискретная математика: задачи и решения: учебное пособие / Г. И. Просветов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 222 с.
2. Сайт преподавателя экономики [Электронный ресурс]: <http://galyautdinov.ru/post/zadacha-kommivoyazhera> (Дата обращения: 17.04.2014)

Ургминцева А. С., Шепелева А. А.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕКТОРНОГО ПОЛЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ПАРАМЕТРОВ В СРЕДЕ MATHCAD

Теория поля – крупный раздел физики, механики, математики, в котором изучаются скалярные, векторные и тензорные поля [1].

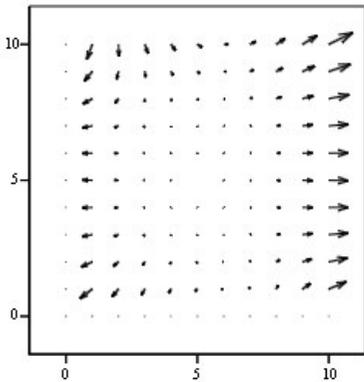
К рассмотрению скалярных и векторных полей приводят многие задачи физики, электротехники, механики и других технических дисциплин. Математическим ядром теории поля являются такие понятия, как градиент, поток, дивергенция, ротор, циркуляция и др.

В рамках работы рассматривается моделирование векторного поля, образованного градиентом скалярного поля и определение его дивергенции и ротора в среде Mathcad.

Пусть скалярное поле задано функцией двух переменных:

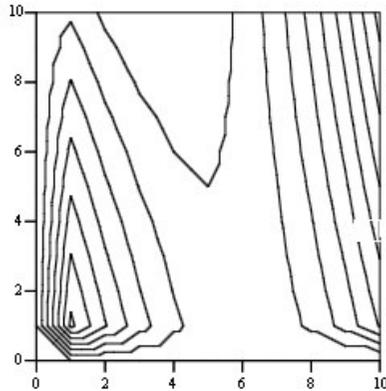
$$f(x, y) = x^4 - 2xy + xy^3 - y^3.$$

Определим и построим градиент данного поля в среде Mathcad (рисунок):



(X,Y)

Рис. 1. Градиент скалярного поля;



D

Рис. 2. Дивергенция поля градиента

Математический смысл градиента состоит в задании в каждой точке (x,y) направления на плоскости, в котором функция $f(x,y)$ растет наиболее быстро. Абсолютное значение градиента определяет локальную скорость изменения $f(x,y)$. Из рисунка видно, что в центре показанной области (x,y) функция $f(x,y)$ меняется медленно (соответственно, значения ее градиента являются малыми), а в углах – быстро (там значения градиента максимальны).

Дальнейшее исследование полученного векторного поля проведем с использованием ротора и дивергенции. На рис. 1 приведена дивергенция полученного поля, а величина ротора численно равна нулю.

Таким образом, в рамках работы был проведен векторный анализ функции двух переменных, т. е. описан двумерный случай.

Литература

1. Письменный, Д. Т. Конспект лекций по высшей математике: полный курс / Д. Т. Письменный. – 9-е изд. – М.: Айрис-пресс, 2009. – 608 с.: ил. – (Высшее образование).

УДК 517.968.72

Юдаева Ю. С.

Научный руководитель: Огородников Е. Н., канд. физ.-мат. наук, доцент
Самарский государственный технический университет

ЗАДАЧИ С ДАННЫМИ НА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ДЛЯ ОДНОГО НЕЛОКАЛЬНО НАГРУЖЕННОГО УРАВНЕНИЯ С ВОЛНОВЫМ ОПЕРАТОРОМ

В настоящей работе рассмотрено нелокально нагруженное дифференциальное уравнение с волновым оператором

$$u_{xx} - u_{yy} = \lambda u(z,0) + \mu D_{0,z}^{\alpha} u^9(z,0) \quad (1)$$

в области $\Omega = \{(x, y) : 0 < x + y < 1, x - y < 1\}$, где $\lambda, \mu = const$, $u = u(x, y)$ – искомая функция, $u(z,0)$ – след искомой функции на линии $y = 0$ в точке $(z,0), 0 < z < 1$; $D_{0,z}^{\alpha} u(z,0)$ – интегро-дифференциальный оператор Римана-Лиувилля порядка $\alpha \in \mathbb{R}$.

Отметим, что теория нагруженных дифференциальных, интегральных, функциональных уравнений в настоящий момент интенсивно раз-

вивается. Основные задачи, а также многочисленные приложения этой теории рассмотрены в монографии А. М. Нахушева [1]. Дифференциальное уравнение вида (1) при $\mu=0$ впервые было рассмотрено в работе А. Х. Атгаева [2].

Пусть

$$\theta_0^+(x) = \left(\frac{x}{2}; \frac{x}{2}\right), \theta_1^+(x) = \left(\frac{1+x}{2}; \frac{1-x}{2}\right), \theta_0^-(x) = \left(\frac{x}{2}; -\frac{x}{2}\right), \theta_1^-(x) = \left(\frac{1+x}{2}; \frac{z-1}{2}\right)$$

– суть аффиксы точек пересечения характеристик уравнения, ограничивающих область Ω , с характеристиками, выходящими из произвольной точки с координатами $(x,0), 0 < x < 1$.

В работе обоснована корректность задачи с данными на параллельных характеристиках $u|_{\theta_0^-(x)} = \varphi(x)$, $u|_{\theta_1^+(x)} = \psi(x)$ для $z = x - y$ при некоторых дополнительных условиях. Доказана теорема о существовании единственного решения поставленной задачи. Это решение найдено в явном виде.

Показано, что задача с данными на другой паре параллельных характеристик: $u|_{\theta_0^+(x)} = \varphi(x)$, $u|_{\theta_1^-(x)} = \psi(x)$ – однозначно неразрешима.

В работе также рассмотрено дифференциальное уравнение (1) в случае, когда $z = x + y$. Показано, что тогда корректной оказывается вторая задача, в то время как первая будет однозначно неразрешима.

Литература

1. Нахушев, А. М. Нагруженные уравнения и их применения / А. М. Нахушев. – М.: Наука, 2012. – 232 с.
2. Атгаев, А. Х. Задача с данными на параллельных характеристиках для нагруженного волнового уравнения / А. Х. Атгаев // Нелинейные краевые задачи математической физики и их приложения. – Киев: ИМ АН УССР, 1990. – С. 10-11.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА

УДК 537.67

Андреев Д. А.

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

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

Ещё в 1600 году Вильям Гильберт в своей знаменитой книге «О магните» писал, что наша планета представляет собой большой шарообразный магнит. Существует ряд гипотез, объясняющих возникновение магнитного поля Земли. В последнее время получила развитие теория, связывающая возникновение магнитного поля Земли с протеканием токов в жидком металлическом ядре. Собственное магнитное поле Земли (геомагнитное поле) можно разделить на следующие три основные части – основное (внутреннее) магнитное поле Земли, магнитные поля локальных областей внешних оболочек, переменное (внешнее) магнитное поле Земли. Магнитное поле Земли играет для планеты огромную роль: удерживает озоновый слой в атмосфере, защищающий от опасного космического излучения и солнечной радиации, оказывает влияние на все информационные компьютерные системы, состояние магнитного поля Земли влияет на здоровье человека.

В работе описано геомагнитное поле, причины его возникновения и изменения, указано практическое применение магнитного поля Земли.

Магнитное поле Земли – удивительное следствие законов физики, защитный щит, ориентир и создатель полярных сияний. Если бы не оно, жизнь на Земле, возможно, выглядела бы совсем иначе. В общем, если бы магнитного поля не было – его необходимо было бы придумать.

Андрианов К. Ю.

Российский университет дружбы народов

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ, МАГНИТНАЯ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ДИСПЕРСИЯ В МЕТАМАТЕРИАЛАХ

Представление о том, что существует однозначная зависимость между электрической индукцией $\mathbf{D}(\mathbf{r}, t)$ и напряженностью электрического поля $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$

$$\mathbf{D}(\mathbf{r}, t) = \varepsilon \mathbf{E}(\mathbf{r}, t), \quad (1)$$

где коэффициент ε (скаляр или тензор) зависит от свойств среды, требует, как известно, двух уточнений. В общем случае, содержащееся в (1) утверждение, что $\mathbf{D}(\mathbf{r}, t)$ определяется только значением $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$ в той же точке и в тот же момент времени, не справедливо.

Одно уточнение соотношения (1) состоит в том, что $\mathbf{D}(\mathbf{r}, t)$ зависит не только от $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$, но и от временной производной этого вектора. При произвольной зависимости $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$ от t равенство (1) не справедливо. Однако, если поле меняется во времени по гармоническому закону, т. е. если существуют такие не зависящие от времени векторы $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ и $\mathbf{D}(\mathbf{r})$ («комплексные амплитуды»), что

$$\begin{aligned} \mathbf{E}(\mathbf{r}, t) &= \text{Re}[\mathbf{E}(\mathbf{r}) \exp(i\omega t)] \\ \mathbf{D}(\mathbf{r}, t) &= \text{Re}[\mathbf{D}(\mathbf{r}) \exp(i\omega t)]. \end{aligned} \quad (2)$$

Второе уточнение связано с явлением пространственной дисперсии, т. е. с тем, что $\mathbf{D}(\mathbf{r})$ зависит не только от $\mathbf{E}(\mathbf{r})$, но и от пространственных производных этого вектора. В средах, в которых этот эффект существен, формула (1) при произвольной зависимости полей от \mathbf{r} не справедлива. Только если поля меняются в пространстве, как в плоской волне (хотя бы локально), то формула (1) остается справедливой, при этом ε зависит от направления нормали \mathbf{N} к фронту этой волны:

$$\mathbf{D}(\mathbf{r}) = \varepsilon(\mathbf{N}) \mathbf{E}(\mathbf{r}). \quad (3)$$

Даже в изотропной среде $\varepsilon(\mathbf{N})$ не скаляр, а тензор.

При произвольной зависимости полей от \mathbf{r} первые пространственные производные от $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ входят в $\mathbf{D}(\mathbf{r})$ только в комбинации $\text{rot} \mathbf{E}(\mathbf{r})$. Так как $\mathbf{D}(\mathbf{r})$, $\mathbf{E}(\mathbf{r})$, а также $\mathbf{B}(\mathbf{r})$ и $\mathbf{H}(\mathbf{r})$ для гармонических колебаний в точках, где нет сторонних токов, удовлетворяют однородным уравнениям Максвелла

$$\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E} - i\mathbf{xH}, \quad \mathbf{B} = \mu \mathbf{H} + i\mathbf{xE}. \quad (4)$$

Здесь, ϵ, μ, χ – материальные константы, не зависящие от структуры поля. В литературе встречаются и другие формы записи материальных уравнений по существу эквивалентные (5).

Появление перекрестных членов в (4) можно объяснить, и не ссылаясь на нелокальность зависимости \mathbf{D} от \mathbf{E} (и соответственно \mathbf{V} от \mathbf{H}). Наличие в \mathbf{D} слагаемого, пропорционального \mathbf{H} , означает, что ток, индуцируемый переменным магнитным полем в киральных элементах, образующих киральную среду, вызывает не только магнитный дипольный момент, но и электрический дипольный момент. Требование взаимности приводит к тому, что переменное электрическое поле индуцирует в таких элементах ток, который создает как электрический, так и магнитные дипольные моменты, т. е. к тому, что не только \mathbf{D} , но и \mathbf{V} содержит слагаемое, пропорциональное \mathbf{E} .

Макроскопические уравнения Максвелла составляют основу электродинамики сплошных сред [1].

Согласно Ландау и Лифшицу [1], более правильно использовать подход, основанный на учете пространственной дисперсии, в котором рассматриваются только три макроскопических поля: \mathbf{E} , \mathbf{D} , \mathbf{V} , а четвертое поле – \mathbf{H} – полагается равным \mathbf{V} . Усреднение *всех* микроскопических токов включается в определение поля \mathbf{D} . Макроскопические уравнения Максвелла для монохроматических волн принимают вид:

$$\begin{aligned} \mathbf{ck} \times \mathbf{E} &= \omega \mathbf{V} \\ \mathbf{ck} \times \mathbf{V} &= -\omega \mathbf{D} \\ \mathbf{kD} &= 0 \\ \mathbf{kV} &= 0. \end{aligned} \tag{5}$$

Связь между \mathbf{D} и \mathbf{E} выражается как

$$D_i = \epsilon_{ij}(\omega, \mathbf{k}) E_j. \tag{6}$$

В уравнении (6) обобщенный диэлектрический тензор $\epsilon_{ij}(\omega, \mathbf{k})$ зависит от волнового вектора \mathbf{k} . Это означает, что учтена *пространственная дисперсия*, т. е. тот факт, что индукция электрического поля \mathbf{D} в данной точке пространства зависит не только от электрического поля \mathbf{E} в этой точке (что соответствовало бы локальному отклику), но также и от электрического поля в некоторой ее окрестности (нелокальный отклик). По существу тензор $\epsilon_{ij}(\omega, \mathbf{k})$ описывает и электрический, и магнитный отклик среды (второй из них – при естественном учете пространственных производных поля \mathbf{E}). Пространственная дисперсия появляется как добавление к более привычной временной, или частотной, дисперсии, выражающейся в зависимости диэлектрического тен-

зора от ω . Обычно эффекты, связанные с пространственной дисперсией, являются гораздо более слабыми, чем эффекты, связанные с временной дисперсией, но первые могут приводить к качественно новым явлениям, таким, например, как гиротропия или возникновение добавочных электромагнитных волн. Рассмотрение пространственной дисперсии упрощается, если соответствующий параметр $ka \sim a/\lambda$ мал (здесь a – характерный микроскопический размер или длина свободного пробега заряженных частиц). Малость параметра ka позволяет во многих случаях учитывать только первые члены (линейные и/или квадратичные) в разложении тензора $\varepsilon_{ij}(\omega, \mathbf{k})$ по степеням компонентам волнового вектора \mathbf{k} . [1, 2]

$$\varepsilon_{ij}(\omega, \mathbf{k}) = \varepsilon_{ij}(\omega) + i\gamma_{ijl}(\omega)k_l + \alpha_{ijlm}(\omega)k_l k_m \quad (7)$$

$$\varepsilon_{ij}^{-1}(\omega, \mathbf{k}) = \varepsilon_{ij}^{-1}(\omega) + i\delta_{ijl}(\omega)k_l + \beta_{ijlm}(\omega)k_l k_m. \quad (8)$$

Литература

1. Ландау, Л. Д. Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М.: Наука, 1992.
2. Агранович, В. М. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов / В. М. Агранович, В. Л. Гинзбург. – М.: Наука, 1965.
3. A. Sarychev and V. Shalaev, *Electrodynamics of Metamaterials*, World Scientific, Singapore (2007)
4. A. Sarychev and V. Shalaev, *Electromagnetic field fluctuations and optical nonlinearities in metal-dielectric composites // Phys. Rep.* 335, 275-371 (2000)

УДК 537.622

Белоусова З. В.

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

МАГНИТНЫЕ ЖИДКОСТИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕХНИКЕ

Магнитная жидкость (ферромагнитная жидкость, феррофлюид) представляет собой устойчивую коллоидную систему, состоящую из ферромагнитных частиц нанометровых размеров, находящихся во взвешенном состоянии в несущей жидкости. В качестве несущей жидкости выступает органический растворитель или вода, а также различ-

ные виды масел. Магнитная жидкость сохраняет устойчивость в течение двух – пяти лет и обладает при этом хорошей текучестью в сочетании с магнитными свойствами.

Магнитные жидкости – это уникальный технологический искусственно синтезированный материал, обладающий жидкотекучими и магнитоуправляемыми свойствами с широкими перспективами применения в технике, медицине, экологии. Одной из областей применения магнитных жидкостей является их использование для сбора нефтепродуктов с водных поверхностей. Идея состоит в намагничивании нефтепродуктов, используя магнитную жидкость, с последующим удалением образующейся магнитной пленки с помощью магнитных устройств.

Существуют печатающие и чертежные устройства, работающие на магнитной жидкости. В краску вносится немного магнитной жидкости, и такая краска выбрызгивается тонкой струйкой на протягиваемую перед ней бумагу. На пути струйки поставлены электромагниты. Они отклоняют тонкую струйку краски с магнитной жидкостью, и на бумаге остаются буквы, графики, рисунки.

Применение магнитной жидкости для уплотнения вращающихся валов позволяют существенно увеличить ресурс механизмов и снизить уровень шума. Утечки через магнитожидкостные уплотнения полностью исключены. Наиболее широко ее применяют для уплотнения и герметизации зазоров между движущимися частями машин.

Магнитные жидкости используются в качестве рабочего тела в датчиках угла наклона и акселерометрах, в магнитных сепараторах для разделения и сепарации материалов с различной плотностью, в качестве магнитоуправляемых смазок в узлах трения; в акустических динамиках радиотехнических и электронных устройств, в громкоговорителях, в CD и DVD приводах, а также в магнитожидкостных амортизаторах и демпферах.

Литература

1. <http://www.nkj.ru/archive/articles/4971/>
2. http://www.nanometer.ru/2011/08/13/magnitnaa_zhidkost_260834.html
3. <http://www.xn--d1abj1ola3ae5h.xn--p1ai/>

Веселов Е. А., Филимонов Д. М., Фоминых Н. М.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА

Электрон – это мельчайшая элементарная частица, имеющая электрический заряд [1]. Открытие электрона как частицы принадлежит Дж. Дж. Томсону, который в 1897 установил, что отношение заряда к массе для катодных лучей не зависит от материала источника.

В своем опыте Томсон использовал усовершенствованную катодно-лучевую трубку, конструкция которой была дополнена электрическими катушками, создававшими (согласно закону Ампера) внутри трубки магнитное поле, и набором параллельных электрических конденсаторных пластин, создававших внутри трубки электрическое поле. Благодаря этому появилась возможность исследовать поведение катодных лучей под воздействием и магнитного, и электрического поля.

Удельный заряд электрона – это физическая величина, равная отношению заряда электрона к его массе – e/m [2]. Он используется при расчете электронных приборов и движения электронов в электрических и магнитных полях, поскольку именно ему пропорционально ускорение электрона в этих полях.

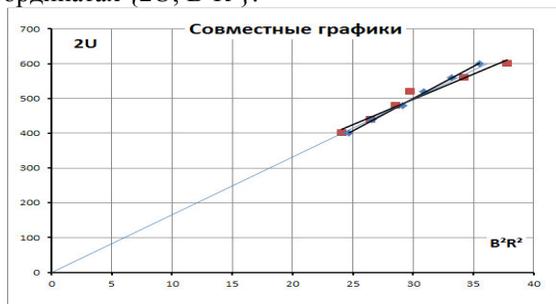
Цель работы – определение удельного заряда электрона e/m по результатам измерений траектории движения электрона в колбе с разреженным газом.

В электронно-лучевой трубке с узким пучком электроны движутся по круговой траектории в однородном магнитном поле. Трубка содержит газ неон при пониженном специально подобранном давлении. Из-за соударений с электронами атомы газа ионизируются вдоль траектории движения электронов. В результате они возбуждаются и излучают свет, т. е. напрямую визуализируют круговую траекторию электронов. Значит, можно измерить радиус траектории при помощи линейки. Электрон движется со скоростью V в направлении, перпендикулярном однородному маг-



нитному полю B , под действием силы Лоренца, направление которой перпендикулярно как скорости, так и магнитному полю. В результате возникает центробежная сила, под действием которой электрон движется по круговой траектории с радиусом r , след которой мы наблюдаем.

Для обработки данных, построения таблиц и графиков была использована программа Microsoft Excel. Для того чтобы определить величину удельного заряда по тангенсу угла наклона прямой, данные строились в сложных координатах $\{2U; B^2R^2\}$.



Тангенс угла наклона этой прямой (рисунок), проходящей через начало координат, соответствует удельному заряду электрона e/m . В поиске этой величины и заключалась наша работа. В ходе выполнения работы мы познакомились с установкой, физическими законами, лежащими в основе наблюдаемых явлений, и экспериментальным путем определили величину удельного заряда электрона. С учетом погрешности измерений экспериментальная величина удельного заряда совпадала с табличным значением.

Основные результаты:

- снято видео эксперимента, которое можно использовать для демонстрации на лекциях и в электронном курсе;
- при обработке данных использован расчет параметров прямой по точкам с помощью программы Excel;
- в результате совместной обработки данных для двух радиусов круговой траектории получено повышение точности определения удельного заряда электрона.

Литература

1. Валишев, М. Г. Физика. Часть 2. Электростатика. Постоянный ток: учебн. пособие / М. Г. Валишев, А. А. Повзнер. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006.
2. <http://edu.tusur.ru/training/publications/871>

Вохминцева М. В.

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

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОЗДУХА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТОДОМ НАГРЕТОЙ НИТИ

Цель работы заключалась 1) в получении навыков экспериментального исследования переноса теплоты от вольфрамовой нити нагревателя к окружающей ее цилиндрической поверхности через воздух только теплопроводностью; 2) в определении коэффициента теплопроводности воздуха и его зависимости от температуры воздуха, находящегося вблизи нагретой электрическим током вольфрамовой нити; 3) в сопоставлении полученных результатов с известными табличными данными.

В данной работе коэффициент теплопроводности χ воздуха определялся методом нагретой нити. Метод нагретой проволоки, в котором коэффициент теплопроводности определяется по изменению температурной зависимости тепловой мощности, выделяемой нагретой нитью при постоянной температуре внешней холодной стенки (модифицированный метод нагретой нити), из-за простоты конструкции и детальной разработки теории занимает ведущее место в исследованиях теплопроводности жидкостей и газов.

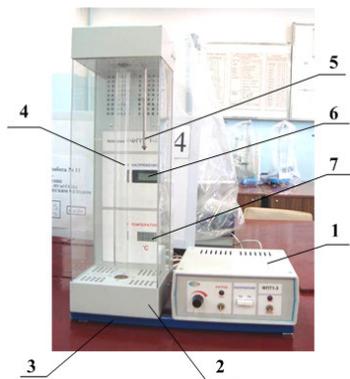


Рис. 1. Внешний вид установки ФПП1-3

Установка состоит из трех основных частей: блока приборного 1, блока рабочего элемента 2 и стойки 3. Рабочий элемент установки представляет собой стеклянную трубку 4, заполненную воздухом, вдоль оси которой натянута вольфрамовая нить. Температура воздуха вокруг трубки измеряется датчиком температуры 5 и регистрируется цифровым термометром 7. Значения напряжения U_p

и U_n на эталонном резисторе R_p и на нити измеряются цифровым вольтметром 6.

Для экспериментального определения коэффициента теплопроводности воздуха необходимо: во-первых, измерить в эксперименте ряд значений теплового потока q , равного тепловой мощности $q = U_n \cdot U_p / R_p$ и проходящего через цилиндрический слой воздуха, и температуры T_n нагретой нити. Во-вторых, аппроксимировать связь

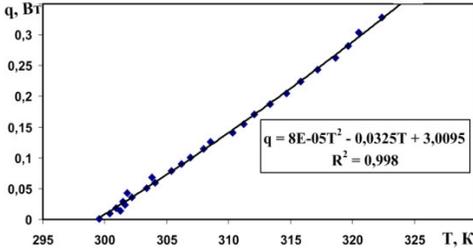


Рис. 2. Аппроксимация опытных данных «тепловой поток – температура нити»

между величинами q и T_n подходящей аналитической зависимостью $q(T_n)$, например, полиномиальной (рис. 2). В-третьих, продифференцировать dq/dT_n зависимость $q(T_n)$. В-четвертых, зная геометрические характеристики нити и трубки рабочего эле

мента и используя соотношение $\chi(T_n) = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi L} \frac{dq}{dT_n}$ при температуре

$T_2 = \text{const}$ цилиндра, получить искомую эмпирическую формулу для коэффициента теплопроводности $\chi_3(T_n) = 2 \cdot 10^{-4} T_n - 0,0477$.

Замечательное свойство применяемого метода состоит в том, что определяется сразу значение коэффициента теплопроводности $\chi(T_n)$ (рис. 3) при контролируемой температуре T_n

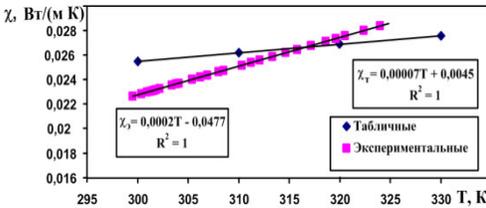


Рис. 3. Графики линейной зависимости $\chi(T_n)$

тепла вносит наиболее существенную погрешность (увеличение коэффициента наклона графика).

Следует отметить, что использованная методика измерения коэффициента теплопроводности не учитывает ряд побочных физических явлений, например, тепловые потери через концы нити. Осевой отвод

Галкиева Р. Р.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ ОТ ВИДА ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ И ТИПА КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ

Введение. Подавляющее большинство твердых тел в природе – кристаллы. Отличительным признаком кристаллического состояния служит анизотропия – зависимость физических свойств вещества от направления. Причина анизотропии заключается в правильном расположении тех частиц, из которых они состоят: атомов, молекул и ионов – в строго определенных точках пространства (исследования кристаллов при помощи рентгеновского излучения, 1912 г.). При соединении этих точек прямыми линиями образуется пространственный каркас, который называют кристаллической решеткой. В узлах воображаемой решетки могут находиться ионы, атомы и молекулы [1].

В зависимости от вида частиц и характера связи между ними различают четыре типа кристаллических решеток: ионные, атомные, молекулярные и металлические. У веществ с *ионной решеткой* в узлах расположены разноименно заряженные ионы, удерживаемые силами электростатического притяжения. В узлах *атомной кристаллической решетки* находятся атомы, связанные прочными ковалентными связями в протяженную пространственную сеть. Узлы *молекулярной кристаллической решетки* представлены молекулами с прочными ковалентными связями между атомами. В то же время отдельные молекулы взаимосвязаны гораздо слабее, что делает молекулярный кристалл довольно непрочным. *Металлическим типом кристаллической решетки* обладают металлы с металлической химической связью.

Идеальная кристаллическая решетка образована из тождественных элементарных ячеек – косоугольных параллелепипедов, построенных с использованием ортонормированного базиса. Положение плоскостей, проходящих через узлы кристаллической решетки, задают с помощью индексов Миллера. С энергетической точки зрения идеальный кристалл противоположен идеальному газу – в кристалле вследствие больших сил взаимодействия абсолютное значение энергии взаимодействия много больше kT . Частицы любого вида в кристалле совершают колеба-

тельные движения, и каждой частице приписывают три степени свободы колебательного движения. Из того, что один моль частиц кристаллического вещества обладает внутренней энергией $U = N_a \cdot 3kT = 3RT$, следует, что $C_v = 3R$ – независимость теплоемкости твердых тел от температуры (закон Дюлонга – Пти). Однако при низких температурах теплоемкость всех твердых тел пропорциональна T^3 . По Дебаю, каждому нормальному колебанию кристаллической решетки соответствует стоячая волна, устанавливающаяся в объеме кристаллического тела. Колебания кристаллической решетки можно представить как фононный газ, заключенный в пределах образца кристалла, подобно тому, как электромагнитное излучение можно представить как фотонный газ, заполняющий полость [2].

Цель работы: установить причинно-следственную зависимость физических свойств веществ от вида химической связи и типа кристаллической решетки.

Решаемые задачи: приобрести умения применять полученные знания по физике твердого тела при изучении других дисциплин, выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах профессиональной деятельности, ориентироваться в потоке научно-технической информации.

Выводы:

1. Дана сравнительная характеристика физических свойств веществ в зависимости от вида химической связи и типа кристаллической решетки.
2. Сделан анализ строения кристаллических решеток и физических процессов, происходящих в них, с точки зрения квантовой теории.

Литература

1. Ремизов, А. Н. Курс физики / А. Н. Ремизов, А. Я. Потапенко. – М.: Дрофа, 2002. – 720 с.: ил.
2. Курс общей физики [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по техн. (550000) и технол. (650000) направлениям : в 3 т.] / И. В. Савельев. – Изд. 9-е, стер. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань. – (Лучшие классические учебники) (Классическая учебная литература по физике) (Знание. Уверенность. Успех!). Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 2008. – 317 с. : ил.

Домрачев Т. Б., Яшметов К. С.

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

Комелин П. А., зав. лабораторий кафедры физики

Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЗАИМНОЙ ДИФФУЗИИ ВОЗДУХА И ВОДЯНОГО ПАРА

Диффузия, как одно из явлений переноса, есть процесс выравнивания концентраций газов, который сопровождается переносом массы соответствующего компонента газа из области с большей концентрации в область с меньшей концентрацией. Масса компонента газа, переносимая вследствие диффузии через поверхность площадью S , перпендикулярную оси OX , за время τ , определяется законом Фика:

$$M = -D \frac{d\rho}{dx} S \tau. \quad (1)$$

Здесь $\frac{d\rho}{dx}$ – градиент плотности компонента газа (ρ – плотность компонента газа, $\rho = m_0 n$, где m_0 – масса молекулы компонента газа, n – концентрация молекул компонента газа); D – коэффициент диффузии.

Цель работы – изучение диффузии как одного из явлений переноса; определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара. Исследование проводилось на установке ФПТ1-4 по методу, основанному на измерении скорости испарения жидкости, частично заполняющей узкую трубку постоянного сечения в атмосферный воздух.

Путем математических преобразований из закона Фика (1), выводится расчетная формула для определения коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара:

$$D = \frac{\rho R T h \frac{\Delta h}{\Delta \tau}}{\mu(p_n - p_1)}, \quad (2)$$

где D – коэффициент взаимной диффузии, ρ – плотность жидкости (воды), R – универсальная газовая постоянная, h – расстояние от поверхности воды до верхнего края трубки, T – температура воды в капилляре и воздуха в лаборатории, Δh – понижение уровня в жидкости за время $\Delta \tau$; μ – молярная масса воды; p_n – давление насыщенного пара при данной

температуре; p_1 – давление пара, которое определяется влажностью воздуха в лаборатории.

В работе измерялось время испарения воды из капилляра по движению мениска жидкости, наблюдающегося в микроскоп. По полученным данным был построен график, из которого было найдено среднее значение скорости испарения жидкости. Также было определено значение относительной влажности воздуха в помещении лаборатории по психрометрическому гигрометру. Подставляя найденные и табличные значения в расчетную формулу (2), получили значение коэффициента взаимной диффузии $D = 5,76 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, порядок величины которой согласуется с теорией. Основными источниками погрешностей данной методики являются случайные погрешности при измерении времени испарения воды из капилляра и графическая обработка результатов эксперимента.

Данная лабораторная работа может быть использована в лабораторном практикуме по вариативной части курса физики.

УДК 621.373.826

Овчинников К. Э.

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

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ЛАЗЕР

Лазер или оптический квантовый генератор – это устройство, преобразующее энергию накачки (световую, электрическую, тепловую, химическую и др.) в энергию когерентного, монохроматического, поляризованного и узконаправленного потока излучения.

Физической основой работы лазера служит явление вынужденного (индуцированного) излучения: возбужденный атом способен излучать фотон под действием другого фотона без его поглощения, если энергия последнего равна разности энергий уровней атома до и после излучения. Для усиления света необходима инверсия населенностей, чтобы возбужденных атомов в среде было больше, чем невозбужденных. В состоянии термодинамического равновесия это условие не выполняется, поэтому используются различные системы накачки активной среды лазера (оптические, электрические, химические и др.). Кроме этого необходимо существование положительной обратной связи, за счет которой

излученные фотоны вызывают последующие акты индуцированного излучения. Для этого активная среда лазера помещается в оптический резонатор – систему двух зеркал, одно из которых полупрозрачное. Излучение может быть как непрерывным, так и импульсным [1].

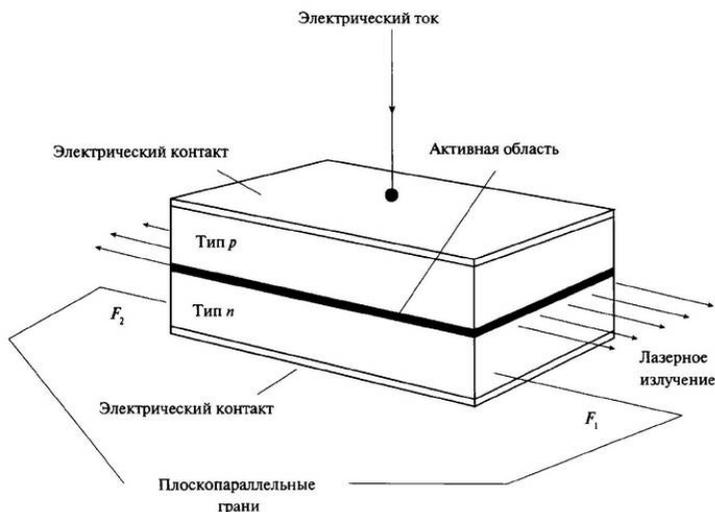


Рис. 1. Принцип работы полупроводникового лазера

Полупроводниковые (или диодные) лазеры – это лазеры с усиливающей средой на основе полупроводников, где генерация происходит за счет вынужденного излучения фотонов при межзонных переходах электронов в условиях высокой концентрации носителей в зоне проводимости [2]. Принцип работы полупроводникового лазера показан на рис. 1.

Для питания лазера на полупроводниках требуется стабилизированное напряжение. В данной работе разработан и реализован блок управления со специальным стабилизатором напряжения для полупроводникового лазера на основе лазерного диода, принципиальная схема которого представлена на рис. 2. Лазер работает в непрерывном режиме, длина волны излучения составляет 650 нм.

Прибор может быть использован для демонстрации физических явлений в учебном процессе, для создания небольшого станка для гравировки с числовым программным управлением и в других устройствах, где требуются лазеры небольшой мощности.

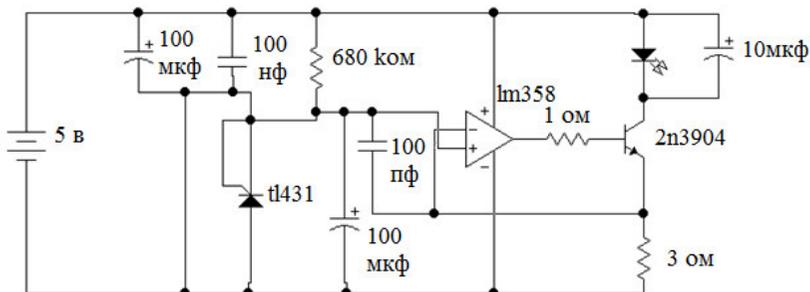


Рис. 2. Принципиальная схема полупроводникового лазера

Литература

1. Детлаф, А. А. Курс физики / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – М.: Academia, 2009. – 716 с.
2. Савельев, И. В. Курс общей физики. – Т. 3. Квантовая оптика / И. В. Савельев. – Спб и др.: Лань, 2008. – 317 с.

УДК 537.3

Полянина Ю. С.

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

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТОКИ В АТМОСФЕРЕ И ГРОЗЫ

Атмосферное электричество – совокупность электрических явлений в атмосфере, а также раздел физики атмосферы, изучающий эти явления. При исследовании атмосферного электричества изучают электрическое поле в атмосфере, её ионизацию и электрическую проводимость, электрические токи в ней, объёмные заряды, заряды облаков и осадков и многое другое. Все проявления атмосферного электричества тесно связаны между собой, и на их развитие сильно влияют локальные метеорологические факторы. К области атмосферного электричества обычно относят процессы, происходящие в тропосфере и стратосфере.

Две основные современные теории атмосферного электричества были созданы английским учёным Ч. Вильсоном и советским учёным Я. И. Френкелем. Согласно теории Вильсона, Земля и ионосфера играют

роль обкладок конденсатора, заряжаемого грозowymi облаками. Возникающая между обкладками разность потенциалов приводит к появлению электрического поля атмосферы. По теории Френкеля, электрическое поле атмосферы объясняется всецело электрическими явлениями, происходящими в тропосфере, – поляризацией облаков и их взаимодействием с Землей, а ионосфера не играет существенной роли в протекании атмосферных электрических процессов.

Поскольку электрическое поле – область, в каждой точке которой имеется некоторое значение потенциала, можно говорить о градиенте потенциала. Из-за различий электропроводности воздуха в приземном слое градиент потенциала подвержен суточным колебаниям. Благодаря наличию градиента потенциала и проводимости атмосферы между «уровнем компенсации» и поверхностью Земли начинают двигаться заряженные частицы: положительно заряженные ионы – по направлению к земной поверхности, отрицательно заряженные – вверх от нее.

«Генераторами» атмосферного электричества в зонах нарушенной погоды являются пылевые бури и извержения вулканов, метели и разбрызгивание воды прибоем и водопадами, облака и осадки, пар и дым промышленных источников и т. д. При почти всех перечисленных явлениях электризация может проявляться весьма бурно: извержение вулканов, песчаные бури и даже метели приводят иногда к образованию молний, но всё же наибольший вклад в электризацию атмосферы вносят облака и осадки.

Грозá – атмосферное явление, при котором внутри облаков или между облаком и земной поверхностью возникают электрические разряды – молнии, сопровождаемые громом. Как правило, гроза образуется в мощных кучево-дождевых облаках и связана с ливневым дождем, градом и шквальным усилением ветра. Одновременно на Земле действует около полутора тысяч гроз, средняя интенсивность разрядов оценивается как 46 молний в секунду. По поверхности планеты грозы распределяются неравномерно. Над океаном гроз наблюдается приблизительно в десять раз меньше, чем над континентами.

Таким образом, электрическое поле Земли и ток Земля – атмосфера в зонах хорошей погоды поддерживаются процессами в зонах нарушенной погоды. На земном шаре одновременно существует около 1800 гроз; суммарная сила тока от них, заряжающего Землю отрицательным зарядом, доходит до 1000 А.

Соловьева А. В.Научный руководитель: Красильникова С. В., канд. хим. наук, доцент
*Поволжский государственный технологический университет***БЕСКОНТАКТНЫЕ ОПОРЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ЯВЛЕНИИ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ**

Сверхпроводимость – свойство многих проводников, заключающееся в резком падении электрического сопротивления до нуля при охлаждении ниже определённой критической температуры T_c , характерной для данного материала. Сверхпроводимость обнаружена у многих металлических элементов, у большого числа сплавов и интерметаллических соединений, а также у некоторых полупроводников.

В работе рассмотрены бесконтактные опоры, основанные на явлении сверхпроводимости в эффекте Мейснера. Эффект Мейснера – полное вытеснение магнитного поля из объёма проводника при его переходе в сверхпроводящее состояние. Впервые явление наблюдалось в 1933 году немецкими физиками В. Мейснером и Р. Оксенфельдом. При охлаждении сверхпроводника, находящегося во внешнем постоянном магнитном поле, в момент перехода в сверхпроводящее состояние магнитное поле полностью вытесняется из его объёма. Этим сверхпроводник отличается от идеального проводника, у которого при падении сопротивления до нуля индукция магнитного поля в объёме должна сохраняться без изменения. На рис. 1 представлены линии магнитного поля и их вытеснение из сверхпроводника, находящегося ниже своей критической температуры.

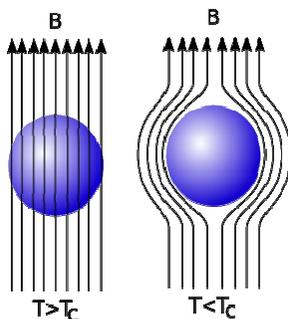
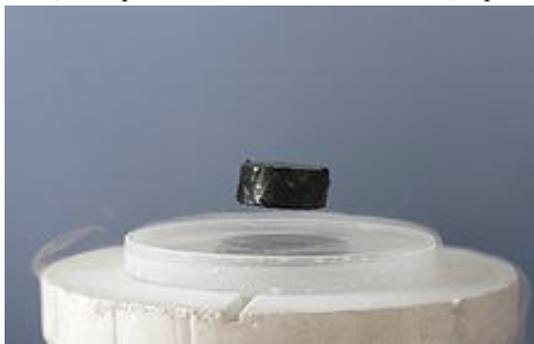


Рис. 1

Отсутствие магнитного поля в объёме проводника позволяет заключить, что в нём существует только поверхностный ток. Он физически реален и поэтому занимает некоторый тонкий слой вблизи поверхности проводника. Магнитное поле тока уничтожает внутри сверхпроводника внешнее магнитное поле. В этом отношении сверхпроводник ведёт себя формально как идеальный диамагнетик. Однако он не является диамагнетиком, так как внутри него намагниченность равна нулю.

Эффект Мейснера не может быть объяснён только бесконечной проводимостью. Впервые его природу объяснили братья Фриц и Хайнц Лондоны. Они показали, что в сверхпроводнике магнитное поле тока проникает на фиксированную глубину от поверхности – «лондоновскую» глубину проникновения магнитного поля.

Чистые вещества, у которых наблюдается явление сверхпроводимости, немногочисленны. Чаще сверхпроводимость бывает у сплавов. У чистых веществ имеет место полный эффект Мейснера, у сплавов не происходит полного выталкивания магнитного поля из объёма (частичный эффект Мейснера). Вещества, проявляющие полный эффект Мейснера, называются сверхпроводниками первого рода, вещества с частичным эффектом – сверхпроводниками второго рода. У сверхпроводников второго рода в объёме имеются круговые токи, создающие магнитное поле, которое заполняет не весь объём, а распределено в нём в виде отдельных нитей вихрей



Абрикосова. Что же касается сопротивления, оно равно нулю, как и в сверхпроводниках первого рода. На рис. 2 изображен магнит, левитирующий над охлаждённым жидким азотом сверхпроводником.

Рис. 2

Литература

1. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/1661/МЕЙСНЕРА
2. http://femto.com.ua/articles/part_1/2219.html
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%F4%E5%EA%F2_%D0%F1%ED%E5%F0%E0

Уртминцева А. С.Научный руководитель: Кречетова И. В., ст. преподаватель
*Поволжский государственный технологический университет***МЕТАСТАБИЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ**

Введение. Подавляющее большинство веществ и соединений находятся в метастабильном состоянии. Метастабильное состояние – нестабильное состояние вещества, которое отделено от стабильного неким энергетическим барьером. Причина возникновения и существования таких фаз – сильное ковалентное взаимодействие внутри молекул или большой энергии кристаллической решетки для кристаллических веществ, поэтому так велик энергетический барьер для их превращений в смесь стабильных модификаций. Всегда существует ненулевая вероятность, что энергетический барьер будет преодолен. Тогда метастабильная фаза может перейти в стабильную (или другую метастабильную, лежащую ниже по энергии). Отсюда следует, что все метастабильные фазы имеют конечное время существования. Поэтому специалисты говорят о «времени жизни» [1].

Хотя и времена жизни большинства веществ, находящихся в метастабильном состоянии при нормальных условиях, порой превышают возраст Вселенной, за бесконечно большое время они неизбежно перейдут в стабильное состояние. Так алмаз превратится в графит, основная часть органических веществ распадется на метан, углекислый газ, воду и смесь простых веществ, а все стекла закристаллизуются. То есть метастабильность веществ нельзя рассматривать без введения понятия времени – «кинетики». Но в равновесной термодинамике система рассматривается вне времени, то есть с точки зрения физики метастабильные фазы просто не существуют.

Однако метастабильностью нельзя пренебрегать, так как она в области физики высоких давлений играет очень важную роль. Благодаря знаниям о метастабильных фазах становится возможным контроль над процессом перехода вещества из одного состояния в другое. Переход осуществим как и из метастабильной фазы в стабильную, так и между метастабильными фазами с переходом в меньший локальный минимум. Кроме того, реальностью становится получение алмаза из графита, то есть переход из стабильного в нормальных условиях состояния в метастабильное при очень высоких давлениях [2].

Цель работы: исследовать такое явление как метастабильность и изучить его особенности и возможное применение.

Решаемые задачи: приобрести умения применять полученные знания по физике твердого тела при изучении других дисциплин, выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах профессиональной деятельности, ориентироваться в потоке научно-технической информации.

Выводы:

1. Дано определение метастабильности, и объяснена причина его появления.

2. Сделан анализ состояния окружающих веществ и физико-химических процессов, происходящих в них, с точки зрения термодинамики.

Литература

1. Бражкин, В. В. Метастабильные фазы, фазовые превращения и фазовые диаграммы в физике и химии / В. В. Бражкин // Успехи физических наук. – 2006. – 176, № 7. – С. 745-750.

2. Превращения в аморфных твердых телах при высоких давлениях / А. Г. Ляпин, В. В. Бражкин, Е. Л. Громницкая и др. // Успехи физических наук. – 1999. – № 169. – С. 1157-1160.

3. ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

УДК 539.3

Александрова Е. С., Белоусова З. В., Суворов С. А.

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

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ И ЖЁСТКОСТИ РАДИОМАЧТЫ СТАЦИОНАРНОЙ АНТЕННЫ

На рисунке показана схема мачты радиостанции в Йошкар-Оле. Мачта имеет три яруса, предварительно натянутых по четырём направлениям оттяжек. Они выполнены из стальных канатов, свитых из тонких проволок. Ствол мачты высотой 78 метров состоит из трёх одинаковых секций, изготовленных из сварных труб. Отличительной особенностью конструкции является то, что трубы дополнительно усилены при помощи обвязки в виде четырёх натянутых с эксцентриситетом стальных тросов.

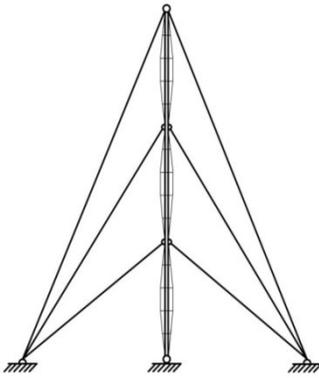
Рассмотрим НДС элементов конструкции мачты под действием стационарного ветрового потока. Интенсивность ветрового давления определяется формулой

$$q = \frac{1}{2} \rho_0 V_m^2 (D + 2d_1). \quad (1)$$

Здесь q – погонная нагрузка, ρ_0 – плотность воздуха, V_m – скорость ветра, $\frac{1}{2} \rho_0 V_m^2$ – скоростной напор, D и d_1 – наружный диаметр ствола и троса. Примем:

$\rho_0 = 1,32 \cdot 10^{-9}$ кгс²/см⁴; $V_m = 180$ км/час (при урагане); $D = 24$ см; $d_1 = 2$ см. Тогда $q = 46,2$ кГ/м.

Расчётную схему ствола представим в виде трёхпролётной неразрезной статически неопределимой балки постоянного поперечного сечения. Для решения задачи воспользуемся гипотезой плоских сечений и методом сил. По результатам расчёта строим эпюры поперечных сил и



изгибающих момент, устанавливаем опасные сечения и определяем максимальный изгибающий момент $M_z^{\max} = 2ql^2/25 \approx 2500 \text{ кГ м}$.

В зависимости от M_z^{\max} находим усилия натяжения тросов и максимальные напряжения изгиба в стволе мачты:

$$N = \frac{\pi c d_1^2}{4} \frac{E_1 M_z^{\max}}{E_1 I_1 + E_2 I_2} \quad \text{и} \quad \sigma_{\max} = \frac{E_2 D M_z^{\max}}{2(E_1 I_1 + E_2 I_2)}. \quad (2)$$

Здесь $I_1 = 2 \left(\frac{\pi d_1^4}{64} + c^2 \frac{\pi d_1^2}{4} \right)$ и $I_2 = \frac{\pi D^4}{64} \left(1 - \frac{d_2^4}{D^4} \right)$ – соответственно

осевые моменты инерции поперечного сечения тросов и трубы; d_2 – диаметры отверстия трубы; c – расстояние от нейтральной линии до центра тяжести поперечного сечения троса (эксцентриситет); E_1 и E_2 – модули упругости троса и трубы. Примем $d_2 = 16 \text{ см}$; $c = 30 \text{ см}$; $E_1 = 10^6 \text{ кГ/см}^2$; $E_2 = 2 \cdot 10^6 \text{ кГ/см}^2$. В результате находим: $N = 741 \text{ кГ}$ и $\sigma_{\max} = 189 \text{ кГ/см}^2$.

Для определения перемещений при изгибе ствола воспользуемся дифференциальным уравнением упругой линии. Находим

$$v_{\max} = 0,038 \frac{ql^4}{E_1 I_1 + E_2 I_2} = 25,2 \text{ см}. \quad (3)$$

Максимальные перемещения получаются в центральном сечении среднего пролёта ствола мачты.

При отсутствии обвязки получим: $q = 39,6 \text{ кГ/м}$; $M_z^{\max} = 2140 \text{ кГ м}$; $\sigma_{\max} = M_z^{\max} D / 2 I_2 = 196 \text{ кГ/см}^2$; $v_{\max} = 0,038 ql^4 / E_2 I_2 = 26,3 \text{ см}$. Таким образом, обвязка ствола тросами обеспечивает незначительное увеличение прочности и жёсткости ствола на изгиб.

Для определения усилий в оттяжках представим ствол мачты в виде абсолютно твёрдого тела, канаты – в виде упругих элементов. Считаем, что действующие усилия в оттяжках меньше усилий их предварительного натяжения. Тогда, используя силовую схему и схему деформирования, составляем уравнения равновесия и уравнения совместности перемещений, из решения которых находим: $N_1 = 0,617 ql = 741 \text{ кГ}$, $N_2 = 0,769 ql = 924 \text{ кГ}$, $N_3 = 0,797 ql = 958 \text{ кГ}$. Отклонение вершины мачты за счёт растяжения канатов равно $\delta \approx 12,4 \text{ см}$.

Литература

1. Куликов, Ю. А. Сопrotивление материалов: конспект лекций / Ю. А. Куликов. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – 248 с.

УДК 539.43

Войкина А. С., Кутузов Д. А., Михайлов Р. В.

Научные руководители: Киртаев Е. А., канд. техн. наук, доцент;

Булдакова Ю. М., ст. преподаватель

Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КАРКАСА КУПОЛА С ОСНОВАНИЕМ В ФОРМЕ ОВАЛА

Перекрытие зданий в виде сводов имеет много разновидностей, одна из которых купольная конструкция. Симметричные купольные конструкции, у которых шпангоуты имеют круговую осевую линию, наиболее распространенные. Каркас такой конструкции симметрично деформируется при приложенной к нему симметричной нагрузке и симметричном закреплении.

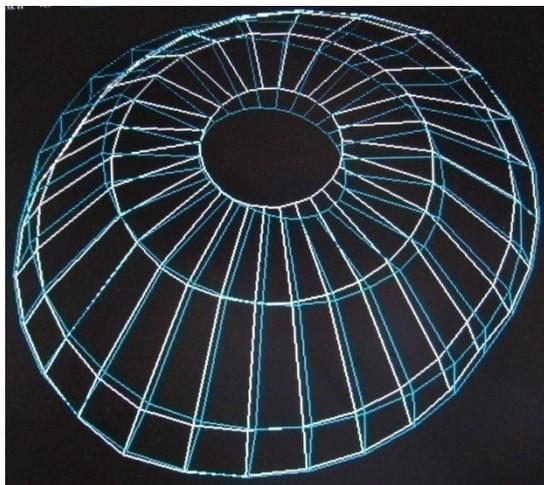
Иное поведение под нагрузкой имеет каркас купола, у которого осевая линия в его основании овальной формы. Целью работы является исследование деформированного состояния именно такой конструкции. Расчетная схема составлена по эскизу одного из вариантов реального свода.

Размеры каркаса купола:

- большая диагональ основания 19,2 м;
- меньшая диагональ основания 15,6 м;
- высота купола 5,84 м;
- диаметр основания под барабан 4,53 м;
- материал шпангоутов сталь коробчатого сечения 200×60 мм, h= 3 мм;
- материал нервюр сталь, труба D= 150 мм, h=3 мм.

Исследование проводилось методом конечных элементов [1]. Расчетная схема набрана из пространственных прямолинейных стержневых конечных элементов. На рисунке показана светлыми линиями расчетная схема каркаса купола в изометрии. Все 28 узлов основания имеют ограничение перемещения по вертикали. Четыре узла на диагоналях основания имеют ограничение перемещения по касательной к осевой линии каркаса основания. Таким образом, обеспечивается свободное переме-

вление узлов основания купола в горизонтальной плоскости. Каркас нагружен системой вертикальных сил по 10 кН каждая, приложенных к 28 узлам верхнего шпангоута. Тонкими линиями изображены увеличенные в 250 раз перемещения узлов и элементов купола под действием симметричной системы сил.



Расчетная схема купола

В направлении малой диагонали перемещение узлов произошло в наружную сторону от поверхности купола, а в направлении большой диагонали во внутреннюю сторону купола. Таким образом, шпангоуты с осевой линией в виде овала стремятся деформироваться так, чтобы их осевая линия была по форме ближе к окружности.

Ограничение перемещения узлов основания в направлении их горизонтальных перемещений разгружает шпангоут основания и прилегающие к нему элементы нервюры. В этом случае нагрузки с купола непосредственно передаются опоре, на которой он покоится. Причем горизонтальная составляющая нагрузки на опору увеличится, что потребует установки более прочной опоры под купол.

В результате проведенного исследования выяснилось, что при выборе купола с основанием в виде овала необходимо учесть неоднозначные горизонтальные перемещения узлов основания купола под симметричной нагрузкой.

Литература

1. Куликов, Ю. А. Решение плоской задачи теории упругости методом конечных элементов: учеб. пособие / Ю. А. Куликов. – Горький, 1986. – 68 с.

УДК 539.3

Вымаскина Л. Н.

Научный руководитель: Афанасьева О. С., канд. техн. наук, доцент
Самарский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ

Область и возможности применения резьбовых соединений обширна. Такое разнообразие требует точного определения возможностей деталей выдерживать различные виды динамических и статических нагрузок в различных условиях.

В работе рассматривается решение задачи напряженного деформированного состояния (НДС) резьбового соединения методом конечных элементов (МКЭ). В качестве модельного материала болта использовалась сталь ЭИ696 при $T = 700$ °С. Проверка адекватности работы программы по МКЭ проводилась на гладком цилиндре. Полученные кривые ползучести сравнивались с экспериментальными данными. Для экспериментальных кривых ползучести была взята теория упрочнения. Программирование осуществлено на языке APDL в системе инженерного анализа ANSYS. Затем решалась задача НДС в условиях высокотемпературной ползучести для болтового соединения с тремя и восемнадцатью витками резьбы. Геометрические характеристики модели выбирались с учетом ГОСТ 9150-81 и ГОСТ 8724-81.

Для разбиения геометрической модели болта на конечные элементы был выбран элемент разбиения PLANE 42, представляющий собой плоский четырёхугольник и подходящий для решений упругой, упругопластической задач, и элемент PLANE 183, в отличие от предыдущего имеющий не четыре, а восемь узлов и позволяющий проводить расчёт НДС с учётом ползучести без увеличения количества элементов в модели. Модель болта разбивалась на конечные элементы в автоматическом режиме.

Краевая задача решалась в условиях только температурно силовой нагрузки, при этом выходными данными являлись компоненты тензора деформаций ползучести и тензора напряжений.

Выполнен ряд вариативных расчётов по определению НДС в резьбовом соединении. Приводятся результаты расчётов.

УДК 693.555

Ефремова Ю. С., Ерошкина Е. Ю.

Научный руководитель: Сердюков В. Н., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЁТ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ ПО ОБРАЗОВАНИЮ ТРЕЩИН ИСХОДЯ ИЗ ОБЪЁМНОГО НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ И БЕТОНА

Железобетонные колонны являются несущими элементами строительных конструкций. Из-за высокой прочности бетона на сжатие расчётные нагрузки на колонну, обоснованные расчётом по несущей способности поперечного сечения, оказываются достаточно большими и могут вызвать разрушение бетона вокруг арматурных стержней от окружающих растягивающих напряжений, и это может являться одной из причин разрушения колонны в целом.

Расчетная схема колонны показана на рис. 1. На рис. 2 показано объёмное напряжённое состояние арматурного стержня, на рис. 3 – объёмное напряжённое состояние бетона.

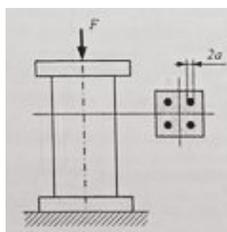


Рис. 1

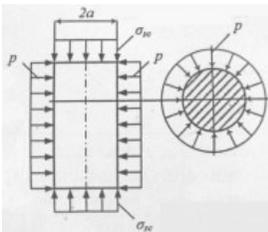


Рис. 2

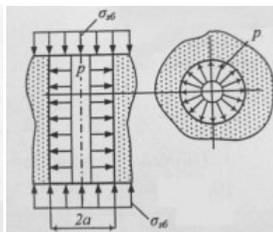


Рис. 3

Радиальные и окружные напряжения в арматурных стержнях и бетона определяем по формулам:

$$\sigma_{rc} = \sigma_{tc} = -p, \quad \sigma_{r\bar{\sigma}} = -\frac{pa^2}{r_{\bar{\sigma}}^2}, \quad \sigma_{r\bar{\sigma}} = \frac{pa^2}{r_{\bar{\sigma}}^2}, \quad (1)$$

где p – контактное давление между арматурным стержнем и бетоном, $r_{\bar{\sigma}}$ – расстояние от оси арматурного стержня до элементарного объема, $2a$ – диаметр арматурного стержня.

Приравнивая осевые и окружные деформации арматурного стержня и бетона, получаем два уравнения совместимости деформаций. Третье уравнение получаем, рассматривая равновесие верхней отсеченной части колонны. Система из трёх уравнений имеет вид:

$$\begin{aligned} \sigma_{sc} - 2\mu_c p &= K\sigma_{s\bar{\sigma}} \\ (\mu_c - 1)p + \mu_c \sigma_{sc} &= K(\mu_{\bar{\sigma}} + 1)p + K\mu_{\bar{\sigma}} \sigma_{s\bar{\sigma}}, \\ \sigma_{s\bar{\sigma}} A_{\bar{\sigma}} + \sigma_{sc} A_c n &= F \end{aligned} \quad (2)$$

где $K = \frac{E_c}{E_{\bar{\sigma}}}$, n – число арматурных стержней.

Решая систему (2) и используя формулу (1), определяем:

$$p, \sigma_{sc}, \sigma_{s\bar{\sigma}}, \sigma_{rc}, \sigma_{tc}, \sigma_{r\bar{\sigma}}, \sigma_{t\bar{\sigma}}.$$

Зная напряженное состояние арматурных стержней и бетона (рис. 2, 3), можно оценить прочность колонны. Получена формула для определения опасного значения силы F из расчета по образованию трещин.

$$F_{\text{опасное}} = \frac{\sigma_{ep}(A_{\bar{\sigma}} + KA_c n)}{\frac{K(\mu_c - \mu_{\bar{\sigma}})}{K(\mu_{\bar{\sigma}} + 1) - (\mu_c - 1)} + \frac{\sigma_{ep}}{\sigma_{bc}}}. \quad (3)$$

В настоящее время основным расчетом для центрально сжатой колонны является расчет по несущей способности поперечного сечения, согласно которому

$$F_{\text{опасное}} = \varphi(\sigma_{bc} A_{\bar{\sigma}} + \sigma_T A_c n). \quad (4)$$

Коэффициент φ учитывает особенности эксплуатации колонны, её конструкции и свойств материала.

Рассмотрим пример расчёта железобетонной колонны с параметрами: поперечное сечение колонны квадратное с размерами $h \times h = 40 \times 40$ см. Продольное армирование симметричное. Арматура класса А-III, $n=4$, $2a=2$ см, $\sigma_T=390$ МПа, $E_c=2 \cdot 10^5$ МПа, $\mu_c=0,3$. Бетон мелкозернистый класса В25, $\sigma_{bc}=18,5$ МПа, $\sigma_{bp}=1,35$ МПа, $E_{\bar{\sigma}}=0,11 \cdot 10^5$ МПа, $\mu_{\bar{\sigma}}=0,17$. Внешняя расчётная нагрузка $F=1,5$ МН. $A_{\bar{\sigma}}=1587$ см², $A_c=3,14$ см², $L_0=4,8$ м, $\varphi=0,87$.

Получены значения опасных нагрузок:

по формуле (3) $F_{\text{опасное}} = 1,36 \text{ МН}$,

по формуле (4) $F_{\text{опасное}} = 2,98 \text{ МН}$.

Сравнивая два значения опасной нагрузки, можно сказать, что расчет по несущей способности поперечного сечения завышает значение опасной нагрузки на колонну, что опасно по своим последствиям.

Литература

1. Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М.: Высшая школа, 1990.
2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры. (к СНиП 2.03.01- 84)/ЦНИИ промзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.

УДК 621.752(031)

Жанбосынов Р. С., Туреханова Г. И.

Научный руководитель: Нуримбетов А. У., канд. физ.-мат. наук, доцент
*Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати,
Казахстан*

ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ УПРУГОСТИ АРМИРОВАННЫХ ТЕЛ

Продолжая устанавливать взаимосвязь задачи анализа устойчивости стержней при неконсервативном нагружении и прикладных расчетов лопаток турбомашин, в работе рассматриваются существующие проблемы динамической устойчивости многослойных лопаток. Данная работа посвящена исследованию аэроупругости композиционных лопаток турбомашин с целью выявления явлений, наиболее важных с практической точки зрения и близких к рассмотренным выше задачам анализа устойчивости стержней. Вибрации лопаток компрессоров и турбин – одна из наиболее сложных и острых проблем, возникающих при создании и эксплуатации транспортных и стационарных газотурбинных установок. Эта проблема заключается в возбуждении колебательного движения лопаток при определенных условиях работы турбомашин. Это движение происходит со значительной, зачастую нарастающей ам-

плитудой, и способно привести к разрушению лопатки вследствие многоциклового усталости ее материала и выходу из строя установки.

При этом компоненты перемещения точек i -го слоя сечения z отыскиваются в виде

$$U^i(x, y, t) = -\frac{a_{33}^i M_2}{2J_2^i} (l-z)^2 + \tau y(l-z) + u^i(x, y, t),$$

$$V^i(x, y, t) = -\frac{0.5a_{35}^i M_t - a_{33}^i M_1}{2J_2^i} (l-z)^2 - \tau x(l-z) + v^i(x, y, t),$$

$$W^i(x, y, t) = \left[\frac{a_{33}^i M_2}{J_2^i} x - \frac{a_{33}^i M_1 - 0.5a_{35}^i M_t}{J_1^i} y - \frac{a_{33}^i}{F_i} P \right] (l-z) + w^i(x, y, t).$$

Здесь U^i, V^i, W^i – некоторые подлежащие определению функции координат сечения x, y, z, t ; τ – относительный угол закручивания на единицу длины стержня; l – длина стержня; $I_{20}^{0i} = J_1^i, I_{02}^{0i} = J_2^i$,

$J_k^i = \int_F x_k^2 dF_i$ ($k=1,2$) – главные моменты инерции поперечного сечения

i -го слоя; $I_{00}^{0i} = F_i$ – площадь сечения i -го слоя; P, M_1, M_2, M_t – силы и моменты, действующие в поперечном сечении стержня. Как правило, последние (P, M_1, M_2, M_t) являются известными величинами, однако иногда встречаются случаи, когда их следует определить в ходе решения задачи.

L – работа внешних сил вычисляется по формуле [1]: $L = L_P + L_n + L_t$, где L_P – работа поверхностных сил, L_n, L_t – работа изгибающих и крутящих моментов от действия на закрученную лопатку растягивающих сил P .

L_P – работа поверхностных сил вычисляется по формуле

$$L_P = \iint_S P w ds = \int_{r_0}^z P(z) \iint_S \varepsilon_{33}^i ds dz,$$

где сила P в сечении $r_1=z$ определяется выражениями

$$P_z = P = \omega^2 \int_r^R \left(\int_{F(r_1)} \rho dF \right) r_1 dr_1.$$

Работа изгибающих моментов определяется формулой

$$\begin{aligned} L_n &= -M_2 \int_{r_0}^z \chi_1 dz + M_1 \int_{r_0}^z \chi_2 dz, \quad M_2 = M_2' \cos \alpha + M_1' \sin \alpha, \quad M_1 = \\ &= -M_2' \sin \alpha + M_1' \cos \alpha, \end{aligned}$$

где α – угол установки, изгибающие моменты M'_2, M'_1 от центробежных сил в сечении $r_1=z$ определяется равенствами

$$M'_2 = \rho \omega^2 v \int_r^R [x(z) - x(r_0)] z S(r_1) dr_1, M'_1 = \\ = \rho \omega^2 v \int_r^R [y(z)r_1 - zy(r_0)] S(r_1) dr_1,$$

где $x(r), y(r)$ – координаты центра тяжести сечения после деформации в неподвижной системе координат. Оси x', y' , относительно которых подсчитываются моменты, представляют местную, неподвижную декартову систему координат с началом в центре тяжести сечения.

Работа от крутящего момента от центробежных сил будет [1]:

$$L_t = - \int_{r_0}^z M'_t(z) \tau(r_1) dr_1 = - M'_t \int_{r_0}^z \tau(r_1) dr_1, M'_t = \rho \omega^2 v \int_r^R [J_{x'y'}(r_1) dr_1.$$

Для определения напряженно-деформированного состояния рабочей лопатки в качестве нагрузок выступают центробежные силы, возникающие при вращении лопатки с заданной скоростью.

Литература

1. Биргер, И. А. Руководство для конструкторов по расчету на прочность газотурбинного двигателя. Расчет лопаток на прочность / И. А. Биргер. – М.: Оборонгиз, 1956. – 151 с.

УДК 539.3

Зайцев Д. С.

Научные руководители: Кудрявцев С. Г., канд. техн. наук, доцент;
Булдакова Ю. М., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В АНИЗОТРОПНОЙ ПОЛОСЕ, СКРЕПЛЕННОЙ ЖЕСТКИМ ОСНОВАНИЕМ, ПОД ДЕЙСТВИЕМ НОРМАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ НАГРУЗКИ

Рассматривается напряженное состояние в упругой однородной анизотропной полосе бесконечной длины и постоянной высоты h , скреп-

ленной с жестким основанием, при действии нормальной поверхностной нагрузки.

В работе [1] получены уравнения для определения напряжений и перемещений в полосе из анизотропного материала, когда коэффициенты, характеризующие упругие свойства материала, различны. Используя полученные уравнения, проанализируем характер напряженного состояния в полосе, когда значения данных коэффициентов одинаковы.

Направим ось x вдоль нижней плоскости полосы, ось y – перпендикулярно границе. Положительные направления нормальных σ_x , σ_y и касательного τ_{xy} напряжений, перемещений u и v , совпадают с обозначениями [2]. Направления осей ортотропии совпадают с координатными осями.

Рассматривается вариант, когда на верхней плоскости полосы в сечении $x=0$ приложена сила перпендикулярно границе. Сила равномерно распределена вдоль прямой параллельной оси z , а ее интенсивность равна $(-F)$.

На рис. 1 и 2 представлены результаты численного расчета изменения безразмерных параметров напряжений $\sigma_y = \frac{\bar{\sigma}_y \pi h}{F}$ и $\tau_{xy} = \frac{\bar{\tau}_{xy} \pi h}{F}$ в зависимости от характеристик материала и величины x . Кривая 1 соответствует изотропному материалу (коэффициент Пуассона $\nu=0,25$). Кривая 2 построена для слоистого стеклопластика ортогонального армирования при значениях упругих постоянных, приведенных в [2]. Значение $\nu=0$.

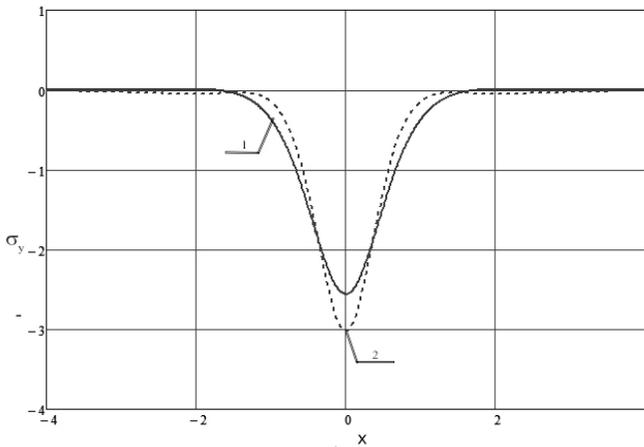


Рис. 1. Изменение параметра нормального напряжения σ_y по длине полосы

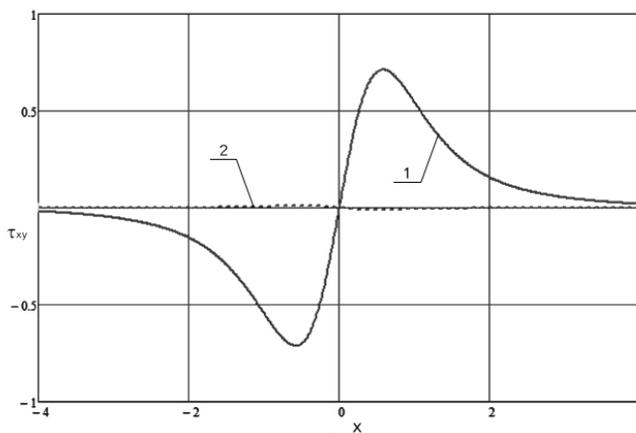


Рис. 2. Изменение параметра касательного напряжения τ_{xy} по длине полосы

Литература

1. Кудрявцев, С. Г. Взаимодействие анизотропной полосы и жесткого основания / С. Г. Кудрявцев, Ю. М. Булдакова // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. – 2012. – № 4. – С. 29-35.
2. Лехницкий, С. Г. Теория упругости анизотропного тела / С. Г. Лехницкий. – М.: Наука, 1977. – 416 с.

УДК 539.3

Калинин Д. И., Сабанцев Ф. А.

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНОГО ПРОГИБА ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ

Одним из основных элементов большинства современных строительных и машиностроительных конструкций являются пластины. В виде пластин моделируются различные конструкции перекрытий и покрытий, фундаментные плиты и тому подобное. Строителям часто приходится иметь дело с расчетом конструкций, весьма протяженных в одной плоскости и имеющих малый размер перпендикулярно этой

плоскости. При этом нагрузка считается нормальной к этой плоскости. Поэтому тема работы представляется достаточно актуальной.

Целью данной работы является экспериментальная оценка максимального прогиба прямоугольной тонкой пластины и сравнение его величины с результатами, полученными различными аналитическими и численными методами.

В соответствии с целью поставлены следующие задачи исследования:

1) проведение эксперимента по определению прогиба в центральной точке прямоугольной пластины с закрепленными краями, нагруженной нормальной равномерно распределенной нагрузкой;

2) проведение расчетов по определению максимального прогиба пластины различными методами;

3) сопоставление результатов эксперимента и расчетов.

Для проведения эксперимента использована лабораторная установка «Устойчивость и изгиб прямоугольной пластины» (разработчик профессор Иванов С. П.), пластина из оргстекла, индикатор часового типа, штатив, точные лабораторные весы с набором грузов, мелкодисперсный песок.

В соответствии с подготовленной методикой эксперимента нагружение велось дискретно с шагом $\Delta q = 58 \text{ Н/м}^2$. Полученные значения прогибов шарнирно закреплённой по краям пластины измерялись с помощью индикатора часового типа.

Оценка результатов эксперимента сопоставлялась с численно-аналитическими решениями задачи. Существуют различные подходы для определения перемещений, моментов и поперечных сил, расчетных напряжений: методы Навье, Ритца-Тимошенко, Бубнова-Галеркина, Власова, различные вариационные и численные методы.

Ход расчета задачи по изгибу пластины в целом неизменен и от подходов не зависит:

1. интегрируется разрешающее уравнение изгиба пластины (Софи-Жермен) [1]

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q(x, y)}{D},$$

находится уравнение изогнутой поверхности пластинки $w=w(x, y)$;

2. произвольные функции, которые появляются при интегрировании, должны быть найдены из граничных условий на контуре пластины;

3. прогибы w , изгибающие и крутящие моменты, поперечные силы, расчетные напряжения находятся после решения разрешающих уравнений теории тонких пластин.

Расчетные значения максимальных прогибов пластины получены на основе решения Навье (в форме тригонометрического двойного бесконечного ряда) для шарнирно опертой по контуру пластины [2], решения [3] для свободно опертой по контуру пластины и решения на основе МКЭ с помощью программного комплекса ЛИРА (для свободно опертой пластины). Для проведения расчетов использован MathCad.

В результате установлено:

1. Деформирование тонкой пластины при данном нагружении носит нелинейный характер. Наибольший прогиб превышает $0,25h$.
2. Результаты, полученные на основе решения Навье, решения [3] и решения МКЭ отличаются друг от друга не более чем на 5 %.
3. Рассмотренные методы расчета изгиба пластины по сравнению с экспериментом дают высокую погрешность. Очевидно, это происходит вследствие несовершенства физической модели. Пластина имеет в определенных пределах разнотолщинность и неоднородность свойств. Есть несовершенство условий закрепления: условия по одной стороне отличались от других. Возможно, кромки могли искривляться в плоскости опорного контура, т. е. частично вели себя как при свободном опирании.

Литература

1. Тимошенко, С. П. Пластинки и оболочки / С. П. Тимошенко, С. М. Войновский-Кригер. – М.: Физматгиз, 2009. – 640 с.
2. Иванов, С. П. Изгиб прямоугольных пластин: учеб. пособие / С. П. Иванов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. – 95 с.
3. Феодосьев, В. И. Сопrotивление материалов / В. И. Феодосьев. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 523 с.

УДК 539.376

Кугузова А. Э.

Научный руководитель: Небогина Е. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Самарский государственный технический университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СЛОЖНОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ СРЕДЫ

Целью данной работы является построение математической модели упругопластического деформирования при сложном напряженном со-

стоянии на основе структурной модели стержневого типа [1], где каждый локальный элемент поликристаллического материала моделируется системой хаотически ориентированных однородных стержней одинаковой длины, работающих на растяжение-сжатие, и наделяется простейшими деформационными свойствами: линейной упругостью и идеальной пластичностью. Ориентация стержней задается сферическими углами θ и φ , где $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$; $0 \leq \varphi \leq 2\pi$.

Рассмотрим пропорциональный режим нагружения $\langle \sigma_x \rangle = t, \langle \sigma_y \rangle = k_1 t, \langle \sigma_z \rangle = k_2 t$, где $k_1, k_2 - const$, t – параметр нагружения. Для структурной модели в условиях сложного напряженного состояния используются уравнения равновесия, совместности деформаций и гипотеза однородности, полученные в работе [1]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \langle \sigma_x \rangle = \frac{1}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \theta \sin \theta d\theta \int_0^{2\pi} \sigma(\theta, \varphi) d\varphi; \\ \langle \sigma_y \rangle = \frac{1}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^3 \theta d\theta \int_0^{2\pi} \sigma(\theta, \varphi) d\varphi; \\ \langle \sigma_z \rangle = \frac{1}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^3 \theta d\theta \int_0^{2\pi} \sigma(\theta, \varphi) d\varphi; \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\varepsilon(\theta, \varphi) = \langle \varepsilon_x \rangle \cos^2 \theta + \langle \varepsilon_y \rangle \sin^2 \theta \cos^2 \varphi + \langle \varepsilon_z \rangle \sin^2 \theta \sin^2 \varphi. \quad (2)$$

$$\langle \varepsilon_x \rangle = \varepsilon(0, \varphi), \langle \varepsilon_y \rangle = \langle \varepsilon_z \rangle = \varepsilon\left(\frac{\pi}{2}, 0\right) = \varepsilon\left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right). \quad (3)$$

В приведенных формулах $\sigma = \sigma(\theta, \varphi)$ напряжение, возникающее в локальном элементе; $\varepsilon = \varepsilon(\theta, \varphi)$ – деформация локального элемента; $\langle \sigma_x \rangle, \langle \sigma_y \rangle, \langle \sigma_z \rangle$ – макронапряжения, приложенные к макрообразцу; $\langle \varepsilon_x \rangle, \langle \varepsilon_y \rangle, \langle \varepsilon_z \rangle$ – макродеформации образца соответственно.

Распределение микронапряжений в упругой области имеет вид:

$$\sigma(\theta, \varphi) = \sigma(0, \varphi) \cos^2 \theta + \sigma\left(\frac{\pi}{2}, 0\right) \sin^2 \theta \cos^2 \varphi + \sigma\left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right) \sin^2 \theta \sin^2 \varphi.$$

В процессе упругопластического деформирования часть локальных элементов достигнут предела текучести, в результате чего образуются две зоны: упругопластического и упругого состояний.

Для любого стержня $(\theta = \alpha_1, \varphi = \beta_1)$, в котором $\sigma(\alpha_1, \beta_1) = \sigma_{TM}$ распределение микронапряжений в упругой области будет определяться по формуле:

$$\sigma(\theta, \varphi) = \frac{\sigma_{TM} \cos^2 \theta}{\cos^2 \alpha_1} + \sigma\left(\frac{\pi}{2}, 0\right) \left(\sin^2 \theta \cos^2 \varphi - \frac{\sin^2 \alpha_1 \cos^2 \beta_1}{\cos^2 \alpha_1} \cos^2 \theta \right) + \sigma\left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right) \left(\sin^2 \theta \sin^2 \varphi - \frac{\sin^2 \alpha_1 \sin^2 \beta_1}{\cos^2 \alpha_1} \cos^2 \theta \right).$$

Подставляя данное выражение в уравнения равновесия (1), получим систему для определения неизвестных величин $t, \sigma\left(\frac{\pi}{2}, 0\right), \sigma\left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$.

Далее производится расширение области упругопластического деформирования.

По предложенной модели был произведен численный расчет при различных историях нагружения.

Литература

1. Радченко, В. П. Реологическое деформирование и разрушение материалов и элементов конструкций / В. П. Радченко, Ю. А. Еремин. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 265 с.

УДК 621.86

Лагереv И. А., канд. техн. наук; **Мильто А. А.**

Брянский государственный университет им. акад. И. Г. Петровского

ДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ, ВЫЗВАННЫЕ НАЛИЧИЕМ ЛЮФТА В ШАРНИРАХ СТРЕЛЫ КРАНА-МАНИПУЛЯТОРА

В шарнирных соединениях элементов стрелы крана-манипулятора неизбежно наличие люфта, связанного с погрешностью при изготовлении деталей. На начальном этапе эксплуатации его величина невелика, и поэтому ею зачастую пренебрегают в динамических и прочностных расчетах. Однако по мере эксплуатации в процессе износа растет величина люфта в шарнирах. Это сопровождается увеличением интенсивности ударных нагрузок, которые отрицательно сказываются на ресурсе крана-манипулятора и на безопасности его работы. В данном исследовании представлена методика динамического расчета крана-

манипулятора с учетом наличия люфта в шарнирах. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых ученых-кандидатов наук №МК-92.2014.8.

Кран-манипулятор моделируется системой твердых тел, соединенных шарнирами. Основание крана-манипулятора считается жестко зафиксированным (рис. 1).

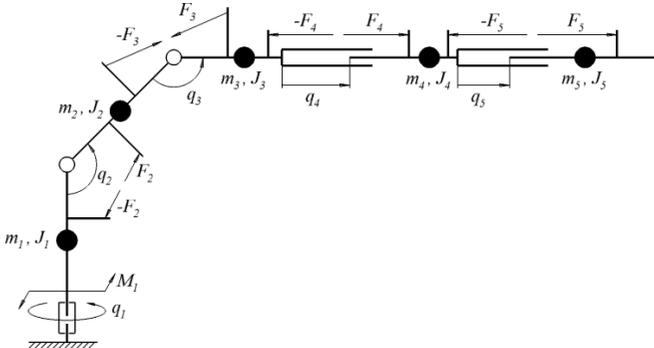


Рис. 1. Расчетная схема исследуемого крана-манипулятора

На рис. 1 используются следующие обозначения: q_i – i -я обобщенная координата; m_i, J_i – масса и тензор инерции в центре тяжести i -го звена; F_i, M_i – усилия, передаваемые от i -го гидродвигателя.

Для исследования кинематики и динамики крана-манипулятора используются алгоритмы и компьютерные программы, представленные в работах [1; 2]. Моделирование люфта в шарнирном сочленении сводится к введению дополнительных степеней свободы и наложению на них ограничений, связанных с максимальной величиной люфта. Данные ограничения реализуются с помощью упругих и демпфирующих элементов (рис. 2).

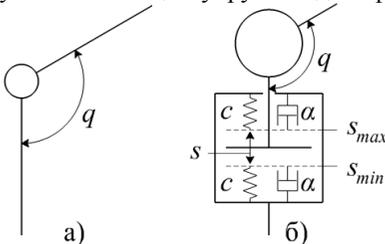


Рис. 2. Модель люфта в сочленении в вертикальном направлении: а – шарнир без люфта; б – дополнительная степень свободы для учета люфта

Для моделирования люфта в шарнир введены две дополнительные степени свободы: поступательная s_1 и вращательная s_2 . Обобщенные координаты s_1, s_2 и соответствующие им ограничивающие обобщенные усилия R_1, R_2 связаны с перемещениями краев вала в отверстиях проушины u_L, u_R и скоростями перемещений \dot{u}_L, \dot{u}_R .

В программном комплексе [2] построены графики зависимости перемещений u_L и u_R , линейного ускорения груза a и максимальных напряжений в стреле σ_2 и рукояти σ_3 КМУ от времени t (рис. 3).

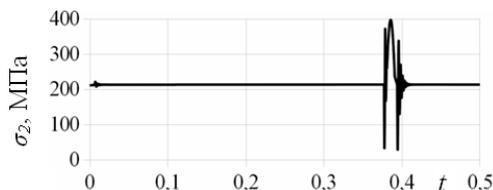


Рис. 3. Напряжения в стреле крана-манипулятора АСТ-4-А, МПа

Литература

1. Лагереv, А. В. Универсальная методика динамического анализа гидравлических кранов-манипуляторов / А. В. Лагереv, А. А. Мильто, И. А. Лагереv // Вестн. БГТУ. – 2013. – №3. – С. 24-31.

2. Lagerev, A. V. Tool for Preliminary Dynamics and Stress Analysis of Articulating Cranes / A. V. Lagerev, I. A. Lagerev, A. A. Milto // International Review on Modelling and Simulations (I.R.E.MO.S.). – 2014. – Vol. 7. – №4. – P. 644-652.

УДК 621.86

Лагереv И. А., канд. техн. наук

Брянский государственный университет им. акад. И. Г. Петровского

КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНЫЙ РАСЧЕТ КРАНА-МАНИПУЛЯТОРА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В работе представлен расчет трехзвенного гидравлического крана-манипулятора специального назначения методом конечных элементов при воздействии высокоэнергетических факторов нагруженности, связанных с работой в экстремальных условиях. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых ученых-кандидатов наук №МК-92.2014.8.

В ходе исследования выполнен расчет трехзвенного гидравлического крана-манипулятора машины АСТ-4-А при воздействии взрыва. Конструкция и параметры исследуемого объекта показаны в [1]. Применялась методика расчета гидравлического крана-манипулятора методом конечных элементов [2]. Использовалась полная модель стрелы с шар-

нирами и гидроцилиндрами. При построении моделей характерный размер конечных элементов составлял 5 мм.

Существует расстояние от точки взрыва R_0 , при превышении которого на объект действует взрывная волна. В пределах этого расстояния поражающим фактором являются дымовые газы. При взрыве взрывчатого вещества на поверхности земли [3]

$$R_0 = 0,756 q^{1/3},$$

где q – мощность заряда взрывчатого вещества (кг).

Удельный импульс при $R < R_0$ определяется по формуле [3]:

$$I_1 = 500 q \sin \alpha / R^2,$$

где R – расстояние от точки взрыва до исследуемого объекта (м), α – угол встречи газов или ударной волны с поверхностью металлоконструкции крана-манипулятора.

Удельный импульс при $R > R_0$ определяется по формуле [3]:

$$I_2 = 630 q^{2/3} / R.$$

Характерное время воздействия взрыва на несущую металлоконструкцию крана-манипулятора можно оценить по формуле [3]:

$$T = 0,0015 R^{1/2} q^{1/6}.$$

Внешнее воздействие в этом случае также может быть описано в виде давления во фронте ударной волны.

Внешний вид конечноэлементной модели и результаты расчета перемещений при нормальной эксплуатации показаны на рис. 1.

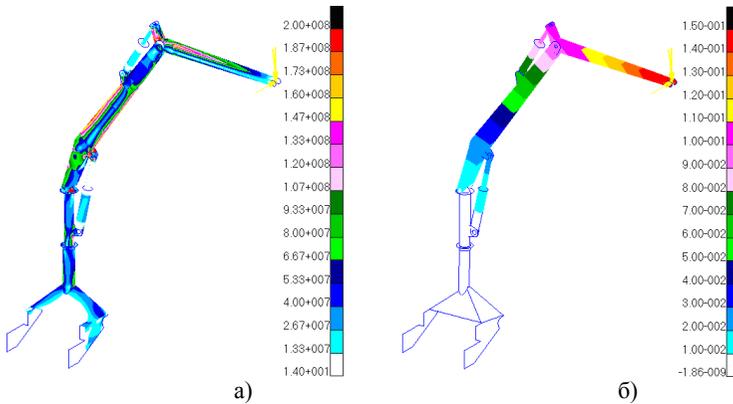


Рис. 1. Результаты расчета с использованием полной модели:
а – эквивалентные напряжения, МПа; б – суммарные перемещения, м;

В ходе расчетов установлено, что при взрыве взрывного устройства массой 1 кг на расстоянии 0,5 м происходит разрушение несущей металлоконструкции (напряжения превышают допускаемые значения).

Выполнен расчет крана-манипулятора машины АСТ-4-А в зоне ядерного удара. К стреле исследуемого крана-манипулятора помимо эксплуатационных нагрузок прикладывалось давление во фронте ударной волны (50, 30, 20, 10 кПа). Установлено, что при давлении свыше 20 кПа происходит разрушение несущей металлоконструкции (напряжения превышают допускаемые значения).

Литература

1. Лагереv, И. А. Динамика трехзвенных гидравлических кранов-манипуляторов: монография / И. А. Лагереv, А. В. Лагереv. – Брянск: БГТУ, 2012. – 196 с.: ил. – ISBN 978-5-89838-608-5.

2. Лагереv, И. А. Расчеты грузоподъемных машин методом конечных элементов: монография / И. А. Лагереv. – Брянск: Издательство БГТУ, 2013. – 116 с.: ил. – ISBN 978-5-89838-650-4.

3. Кулаков, Н. А. Оценка фугасного воздействия мин на несущие конструкции и экипажи автобронетанковой техники. Поражающие факторы. Способы защиты / Н. А. Кулаков, А. А. Шевченко // Известия МГТУ «МАМИ». – №2. – Т.1. – 2012. – С.194-205.

УДК 539.3

Новосёлова Е. В., Полянина Ю. С.

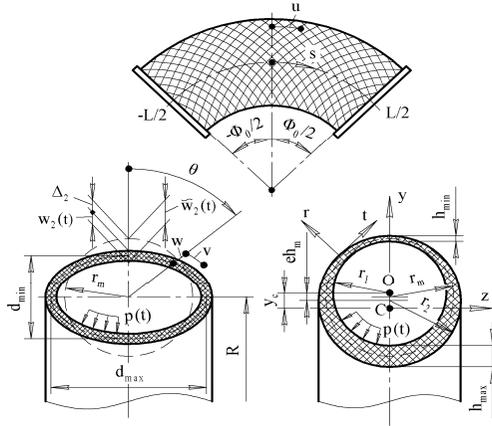
Научный руководитель: Куликов Ю. А., д-р техн. наук, профессор;

Коротков А. В., канд. техн. наук

Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ МАНОМЕТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА КРИВОЛИНЕЙНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ТРУБ С НАЧАЛЬНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ НЕСОВЕРШЕНСТВАМИ

На рисунке показана расчётная схема многослойной композитной трубы, осевая линия которой представляет дугу окружности радиуса R , длиной L , с центральным углом Φ_0 . Труба имеет поперечное сечение с номинальным радиусом r_m и номинальной толщиной стенки h_m .



Расчетная схема

Многослойная композитная труба изготовлена непрерывной намоткой на оправку двух симметричных систем волокон с постоянными углами армирования $\pm\varphi_m$. При съёме трубы с идеально круглой оправки в результате «упругой отдачи» её стенка, как правило, деформируется. Деформирование стенки объясняется действием усадочных напряжений, возникающих после отверждения связующего, и неоднородностями структуры материала. В результате поперечное сечение получает остаточные отклонения от правильной окружности. Функция отклонений раскладывается в ряд:

$$\Delta(s, \theta) = \Delta_2 \cos(\pi s/L) \cos 2\theta. \quad (1)$$

Здесь Δ_n – амплитуда второй гармоники, θ – угловая координата.

Для расчёта параметров НДС тонкостенной трубы, нагруженной внутренним давлением p_m , воспользуемся вариационным методом Ритца. Функции, описывающие упругие деформации, подчиняются кинематическим гипотезам полубезмоментной теории оболочек:

$$\begin{aligned} w(s, \theta) &= w_1(1 - \cos \pi s/L) \cos \theta + w_2 \cos 2\theta \cos \pi s/L, \\ v(s, \theta) &= -w_1(1 - \cos \pi s/L) \sin \theta - \frac{1}{2} w_2 \sin 2\theta \cos \pi s/L. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь w и v – радиальное и окружное перемещения срединной поверхности, w_1 и w_2 – обобщённые перемещения, соответствующие балочной и оболочечной формам деформирования.

Под действием давления p_m поперечное сечение трубы стремится принять форму окружности. В результате изгиба стенки проявляется манометрический эффект: центральный угол Φ_0 изменяется на величину $\Delta\Phi_0$. Радиальное перемещение w_2 и относительный угол $\Delta\Phi_0/\Phi_0$ находятся из условия минимума потенциальной энергии [1]:

$$w_2 = -\frac{12 \tilde{p}_m \zeta \lambda^2 \Delta_2}{1 + 12 \zeta \lambda^2 (1 + \tilde{p}_m)}, \quad \frac{\Delta\Phi_{0,m}}{\Phi_0} = \frac{-18 \tilde{p}_m \zeta \lambda^2 \Delta_2}{\pi r_m [1 + 12 \zeta \lambda^2 (1 + \tilde{p}_m)]}. \quad (3)$$

Здесь $\lambda = R h_m / r_m^2$, $D_{2m} = E_2 h_m^3 / 12(1 - \nu_{12} \nu_{21})$, $\tilde{p}_m = p_m r_m^3 / 3 D_{2m}$, $\zeta = E_2 / E_1$ – параметры; E_1 и E_2 , ν_{12} и ν_{21} – модули упругости и коэффициенты Пуассона многослойного пакета как ортотропного тела.

На основании полученного решения построены графики и установлены зависимости параметров деформирования от геометрических характеристик трубы r_m/h_m и r_m/R , углов армирования $\pm\varphi_m$, и внутреннего давления p_m .

Литература

1. Куликов, Ю. А. Динамика многослойных трубопроводов из композиционных материалов: монография / Ю. А. Куликов, А. В. Коротков. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – 280 с.

УДК 517.246

Пойрязова В. В.

Научный руководитель: Зотеев В. Е., д-р техн. наук, профессор
Самарский государственный технический университет

ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД НЕЛИНЕЙНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕТЬЕЙ СТАДИИ ДЕФОРМАЦИИ ПОЛЗУЧЕСТИ

Важной и в то же время сложной задачей является задача определения параметров третьей стадии деформации ползучести. Даже в одно-

осных теориях нелинейной ползучести получить точные аналитические решения весьма сложно.

Рассмотренная в работе модель имеет следующий вид: $\dot{p} = c\sigma^m$, $\sigma = \sigma_0(1 + \omega)$, $\dot{\omega} = \alpha\dot{p}$, где σ и σ_0 – соответственно истинное и номинальное напряжения, p – деформация ползучести, ω – параметр поврежденности, m , α и c – параметры материала, подлежащие определению. Аналитическое выражение, описывающее решение этой системы уравнений при $\sigma_0 = \text{const}$, записывается в виде:

$$p(t, \sigma_0) = -\frac{1}{\sigma_0 m \alpha} \ln(1 - \alpha m c \sigma_0^{m+1} t).$$

Известные методы оценки параметров деформации ползучести не обеспечивают минимум отклонения между моделью и экспериментальными данными:

$$\sum_{k=1}^N (y_k - p(tk, \sigma_0))^2 = \sum_{k=1}^N e_k^2 \rightarrow \min,$$

где y_k – значение деформации, полученное из эксперимента, $p(tk, \sigma_0)$ – значение деформации, вычисленное по модели, e_k – естественный разброс данных относительно модели.

В работе представлен новый численный метод нелинейной параметрической идентификации модели третьей стадии деформации ползучести: m , α и c , на основе статистической обработки результатов экспериментальных данных. В основе метода лежат разностные уравнения, линейно связывающие последовательные результаты наблюдений эксперимента, и сформированная на основе их обобщенная регрессионная модель, коэффициенты которой связаны с параметрами деформации ползучести.

Применение разработанного метода позволяет решить задачи определения параметров второй и третьей стадии деформации ползучести с высокой точностью, что подтверждается рядом результатов численно-аналитических исследований.

Румянцев А. С.

Научные руководители: Кудрявцев С. Г., канд. техн. наук, доцент;

Булдакова Ю. М., ст. преподаватель

Поволжский государственный технологический университет

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В АНИЗОТРОПНОЙ ПОЛОСЕ, СКРЕПЛЕННОЙ ЖЕСТКИМ ОСНОВАНИЕМ, ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОВЕРХНОСТНОЙ КАСАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

Рассмотрим задачу об определении напряжений в упругой однородной анизотропной полосе постоянной высоты h и бесконечной длины, скрепленной жестким основанием, при действии поверхностной касательной нагрузки.

В работе [1] приведены уравнения для определения напряжений и перемещений в полосе из анизотропного материала, когда упругие характеристики материала различны. Проведем анализ напряженного состояния в полосе для случая, если коэффициенты, характеризующие упругие характеристики материала, одинаковы.

Полагаем, что направления осей ортотропии совпадают с координатными осями. Направим ось x вдоль нижней плоскости полосы, ось y - перпендикулярно к границе. Положительные направления нормальных σ_x , σ_y и касательного τ_{xy} напряжений, перемещений u и v , совпадают с обозначениями [2].

Рассмотрим вариант, когда на верхней плоскости полосы в сечении $x=0$ действует сила параллельно границе (аналог задачи Черрути). Сила равномерно распределена вдоль прямой перпендикулярной плоскости $хоу$, а ее интенсивность равна F .

На рис. 1 и 2 представлены результаты численного расчета изменения безразмерного параметров напряжений $\sigma_y = \frac{\bar{\sigma}_y \pi h}{F}$ и $\tau_{xy} = \frac{\bar{\tau}_{xy} \pi h}{F}$ в зависимости от характеристик материала и величины x . Кривая 1 соответствует изотропному материалу (коэффициент Пуассона $\nu=0,25$). Кривая 2 построена для слоистого стеклопластика ортогонального армирования при значениях упругих постоянных приведенных в [2]. Значение $y=0$.

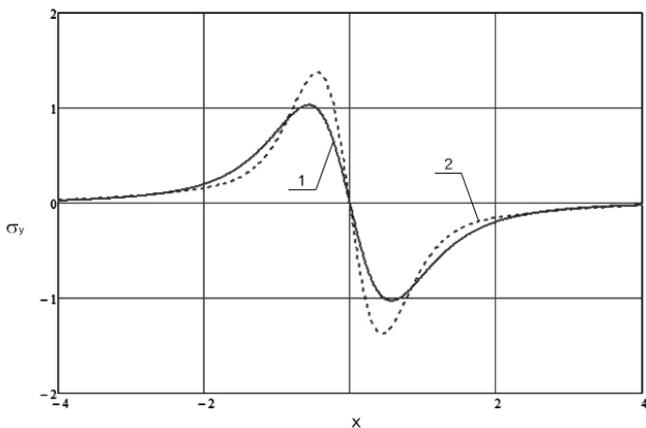


Рис. 1. Изменение параметра нормального напряжения σ_y по длине полосы

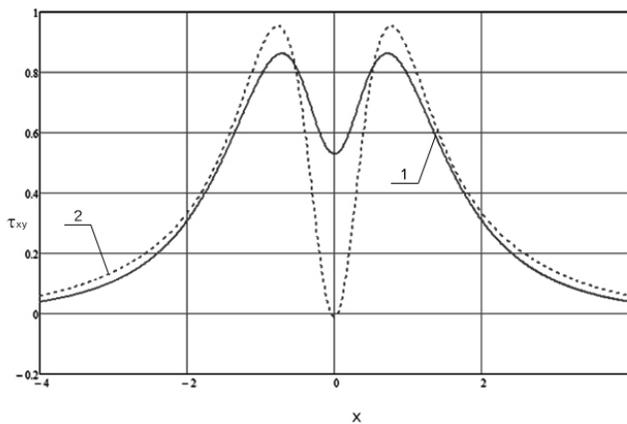


Рис. 2. Изменение параметра касательного напряжения τ_{xy} по длине полосы

Литература

1. Кудрявцев, С. Г. Взаимодействие анизотропной полосы и жесткого основания / С. Г. Кудрявцев, Ю. М. Булдакова // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2012. – № 4. – С. 29-35.
2. Лехницкий, С. Г. Теория упругости анизотропного тела / С. Г. Лехницкий. – М.: Наука, 1977. – 416 с.

4. СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА И ТЕОРИЯ СООРУЖЕНИЙ

УДК 539.376

Журов А. А., Журова К. В.

Научный руководитель: Иванов С. П., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТ СТЕРЖНЕЙ НА ИЗГИБ ПРИ БОЛЬШИХ ПРОГИБАХ

Рассмотрим расчет балки при больших прогибах. Запишем дифференциальное уравнение изгиба балки, используя точное выражение кривизны (рис. 1).

$$\frac{EJ \cdot y''}{\left[1 + (y')^2\right]^{\frac{3}{2}}} = M. \quad (1)$$

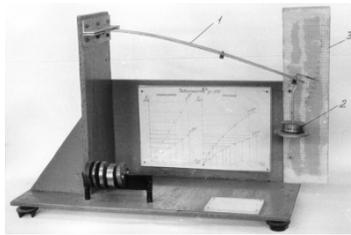


Рис. 1. Экспериментальная установка консольной балки

В отличие от [1] получим другое решение. Разложим знаменатель левой части (1) в биномиальный ряд, получим в первом приближении следующее уравнение:

$$\begin{aligned} \left[1 + (y')^2\right]^{\frac{3}{2}} &= 1 + \frac{3}{2} \cdot y'^2 + \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{4} (y'^2)^2 + \dots \approx 1 + \frac{3}{2} \cdot y'^2; \\ EJy'' &= M \cdot \left(1 + \frac{3}{2} \cdot y'^2\right) = -P \cdot (l-x) \cdot \left(1 + \frac{3}{2} y'^2\right); \\ y'' &= -\frac{P \cdot (l-x)}{EJ} - \frac{P \cdot (l-x)}{EJ} \cdot \frac{3}{2} \cdot y'^2. \end{aligned} \quad (2)$$

где l – длина, EI – жесткость балки.

Для решения нелинейного дифференциального уравнения (2) используем метод последовательных приближений:

$$y = y_{11} + y_{12} + \dots, \quad (3)$$

где y_{11}, y_{12} – перемещения по номерам приближений.

Учитывая (3), сведем уравнение (2) к системе двух линейных дифференциальных уравнений (для первого приближения):

$$\begin{cases} y_{11}'' = -\frac{P \cdot (l-x)}{EJ}; \\ y_{12}'' = -\frac{P \cdot (l-x)}{EJ} \cdot \frac{3}{2} \cdot y^2. \end{cases} \quad (4)$$

Запишем граничные условия:

$$\text{при } x=0 \quad \begin{cases} y_{11} = 0, & y_{12} = 0, \\ y_{11}' = 0; & y_{12}' = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Интегрируя систему (4) с учетом (5), получим выражение для определения перемещений:

$$y = y_{11} + y_{12} = -\frac{Plx^2}{2EJ} + \frac{Px^3}{6EJ} + \frac{3}{2} \left(\frac{P}{EJ} \right)^3 \cdot \left[\frac{l^3 x^4}{12} - \frac{l^2 x^5}{10} + \frac{lx^6}{24} - \frac{x^7}{168} \right]. \quad (6)$$

На основании уравнения (6) построены графики зависимости нагрузка – перемещение для стальной балки длиной $l=40$ см, шириной сечения 4 см и высотой 0,1 см:

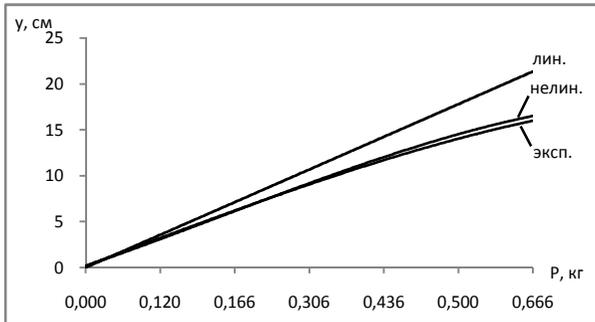


Рис. 2. График зависимости нагрузка – перемещение

Выводы. Из графиков видно, что при перемещении конца балки на величину, равную четверти длины и более, геометрическая нелинейность начинает оказывать существенное влияние на прогиб; теоретические и экспериментальные данные достаточно близки по значению.

Литература

1. Тимошенко, С. П. Механика материалов / С. П. Тимошенко, Дж. Гере. – М., 1976. – 670 с.

УДК 539.3

Зайцев Д. С.

Научный руководитель: Иванов С. П., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ С ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

Материалы, используемые в строительстве, машиностроении, авиации, кораблестроении, разнообразны, а некоторые обладают и нелинейной диаграммой деформирования [1]. При расчете конструкций из таких материалов необходимо отказываться от приближенных основных гипотез линейной строительной механики. Для части материалов можно учитывать зависимость между напряжениями σ и деформациями ε в виде кубического полинома

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

где E , E_1 – постоянные, принимаются из опытных данных.

Получим дифференциальное уравнение равновесия при изгибе с растяжением балки под действием равномерно распределенных нагрузок в поперечном q_1 и продольном q_2 направлениях.

Запишем выражения продольной деформации ε

$$\varepsilon = \frac{du}{dx} - z \frac{d^2w}{dx^2} = u' - zw''. \quad (2)$$

Для вывода используем энергетический метод. Определим полную энергию деформирования балки, которая складывается из работы внутренних U и внешних сил q_1 и q_2 .

Работа внутренних сил определяем по формуле

$$U = \int_{-h/2}^{h/2} \int_0^\varepsilon \sigma d\varepsilon dz. \quad (3)$$

Далее запишем выражение полной энергии

$$\Pi = \int_x (U - q_1 w - q_2 u) dx. \quad (4)$$

С учетом (2) полная энергия выражается через перемещения u , w и их производные.

Определяем минимум энергии, используя уравнение Эйлера-Лагранжа:

$$\begin{aligned} -\frac{d^2}{dx^2} \frac{\partial F}{\partial w''} + \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial w'} - \frac{\partial F}{\partial w} &= 0; \\ \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial u'} - \frac{\partial F}{\partial u} &= 0, \end{aligned} \quad (5)$$

где F – подинтегральная функция выражения (4).

Раскрывая (5), получим систему нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} EJw^{IV} &= q_1 - \Phi_1; \\ u'' &= -\frac{q_2}{EA} + \Phi_2, \end{aligned} \quad (4)$$

где $J=bh^3/12$, $A=bh$ – соответственно момент инерции и площадь поперечного прямоугольного сечения балки; выражения Φ_1 и Φ_2 учитывают физическую нелинейность материала и из-за громоздкости здесь не приводятся.

На основании уравнений (4) можно рассчитывать различные физически нелинейные балки на изгиб с растяжением (сжатием) при различных видах опирания концов.

Литература

1. Иванов, С. П. Пластинчатые системы, контактирующие с упругой средой: монография / С. П. Иванов, О. Г. Иванов. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2008. – 164 с.

Киреева А. А., Шестакова М. О.

Научный руководитель: Иванов С. П., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТ ПЛАСТИН ВАРИАЦИОННЫМ МЕТОДОМ В. З. ВЛАСОВА

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

Функция прогибов разыскивается в виде следующего разложения [1]:

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

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

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

$$\sum_{ii}^n [a_{ji} W_i^{IV} - 2b_{ji} W_i'' + c_{ji} W_i] = \frac{G_j}{D},$$

$$(i, j = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (2)$$

Коэффициенты уравнения имеют вид:

$$a_{ji} = \int_x f_i f_j dx; \quad b_{ji} = \int_x f_i' f_j' dx - \frac{V}{2} [f_i f_j' + f_i' f_j];$$

$$c_{ji} = \int_x f_i'' f_j'' dx; \quad G_j = \int_x q(x, y) f_j dx. \quad (3)$$

В качестве примера выполнен расчёт пластины тонкой пластины с тремя шарнирноопертыми краями и одним свободным, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой. На пластинку действует равномерно распределенная нагрузка. Вычисления велись при коэффициенте Пуассона $\nu=0,3$.

Для оценки влияния выбранной функции на прогиб пластины для свободного края рассмотрены 2 случая:

1. В направлении оси x – линейная функция $f(x) = \frac{x}{a}$, в направлении оси y – тригонометрическая функция $W_1 = W_{11} \sin \frac{\pi y}{b}$, функция прогибов

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

2. В направлении оси x – $f_1(x) = \frac{x}{a}$ и $f_2(x) = \sin \frac{\pi x}{a}$, в направлении оси y – $W_1 = W_{11} \sin \frac{\pi y}{b}$, $W_2 = -W_1 = W_{11} \sin \frac{\pi y}{b}$, $W_2 = W_{12} \sin \frac{\pi y}{b}$; функция прогибов $w(x, y) = \left(W_{11} \sin \frac{\pi y}{b} \right) \frac{x}{a} + \left(W_{12} \sin \frac{\pi y}{b} \right) \sin \frac{\pi x}{a}$.

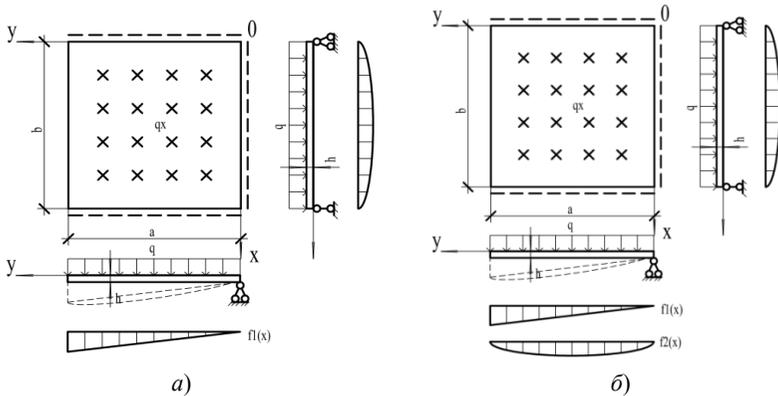


Рис. 1. Расчетные схемы пластины в плане при различных видах координатных функций: а) при одном виде; б) при двух видах

Далее по расчётной программе для различных соотношений сторон пластины были найдены значения прогибов для точек середины пластины и на свободном краю. Сравнивали полученные значения прогибов с табличными данными [2] при различных соотношениях сторон пластины.

Выводы.

1. Наиболее близкие значения прогибов с табличным данным получаются при соотношении сторон $a/b=1$, т. е. для квадратной пластинки.
2. Если координатные функции задать в виде полинома, то очевидные результаты будут более точными.

3. Лучше всего значения прогибов для всех соотношений сторон описывает сложная функция (*б*).

Литература

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

УДК 539.3

Орлова А. С., Баталова Н. А.

Научный руководитель: Иванов С. П., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ МНОГОПРОЛЕТНОЙ БАЛКИ

Рассмотрим свободные колебания двухпролетной балки с закрепленной по середине второго пролета массой m , принимая $l_1+l_2=const$ (рис. 1). Смещаем среднюю опору вправо, т.е. уменьшаем длину 2-го пролета, оставляя массу посередине.

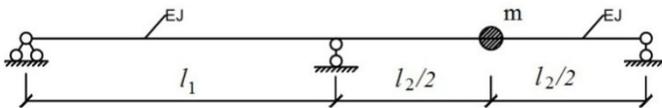


Рис. 1. Схема двухпролетной балки с массой

Для расчета статически неопределимой балки используем метод перемещений.

Частота свободных колебаний определяется по формуле [1]

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{m \cdot \delta_{11}}}, \quad (1)$$

где δ_{11} – единичное перемещение массы m .

Для определения перемещения δ_{11} строим эпюры изгибающих моментов (рис. 2).

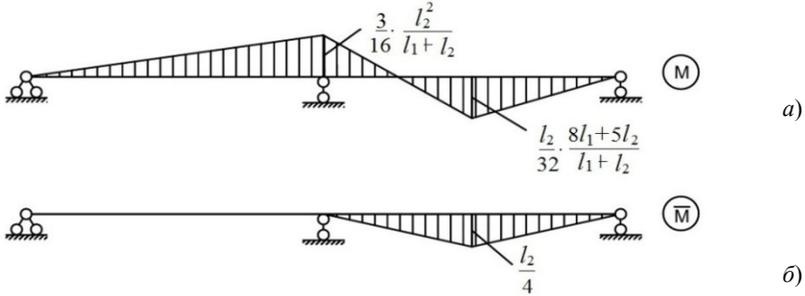


Рис. 2. Эпюры изгибающих моментов от действия единичной силы в неопределимой (а) и определимой (б) системах

Перемножив эпюры M и \bar{M} (рис.2, а, б) получим

$$\delta_{11} = (M \cdot \bar{M}) = \frac{l_2^3}{768(l_1 + l_2)EI} \cdot (16l_1 + 7l_2) = \frac{l_2^3}{768(\frac{l_1}{l_2} + 1)EI} \cdot (16\frac{l_1}{l_2} + 7). \quad (2)$$

Формула (1) с учетом (2) примет следующий вид (3). На основании формулы (3) построен график от изменения пролета балки l_1 (рис. 3).

$$\omega = \sqrt{768(\frac{l_1}{l_2} + 1)EI / m \cdot l_2^3 \left(16\frac{l_1}{l_2} + 7\right)}. \quad (3)$$

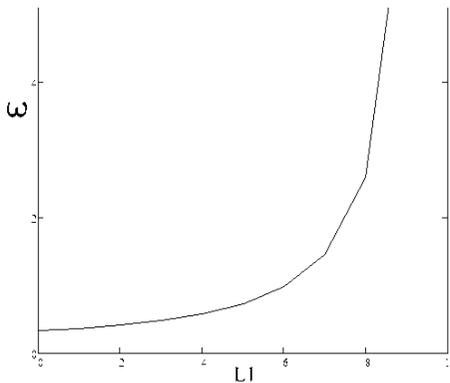


Рис. 3. График изменения $\omega(l_1)$

Выводы:

1. С уменьшением длины второго пролета частота свободных колебаний ω будет увеличиваться.
2. Изменив крайние опоры на жесткие, частота свободных колебаний ω тоже будет увеличиваться, но значительно, по сравнению с балкой, имеющей шарнирные опоры.

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 университет, 2010. – 108 с.

УДК 624.042

Попов А. Д., Шувалов Н. Е.

Научный руководитель: Иванов С. П., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

УСТОЙЧИВОСТЬ МНОГОПРОЛЁТНЫХ БАЛОК

В работе исследуется устойчивость двухпролётной балки при различных видах крайних опор и от соотношения пролётов (рис. 1)

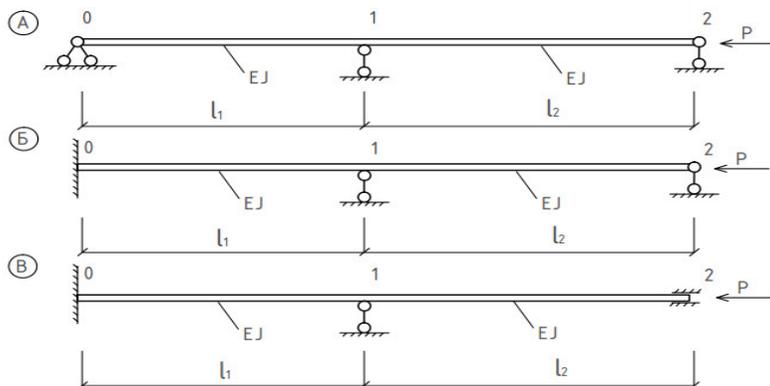


Рис. 1. Схемы балок

Расчёт балок на устойчивость проводим методом перемещений. Запишем каноническое уравнение для узла 1 основной системы.

$$r_{11} \cdot Z_1 = 0. \quad (1)$$

Задача во всех случаях имеет два решения. Первое решение $Z_1=0$ (задача Эйлера), т. е. потеря устойчивости обоих пролётов происходит без поворота узла 1. В действительности потеря устойчивости системы происходит с поворотом узла 1, то $Z_1 \neq 0$, а значит $r_{11} = 0$.

Используя таблицу 22.1. [1] строим единичные эпюры \overline{M}_1 в основной системе и получим уравнения устойчивости для всех трёх случаев:

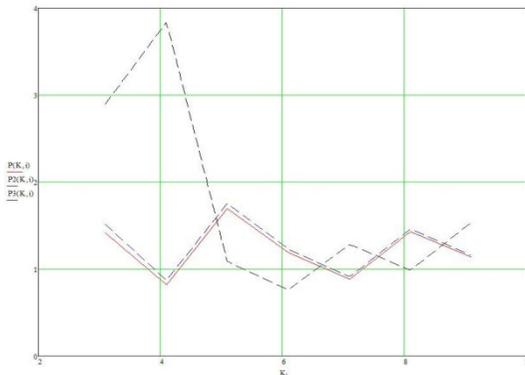
$$r_{11} = \frac{3EI}{l_1} \varphi_1(\nu_1) + \frac{3EI}{l_2} \varphi_1(\nu_2) = 0; \quad (2)$$

$$r_{11} = \frac{4EI}{l_1} \varphi_2(\nu_1) + \frac{3EI}{l_2} \varphi_1(\nu_2) = 0; \quad (3)$$

$$r_{11} = \frac{4EI}{l_1} \varphi_2(\nu_1) + \frac{4EI}{l_2} \varphi_2(\nu_2) = 0. \quad (4)$$

Здесь $\nu_1 = l_1 \sqrt{\frac{P}{EI}}$; $\nu_2 = l_2 \sqrt{\frac{P}{EI}}$.

Используя таблицу 22.1. [1], строим графики изменения $P_{кр}$ от соотношения l_1 / l_2



Вывод. Исходя из результатов расчёта видно, что наименьшая критическая сила в А и Б получается при $l_1 / l_2 = 4,2$ ($P_{кр} = 0,83$ и $0,88$), а в В при $l_1 / l_2 = 6,2$ ($P_{кр} = 0,85$).

Литература

1. Иванов, С. П. Строительная механика. Ч. 3. Устойчивость, динамика и предельное состояние: курс лекций / С. П. Иванов, О. Г. Иванов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. – 108 с.

УДК 539.3

Попов Д. А.

Научный руководитель: Иванов О. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ НЕРАЗРЕЗНЫХ БАЛОК С ОДНОЙ СТЕПЕНЬЮ СВОБОДЫ

При решении задач расчета реального сооружения для многих конструкций расчетной схемой является неразрезная балка – статически неопределимая система.

Статически неопределимые системы являются более жесткими по сравнению с соответствующими определимыми системами. При действии одной и той же нагрузки они являются более экономичными.

При расчете неразрезной балки применяется метод сил.

Целью данной работы является определение частоты свободных колебаний неразрезной балки при различных степенях статической неопределимости.

В основу положен метод сил. На основе этого метода выполнен аналитический расчет балки, лежащей на шарнирных опорах, с точечным грузом массой m на консоли, с помощью уравнений трех моментов:

$$\begin{aligned} & \frac{l_i}{EJ_i} \cdot M_{i-1} + 2 \left(\frac{l_i}{EJ_i} + \frac{l_{i+1}}{EJ_{i+1}} \right) \cdot M_i + \frac{l_{i+1}}{EJ_{i+1}} \cdot M_{i+1} = \\ & = -6 \left(\frac{\omega_i}{EJ_i} \cdot \frac{a_i}{l_i} + \frac{\omega_{i+1}}{EJ_{i+1}} \cdot \frac{b_{i+1}}{l_{i+1}} \right) \end{aligned}$$

В зависимости от изменения количества связей строятся единичные эпюры изгибающих моментов.

Дифференциальное уравнение свободных колебаний без учета затуханий:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \omega^2 y = 0,$$

где $\omega = \frac{1}{\sqrt{m\delta_{11}}}$ – частота свободных колебаний.

Результаты исследования представляются графически. Они показывают, что с увеличением степени статической неопределенности при одинаковых геометрических параметрах неразрезной балки частота увеличивается.

Литература

1. Дарков, А. В. Строительная механика: учебник / А. В. Дарков. – 12-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2010. – 656 с.
2. Клейн, Г. К. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (Основы теории устойчивости, динамики сооружений и расчета пространственных систем): учеб. пособие для вузов / Г. К. Клейн, В. Г. Рекач, Г. И. Розенблат. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1972. – 320 с.

УДК 539.3

Смирнов А. О., Лешканов А. Ю.

Научный руководитель: Иванов С. П., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ ПЛИТ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Для расчета плит на упругом основании используем вариационный метод В. З. Власова. Функцию прогиба w запишем в следующей форме [1]:

$$w(x, y) = \sum_{i=1}^n W_i(y) f_i(x), \quad (1)$$

где $W_i(y)$ – обобщенная величина изгиба, а $f_i(x)$ – координатная функция, которой задаются заранее по физическому смыслу задачи.

Выводятся уравнения на основе энергетического метода. В качестве упругого основания принимаем винклеровскую модель. Составляем выражение полной энергии деформирования плиты, которая состоит из работы внутренних и внешних сил и упругой среды:

$$П = \iint \left[\frac{1}{2} \left(M_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + M_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2M_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) - q(x, y) \cdot w - \right.$$

$$-\frac{k_0 w^2}{2} - \frac{N_x (w')^2}{2} \Big] dx dy, \quad (2)$$

где M_x , M_y , M_{xy} , – соответственно изгибающие и крутящие моменты; q , N_x – поперечные и продольные нагрузки; k_0 – коэффициент постели основания.

Определяем экстремальное значение полной энергии Π , используя уравнение Эйлера-Лагранжа. После раскрытия этого уравнения с учётом (1) получим следующие уравнения продольно-поперечного изгиба плиты:

$$\sum_{i=1}^n \left[a_{ik} W_i^{IV} + \left(\frac{N_{ik}}{D} a_{ik} - 2b_{ik} \right) W_i'' + c_{ik}^* W_k \right] - G_i = 0; \quad (3)$$

Коэффициенты уравнения имеют вид:

$$a_{ik} = \int_0^a f_i f_k dx; \quad b_{ik} = \int_0^a f_i' f_k' dx - \frac{\mu}{2} [f_i f_k' + f_i' f_k]_0^a;$$

$$c_{ik}^* = \frac{k_0}{D} \int_0^a f_i f_k dx + \int_0^a f_i'' f_k'' dx; \quad (i, k = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (4)$$

Свободный член G_i имеет вид:

$$G_i = \frac{1}{D} \int_0^a q(x, y) \cdot f_i dx. \quad (5)$$

Дифференциальные уравнения (3) решаются совместно с граничными условиями.

В качестве примера выполнен расчет квадратной плиты с шарнирно-опертыми краями размерами $2 \times 2 \times 0,2$ м. Модуль упругости материала плиты примем $E = 2 \cdot 10^7$ кН/м², а коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$. Основание – песок, слежавшийся с коэффициентом постели $k_0 = 5 \cdot 10^3$ кН/м³. Поперечная нагрузка равна $q = 2$ кН/м².

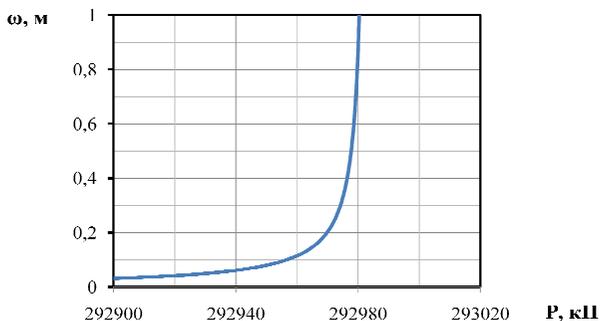
Проводим расчет плиты в первом приближении $i, k = 1$.

$$w(x, y) = W_1(y) \cdot f_1(x). \quad (6)$$

Координатные функции приняты из таблицы 5.1 [1]. Уравнение (3) с учетом (6) принимает вид:

$$a_{11} \cdot W_1^{IV} + \left(\frac{P}{D \cdot b} a_{11} - 2b_{11} \right) W_1'' + c_{11}^* \cdot W_1 - G_1 = 0. \quad (7)$$

На основании расчета построен график изменения прогиба в зависимости от изменения продольной нагрузки P (рисунок).



Вывод: С увеличением нагрузки при определенной величине $P = P_{кр}$ прогиб центральной точки плиты стремится к бесконечности.

Литература

1. Иванов, С. П. Балки и плиты на упругом основании: учебное пособие / С. П. Иванов. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – 112 с.

УДК 539.3

Янцтов А. В.

Научный руководитель: Иванов О. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

В инженерных конструкциях широко применяются стержневые системы, состоящие из нескольких стержней, соединенных между собой с помощью жестких узлов, представляющих собой статически неопределимые системы. Для расчета таких систем используют два основных метода – метод сил и метод перемещений.

Целью данной работы является исследование устойчивости статически неопределимых систем на основании уравнений трех перемещений при различных степенях статической неопределимости.

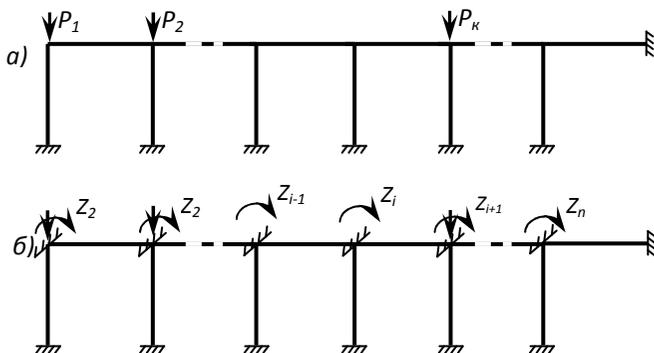


Рис. 1

Уравнения трех перемещений выводятся из канонических уравнений метода перемещений на примере статически неопределимой рамы рис. 1, а. Основная система метода перемещений образуется путем введения заделок во все жесткие узлы рис. 1, б.

От единичного поворота i -ой дополнительной заделки основной системы левее узла $i-1$ и правее узла $i+1$ балки деформироваться не будут, поэтому каждое из канонических уравнений будет содержать лишь три неизвестные:

$$r_{i,i-1}Z_{i-1} + r_i Z_i + r_{i,i+1}Z_{i+1} = 0. \quad (1)$$

При потере устойчивости будет происходить смещение узлов, то следовательно $Z_i \neq 0$. Система (1) будет иметь ненулевое решение для неизвестных, если определитель, составленный из коэффициентов r_{ij} , будет равен нулю

$$D = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{i,i-1} & r_{i,i} & r_{i,i+1} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{n,n-2} & r_{n,n-1} & r_{nn} \end{vmatrix} = 0. \quad (2)$$

Коэффициенты r_{ij} зависят от параметра ν , связанного с сжимающей силой P . Раскрывая определитель (2), определяем критическую по формуле $P_{кр.} = \frac{\nu^2 EI}{l^2}$.

На основе формул выполнен расчет на устойчивость рамы.

В зависимости от изменения степени статической неопределимости определяется величина критической силы. Результаты исследования представляются графически. Они показывают, что с увеличением степени статической неопределимости при одинаковых геометрических параметрах стержневой системы величина критической силы увеличивается.

Литература

1. Дарков, А. В. Строительная механика: учебник / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. – 12-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2010. – 656 с.
2. Клейн, Г. К. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (Основы теории устойчивости, динамики сооружений и расчета пространственных систем): учеб. пособие для вузов / Г. К. Клейн, В. Г. Рекач, Г. И. Розенблат. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1972. – 320 с.

5. ПРИКЛАДНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

УДК 515

Арифуллин К. А.

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

ЧЕРТЕЖ ПЛОСКОЙ ДЕТАЛИ С ЭЛЕМЕНТАМИ СОПРЯЖЕНИЙ В КОМПАС-3D

Плавный переход от одной линии к другой в черчении называют *сопряжением*. Сопряжение может быть внешним, внутренним и смешанным. Выполнение чертежей, содержащих элементы сопряжений, является одним из заданий при изучении курса инженерной и компьютерной графики. Для построения сопряжений необходимы следующие элементы: **радиус сопряжения, центр дуги сопряжения и точки сопряжения**. На рис. 1 показано построение внутреннего сопряжения двух окружностей.

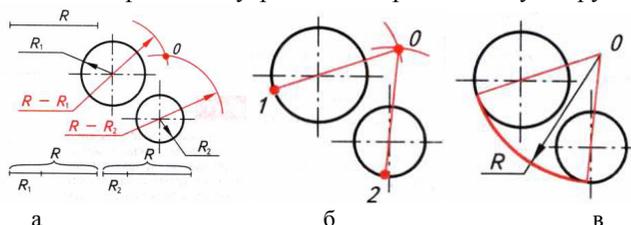


Рис. 1. Построение внутреннего сопряжения двух окружностей:
а – определение центра сопряжения, б – определение точек сопряжения,
в – построение сопряжения

Решение задач на построение сопряжений основано на методе геометрических мест. Геометрическим местом центров окружности сопряжения, касательной к сопрягаемой окружности, является окружность, радиус которой равен разности радиусов окружности сопряжения и окружности сопрягаемой для внутреннего сопряжения.

Алгоритм решения задач на построение сопряжений двух линий при заданном радиусе сопряжения можно сформулировать так:

1. построить геометрическое место центров окружности сопряжения для первой и второй сопрягаемых линий;

2. точка пересечения построенных геометрических мест является центром сопряжения;
3. определить точки сопряжения на сопрягаемых линиях;
4. в границах между точками сопряжений провести дугу сопряжения.

Распространённой программой, облегчающей труд инженеров с помощью автоматизированных систем построения чертежей, является пакет «Компас 3D». Эта программа позволяет с помощью различных геометрических примитивов строить чертежи достаточно сложных деталей и конструкций, быстро создавать спецификации и т. д. [2, 3].

Далее рассмотрен пример построения чертежа плоской детали с элементами сопряжений, показанной на рис. 2а.

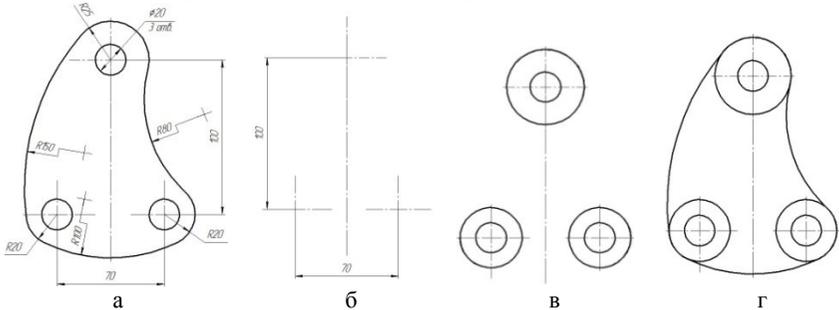


Рис. 2. Последовательность действий при создании чертежа в КОМПАС-3D:
 а – исходные данные; б – разметка осевых линий;
 в – вычерчивание окружностей; г – построение скруглений

Первый этап начинается с разметки листа и построения осевых линий (рис. 2б). Далее начинается построение контура, составленного из дуг окружностей, отрезков или других примитивов на панели «Геометрия». В нашем примере на листе получается набор окружностей (рис. 2в). Для получения сопряжений заданным радиусом на панели «Редактирование детали» выбираем команду «Скругление». На панели свойств вводится радиус скругления. Далее курсор наводится на те части окружностей, в которых лежат точки сопряжения и операция завершается.

При использовании пакета «Компас 3D»:

- работа с построением изображений становится более наглядной;
- повышается активность студентов в процессе обучения;
- ускоряется процесс разработки чертежей;
- повышается уровень самостоятельного изучения графических дисциплин.

Литература

1. Талалай, П. Г. КОМПАС-3D V9 на примерах [Текст] / П. Г. Талалай. – С-Пб.: БХВ-Петербург, 2008. – 592 с.
2. <http://kompas.ascon.ru>
3. <http://ru.wikipedia.org>

УДК 515.2

Кутузова А. Ю.

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

ГЕОМЕТРИЯ МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ

Малые архитектурные формы применялись в оформлении сада на протяжении многих веков. В современном мире интерес к ним возобновляется, различные конструкции такого типа становятся очень популярны не только на западе, но и в средней части континента. В европейских садах строгой геометрической формы скульптура выглядит актуально, так как смягчает и подчёркивает дизайнерское решение ландшафта. Восточные сады и парки насыщены малыми архитектурными формами: фонариками, мостиками, вазонами, беседками, скульптурой. Такие формы начинают активно использоваться в российских садах и парках, на личных участках, делая их оригинальными и элегантными. Объединить произведение искусства с ландшафтом непросто – это тоже искусство. Большую роль в этом единении играет геометрия проектируемых форм, как природных, так и искусственно созданных.

Садовые формы малой архитектуры представляют собой всевозможные по формам и разнообразные по устройству сооружения небольших размеров, изготовленные из различных материалов. Материалом для изготовления МАФ служили камень (мрамор и гранит) и металл (бронза и медь). Сейчас скульптура выполняется не только из традиционных материалов, наряду с камнем и бронзой используются дерево, бетон, проволока, стекло и пластик. Необходимо отметить, что архитектурные формы из природного материала органично вписываются в любой ландшафт и обладают устойчивостью к негативным факторам внешнего влияния, т. е. более долговечны.

Одним из самых оригинальных и актуальных приёмов оформления сада в ландшафтном дизайне является «зелёная скульптура». При по-

мощи специальных приёмов деревьям и кустарникам придаётся затейливая, а порой даже причудливая форма. Это могут быть разнообразные геометрические фигуры: шар, конус, призма, арки, колонны, фигурки животных, что сейчас часто можно встретить на улицах и в парках российских городов.

Эти архитектурные элементы не только украшают зелёные участки городов и посёлков, но и придают разнообразие их облику, расставляя вертикальные акценты. Например, арка – конструкция относительно узкая, перголы представляют собой ряд соединённых арок, обрамлённых вьющимися растениями. В таком виде перголы образуют крытые аллеи, располагающие к уединённым прогулкам.

Геометрия малых архитектурных форм зависит от стиля оформления ландшафта. Строгие английские парки украшаются такими же строгими по форме, классическими архитектурными элементами. Более эмоциональные итальянцы предпочитают плавные линии, соответствующие природным, создают искусственные водопады, фонтаны, что наиболее соответствует их жаркому климату. На современном этапе развития ландшафтного дизайна вошло в моду смешение стилей. На одном участке можно увидеть фонарь в виде китайской пагоды и чопорную английскую аркаду.

Самостоятельными элементами ландшафтного дизайна являются беседки, ограды, мостики, гrotы, фонтаны и т. д. Они могут иметь простую геометрическую форму, а могут представлять из себя сложное инженерное сооружение, украшающее или разделяющее зелёную зону на отдельные участки, например, для занятий спортом, прогулок, тихого отдыха, детские площадки и т. д. Беседки, павильоны, бельведеры и подобные сооружения ландшафтного дизайна, выполненные из дерева, придают ландшафту очарование деревенской усадьбы, делают садовое пространство более разнообразным и интересным. Красивые цветочные композиции располагают на клумбах, рабатках различной геометрической формы, начиная с простых геометрических фигур (прямоугольник, круг, овал) и заканчивая сложным орнаментом.

Малые архитектурные формы должны быть эргономичны, но при этом отличаться оригинальным дизайном. Также малые архитектурные формы в саду должны быть продуманными по конструкции, недорогими в изготовлении и, что особенно важно, они должны гармонично вписываться в среду ландшафтного дизайна, спроектированного для озеленения отдельно взятого участка.

Филимонова А. А.

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

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ С ПОМОЩЬЮ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ

Известно, что решение задач значительно упрощается, если геометрические фигуры занимают проецирующее по отношению к плоскостям проекций положение. Возможность таких упрощений при решении некоторых позиционных задач возникает в тех случаях, когда удастся получить вырожденную проекцию геометрической фигуры: точку для прямой, прямую для плоскости, ломаную для поверхности пирамиды или призмы, кривую для конической или цилиндрической поверхности.

Вырожденные проекции указанных геометрических фигур можно получить вспомогательным проецированием на одну из плоскостей проекций или на дополнительную проецирующую плоскость проекций.

Это проецирование может быть центральным (рис. 1) или параллельным (рис. 2).

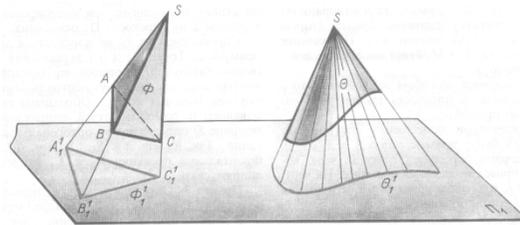


Рис. 1

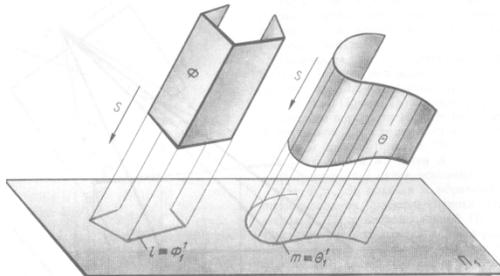


Рис. 2

На рис. 3 и 4 приведены примеры использования способа вспомогательного проецирования, который при определенных условиях может быть эффективно применен и для решения ряда метрических задач.

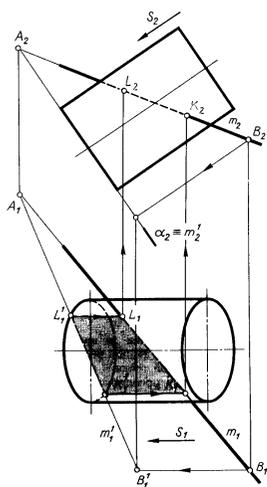


Рис. 3

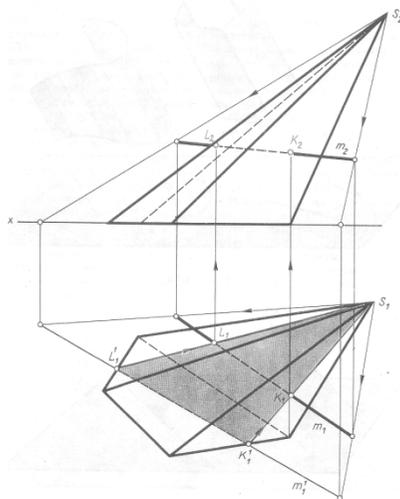


Рис. 4

Литература

1. Начертательная геометрия: учебник для вузов / Н. К. Крылов, П. И. Лобандиевский, С. А. Мен и др. – М: Высшая школа, 1977.

6. ОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 547.46'052

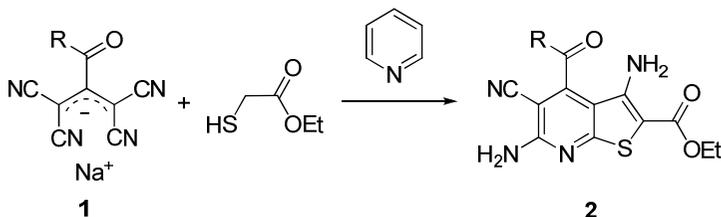
Григорьев А. А.

Научный руководитель: Карпов С. В., канд. хим. наук, ст. преподаватель
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 2-АРОИЛ-1,1,3,3- ТЕТРАЦИАНОПРОПЕНИДОВ НАТРИЯ С ЭТИЛОВЫМ ЭФИРОМ ТИОГЛИКОЛЕВОЙ КИСЛОТЫ

2-ацил(ароил)-1,1,3,3-тетрацианопропениды щелочных металлов (АТЦП) являются перспективными исходными соединениями для синтеза различных гетероциклических соединений. За счет наличия нескольких реакционных центров, взаимодействие АТЦП с нуклеофилами, в зависимости от условий, может реализовываться через стадию образования дигидрофуранового либо пиридинового цикла.

Нами было обнаружено, что при взаимодействии АТЦП **1** с этиловым эфиром тиогликолевой кислоты, в среде пиридина, образуются этил 3,6-диамино-4-ацил(ароил)-5-цианотиено[2,3-*b*]пиридин-2-карбоксилаты **2**.



(a) R = Ph; (b) R = 4-MePh; (c) R = 4-MeOPh; (d) R = *tert*-Bu; (e) R = 1-naphthyl.

Таким образом реализовано взаимодействие АТЦП **1** с этиловым эфиром тиогликолевой кислоты, при котором были выделены этил 3,6-диамино-4-ацил(ароил)-5-цианотиено[2,3-*b*]пиридин-2-карбоксилаты **2** с выходами 57-72%. Все синтезированные соединения представляют собой желтые кристаллические вещества, хорошо растворимые во многих органических растворителях. Структура полученных соединений были предложены на основании данных ИК, ЯМР ¹H спектроскопии и масс-спектрометрии.

Исследование выполнено в рамках стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов СП-3725.2015.4.

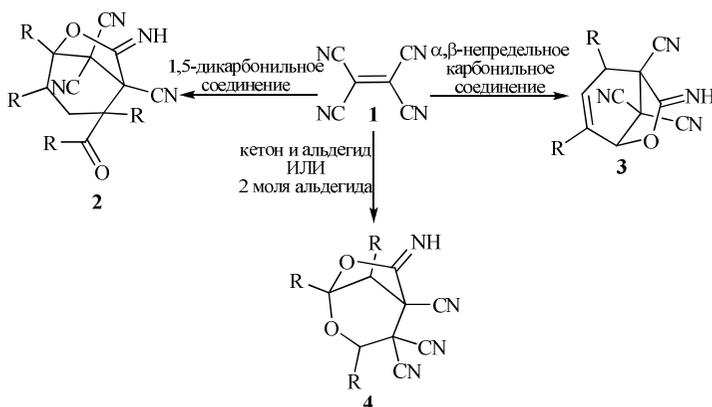
Иевлев М. Ю.

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

ПОСТРОЕНИЕ И ДАЛЬНЕЙШАЯ МОДИФИКАЦИЯ ЦИАНОЗАМЕЩЕННЫХ БИЦИКЛО[3.2.1]ОКТАНОВ, СОДЕРЖАЩИХ ИМИНОЛАКТОННЫЙ ФРАГМЕНТ

Среди производных полициклических каркасных молекул, содержащих гетероциклические фрагменты, очень часто встречаются соединения, обладающие биологической активностью. В частности, замещенные 8-азабицикло[3.2.1]октаны являются ингибиторами обратного захвата моноаминовых нейротрансмиттеров, а 6,8-диоксаби-цикло[3.2.1]октаны представляют собой основной структурный элемент таких феромонов насекомых как фронталин, бревикомин и мультистриатин.

Нами предлагается подход к синтезу различных производных бицикло[3.2.1]октана исходя из тетрацианоэтилена и карбонильных соединений.



В зависимости от природы карбонильного соединения могут быть получены бициклические производные циклогексана (2), циклогексена (3) и пирана (4). Строение всех синтезированных соединений, подтверждается данными ИК-, ¹H ЯМР-спектроскопии, масс-спектрометрии.

Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России (№872).

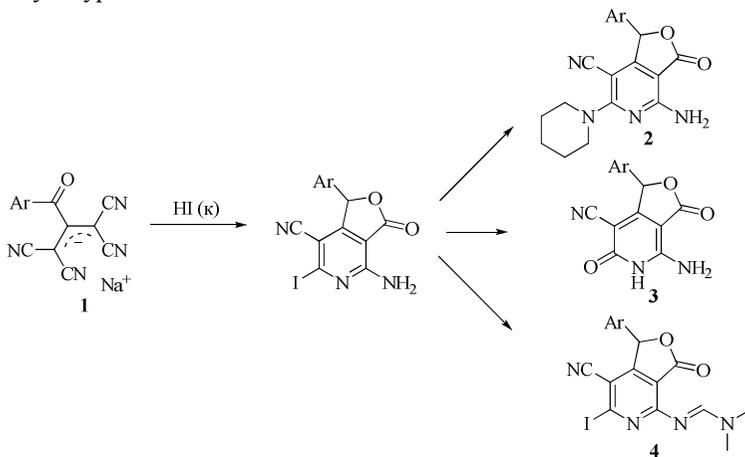
Калишова И. В.

Научный руководитель: Карпов С. В., канд. хим. наук, ст. преподаватель
 Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФУРО[3,4-*c*]ПИРИДИН-5-КАРБОНИТРИЛА

2-Ароил-1,1,3,3-тетрацианопропеныды **1** являются удобными исходными соединениями для синтеза разнообразных высокофункционализированных гетероциклических структур [1,2]. Строение аниона солей **1** является исключительно удобным для реализации каскадной гетероциклизации под действием разнообразных нуклеофильных реагентов, в результате чего происходит образование конденсированных производных пиридина.

Нами были синтезированы новые производные циклического амида никотиновой кислоты - фууро[3,4-*c*]пиридина **2-4**, а также исследованы их ростоподавляющие и антибиопленочные свойства по отношению к тест-культурам *S. aureus* и *E. Coli*.



Было установлено, что соединения **2-4** имеют МПК по отношению к исследуемым микроорганизмам в диапазоне 64-128 мкг/мл, а также проявляют выраженную ингибирующую активность по отношению к образованию биопленок *S. aureus* и *E. Coli* в концентрациях выше 4-8

мкг/мл, что может представлять интерес для создания комбинированных антисептиков для стерилизации хирургических инструментов.

Исследование выполнено в рамках стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов СП-3725.2015.4

Литература

1. 2-Ацил(ароил)-1,1,3,3-тетрацианопропениды I. Синтез 2-[5-амино-2-арил-2-хлор-4-цианофуран-3(2Н)-илиден]малононитрилов взаимодействием 2-ароил-1,1,3,3-тетрацианопропенидов калия с концентрированной соляной кислотой / С. В. Карпов, Я. С. Каюков, И. Н. Бардасов и др. // Журн. Орг. Хим. – 2011. – Т. 47. – №3. – С. 412-414.
2. 2-Ацил(ароил)-1,1,3,3-тетрацианопропениды II. Синтез 2-(5-амино-4-циано-2-арил-2-(алкилтио)фуран-3(2Н)-илиден)малононитрилов взаимодействием с тиолами / С. В. Карпов, Я. С. Каюков, О. В. Каюкова и др. // Журн. Орг. Хим. – 2011. – Т. 47. – №8. – С. 1144-1146.

УДК 547.314

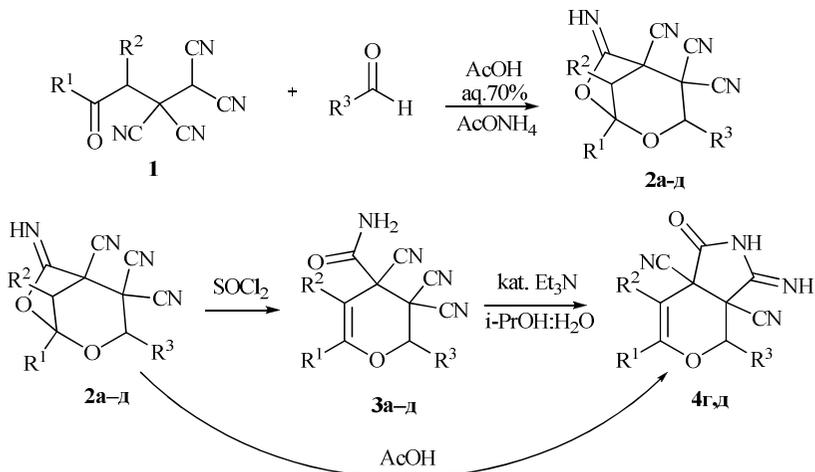
Миловидова А. Г., Иевлев М. Ю.

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

СИНТЕЗ И ПРЕВРАЩЕНИЯ АРИЛЗАМЕЩЕННЫХ 6-ИМИНО-2,7-ДИОКСАБИЦИКЛО[3.2.1]ОКТАН- 4,4,5-ТРИКАРБОНИТРИЛОВ

Ранее проведенные исследования показали, что 6-имино-2,7-диоксабицикло[3.2.1]октан-4,4,5-трикарбонитрилы **2** проявляют противопухолевую активность [1]. Данная работа направлена на разработку оптимального способа получения ранее неизвестных арилзамещенных диоксабициклов **2**, а также их дальнейшую модификацию.

Нами было выявлено, что тетрацианоэтилированные кетоны **1** при взаимодействии с альдегидами в среде 70%-ной уксусной кислоты приводят к диоксабициклам **2**.



$\text{R}^1=\text{Ph}$, $\text{R}^2=\text{Me}$, $\text{R}^3=\text{Ph}$ (**a**); $\text{R}^1=4\text{-Cl-Ph}$, $\text{R}^2=\text{Me}$, $\text{R}^3=\text{Ph}$ (**б**); $\text{R}^1=\text{Ph}$, $\text{R}^2=\text{Me}$, $\text{R}^3=i\text{-Pr}$ (**в**);
 $\text{R}^1=4\text{-Cl-Ph}$, $\text{R}^2=\text{Me}$, $\text{R}^3=i\text{-Pr}$ (**г**); $\text{R}^1=\text{Ph}$, $\text{R}^2=\text{Et}$, $\text{R}^3=i\text{-Pr}$ (**д**)

Интерес к этим соединениям связан также с их богатым потенциалом для химических превращений. В частности было выявлено, что хлористый тионил приводит к дециклизации иминолактонного фрагмента и образованию пиран-4-карбоксамидов **3**. В то время как концентрированная уксусная кислота приводит к пирано[3,4-с]пирролам строения **4**.

Строение соединений установлено на основе данных комплекса физических методов исследования (ИК-, ЯМР ^1H , ^{13}C – спектроскопия, масс-спектрометрия, рентгеноструктурный анализ).

Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России (№872).

Литература

1. Nasakin, O. E.; Lyshchikov, A. N.; Kayukov, Ya. S.; Sheverdov, V. P. *Pharm. Chem. J.* 2000, 4, 170

Найдёнова А. И.

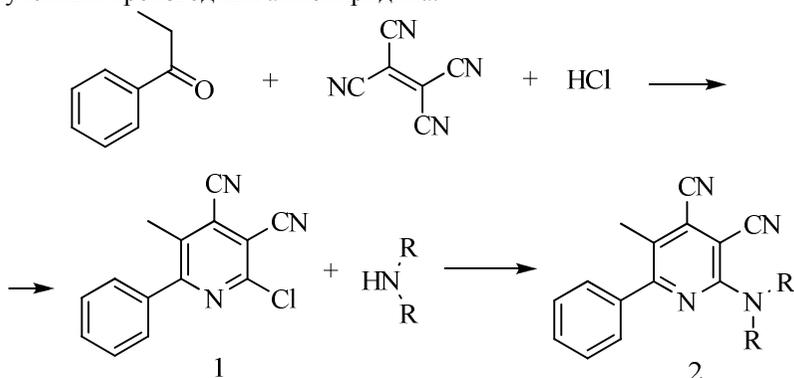
Научный руководитель: Ершов О. В., канд. хим. наук, доцент
 Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

СИНТЕЗ И ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА 2-АМИНОПИРИДИН-3,4-ДИКАРБОНИТРИЛОВ

Флуоресценция нашла широкое применение в различных прикладных биологических и биомедицинских исследованиях. Известно, что среди производных аминопиридинов наиболее интенсивной флуоресценцией обладают 2- и 3- конфигурационные изомеры. При этом алкилирование аминогруппы увеличивает флуоресцентные свойства молекулы.

Целью данного проекта является разработка препаративных методов синтеза N-замещенных 2-аминопиридин-3,4-дикарбонитрилов, изучение их флуоресцентных свойств.

В результате проведенных исследований нами были разработан трёхкомпонентный синтез 5-метил-6-фенил-2-хлорпиридина-3,4-дикарбонитрила **1** и на его основе с диэтиламино **2а**, морфолина **2б** и бутилметиламина **2с** получены новые производные аминопиридинов **2а-в** в среде изопропилового спирта. Изучены флуоресцентные свойства полученных производных аминопиридина.



Строение полученных соединений подтверждены данными ЯМР ^1H - и ИК спектроскопии.

Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России №(872).

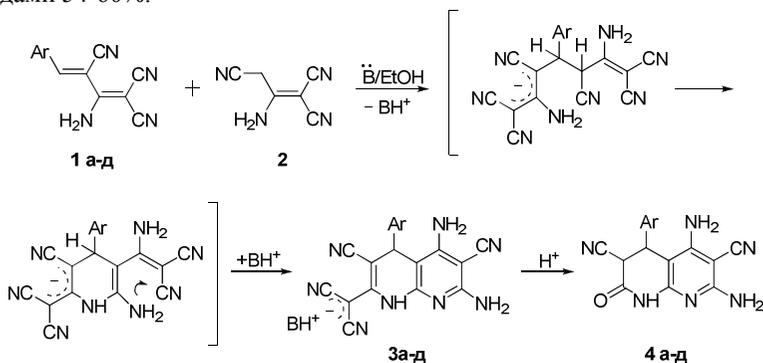
Семенова Е. Г.

Научный руководитель: Алексеева А. Ю., канд. хим. наук, ассистент
 Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

АРИЛМЕТИЛИДЕНПРОИЗВОДНЫЕ ДИМЕРА МАЛОНОНИТРИЛА В СИНТЕЗЕ 1,8-НАФТИРИДИНОВ

Производные нафтиридина обладают широким спектром биологической активности и практического применения. Их используют для диагностики и лечения различных заболеваний, в том числе ВИЧ-инфекции, в сельском хозяйстве и животноводстве для борьбы с экзо- и эндопаразитами, в качестве консервантов и ингредиентов смазочно-охлаждающих жидкостей при обработке металлов, в качестве лигандов в аналитической и каталитической химии и др.

Нами показано, что при взаимодействии арилметилен-производных димера малонитрила (**1**) с димером малонитрила (**2**) в этиловом спирте в присутствии триэтиламина образуются три-этиламмоний дидиано(5,7-диамино-4-(арил)-3,6-дициано-1,4-дигидро-1,8-нафтиридин-2-ил)метаниды (**3**) с выходами 55-63%, которые при кипячении в 10%-ном растворе серной кислоты могут быть превращены в 5,7-диамино-4-арил-2-оксо-1,2,3,4-тетрагидро-1,8-нафтиридин-3,6-дикарбонитрилы (**4**) с выходами 54-60%.



Строение синтезированных соединений доказано методами ИК- и ЯМР ^1H -спектроскопии.

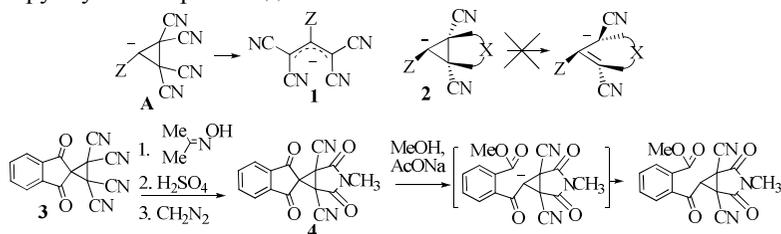
Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России №(872).

Сенатрова В. В.

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

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОЦИКЛИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА РАСКРЫТИЯ ПОЛИЦИАНЦИКЛОПРОПАНОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОСНОВАНИЙ

Производные циклопропанов, замещенные пятью и шестью электроакцепторными группами (ЭАГ), в ходе взаимодействия с нуклеофильными реагентами генерируют циклопропильный карбанион **A**, который далее изомеризуется в аллильный анион **1**. Предполагается электроциклический механизм раскрытия цикла, который в соответствии с принципами орбитальной симметрии, должен протекать конротаторно. В связи с этим в производных циклопропана **2**, у которых две видциальные ЭАГ замкнуты в цикл, раскрытия трехчленного цикла происходить не должно по геометрическим причинам. Экспериментальное наблюдение такого свойства может служить подтверждением электроциклического механизма. В связи с этим была поставлена задача - осуществить синтез соединения **4** и изучить его взаимодействие с ацетатом натрия в среде метанола. Синтез промежуточного циклопропана **3** проводили на основе нингидрина, обрабатывая его последовательно малонитрилом в присутствии основания и броммалонитрилом. Аннелирование пиррольного цикла проводили реакцией с ацетоксимом с последующим гидролизом при катализе серной кислотой. Для того чтобы кислотные свойства имиды не оказывали влияния на ход реакции, имидную группу алкилировали диазометаном.



В процессе взаимодействия циклопропана **4** с метанолом в присутствии ацетата натрия происходит расщепление фталоильного фрагмента при сохранении циклопропильного.

Тимрукова Д. В., Малышкина Н. Л., Воробьев Д. В.

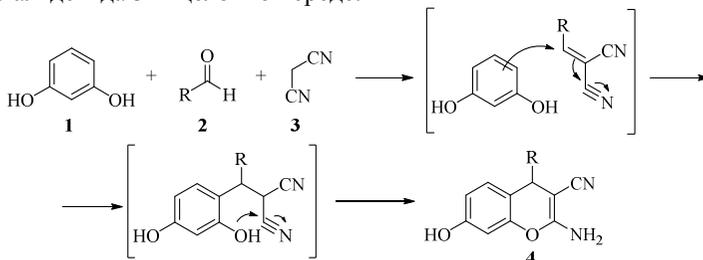
Научные руководители: Бардасов И. Н., канд. хим. наук, доцент;
Алексеева А. Ю., ассистент

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ONE-POT СИНТЕЗ 4-АЛКИЛ-2-АМИНО-7-ГИДРОКСИ-4Н-ХРОМЕН-3-КАРБОНИТРИЛОВ

Хромены являются перспективными гетероциклическими органическими соединениями благодаря тому, что имеют широкий спектр биологической активности: антибактериальную, фунгицидную активность, кроме того, являются мощными агентами апоптоза, что перспективно в лечении опухолевых заболеваний [1-3].

Нами был разработан метод синтеза не описанных ранее в литературе 4-алкил-2-амино-7-гидрокси-4Н-хромен-3-карбонитрилов **4**, основанный на взаимодействии резорцина **1**, малонитрила **2** и алифатического альдегида **3** в щелочной среде.



Строение полученных соединений доказано методами ИК, ЯМР ^1H спектроскопии и масс-спектрометрии.

Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных МК-6312.2015.3.

Литература

1. Zhang, G.; Zhang, Y.; Yan, J.; Chen, R.; Wang, Sh.; Ma, Y.; Wang R. J. Org. Chem., 2012, vol. 77, p. 878.
2. Nakib, T. A.; Bezjak, V.; Rashid, S.; Fullam, B.; Meegan, M. J. Eur. J. Med. Chem., 1991, vol. 26, p. 221.
3. Kalla, R. M. N.; Choi, J.-S.; Yoo, J.-W.; Byeon, S. J.; Heo, M. S.; Kim, I. Eur. J. Med. Chem., 2014, vol. 76, p. 61.

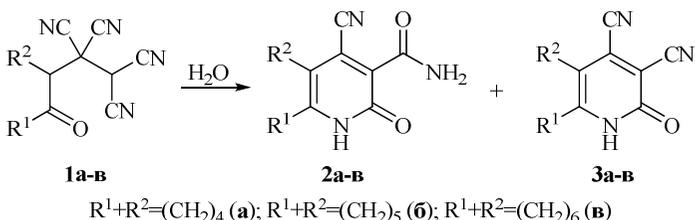
Яцько А. С.

Научный руководитель: Федосеев С. В., канд. хим. наук, ассистент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

СИНТЕЗ И ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРИДИН-2-ОНОВ

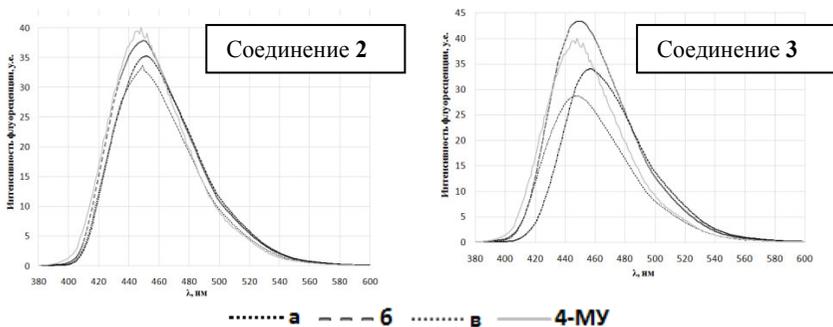
Органические флуорофоры имеют широкую область применения, например, в технологии OLED (Organic Light-Emitting Diodes), фотовольтаике, конфокальной микроскопии, в качестве флуоресцентных меток и зондов, а также в качестве красителей для полимеров и тканей [1-3]. Из литературных данных известно, что пиридин-2-оновый фрагмент является флуорофорным [4]. Кроме того, наличие карбонитрильной функции положительно сказывается на люминесцентных свойствах таких соединений [5].

Для синтеза шестичленных азотсодержащих гетероциклов зарекомендовали себя полифункциональные 4-оксоалкан-1,1,2,2-тетракарбонитрилы. Нами обнаружено, что кипячение 4-оксоалкан-1,1,2,2-тетракарбонитрилов **1** в смеси «этилацетат-вода» приводит к образованию двух соединений – 2-оксо-4-циано-1,2-дигидропиридин-3-карбоксамидов **2** и 2-оксо-1,2-дигидропиридин-3,4-дикарбонитрилов **3** в приблизительно равном соотношении.



Спектры флуоресценции соединений **2а-в** и **3а-в** приведены на рисунке (стандарт – 4-метилумбеллиферон **4-МУ**).

Строение соединений **2** и **3** установлено комплексом физических методов, таких как ИК, ЯМР ¹H, ЯМР ¹³C, НМВС, масс-спектрометрия и рентгеноструктурный анализ.



Спектры флуоресценции соединений **2а-в** и **3а-в**

Таким образом, в ходе исследования реакционной способности 4-оксоалкан-1,1,2,2-тетракарбонитрилов **1** по отношению к воде был разработан метод получения 4-циано-2-оксо-1,2-дигидропиридин-3-карбоксамидов **2** и 2-оксо-1,2-дигидропиридин-3,4-дикарбонитрилов **3**.

Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России (№872).

Литература

1. Chen L.Q., Tao P., Sun C.Y., Liu X.G., Xu B.S. Zinc quinolates through styryl substitution in 2-position via acetoxy exchange reaction // Synth. Met. 2011. Vol. 161. Iss. 11-12. P. 1145-1149.
2. Gulrajani M.L. The use of nanotechnology in the finishing of technical textiles // Advances in the Dyeing and Finishing of Technical Textiles, Woodhead Publishing, Cambridge. 2013. P. 280-308.
3. Tsien, R.Y., Pawley, J.B; Waggoner, A. Fluorophores for confocal microscopy // Handbook of Biolog. Confocal Microscopy. 1995. P. 267-280.
4. Weisstuch A., Neidig P., Testa A.C. A fluorescence study of hydroxypyridines // J. Lumin. 1975. Vol. 10. Iss. 2. P. 137-144.
5. Kuthan J., Nesvadba P., Popl M., Fahrnich J. Some 3-cyano-4,6-diaryl-2-pyridones with luminiscent properties // Collect. Czech. Chem. Commun. 1979. Vol. 44. Iss. 8. P. 2409-2416.

7. ПРИКЛАДНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УДК 614.84

Алгаева Е. П., Сорокин А. А.

Научный руководитель: Тарасенко Е. В., канд. биол. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ХИМИЯ И ПОЖАРОТУШЕНИЕ

Пожар – один из самых опасных видов стихии. Ежегодно от пожаров погибают сотни тысяч людей. Разгоревшись, огонь не щадит ни людей, ни их имущество.

Правильная организация противопожарных мероприятий и тушения пожаров невозможна без понимания сущности химических и физических процессов, которые происходят при горении. Знание этих процессов дает возможность успешно бороться с огнем.

В большинстве случаев при пожаре происходит окисление горючих веществ кислородом воздуха. Горение возможно при наличии вещества, способного гореть, кислорода (воздуха) и источника зажигания. При этом необходимо, чтобы горючее вещество и кислород находились в определенных количественных соотношениях, а источник зажигания имел необходимый запас тепловой энергии.

Практически на большинстве пожаров применяют два способа прекращения горения: охлаждение и изолирование горящих материалов нанесением на их поверхность огнетушащего вещества.

Огнетушащие вещества охлаждения понижают температуру зоны реакции или горящего вещества, что приводит к прекращению горения.

Основным огнетушащим веществом охлаждения, наиболее доступным и универсальным является вода. Хорошее охлаждающее свойство воды обусловлено её высокими теплоемкостью $C = 4187 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ при н.у. и скрытой теплотой испарения $2256 \text{ кДж}/\text{кг}$. Вода химически инертна по отношению к большинству веществ и материалов. К недостаткам воды относятся высокая электропроводность (особенно в случае применения воды с добавками, повышающими её огнетушащие и эксплуатационные свойства), относительно низкая смачивающая способность.

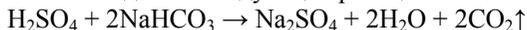
Однако воду нельзя применять для тушения веществ, бурно реагирующих с ней с выделением тепла, горючих, а также токсичных и коррозионно-активных газов. К таким веществам относятся многие металлы, металлоорганические соединения, карбиды и гидриды металлов,

раскаленные уголь и железо. Кроме того, нельзя применять воду для тушения нефти и нефтепродуктов, поскольку может произойти выброс или разбрызгивание горящих продуктов.

Огнетушащие вещества изоляции по виду огнетушащего вещества классифицируют на пенные, газовые и порошковые.

Химическую пену получают из водных растворов кислот и щелочей. Она состоит из 80% углекислого газа, 19,7% воды и 0,3% пенообразующего вещества.

Образование пены идет по следующей реакции:



Давление в корпусе огнетушителя резко повышается, и пена выбрасывается через спрыск наружу.

Воздушно-механическую пену образуют из водных растворов и пенообразователей потоками рабочего газа: воздуха, азота или углекислого газа. Воздушно-механическая пена состоит примерно из 90 % воздуха, 9,8 % воды и 0,2 % пенообразователя.

Пеной нельзя тушить загоревшиеся электрические установки и электросети, находящиеся под напряжением, так как пена является проводником электрического тока.

К газовым огнетушителям относятся углекислотные, углекислотно-бромэтиловые и аэрозольные. В углекислотных огнетушителях в качестве огнетушащего вещества применяют сжиженный диоксид углерода (углекислоту). В углекислотно-бромэтиловых в качестве заряда применяют галогенпроизводные метана и этана (например, бромэтан), при подаче которых в зону горения тушение наступает при относительно высокой концентрации кислорода (14-18 %). Аэрозольные (хладоновые) огнетушители содержат хладон (фреон) (CH_2ClBr , $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$, CF_3Br), который в процессе пожаротушения не оказывает воздействия на защищаемые материалы и оборудование, что позволяет использовать данные огнетушители при тушении пожаров электронного оборудования, картин и музейных экспонатов. Газовые огнетушители предназначены для тушения загораний различных веществ и материалов, электроустановок под напряжением до 380 В.

Порошковые огнетушители содержат смесь, содержащую до 88% гидрокарбоната натрия с добавлением 10% талька и стеаратов металлов (железа, алюминия, магния кальция, цинка).

Во время использования порошок распыляют на очаг горения, образующееся устойчивое порошковое облако изолирует кислород воздуха и ингибирует горение. Используются для тушения небольших очагов загораний горючих жидкостей, газов, электроустановок напряжением до 1000 В.

Арсентьев В. И., 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

О СВОЙСТВАХ РЕЗИНЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ ВОЛОКНИСТЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ

Проблема улучшения свойств резинотехнических изделий, применяемых в нефтегазодобывающей промышленности, является актуальной. На данный момент при добыче нефти в составе обсадных колонн используются уплотнительные элементы (УЭ), которые должны обладать высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами. УЭ изготавливаются из резиновых смесей на основе комбинаций бутадиен-нитрильных (БНК) и гидрированных бутадиен-нитрильных (ГБНК) каучуков. При этом они, наряду с повышенными упруго-эластическими свойствами, должны характеризовать надежной герметизацией обсадных колонн в условиях воздействия высоких (свыше 100°C) температур и термоагрессивостойкостью – стойкостью к воздействию агрессивных сред (высокосернистая нефть, флюид вода-нефть-вода, сероводород). Для получения УЭ, удовлетворяющих этим свойствам, в данной работе проведены исследования по разработке резины на основе комбинации БНК и ГБНК с пероксидной системой вулканизации и использованием различных волокнистых наполнителей (арамидное, стеклографитовое, стекловолокно). Варианты резиновой смеси, содержащие волокнистые наполнители, изготавливались на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150, а затем вулканизовались при температуре 150°C. Для полученных вулканизатов, а также вулканизатов, выдержанных в термошкафу на воздухе при 125°C и в нефтяном дистилляте сернистой нефти СЖР-1 при 25°C в течение 24 часов, изучались упруго-эластические свойства и их изменения в зависимости от условий теплового воздействия воздуха и агрессивной углеводородной среды. Полученные данные показывают, что варианты резины, содержащие волокнистые наполнители, характеризуются повышенными значениями прочности при растяжении и твердости. При этом значения их относительного удлинения и относительной остаточной деформации сжатия, а также изменения физико-механических показателей после теплового воздействия воздуха и углеводородной среды удовлетворяют техническим условиям, предъявляемым к резинам, используемым для изготовления уплотнительных элементов, применяемым в нефтегазодобывающей промышленности.

Бажина А. А., Пузаткина Е. А.

Научные руководители: Пузаткина Е. А.¹, канд. биол. наук, доцент;

Ефимова Т. Н.², канд. биол. наук, доцент

Марийский государственный университет¹

Поволжский государственный технологический университет²

ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТЕОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА И ГРУНТОВ ПОГРЕБЕНИЙ РУСЕНИХИНСКОГО МОГИЛЬНИКА

Материалом настоящего исследования послужила серия костных останков и грунты Русенихинского могильника. Раскопки проводились археологическими экспедициями Марийского научно-исследовательского института языка, литературы и истории им. В. М. Васильева с 2009 по 2013 год. По этноархеологическим признакам и вещественному инвентарю могильник может быть отнесен к древней марийской культуре IX-XI веков [2].

Всего было исследовано 29 образцов грунтов погребений и жертвенных комплексов и 12 образцов костной ткани.

В настоящем исследовании использовался метод атомно-абсорбционной фотометрии.

На начальном этапе исследований нами была определена общая минерализация грунтов изучаемых могильников.

Общая минерализация грунтов погребений Русенихинского могильника достаточно высокая. Подобная тенденция наблюдалась и при изучении минерального состава грунтов жертвенных комплексов Русенихинского могильника. Средний уровень минерализации грунтов жертвенных комплексов равен 97,36%.

Общая минерализация костной ткани погребений Русенихинского могильника имеет высокие значения (51%).

На микроэлементный состав костной ткани влияют пища, вода, воздух, активные вещества из непосредственного окружения человека (некоторые активные металлы: ртуть, свинец, мышьяк, стронций). Поэтому концентрации перечисленных элементов могут быть использованы для реконструкции типа питания древнего населения и некоторых видов профессиональной деятельности [1].

Результаты, полученные нами в ходе исследований, показали чрезвычайно высокие концентрации кальция, марганца, калия и железа во всех образцах грунта погребений и жертвенных комплексов.

Согласно полученным данным, в грунтах погребений Русенихинского могильника отмечено максимальное содержание железа, по сравнению с другими элементами. Также отмечается достаточно высокое содержание таких элементов, как марганец, кальций и калий. Наши данные существенно отличаются от данных литературы [3]. Подобное явление может быть объяснено тем, что в погребениях находилось достаточно большое количество ритуальных артефактов, изготовленных из железа.

На заключительном этапе нами, с целью выявления зависимости накопления микроэлементов в костной ткани, был проведен корреляционный анализ.

На основании полученных результатов, анализа научной литературы были сделаны следующие выводы:

1. общая минерализация грунтов погребений и жертвенных комплексов Русенихинского могильника имеет высокие значения;
2. высокий уровень общей минерализации костных останков могильника может косвенно свидетельствовать о том, что популяция могла проживать в условиях геохимического оптимума;
3. минеральный статус изученной группы населения по содержанию цинка, стронция и меди свидетельствует о преобладании в ее рационе продуктов животного происхождения. Данная популяция могла успешно заниматься охотой, рыболовством и зоособирательством.
4. по данным корреляционного анализа выявлена достоверная связь между элементным составом костяков и грунтов погребений только по ряду микроэлементов (никель, стронций, цинк, свинец).

Литература

1. Козловская, М. В. Гистологические методы изучения палеоантропологических материалов / М. В. Козловская // Историческая экология человека. Методика биологических исследований. – М., 1998. – С. 20-219.
2. Русенихинский могильник древнемарийской культуры IX-XI вв.: междисциплинарный подход к изучению памятника / Т. Б. Никитина, Д. Ю. Ефремова, Е. А. Пузаткина и др. // Материалы III Всероссийской научной конференции «Поволжские финны и их соседи в древности и в средние века». – Мордов. гос. пед. ин-т. – Саранск, 2011. – С. 66-69.
3. Armelagos, G. J. Infant and childhood morbidity and mortality risks in archaeological populations. / G. J. Armelagos, A. H. Goodman. – World Archaeology, 1989. – 57 p.

3. перец зеленый сладкий,
4. картофель,
5. редис,
6. томаты.

Результаты работы представлены в таблице:

Содержания аскорбиновой кислоты в овощах

Объект исследования	Содержание витамина С, мг/100 г	Литературные данные, мг/ 100 г
Капуста белокочанная	42,0	45
Перец сладкий (красный)	224,2	250
Перец сладкий (зелёный), <i>пластиковая тёрка</i>	277,6	225
Перец сладкий (зелёный), <i>металлическая тёрка</i>	247,5	215
Картофель (сырой)	14,9	20
Картофель (варёный)	11,6	15
Редис	18,6	25
Томаты	18,2	25

Выводы.

1. Полученные результаты по содержанию витамина С в овощах хорошо согласуются с литературными данными.
2. Установлено, что содержание аскорбиновой кислоты в зеленом перце на 24% выше, чем в красном.
3. Измельчение зеленого перца на металлической терке снижает содержание витамина С на 11 % по сравнению с аналогичным образцом, прошедшим измельчение на пластиковой терке.
4. При термической обработке картофеля содержание витамина С снижается на 22 %.

Литература

1. Физиология и биохимия растений: методические указания / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; Сост. Н. П. Решецкий, О. С. Кильчевская, Н. С. Вагина, Р. М. Латыпова, В. П. Моисеев. – Горки, 2000. – 144 с.

Безгин Д. А., Шындыков К. С.

Научные руководители: Зиновьева Е. Г., канд. хим. наук, доцент;

Ефимов В. А., канд. хим. наук, доцент

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ХЛОРИДА КОБАЛЬТА И ТРИАЛКИЛФОСФАТОВ

Металлокомплексные соединения с триалкилфосфатными лигандами являются перспективными мультифункциональными модификаторами при получении некоторых крупнотоннажных полимерных материалов [1-4]. В связи с этим целью данной работы является расширение ассортимента подобных металлокомплексов путем синтеза новых комплексных соединений на основе хлорида двухвалентного кобальта и триалкиловых эфиров ортофосфорной кислоты, а также изучение их физико-химических свойств, каталитической активности и модифицирующей способности.

Синтез комплексов проводили в мягких условиях в отсутствие растворителей при различном мольном соотношении компонентов, для установления состава использовали методы элементного и рентгенофлуоресцентного анализов, ИК-спектроскопию и кондуктометрию. Показано влияние температурного режима и соотношения исходных компонентов на состав образующихся соединений. В работе установлена перспективность применения синтезированных веществ в качестве мультифункциональных добавок для полимерных композиций.

Литература

1. Зиновьева, Е. Г. Исследование кинетики отверждения эпоксидной смолы ЭД-20 триалкил(арил)фосфатными комплексами кислот Льюиса и триэтилентетрамино / Е. Г. Зиновьева, В. А. Ефимов, Н. И. Кольцов // Пластические массы. – 2011. – №6. – С. 22-24.
2. Зиновьева, Е. Г. Исследование свойств полимеров эпоксидиановой смолы ЭД-20, отвержденной триалкил(арил)фосфатными комплексами кислот Льюиса и триэтилентетрамино / Е. Г. Зиновьева, В. А. Ефимов, Н. И. Кольцов // Пластические массы. – 2011. – № 7. – С. 3-5.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-03-31803 мол_а.

Белов В. В.

Научные руководители: Тарасенко Е. В., канд. биол. наук, доцент;
Фищенко П. А., канд. физ.-мат. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ п. КРАСНЫЙ СТЕКЛОВАР

Одними из основных показателей, характеризующими качество воды, являются наличие в ней определенного количества ионов кальция и магния, общей щелочности, свободного углекислого газа и хлорид-ионов.

Содержание в воде ионов кальция и магния обуславливает общую жесткость воды. Оценка природных вод по степени общей жесткости приведена в табл. 1 [1]. По СанПиН жесткость питьевой воды должна быть не выше 7,0 ммоль-экв/л [2].

Таблица 1. Оценка природных вод по степени общей жесткости
(по О. А. Алекину)

Оценка воды	Общая жесткость, ммоль-экв/л
Очень мягкая	до 1,5
Мягкая	1,5 – 3
Умеренно жесткая	3 – 6
Жесткая	6 – 9
Очень жесткая	свыше 9

Общая щелочность природных вод образована анионами слабых кислот: HCO_3^- , CO_3^{2-} , HS^- , HSiO_3^- , SiO_3^{2-} и другими анионами, гидролизующимися с образованием гидроксид-ионов. В большинстве случаев наибольший вклад в щелочность воды вносят гидрокарбонат- и карбонат-ионы. Для питьевой воды щелочность должна быть не выше 7,0 ммоль-экв/л [2].

CO_2 – один из самых распространенных газов, содержащихся в природных водах. Его количество колеблется от единиц мг/мл (большинство поверхностных и подземных вод) до 2-3 г/л (углекислые минеральные источники). Повышенное количество углекислоты в воде (> 30 мг/л) вызывает гибель рыб. Вместе с тем иногда встречаются воды, в которых оксид углерода (IV) отсутствует, и вместо него содержится карбонат-ион (рН этих вод превышает 8,4) [2].

Хлориды присутствуют практически во всех водах. Их присутствие в воде связано с вымыванием из горных пород, однако большое содер-

жание хлоридов геологического происхождения в природных водах – явление редкое. Поэтому повышенное содержание хлоридов является показателем загрязнения воды бытовыми и промышленными сточными водами. ПДК хлоридов в воде питьевого качества – 350 мг/л.

Цель работы: определить химический состав воды водных источников п. Красный Стекловар Моркинского района РМЭ. Работа выполнена в рамках НИРС кафедры химии ПГТУ.

Пробы воды были взяты из водных источников п. Красный Стекловар – родник, водохранилище на р. Кужерка, р. Илеть. Отбор проб воды для химического анализа проводился в соответствии с общими требованиями по отбору проб [3]. Определение химического состава вод проводили по общепринятым методикам [4]. Результаты химического анализа воды приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты химического анализа воды

Определяемый показатель	С, мг/л			С _н , ммоль-экв/л		
	родник	озеро	река	родник	озеро	река
Ca ²⁺	6,41	6,41	42,08	0,32	0,32	2,10
Mg ²⁺	0,97	0,97	5,47	0,08	0,08	0,45
Общая жесткость	7,39	7,39	47,56	0,40	0,40	2,55
Общая щелочность (НСО ₃ ⁻)	45,14	73,20	292,80	0,74	1,20	4,80
СО ₂	15,4	17,6	46,2	–	–	–
Сl ⁻	12,41	15,96	65,60	0,35	0,45	1,85

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы: общая жесткость, общая щелочность, концентрация хлорид-ионов находятся в пределах допустимых норм СанПиНа, следовательно, вода водных источников п. Красный Стекловар пригодна для питья. Содержание свободного углекислого газа характерно для подземных и поверхностных вод.

Литература

1. Резников, А. А. Методы анализа природных вод / А. А. Резников, Е. П. Муликовская, И. Ю. Соколов. – М.: Госгеолтехиздат, 1963. – 404 с.
2. СанПиН 2.1.4. 1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: санитар.-эпидемиол. правила и нормативы : утв. 26.09.01.
3. ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб.
4. Методические рекомендации по определению химического состава подземных и поверхностных вод при инженерно-геологических изысканиях – М.: ДАР/ВОДГЕО, 2003. – 46 с.

Дормидонова К. Н., Лебедева А. С.

Научный руководитель: Винокуров А. И., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОПТИЧЕСКАЯ ИЗОМЕРИЯ И ФАРМАКОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ

Механизм действия биологически активных веществ обычно заключается в их соединении со специфическими рецепторами. Каждый рецептор обладает характерной пространственной структурой участка, взаимодействующего с биологически активным веществом, и их структуры должны соответствовать друг другу по принципу ключ – замок. У большинства лекарственных препаратов существует тесная взаимосвязь между пространственной структурой и фармакологической активностью, то есть стереоспецифичность действия.

Многие синтетические лекарственные препараты существуют в виде смеси двух, а часто и большего числа пространственных изомеров, отличающихся своим биологическим действием. Последствия таких различий не всегда безопасны. Распознавание стереоизомеров вводимого в организм вещества может осуществляться на разных стадиях: при связывании с ферментами и рецепторами, при транспорте через мембраны, в процессах поглощения в клетках и распределения между тканями. Все эти процессы изучает фармакокинетика. Фармакокинетика – изучение всасывания, распределения, метаболизма и выделения лекарственных веществ и сопоставление результатов этих исследований с фармакологическим эффектом. Фармакодинамика – количественная оценка биологического и терапевтического действия лекарственных веществ.

Для того чтобы вещество было оптически активным, требуется выполнение единственного условия – молекула не должна иметь ни центра, ни плоскости симметрии. В простейшем случае это определяется наличием в молекуле так называемого асимметрического (хирального) атома. Существуют оптически активные молекулы и без асимметрического атома углерода. Термин «хиральность» происходит от английского слова «chirality» (от греч. χεῖρ – рука), предложенного Кельвином в конце XIX века [1].

Одной из причин различной физиологической активности стереоизомеров лекарственных препаратов являются различия в их проникновении в организм [2]. Эти различия могут быть связаны как с особенно-

стями строения и свойствами биологических мембран, которые сами построены из оптически активного, асимметрического материала, так и с наличием в мембранах специальных систем, осуществляющих перенос метаболитов через мембраны. Известны стереоспецифические транспортные мембранные системы, при действии которых концентрация L-аминокислот внутри клеток повышается примерно в 500 раз по сравнению с окружающей средой. D-аминокислоты этими системами не транспортируются. Процессы поглощения и связывания лекарственных веществ тканями также являются в своей основе стереоспецифичными, хотя в меньшей степени, чем прямое действие вещества на рецептор. Отношение активности эвтомера к дистомеру называется эвдисмическим и является мерой стереоизбирательности данного соединения. Чем больше данное отношение, тем сильнее биологическая активность лишь одного оптического изомера.

Взаимодействие асимметричной, достаточно сложной молекулы лекарственного вещества с еще более сложной структурой активного центра рецептора, осуществляемое по типу ключ – замок, определяется, несомненно, их контактом в целом ряде точек. При этом в структурах вещества и рецептора могут существовать как точки связи, так и точки взаимного отталкивания. Наличие вторых может влиять на средство, поскольку взаимное отталкивание каких-то групп вещества и рецептора может способствовать специфическому изменению конформации последнего. Знание влияния стереических особенностей на физиологическую активность молекулы позволяет с помощью стереоспецифичных методик синтеза получать лекарственные препараты, обладающие наибольшей эффективностью и (или) наименьшей токсичностью. На стадии разработки лекарственных средств необходим сравнительный анализ терапевтической активности, токсичности, метаболизма, фармакодинамики и фармакокинетики индивидуальных стереоизомеров.

Литература

1. Олехнович, Л. П. Многообразие строения и форм молекул органических соединений / Л. П. Олехнович // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 2. – С. 49-55.
2. Алексеев, В. В. Оптическая изомерия и фармакологическая активность лекарственных препаратов / В. В. Алексеев // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 1. – С. 44-50.

Захарова А. А.

Научный руководитель: Игнатьев В. А., ст. преподаватель
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОКСИЭТИЛЗАМЕЩЕННЫХ МОЧЕВИН НА ХИМИЧЕСКУЮ СТОЙКОСТЬ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ СЛОЖНОЭФИРНОЙ ПРИРОДЫ

Полиуретановые материалы в процессе эксплуатации или хранения могут контактировать с агрессивными средами. Под действием этих сред, а также под действием тепловой и механической энергии в полимерных материалах могут протекать различные физико-химические процессы, приводящие к изменению (чаще всего ухудшению) эксплуатационных свойств. В настоящее время в связи с широким использованием полиуретановых эластомеров (ПУЭ) в различных областях новой техники необходимо по возможности более точно определять химическую стойкость и долговечность изделий из полиуретана. В соответствии с этим практически важной задачей является оценка химической стойкости и предсказание долговечности ПУЭ в условиях эксплуатации и хранения. Для определения химической стойкости используют различные методы, позволяющие определять изменение (во времени) эксплуатационных свойств полимерных материалов. Мы использовали методику, в соответствии с ГОСТ 12020-72, основанную на определении изменения массы образца полимерного материала при его экспонировании в агрессивной среде в течение различного времени.

Поэтому целью настоящей работы являлся синтез и исследование химической стойкости литьевых ПУЭ на основе олигоэфиров марок П6, ПБА и П6-БА, изоцианатов различной природы (4,4'-дифенилметандиизоцианата ДФМД, толуилендиизоцианатов марок Т-100 и Т-80), 4,4'-метиленбис(о-хлоранилина) МОСА и гидроксипроксиэтилзамещенных мочеви́н (ГЭМ). Вначале взаимодействием алифатических диизоцианатов различного строения с диэтаноломином нами синтезировались полифункциональные ГЭМ. ГЭМ были получены взаимодействием 2,4-толуилен-, 1,6-гексаметилен-, 1,8-октаметилен-,

1,10-декаметилен- и 4,4'-дифенилметандиизоцианатов с ди(β-гидроксиэтил)амином. Синтез ОУЭ осуществляли двухстадийным способом. На первой стадии взаимодействием соответствующего олигоэфира и диизоцианата синтезировали так называемые уретановые форполимеры (УФП). На второй стадии проводили отверждение УФП, путем добавления к ним ГЭМ и ароматического диамина (МОСА).

Исследования поведения ПУЭ к гидrolитической стойкости (в водных растворах NaOH, HCl и дистиллированной воде) в нейтральной, щелочной и кислой среде показало, что степень набухания в них для всех образцов составляет не более 5,0%. Введение модификаторов вызывает увеличение массы образцов, что свидетельствует только о сорбции агрессивной среды полимером и отсутствии процесса деструкции. На основании оценки химической стойкости ПУЭ в нейтральной, щелочной и кислой среде можно сделать вывод о повышенной стойкости ПУЭ на основе сложных олигоэфиров, модифицированных ГЭМ к гидролизу. Это связано с содержанием в структуре полиуретанов фрагментов уретановой и амидной групп, обладающих большой стойкостью к щелочному и кислотному гидролизу.

Исследования поведения ПУЭ в органических растворителях показали, что полярные и неполярные растворители оказывают, в общем, примерно одинаковое воздействие (степень набухания в них имеет практически одинаковое значение). На основании оценки химической стойкости можно сделать вывод, что ПУЭ не стойки в ацетоне и бензоле (применение в полярных и ароматических растворителях не допустимо) и устойчивы в гексане.

Таким образом, нами синтезированы литьевые ПУЭ на основе олигоэфиров марок Пб, ПБА и Пб-БА, изоцианатов различной природы, МОСА и гидроксиэтилзамещенных мочеви́н. Изучено влияние содержания тетрафункциональных гидроксиэтилзамещенных мочеви́н на химическая стойкость полиуретановых эластомеров.

Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России.

Иванов Н. С., Шындыков К. О.

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

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПЛАСТИНАЦИИ АНАТОМИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

Основной проблемой при изучении курса анатомии студентами медицинских специальностей является качество анатомических препаратов. Как известно, в настоящее время для консервации трупного материала используют формалин, представляющий собой 40%-ный водный раствор формальдегида. Формалин очень токсичен, длительный профессиональный контакт с ним приводит к развитию заболеваний органов дыхания человека: астме, расстройству ЦНС и т. д., кроме того, анатомические препараты под его воздействием со временем частично обесцвечиваются, становятся хрупкими и плохо препарируются. В качестве альтернативы формалиновой фиксации перспективным является новое направление в консервации трупного материала – применение полимерных импрегнатов (пластинация), позволяющее получать твердые демонстрационные образцы анатомических препаратов, не подвергающихся разложению. В начале 80-х годов прошлого столетия группой немецких специалистов во главе с патолого-анатомом профессором Гюнтером фон Хагенсом была разработана и запатентована технология пластинации силоксановыми каучуками, гарантирующая долгосрочное хранение препаратов надлежащего качества. Благодаря организации и проведению Хагенсом в разных странах публичных выставок «Миры тела», метод пластинации был внедрен в ряд морфологических лабораторий за рубежом. Внедрение данного метода в российские вузы сдерживается высокой стоимостью готового препарата, в частности стоимость одного трупного пластината человека составляет от 60 тыс. евро. В связи с этим целью работы является разработка эффективного и доступного способа пластинации анатомических препаратов для их последующего использования в качестве демонстрационных учебных пособий.

На данном этапе нами разработана собственная методика консервации трупного материала, заключающаяся в предварительном обезвоживании, форсированной пропитке модифицированной олигомерной композицией и отверждением при комнатной температуре. Отличительной особенностью методики является использование доступных реагентов российского производства с возможностью их регенерации, что позво-

ляет получать качественные нетоксичные пластинаты без запаха, с регулируемой степенью фиксации, неограниченным сроком хранения, высокой износостойкостью, в том числе и из долгохранившегося трупного материала. Кроме того, для изготовления пластинатов не требуется дорогостоящего оборудования и высоких энерго- и трудозатрат.

Консервация заявленным методом является достойной альтернативой классическим способам сохранения анатомических препаратов, отвечая критериям качества, долговечности и экономичности. Внедрение заявленной методики в работу морфологических кафедр университетов позволит снизить риски деформации и разложения биологических объектов и, безусловно, реализует права российского студента на экологически чистое обучение.

Литература

1. Пикалюк, В. С. Методическое пособие по изготовлению анатомических препаратов / В. С. Пикалюк, Г. А. Мороз, С. А. Кутя. – Симферополь, 2004. – 76 с.
2. Von Hagens G. The Current Potential of Plastination / G. von Hagens, K. Tiedemann., W. Kritz // *Anatomy and Embryology.* – 1987. 175:411-421.

УДК 621.382

Кудрявцев А. А., Волкова Е. Г.

Научный руководитель: Крашенинникова Н. Г.,

канд. физ.-мат. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

ФУЛЛЕРЕНЫ

Цель работы – проанализировать особенности структуры, свойств и перспективы использования сравнительно недавно открытого класса веществ – фуллеренов.

Фуллерены – молекулярные соединения, являющиеся одной из аллотропных модификаций углерода. В их молекулах атомы углерода расположены в вершинах правильных шести- и пятиугольников, из которых составлена поверхность сферы или эллипсоида. Самый симметричный и наиболее полно изученный представитель этого семейства – C_{60} .

Необычна история открытия фуллеренов, которые сначала были предсказаны теоретически и лишь через 20 лет обнаружены экспериментально, вызвав «фуллереновый бум» в научном мире.

Атомы углерода, образующие молекулы фуллеренов, находятся в состоянии sp^2 -гибридизации, в результате чего каждый атом имеет по три соседа, связанных с ним σ -связями. Поскольку углерод четырехвалентен, оставшиеся валентные p -электроны образуют делокализованную систему π -связей.

Математически доказано, что наиболее стабильными являются те фуллерены, в которых ни одна пара пентагонов не имеет смежных ребер. Другими словами, пентагоны не касаются друг друга, каждый пентагон окружен пятью гексагонами. Первым представителем, удовлетворяющим правилу изолированных пентагонов, является C_{60} , вторым – C_{70} . Фуллерены именно такого состава чаще всего образуются при синтезе. Наиболее эффективный способ получения фуллеренов основан на термическом разложении графита в атмосфере гелия.

Очень интересны свойства фуллеренов. В отличие от других модификаций углерода, фуллерены хорошо растворяются в органических растворителях и легко образуют соединения с разными элементами. Путём замещения одного или нескольких атомов в шарообразной структуре фуллерена можно получать новые соединения, например, $C_{59}N$, $C_{59}V$ и т. д. Такие соединения мало изучены, но именно они открывают путь к новой электронике, к компьютерам, в тысячи раз превосходящим современные.

Сам по себе фуллерен не проводит электрический ток, однако модификация поверхности фуллеренового шара или заполнение его внутреннего пространства атомами металлов приводит к существенному изменению свойств. Среди легированных фуллеренов есть и изоляторы, и проводники. Путем ионного напыления различных видов легированных фуллеренов можно получить даже электрическую схему, размер которой исчисляется отдельными молекулами. Существуют фуллереновые соединения, обладающие пьезоэффектом, диамагнетизмом, парамагнетизмом и даже сверхпроводимостью. Это позволит создать в будущем настоящую фуллереновую электронику. Такие электронные схемы будут гораздо миниатюрнее, проще в изготовлении и менее энергоемки, чем существующие.

Некоторые фуллереновые материалы обладают сверхвысокой механической прочностью, высокой упругостью и гибкостью и могут быть использованы для улучшения свойств существующих конструкционных материалов.

Применение фуллеренов в качестве присадки к смазочному маслу существенно (до 10 раз) снижает коэффициент трения поверхностей и соответственно повышает износостойкость деталей и агрегатов.

Замечательные возможности предоставляют гидрофуллерены (различные типы соединений фуллерена с водородом). Благодаря компакт-

ному и безопасному хранению водорода в этих материалах, становится реальным переход к эпохе солнечно-водородной энергетики.

Возможных применений фуллеренов может быть множество:

- создание новых материалов с уникальными свойствами;
- улучшение эксплуатационных характеристик транспортных средств и других специальных механизмов;
- получение новых композиционных материалов электротехнического назначения;
- получение новых композиционных материалов для оптики и радиоэлектроники;
- разработка новых технологий в медицине;
- нефтехимия, создание высокоэффективных катализаторов крекинга и риформинга.

Здесь перечислены лишь немногие из возможных направлений использования фуллеренов. Очевидно, это интереснейшая и перспективная область исследований для химиков, физиков, материаловедов.

Литература

1. Нанотехнологии. Азбука для всех / под ред. Ю. Д. Третьякова. – М., Физматлит, 2010.
2. <http://lana.do100verno.com/blog/650/7766>

УДК 678.041

Курналева Т. А.

Научные руководители: Петрова Н. П., Егоров Е. Н., канд. хим. наук
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ВЛИЯНИЯ НАНОГЛИНЫ И НАНОКВАРЦА НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ И СВОЙСТВА РЕЗИНЫ

В связи с широким применением резиновых изделий, работающих в нефтегазодобывающей и кабельной промышленности, возникла необходимость создания резин, не поддерживающих горение или полностью негорючих. Поэтому для получения огнестойких резин используют антипирены – вещества, замедляющие или предотвращающие процесс горения. Для повышения огнестойкости резин в их состав вводится токсичный триоксид сурьмы. Поэтому актуальным является исследование возможности частичной и полной замены триоксида сурьмы на менее ток-

сичные антипирены. В связи с этим в данной работе исследовано влияние антипиренов (наноглины и нанокварца) на огнестойкость и эксплуатационные свойства резины на основе каучуков общего назначения.

В состав резиновой смеси входили: синтетические каучуки СКИ-3 и СКД; вулканизирующий агент – сера; ускоритель вулканизации – сульфенамид Ц; активатор вулканизации – оксид цинка; противостарители – нафтам-2, диафен ФП; наполнитель – технический углерод П 324; пластификатор – парафин; диспергатор – стеарин. В качестве антипиренов использовались нанокварц и наноглина (Cloisite 15A) с триоксидом сурьмы и хлорпарафином ХП-70. Резиновые смеси готовились на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150, кинетику вулканизации изучали на реометре MDR 3000 фирмы «Моп Tech» при 150°С, физико-механические свойства резины исследовали после вулканизации стандартных образцов в двухэтажном гидравлическом электрообогреваемом прессе ВП-400-2Э при температуре 150°С в течение 30 мин. Огнестойкость определяли по продолжительности горения (времени затухания) стандартных образцов резины после их выдержки в пламени горелки в течение 20 с и по кислородному индексу (КИ). Установлено, что частичная замена триоксида сурьмы на наноглину и нанокварц практически не снижает огнестойкости и способствует повышению условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и сопротивления раздиру для полученных вулканизатов.

УДК 678.041

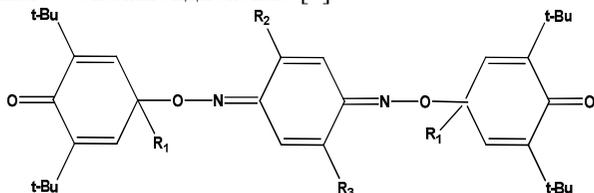
Мульдияров А. О.

Научные руководители: Ушмарин Н. Ф., канд. техн. наук;
Плеханова А. Ю.; Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

СВОЙСТВА РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНЫХ КАУЧУКОВ С ХИНОЛОВЫМИ СИСТЕМАМИ ВУЛКАНИЗАЦИИ

В настоящее время к резино-техническим изделиям (РТИ) предъявляются повышенные требования по физико-механическим и эксплуатационным свойствам. В частности, к РТИ, работающим в качестве уплотнительных элементов пакерно-якорного оборудования в скважинах нефтегазодобывающих установок, предъявляются повышенные требования по прочностным свойствам и стойкости к действию агрессивных

углеводородных сред при повышенных температурах. Этим условиям не в достаточной мере удовлетворяют уплотнительные элементы, изготавливаемые из резин с серной и пероксидной системами вулканизации. Как правило, такие резины изготавливаются на основе неперелетных бутадиен-нитрильных каучуков (БНК) [1]. Представляет интерес разработка термоагрессивостойких резин на основе комбинаций БНК с более термостойкими гидрированными бутадиен-нитрильными каучуками (ГБНК) [2] с применением новых эффективных вулканизирующих систем, среди которых следует выделить хиноловые эфиры (ЭХ), являющиеся продуктами конденсации пространственно-затрудненных фенолов и производных *n*-бензхинондиоксида [3]:



В связи с этим в данной работе проведены исследования по созданию термоагрессивостойкой резины на основе комбинаций ГБНК марки Therban 3406 и БНКС-18АМН с использованием хиноловых эфиров ЭХ-1 ($R_1=t\text{-Bu}$, $R_2=R_3=H$) и ЭХ-10 ($R_1=t\text{-Bu}$, $R_2=Me$, $R_3=i\text{-Pr}$). Резиновые смеси готовились на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150, кинетику вулканизации изучали на реометре MDR 3000, физико-механические свойства резины исследовались после вулканизации стандартных образцов в прессе, термоагрессивостойкость определялась по изменению физико-механических свойств вулканизатов после их выдержки на воздухе и в среде СЖР-3 при 150°C в течение 24 часов. В результате проведенных исследований были определены составы резины с хиноловыми системами вулканизации, обладающие достаточно высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Литература

1. Марк Дж. Каучук и резина. Наука и технологии / Марк Дж., Эрман Б., Эйрич Ф. – Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект», 2011. – 768 с.
2. Пероксидная вулканизация гидрированного бутадиен-нитрильного каучука / Ю. В. Коровина, У. И. Щербина, Р. М. Долинская, М. Е. Лейзеронк // Каучук и резина. – 2007. – № 1. – С. 4-7.
3. Разработка термоагрессивостойкости резины на основе бутадиен-нитрильных каучуков / С. И. Сандалов, О. Н. Феофанова, М. С. Резников и др. // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2014. Т. 17. – № 3. – С. 108-110.

4. Динитрозогенерирующие системы вулканизации ненасыщенных эластомеров / О. Р. Ключников, И. И. Муфлиханов, С. И. Вольфсон и др. – Казань: Изд-во «ТАИ», 2010. – 245 с.

УДК 691.588

Романова К. О., Кислицина А. А.

Научный руководитель: Лобанова О. В., канд. биол. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Россия владеет большими лесными ресурсами, большая часть которых применяется в строительстве. Возрастают объемы изготовления строительных конструкций и частей из дерева, увеличивается область их использования. Древесина обладает весьма разнообразными свойствами. Наиболее полно они раскрываются при изучении физических и механических свойств древесины.

Влажность. На свойства древесины большое влияние оказывает влажность. Воду, находящуюся в древесине, делят на три вида: капиллярную, гигроскопическую и химически связанную. Капиллярная вода заполняет в древесине полости клеток, межклеточные пространства и сосуды. Гигроскопическая вода находится в стенках клеток. Химически связанная вода входит в химический состав веществ, образующих древесину. Основную массу воды в растущем дереве составляют капиллярная и гигроскопическая вода или только гигроскопическая вода.

Поскольку влажность воздуха не постоянна, влажность древесины также меняется. Изменение влажности древесины от нуля до точки насыщения волокон вызывает изменение объема древесины, которое приводит к разбуханию и усушке, короблению древесины и появлению трещин. Для уменьшения гигроскопичности и водопоглощения древесину покрывают лакокрасочными материалами или пропитывают различными веществами.

Плотность. Плотность древесины зависит от объема пор и влажности и характеризует ее физико-механические свойства (прочность, теплопроводность, водопоглощение). Показатель плотности используют при определении коэффициента качества, который находят отношением предела прочности при сжатии к плотности.

Усушкой древесины называют уменьшение ее линейных размеров и объема при высыхании, которое происходит при испарении гигроскопической влаги. При этом уменьшается толщина водных оболочек, мицеллы сближаются друг с другом и уменьшаются размеры древесины. Испарение капиллярной воды не сопровождается усушкой. Ввиду неоднородности строения древесина усыхает или разбухает в различных направлениях не одинаково.

Свойство неравномерного изменения линейных размеров в различных направлениях является одним из отрицательных свойств дерева как строительного материала. Медленное высыхание древесины обеспечивает более равномерную усушку и дает меньше трещин. Неравномерная усушка древесины в различных направлениях вызывает различные напряжения, поэтому древесина коробится и покрывается трещинами.

Набуханием называют способность древесины увеличивать свои размеры и объем при поглощении воды, пропитывающей оболочку клеток. Древесина разбухает при поглощении влаги до точки насыщения волокон. Набухание, как и усушка, не одинаково в разных направлениях.

Теплопроводность. Теплопроводность древесины невелика, она зависит от характера пористости, влажности, направления волокон, породы и плотности дерева, а также от температуры. Теплопроводность древесины вдоль волокон примерно в 1,8 раза больше, чем поперек волокон. С увеличением плотности и влажности уменьшается количество воздуха, находящегося в пустотах, в связи с чем теплопроводность древесины увеличивается.

Стойкость древесины к действию кислот, щелочей и воды. Длительное действие кислот и щелочей разрушает древесину, и, чем выше концентрация, тем сильнее их разрушающее действие. Слабощелочные растворы не разрушают древесину. В кислой среде древесина начинает разрушаться при $pH \leq 2$, тогда как разрушение бетона и стали начинается при $pH \leq 4$. В морской воде древесина сохраняется хуже, чем в речной. В воде с большой бактериологической агрессивностью стойкость древесины низка, поэтому ее не применяют в сетях канализации.

В последние 10 лет сильно выросло строительство деревянных домов фабричного изготовления с новейшими архитектурно-планировочными проектами. Большие возможности использования деревянных конструкций появляются после создания высокоэффективных клеев, лакокрасочных материалов, различных видов пропиток, а также технологий покрытия древесины этими материалами.

Сайфутдинова Я. А.

Научный руководитель: Винокуров А. И., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СТЕКЛО: СТРУКТУРА, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

Стекло является одним из самых широко применяемых материалов в быту, строительстве, на транспорте благодаря своим уникальным качествам: прозрачности, твердости, химической устойчивости к активным химическим реагентам, относительной дешевизне производства. Без него невозможно изготовить оптические приборы, телевизоры, космические корабли и др. Несмотря на успехи в создании новых материалов широкого назначения, неорганические стекла после камня, бетона, металла прочно занимают одно из главных мест среди используемых в практике материалов [1].

Больше половины всего выплавляемого стекла перерабатывается на листы для остекления зданий. Широкое применение в строительстве нашли изделия из стекловолоконистых материалов (стеклянная вата, маты, жгуты и др.), которые используются в качестве тепло- и звукоизоляторов. Около трети всей стекольной продукции – сосуды самого разнообразного типа, фасона и назначения. Замечательные декоративные свойства стекла обусловили существование особой группы изделий, объединяемых общим названием «художественное стекло».

Одной из важных отраслей художественного стеклоделия является производство смальт (непрозрачных стекол) широкого ассортимента. В виде стекломалей, непрозрачных тонких стекловидных слоев различных цветов стекло используется как защитное покрытие, одновременно удовлетворяющее эксплуатационным и эстетическим требованиям.

Оптическая промышленность и оптическое стекло позволили создать современные точнейшие оптические приборы во всем разнообразии их типов и назначений.

Особо чистое кварцевое стекло используется для изготовления волоконных световодов при создании волоконно-оптических линий связи, позволяющих передавать большие объемы информации. Отдельный класс стекол образуют так называемые лазерные стекла. Это многокомпонентные стекла различной природы (силикатные, фосфатные, фторбериллатные, боратные и др.), активированные неодимом.

Обычно понятие «стекло» определяется не просто как материал, а как некоторое особое состояние твердого тела, стеклообразное состоя-

ние, противопоставляемое кристаллическому [2]. Известно, что одно и то же вещество может быть газообразным, жидким и кристаллическим. Стекло же не может быть полностью отнесено по совокупности признаков ни к одному из них. В настоящее время известно, что в стеклообразное состояние можно перевести вещества различной природы. Это и расплавы ряда чистых оксидов и их смесей, и солеобразные расплавы – халькогенидные, галогенидные, нитратные и др. В стеклообразном состоянии легко могут быть получены и многие органические вещества. Стекла легко образуются водными растворами многих солей и их смесей. В последнее десятилетие стали известны металлические стекла, полученные особо быстрым охлаждением сплавов разных металлов. Несмотря на разнообразие стекол, многие их структурные и физико-химические свойства являются специфическими именно для веществ в стеклообразном состоянии.

Рассмотрение условий образования стекол (или обратная сторона медали – их кристаллизации) обычно связывают с соотношением скоростей зарождения и роста кристаллов. Управление процессами кристаллизации на основе экспериментальных результатов и теоретических положений позволило создать новый вид материалов – стеклокристаллических, отличающихся повышенной прочностью и рядом других полезных свойств. Эти материалы получили название «ситалл». На основе управления процессами кристаллизации был также создан новый тип материалов «сигран». Он характеризуется гранитоподобной структурой и обладает хорошими декоративными качествами.

Несмотря на то, что стекло известно с древнейших времен и находит широкое применение практически во всех областях человеческой деятельности, природа стеклообразного состояния, понимание процессов стеклования на атомно-молекулярном уровне еще далеки от создания теории стеклообразного состояния, аналогичной по своей общности теории кристаллического состояния. Жаркие дискуссии по определению понятия «стеклообразное состояние» отражают сложность решаемой проблемы. Не вызывает сомнения, что развитие исследований в этой области будет стимулировать дальнейшее совершенствование прогнозирования составов стекол с заданными свойствами, их технологий изготовления, экспериментальных и теоретических методов исследования.

Литература

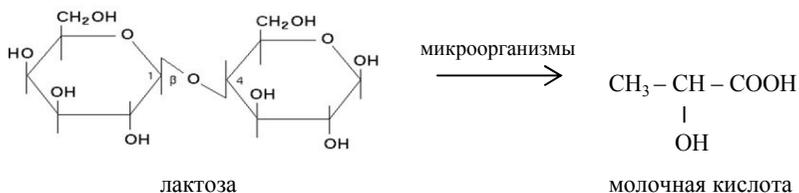
1. Шульц, М. М. Стекло структура, свойства и применение / М. М. Шульц // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 3. – С. 49-55.
2. Шульц, М. М. Современные представления о строении стекол и их свойствах / М. М. Шульц, О. В. Мазурин. – Л.: Наука, 1988.

Самарцева В. С., Соловьева Н. А., Шамова Д. А.

Научный руководитель: Денисова О. Н., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ КИСЛОТНОСТИ МОЛОКА В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Всем хорошо известны полезные свойства молока и молочных продуктов. С течением времени молоко начинает скисать, поскольку идет процесс молочнокислого брожения. Лактоза – присутствующий в молочных продуктах и в молоке природный дисахарид. Часто лактозу еще называют молочным сахаром. Молочнокислое брожение – процесс анаэробного окисления углеводов, конечным продуктом которого является молочная кислота:



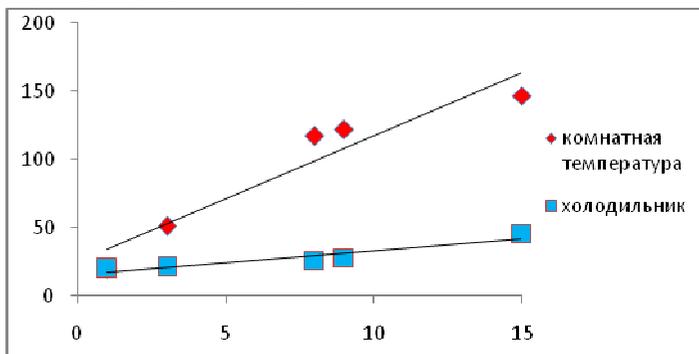
Именно кислотность является одним из показателей качества молочных продуктов. Так, согласно требованиям ГОСТ 3624-92 [1], кислотность молока должна быть не более 21 градуса Тернера (T°). Под градусами Тернера понимают объем 0,1 М раствора щелочи, необходимый для нейтрализации 100 мл молока. Определение основано на титровании пробы молочного продукта щелочью до изменения окраски фенолфталеина.

В работе изучена скорость образования молочной кислоты в разных видах молока при хранении в холодильнике и при комнатной температуре.

В качестве объектов исследования выбраны:

- 1) молоко ОАО «Тепличное» пастеризованное;
- 2) молоко «Домик в деревне» стерилизованное;
- 3) молоко домашнее из личного подсобного хозяйства;
- 4) молоко, купленное на рынке у частных производителей;
- 5) молоко, приготовленное из сухого молока в домашних условиях.

Начальная кислотность всех образцов находилась примерно на одном уровне и соответствовала требованиям ГОСТ. Далее пробы хранили в разных условиях и в течение двух недель изучали динамику кислотности. На рисунке представлен пример изменения кислотности домашнего молока (T° /сутки) в различных условиях.



Изменение кислотности домашнего молока в различных условиях

Для всех объектов рассчитаны уравнения линейной регрессии, описывающие зависимость кислотности от продолжительности хранения, а также определена средняя скорость образования молочной кислоты в течение первой недели хранения.

Выводы.

- 1) Хранение в холодильнике снижает скорость образования молочной кислоты от 5 до 10 раз для разных видов молока.
- 2) При хранении без холодильника кислотность всех видов молока через сутки не соответствует требованиям ГОСТ.
- 3) Наименьшей скоростью образования молочной кислоты при любых условиях хранения характеризуется стерилизованное молоко «Домик в деревне». При хранении в холодильнике кислотность этого молока в течение двух недель соответствует требованиям ГОСТ.
- 4) Пастеризация несколько снижает активность молочнокислых бактерий. Однако пастеризованное молоко ОАО «Тепличное» по скорости образования молочной кислоты практически не отличается от молока из домашнего подсобного хозяйства.

Литература

1. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. – М.: Стандартинформ, 2009. – 8 с.

Селонин Н. В.

Научный руководитель: Винокурова Р. И., д-р биол. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

БЕЛКИ, АМИНОКИСЛОТЫ

Белки – это биополимеры, состоящие из остатков α -аминокислот, соединённых между собой пептидными связями (-CO-NH-). Белки входят в состав клеток и тканей всех живых организмов. В молекулы белков входит 20 остатков различных аминокислот.

Белки обладают неисчерпаемым разнообразием структур. Первичная структура белка – это последовательность аминокислотных звеньев в линейной полипептидной цепи. Вторичная структура – это пространственная конфигурация белковой молекулы, напоминающая спираль, которая образуется в результате скручивания полипептидной цепи за счёт водородных связей между группами: CO и NH. Третичная структура – это пространственная конфигурация, которую принимает закрученная в спираль полипептидная цепь. Четвертичная структура – это полимерные образования из нескольких макромолекул белка.

Для белков характерно множество функций. Строительная (пластическая) – белки участвуют в образовании оболочки клетки, органоидов и мембран клетки. Каталитическая – все клеточные катализаторы – белки (активные центры фермента). Двигательная – сократительные белки вызывают всякое движение. Транспортная – белок крови гемоглобин присоединяет кислород и разносит его по всем тканям. Защитная – выработка белковых тел и антител для обезвреживания чужеродных веществ. Энергетическая – 1 г белка эквивалентен 17,6 кДж. Рецепторная – реакция на внешний раздражитель.

Химические свойства белков:

- 1) гидролиз (кислотно-основный, ферментативный), в результате которого образуются аминокислоты;
- 2) денатурация – нарушение природной структуры белка под действием нагревания или химических реагентов;
- 3) денатурированный белок теряет свои биологические свойства.

Аминокислоты (*аминокарбоновые кислоты*) – органические соединения, в молекуле которых одновременно содержатся карбоксильные и аминные группы. Аминокислоты могут рассматриваться как производ-

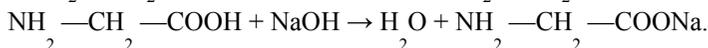
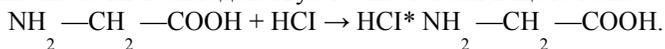
ные карбоновых кислот, в которых один или несколько атомов водорода заменены на аминогруппы.

По физическим свойствам аминокислоты резко отличаются от соответствующих кислот и оснований. Все они кристаллические вещества, лучше растворяются в воде, чем в органических растворителях, имеют достаточно высокие температуры плавления; многие из них имеют сладкий вкус. Эти свойства отчётливо указывают на солеобразный характер этих соединений.

Особенности физических и химических свойств аминокислот обусловлены их строением – присутствием одновременно двух противоположных по свойствам функциональных групп: кислотной и основной. α -аминокислоты являются амфотерными электролитами.

Они могут проявлять как кислотные свойства, обусловленные наличием в их молекулах карбоксильной группы —COOH , так и основные свойства, обусловленные аминогруппой —NH_2 .

Аминокислоты взаимодействуют с кислотами и щелочами:

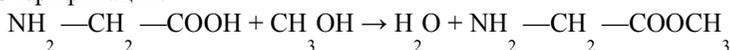


Растворы аминокислот в воде благодаря этому обладают свойствами буферных растворов, то есть находятся в состоянии внутренних солей.



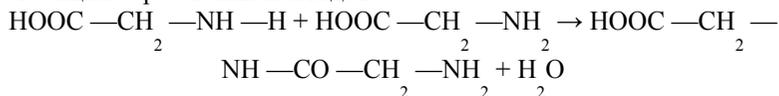
Аминокислоты обычно могут вступать во все реакции, характерные для карбоновых кислот и аминов.

Этерификация:



Важной особенностью аминокислот является их способность к поликонденсации, приводящей к образованию полиамидов, в том числе пептидов, белков, нейлона, капрона.

Реакция образования пептидов:



Основные источники белка: мясо, птица, рыба, молоко, яйца, орехи, бобовые, зерновые; в меньшей степени: овощи, фрукты, ягоды и грибы.

Суркова В. А.

Научные руководители: Петрова Н. Н.;

Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ «ЛУБСТАБ-01» НА СВОЙСТВА РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ БНК

Технологические добавки, улучшающие перерабатываемость резиновых смесей, давно используются в резиновой промышленности [1]. Они позволяют не только направленно регулировать свойства резинотехнических изделий (РТИ), но и повысить срок их службы и атмосферостойкость, улучшить адгезионную связь резин с армирующими материалами [2]. В настоящее время в резиновых смесях применяются или испытываются самые разнообразные продукты природного и синтетического происхождения [3]. В данной работе исследовано влияние технологической добавки «Лубстаб-01» на свойства резины на основе бутадиен-нитрильного каучука, используемой для изготовления армированных формовых деталей. Варианты резиновой смеси готовились на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150. После вулканизации стандартных образцов в прессе исследовали физико-механические показатели по стандартным методикам. Изучение эксплуатационных свойств резины основывалось на измерении упруго-деформационных свойств вулканизатов после их выдержки в воздушном термостате и агрессивной среде СЖР-3 при 100°C в течение 24 час., а также в смеси изооктан+толуол при 25°C в течение 24 час. В результате проведенных исследований установлены составы резины, успешно прошедшие испытания по физико-механическим показателям. Использование модифицирующей добавки «Лубстаб-01» обеспечивает снижение добавок пластификатора и термостабилизатора, повышение однородности при изготовлении резиновой смеси на вальцах, хорошее качество поверхности РТИ.

Литература

1. Дик Дж.С. Технология резины: рецептуростроение и испытания. НОТ, С.-Петербург., 2010. – 617 с.
2. Ельшевская Е.А., Писаренко Т.И. и др., Каучук и резина, 5, 48-51 (1993).
3. Ушмарин Н.Ф., Кольцов Н.И. и др. Каучук и резина: 1995. – №5. – С. 32-33; 1997. – №1. – С. 11-12; 2009. – №3. – С. 26-29.

Терентьева И. Е.

Научные руководители: Ушмарин Н. Ф., канд. техн. наук;

Кольцов Н. И., д-р хим. наук, профессор; Петрова Н. Н.

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

ВЛИЯНИЕ ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАНА НА СВОЙСТВА РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНЫХ КАУЧУКОВ

Известно, что технические свойства резин в основном зависят от использованных в них каучуков. При комплектации нефтегазового оборудования резинотехническими изделиями (РТИ) наиболее широко применяются резины на основе неперелых бутадииен-нитрильных каучуков (БНК). Однако в связи с возрастающими требованиями резины на основе БНК заменяются резинами на основе гидрированных бутадииен-нитрильных каучуков (ГБНК). Составы резин на основе ГБНК в отличие от составов резин на основе БНК содержат большее количество технического углерода и светлых наполнителей. Кроме того, для вулканизации резиновых смесей на основе ГБНК требуется большее количество пероксидов по сравнению с резиновыми смесями на основе БНК. Для улучшения свойств конечных РТИ проводится модификация резиновых смесей различными соединениями. Известно [1], что кремнийорганические соединения (силоксаны) улучшают процессы экструзии и литья термопластов. Модификация резиновых смесей силоксанами оказывает существенное влияние на природу межцепных связей, и, соответственно, на комплекс физико-механических свойств РТИ. В связи с этим для повышения физико-механических и эксплуатационных свойств резины на основе каучуков Therban 3406 и БНКС-40АМН в нее на стадии изготовления вводился полидиметилсилоксан марки В. Резиновая смесь готовилась на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150, ее пласто-эластические свойства изучались на реометре MDR 3000. После вулканизации стандартных образцов резиновой смеси определялись физико-механические полученных вулканизатов. Установлено, что введение силоксана приводит к возрастанию максимальной и минимальной вязкостей, а также скорости вулканизации резиновой смеси. Исследование упруго-прочностных свойств резины показало, что использование этаноламинов позволяет получать резину с повышенными физико-механическими свойствами. Изучение

эксплуатационных свойств резины основывалось на исследовании стойкости вулканизатов, содержащих разные количества силоксана, к агрессивным средам. В результате установлена рецептура, которая улучшает свойства резины в условиях воздействия углеводородных сред при повышенных температурах.

Литература

1. Русанова, С. Н. и др. Модификация полимеров кремнийорганическими соединениями // Клеи. Герметики. Технологии. – 2014. – № 12. – С. 13-25.

УДК 541.15

Тимаков А. А.

Научный руководитель: Винокуров А. И., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАДИОАКТИВНЫЕ ИНДИКАТОРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ХИМИИ

Радиоактивные индикаторы – вещества, имеющие в своем составе химический элемент с изотопным составом, отличающимся от природного. Часто радиоактивными (изотопными) индикаторами называют сами изотопы-метки, добавляемые в вещество, содержащее природную смесь изотопов данного элемента. Так как поведение изотопов одного элемента в физико-химических процессах практически совпадает, использование изотопных индикаторов позволяет по регистрации изотопа-метки исследовать самодиффузию и миграцию меченого вещества, определять ничтожно малые количества вещества, изучать механизмы химических реакций и биологических процессов. Различают стабильные и радиоактивные изотопные индикаторы в зависимости от того, стабильный или радиоактивный изотоп добавляют в вещество в качестве метки.

В стабильных изотопных индикаторах в качестве метки могут быть использованы изотопы только тех элементов, которые в природе представлены смесями стабильных изотопов. У целого же ряда элементов (B, F, Na, Al, P, I) имеется только один стабильный нуклид, поэтому стабильных изотопных индикаторов, меченных по этим элементам, нет. Кроме того, для применения стабильного изотопа в качестве метки его

относительное содержание в природной смеси изотопов данного элемента должно быть невелико. Радиоактивные изотопные индикаторы более универсальны: радионуклиды, которые можно использовать как метки, имеются у подавляющего большинства элементов. При этом существует возможность выбора радионуклида-метки среди нескольких радионуклидов, различающихся типом и энергией радиоактивного превращения и периодом полураспада $T_{1/2}$. Присутствие радиоактивных изотопных индикаторов в среде устанавливают с помощью радиометрической аппаратуры, детектируя ионизирующее излучение, испускаемое радионуклидом [1].

Все перечисленное выше, начиная с середины XX века, определяет широкое применение радиоактивных изотопных индикаторов в физике, биологии, медицине и различных областях химии. Большинство используемых радионуклидов искусственные, получаемые при ядерных реакциях как продукты деления, а также при проведении активации анализа, радиоактивном распаде долгоживущего «материнского» нуклида.

Использование экспрессной аппаратуры, дающей возможность регистрировать излучение короткоживущих изотопов, позволяет проводить исследования с использованием радионуклидов в разных системах, в том числе *in vivo* в живых организмах. Если период полураспада радионуклида составляет не более 2-3 часов, то уже приблизительно через 1-2 суток в организме, в который были введены такие радионуклиды, радиоактивные атомы отсутствуют, так как они за это время практически полностью распадаются. Поэтому применение таких радионуклидов безопасно для любых живых организмов, в том числе и для человека [2].

Литература

1. Лукьянов, В. Б. Радиоактивные индикаторы в химии: Основы метода / В. Б. Лукьянов, С. С. Бердоносков, И. О. Богатырев. – М.: Высшая школа, 1985. – 287 с.
2. Бердоносков, С. С. Радиоактивные индикаторы в химических исследованиях / С. С. Бердоносков // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – № 4. – С. 51-57.

Уртминцева А. С., Шепелева А. А.

Научный руководитель: Крашенинникова Н. Г.,

канд. физ.-мат. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

«УМНЫЕ» МАТЕРИАЛЫ

Цель работы – проанализировать особенности и удивительные возможности интереснейшей группы материалов, называемых «умными» или «интеллектуальными».

«Умные» материалы (smart materials) – это материалы, свойства которых изменяются при воздействии каких-либо внешних факторов (механических нагрузок, электрических или магнитных полей, температуры, света, влажности, состава среды и др. Изменение свойств smart-материалов обратимо и может повторяться много раз.

Основные типы «интеллектуальных» материалов:

- сплавы с «эффектом памяти», способные после деформации восстанавливать свою первоначальную форму при нагреве;
- самосмазывающиеся материалы (self-lubricating materials), которые уменьшают трение или износ;
- самоочищающиеся материалы (self-cleaning materials), отталкивающие воду, органические жидкости и прочие загрязнения;
- пьезоэлектрики, способные вырабатывать электричество при приложении механической нагрузки или, наоборот, деформироваться при приложении электрического напряжения;
- фотомеханические материалы, изменяющие форму под воздействием света;
- магнитореологические жидкости, реологические свойства которых изменяются при наложении магнитного поля;
- магнотриксционные материалы, изменяющие форму в магнитном поле, (имеет место и обратный эффект – изменение намагниченности образца при приложении механической нагрузки);
- электротриксционные материалы, отличающиеся от магнотриксционных тем, что прикладывается не магнитное, а электрическое поле;
- электрохромные материалы, меняющие оптические свойства при электрических воздействиях. Примером таких «умных» материалов являются жидкокристаллические дисплеи.

– «умные» гели, способные сжиматься или набухать по сравнению с исходными габаритами на порядки (до 1000 раз).

Сравнительно новая и быстро развивающаяся группа – самовосстанавливающиеся материалы (self-healing materials), которые могут самостоятельно залечивать возникающие в них дефекты. Источником вдохновения для этой новой области исследований является самовосстановление в биологических объектах.

Наиболее успешно самовосстановление применяется в полимерах. Один из вариантов – использование способности термореактивных полимеров к упрочнению за счет сшивания полимерных цепей. Например, в качестве залечивающего агента может использоваться эпоксидный полимер, который хранится в тонкостенных инертных хрупких макрокапсулах, встроенных в матрицу вместе с катализатором или отвердителем. При распространении трещины капсула ломается, залечивающий агент высвобождается и распространяется в трещину по капиллярам. При этом залечивающий агент смешивается с катализатором, вызывающим процесс сшивания и затвердевания эпоксидной смолы, которая герметизирует трещины.

Другой подход – использование термопластичных полимеров с различными способами включения залечивающего агента в материал. При этом для инициирования заживления часто требуется нагрев, так как термопласты становятся текучими при повышении температуры.

Помимо полимеров, в настоящее время разрабатываются керамические самовосстанавливающиеся материалы, в основном упор делается на композиты из бетона. Например, один из таких композитов сделан из полых стеклянных волокон и содержит воздухоотверждаемый герметик, встроенный в бетонную матрицу.

Даже по этим немногочисленным примерам можно представить себе, насколько захватывающие перспективы связаны с новыми разработками в этой области и насколько актуальны дальнейшие работы по созданию и использованию «умных материалов»

Литература

1. Нанотехнологии. Азбука для всех / под ред. Ю. Д. Третьякова. – М.: Физматлит, 2010.
2. <http://worldofmaterials.ru/spravochnik/special-materials/142-intellektualnyematerialy>
3. <http://worldofmaterials.ru/spravochnik/special-materials/113-samovosstanavlivayushiesya-materialy>

Хабибуллина А. Ю., Соловьев М. Г.

Научный руководитель: Винокуров А. И., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ХИМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА: ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ

Задача создания удобной одежды, защищающей человека от внешней среды, возникла уже на самых ранних стадиях развития человеческого общества. На первом этапе одежду изготавливали из шкур животных и материалов, далее, из природных волокон (хлопок, шерсть, лен, натуральный шелк). Мы являемся современниками третьего этапа, когда в качестве сырья для получения тканей, трикотажа, нетканых текстильных материалов, а также для производства разнообразных изделий технического назначения (канаты, сети, приводные и привязные ремни, резинотехнические изделия, фильтровальные материалы и многое другое) используют химические волокна [1].

В зависимости от происхождения полимера химические волокна разделяют на две основные группы: искусственные волокна (если используемый полимер имеет природное происхождение) и синтетические (если волокнообразующий полимер получают в результате химического синтеза из низкомолекулярных соединений-мономеров). В свою очередь, особенности химического строения волокнообразующих полимеров позволяют разделить химические волокна на два основных класса:

- карбоцепные волокна, основная цепь макромолекулы полимера в которых построена только из атомов углерода;
- гетероцепные волокна, у которых в основной полимерной цепи наряду с углерод-углеродными связями имеются также связи между атомами углерода и гетероатомами (например, атомами азота или кислорода).

На первом этапе развития промышленности химических волокон в качестве волокнообразующих полимеров были использованы целлюлоза, составляющая основу большинства растительных организмов. Производство первого в мире химического волокна было организовано во Франции в г. Безансоне в 1890 году и основано на переработке раствора эфира целлюлозы. Однако эта технология не получила дальнейшего развития, вследствие пожаро- и взрывоопасности производства. Гигантский шаг, определивший направление развития промышленности химических волокон на многие десятилетия, был сделан в 1891 году с появ-

лением патента, основу которого составляло получение растворимого в водном растворе NaOH эфира целлюлозы [2].

Одной из важнейших проблем производства химических волокон является создание волокон и нитей, применяемых для изготовления материалов, используемых в экстремальных условиях и прежде всего при высоких механических нагрузках и повышенной температуре. Такие материалы определяют развитие многих направлений современной техники (изделия авиационной, космической и электропромышленности, защитная противобаллистическая и негорючая спецодежда и др.). Примерами таких волокон могут служить высокопрочные и термостойкие кевлар и ариמיד, макромолекулы которых содержат конденсированные ароматические и гетероциклические группировки [3].

Очевидно, что в настоящем и будущем потребности текстильной промышленности, так и других отраслей, использующих ткани и изделия из волокон, пряжи, нитей, не будут удовлетворены производимыми природными волокнами. Сырьем для этих отраслей во все большей степени становятся химические волокна. Эти волокна, в особенности синтетические, уже не являются простыми заменителями природных, а очень часто превосходят их по свойствам, обеспечивая возможность создания материалов с новыми потребительскими свойствами.

Литература

1. Гольдбрайт, Л. С. Химические волокна / Л. С. Гольдбрайт // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 3. – С. 42-48.
2. Юркевич, В. В. Технология производства химических волокон В. В. Юркевич, А. Б. Пакшвер. – М.: Химия, 1987. – 304 с.
3. Перепелкин, К. Е. Структура и свойства волокон / К. Е. Перепелкин. – М.: Химия, 1997.

УДК 504.579

Шестакова А. В.

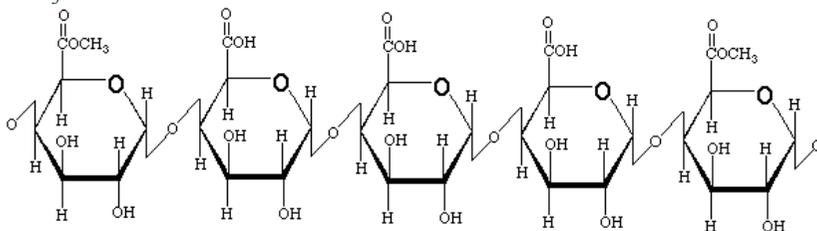
Научный руководитель: Винокурова Р. И., д-р биол. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ПЕКТИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА

Пектиновые вещества, или **пектины** – это полисахариды, образованные остатками, главным образом, галактуроновой кислоты. Присут-

ствуют во всех высших растениях, особенно во фруктах, и в некоторых водорослях. Пектины, являясь структурным элементом растительных тканей, способствуют поддержанию в них тургора, повышают засухоустойчивость растений, устойчивость овощей и фруктов при хранении. В промышленных масштабах пектиновые вещества получают в основном из яблочных и цитрусовых выжимок, корзинок подсолнечника, жома сахарной свеклы.

Пектины классифицируют по степени метоксилирования (степени этерификации – СЭ) – отношению количества метоксильных групп – OCH_3 ко всем кислотным остаткам в молекуле.



Промышленные виды пектинов делят на две группы:

- 1) высокоэтерифицированные с СЭ равной или более 50%;
- 2) низкоэтерифицированные – СЭ менее 50%.

Пектиновые вещества представляют собой порошки без запаха и слизистые на вкус, от светло-кремового до коричневого цвета. Цитрусовые пектины обычно светлее яблочных. Во влажной атмосфере пектины могут сорбировать до 20% воды, в избытке воды растворяются.

Одним из важнейших свойств пектинов является их желирующая способность. Пектины склонны к комплексообразованию с ионами тяжелых и радиоактивных металлов, поэтому их включают в рацион питания лиц, находящихся в среде, загрязненной радионуклидами, и имеющих контакт с тяжелыми металлами. Оптимальная профилактическая доза пектина составляет 4 г в сутки, а в условиях радиоактивного загрязнения – не менее 15-16 г.

Пектины используются в пищевой промышленности (E440) – в качестве структурообразователей, загустителей, студнеобразователя при изготовлении желеино-пастильных изделий (мармелада, зефира, пастилы, начинки для конфет, крема торта); добавки к лечебным сортам хлебо-булочных и макаронных изделий, для выпечки нечерствеющих сортов хлеба; эмульгатора для изготовления майонеза и жидких маргаринов в масложировой промышленности; стабилизатора при изготовлении безалкогольных напитков и различных купажируемых соков с мяко-

тью, концентрированных фруктовых напитков. Введение пектина в кисломолочные продукты позволяет также существенно увеличить сроки их хранения.

В медицине пектин применяется как в профилактических целях, так и в качестве лечебного средства. Пектины нашли применение в лечении острых кишечных инфекций. В последнее десятилетие изучено влияние пектинов на микрофлору кишечника. Пектин оказывает положительное влияние на некоторые показатели иммунитета. Пектины являются вспомогательным средством при приготовлении многих лекарственных форм.

В косметике пектин применяется как стабилизатор и эмульгатор паст, масел, кремов и масел, имеющих растительную основу. В дезодорантах и зубных пастах – для придания аромата свежести. В лосьонах и шампунях – как тонирующий стабилизатор и сгуститель.

Пектин может использоваться и для технических целей:

- в геологии в качестве пектинового клея при бурении;
- в текстильной промышленности при отделке тканей;
- в литейном производстве в качестве добавки в формовочные смеси, благодаря чему достигается более высокая точность отливок;
- в полиграфии при закреплении печатных материалов.

Наиболее распространенным сырьем для получения пектина, с точки зрения экономической целесообразности его использования, являются выжимки цитрусовых и яблок, жом сахарной свеклы и сердцевины корзинок подсолнечника.

В промышленных условиях производят пектин двух форм – жидкий и порошкообразный. В рецептурах эти две формы не взаимозаменяемы. От формы используемого пектина зависят правила смешивания продуктов: порошковый пектин смешивается со свежими холодными фруктами или соком, жидкий пектин добавляется в сваренный горячий продукт.

8. ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

УДК 536.7

Кармаенкова Ю. А., Фомина А. А.

Научный руководитель: Фоминых В. Л., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ЗАКОНОМЕРНОСТИ САМООРГАНИЗАЦИИ

Цель работы – рассмотреть закономерности самоорганизации. Под самоорганизацией в широком смысле понимают тенденцию развития природы от менее сложных к более сложным и упорядоченным формам организации материи. В более узком понимании самоорганизация есть спонтанный переход открытой неравновесной системы от простых и неупорядоченных форм организации к более сложным и упорядоченным. Свойства самоорганизации обнаруживают объекты различной природы: клетка, организм, биологическая популяция, биогеоценоз, человеческий коллектив, различные объекты неживой природы.

Теориями самоорганизации являются неравновесная термодинамика и синергетика. Методами синергетики осуществлено моделирование многих сложных самоорганизующихся систем: от морфогенеза в биологии и некоторых аспектов функционирования мозга до флаттера крыла самолета, от молекулярной физики и автоколебательных процессов в химии до эволюции звезд и космологических процессов, от электронных приборов до формирования общественного мнения и демографических процессов. Основной вопрос синергетики – существуют ли общие закономерности, управляющие возникновением самоорганизующихся систем, их структур и функций?

Самоорганизующиеся системы должны отвечать необходимым условиям:

1. должны быть неравновесными или находиться в состоянии, далеком от термодинамического равновесия; в них наблюдаются перепады температуры, давления, концентрации или других параметров;
2. должны быть открытыми и получать приток энергии, вещества и информации извне;
3. должны быть нелинейными, то есть их поведение описывается нелинейными математическими уравнениями, которые содержат неизвестные в степенях, не равных единице, или функции от неизвестных.

По Г. Хакену – основателю синергетики, систему можно назвать самоорганизующейся, если она без специфического воздействия извне обретает какую-то пространственную, временную или функциональную структуру. Под специфическим внешним воздействием понимается такое, которое навязывает системе структуру или функционирование.

Самоорганизующиеся системы – это обычно сложные открытые системы, которые характеризуются огромным числом степеней свободы. Однако далеко не все степени свободы системы одинаково важны для ее функционирования. С течением времени в системе выделяется небольшое количество ведущих, определяющих степеней свободы, к которым «подстраиваются» остальные. Такие основные степени свободы системы получили название аттракторов. Аттракторы характеризуют те направления, в которых способна эволюционировать открытая нелинейная среда. Иначе говоря, аттракторы – это те структуры, по направлению к которым протекают процессы самоорганизации в нелинейных средах. Для наглядной иллюстрации понятия аттрактора часто используют образ конуса «воронки», который втягивает в себя траектории эволюции нелинейной системы.

Становление самоорганизации во многом определяется характером взаимодействия случайных и необходимых факторов системы и ее среды. Самоорганизация переживает переломные моменты – точки бифуркации. Вблизи точек бифуркаций в системах наблюдаются значительные флуктуации, роль случайных факторов резко возрастает.

В переломный момент самоорганизации принципиально неизвестно, в каком направлении будет происходить дальнейшее развитие, станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более высокий уровень упорядоченности и организации. В точке бифуркации система как бы колеблется перед выбором того или иного пути развития. В таком состоянии небольшая флуктуация (момент случайности) может послужить началом эволюции системы в некотором определенном направлении, одновременно отсекая при этом возможности развития в других направлениях. Переход от Хаоса к Порядку вполне поддается математическому моделированию.

Согласно современным представлениям, самоорганизация является элементарным процессом эволюции. По своей сути эволюция состоит из бесконечной последовательности процессов самоорганизации.

Литература

1. Хакен Г. Синергетика / Г. Хакен. – М.: Прогресс, 1986.

Мотовилова Е. В., Семакина А. М.

Научный руководитель: Фоминых В. Л., канд. хим. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ В ОРГАНИЗМЕ ЧАЛОВЕКА И ВОЗМОЖНОСТИ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

В процессе функционирования любой живой организм, в том числе и человек, генерирует собственные физические поля. На регистрации собственных физических полей основаны многочисленные методы исследования организма человека. Целью данной работы является рассмотрение видов физических полей человека и их использование в медицинской диагностике.

Электромагнитные поля создаются при протекании физиологических процессов, сопровождающихся электрической активностью органов: кишечника, сердца, мозга, нервных волокон. Диапазон электромагнитного излучения ограничен со стороны коротких волн оптическим излучением, а со стороны длинных волн – радиоволнами длиной около 60 см. Радиометрия сверхвысокой частоты в настоящее время используется для диагностики злокачественных опухолей различных органов: молочной железы, мозга, легких, метастазов, а также функционального состояния коры головного мозга. ИК-тепловидение – это способ оценить кожный кровоток в различных участках тела. Регистрируя размер областей со сниженной температурой, можно определить степень выраженности заболевания, а также эффективность терапевтических мероприятий.

Акустическое излучение создается такими физиологическими процессами как дыхательные движения, биение сердца, ток крови в кровеносных сосудах, которые сопровождаются колебаниями поверхности человеческого тела. Диапазон собственного акустического излучения ограничен со стороны длинных волн механическими колебаниями поверхности тела человека, со стороны коротких волн ультразвуковым излучением. Это излучение в виде колебаний поверхности можно зарегистрировать контактными, либо не контактными методами. Акустические колебания несут информацию о многих процессах внутри организма: дыхательных движениях, биении сердца и температуре внутренних органов. Низкочастотные механические колебания применяются для измерения акустических шумов, создаваемых сердцем. Явление акусти-

ческого эха используется для диагностики слуха новорожденных в первые несколько дней жизни, когда невозможно использовать обычные методы аудиометрии. С помощью прибора – акустотермометра – можно, например, измерить температуру тела человека, погруженного в воду. Существенной областью применения акустотермографии станет измерение глубинной температуры в онкологии при процедурах, связанных с нагревом опухолей в глубине тела с помощью разных методов: ультравысокими и сверхвысокими частотами, ультразвуком, лазерным излучением.

Электрическое поле возникает при работе сердца и головного мозга. Контактные измерения электрического поля в настоящее время находят наибольшее применение в кардиографии (ЭКГ) и электроэнцефалографии (ЭЭГ), при помощи которых можно выявить патологии сердца и головного мозга. Основной прогресс в этих исследованиях обусловлен применением вычислительной техники. Эта техника позволяет получать электрокардиограммы высокого разрешения. В электроэнцефалографии, используемой для целей нейрохирургии, персональные компьютеры позволяют строить в реальном времени мгновенные карты распределения электрического поля мозга. Нарушение симметрии таких карт между правым и левым полушарием может быть диагностическим критерием в случае опухолей мозга и при некоторых других заболеваниях.

Магнитное поле тела человек создается токами, генерируемыми клетками сердца и коры головного мозга. С использованием магнитокардиографии (МКГ) исследуют работу сердца. Магнитоэнцефалография (МЭГ) позволяет исследовать процессы не только в коре больших полушарий, но и в глубоких структурах мозга. В ряде лабораторий мира проводятся исследования магнитных сигналов, сопровождающих отклики мозга на осязательные, звуковые, зрительные раздражения. В результате становится возможным без хирургического вмешательства установить то место, куда приходит и где обрабатывается информация от органов чувств, строятся карты активности головного мозга.

Подводя итог, можно сказать, что изучение физических полей человека является очень важным для диагностики многих заболеваний, а также для понимания процессов в человеческом организме.

Литература

1. Годик, Э. Э. Физические поля человека и животных / Э. Э. Годик, Ю. В. Гуляев // В мире науки. – 1990. – №5. – С. 75-83.

Мошкин В. А., Якимов В. И.

Научный руководитель: Силкина О. В., канд. биол. наук, доцент
Поволжский государственный технический университет

НЕЙТРИННАЯ СВЯЗЬ

Нейтрино – это совершенно уникальная частица, к сожалению, пока малоизученная.

Частица нейтрино похожа на электрон, но имеет важное отличие: у нее нет электрического заряда. Благодаря этому на нейтрино не влияют электромагнитные поля. Современной физике известны четыре типа взаимодействия: гравитационное, электромагнитное, сильное (связывает нейтроны и протоны) и слабое. На нейтрино влияют лишь очень слабые субатомные силы, имеющие гораздо меньшую дальность, чем электромагнетизм – меньше размера атомного ядра. Гравитация, как самое слабое из четырех взаимодействий, также не оказывает значительного воздействия на нейтрино с околонулевой массой. Таким образом, уникальные свойства нейтрино позволяют им проходить сквозь практически любые препятствия и преодолевать большие расстояния.

Нейтрино – это одни из самых распространенных частиц во Вселенной. Большинство нейтрино образовались около 15 миллиардов лет назад, вскоре после рождения Вселенной. С этого момента Вселенная непрерывно расширяется и охлаждается, а нейтрино просто продолжают свой бесконечный полет. Другие нейтрино постоянно производятся в реакторах атомных электростанций, ускорителях частиц, ядерных взрывах, во время рождения, гибели звезд и т. д.

Увы, но взаимодействие нейтрино все равно настолько редки, что требуется строить очень большие приемники с десятками тысяч литров вещества-ловушки. В своем эксперименте ученые Fermilab использовали главный инжектор проекта NuMI, дающий самый мощный в мире пучок нейтрино. Установка каждые 2,2 секунды производит импульсы длиной 1,8 микросекунды, выбрасывающие протоны с энергией 120 ГэВ. Протонный пучок ударяет в мишень из углерода, в результате чего образуются множество пионов, каонов и других частиц. Почти все пионы и каоны распадаются на нейтрино, которые летят в том же направлении, куда был первоначально направлен протонный пучок, т. е. в сторону детектора (приемника).

Возможность коммуникаций с помощью нейтрино начала активно обсуждаться учеными с конца 1960-х годов. Прежде всего, нейтринная связь интересовала военных – им нужен надежный способ связи с подлодками, которые находятся на большой глубине. Сегодня для этих целей используются радиостанции, работающие в диапазоне очень низких частот (3-30 кГц). Радиоволны этого диапазона проходят сквозь воду на глубину до 20 м, и, таким образом, подлодка может получить от командования приказы, находясь под водой. Однако строительство низкочастотного радиопередатчика – это очень сложное дело, поскольку требуется построить антенну для радиоволны длиной около 3,6-3,9 км. Длина такой антенны должна быть около 2 км, а вес составляет сотни тонн. Например, антенный комплекс российской станции связи с подлодками «Антей» (расположена вблизи г. Вилейка, Беларусь) весит 900 т. На этом фоне нейтринный приемопередатчик, возможно, вызывающий ироничную усмешку у скептиков, выглядит компактным прибором, весящим «всего» десятки тонн. В общем, сейчас инженеры используют различные ухищрения, вроде электродов, зарытых в землю и использующих ее в качестве антенны. Но в любом случае низкочастотные передатчики слишком уязвимы для ударов противника, обеспечивают скорость передачи данных до 100 кб/сек и потребляют очень много электроэнергии с низким КПД. Буксируемые антенны, установленные на подлодке, тоже имеют большую длину, к тому же они работают только на прием и для двусторонней связи все равно нужно использовать спутник-ретранслятор. Нейтринная связь может решить эту проблему, ведь нейтрино легко проходят сквозь толщу воды и корпус подлодки. Возможность связи с командованием без необходимости всплытия существенно повысит надежность морской компоненты ядерного щита.

Нейтринные приемопередатчики решат, наконец, проблему связи с космическими аппаратами: с ними можно будет связаться, даже если они закрыты от Земли другой планетой.

Также нейтринная связь может повлиять и на гражданские коммуникации: нейтринный сигнал проходит сквозь толщу Земли приблизительно на 20 миллисекунд быстрее, чем радиосигнал, направленный через спутники-ретрансляторы.

Одинцов К. А.

Научный руководитель: Силкина О. В., канд. биол. наук, доцент
Поволжский государственный технический университет

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Физики смогли впервые создать сверхпроводимость при комнатной температуре и объяснить суть этого явления. Сверхпроводимость продержалась в керамическом проводнике меньше секунды, но это достижение – огромный вклад в развитие науки и техники.

Сверхпроводимость при комнатной температуре: резонансное возбуждение атомов кислорода вызывает колебания (размытые контуры) между двойными слоями оксида меди (слой – голубой цвет, медь желтая, кислород красный). Лазерный импульс на короткое время выводит атомы из равновесия, расстояние между слоями уменьшается, и возникает сверхпроводимость

Явление в эксперименте длится всего несколько миллионных долей микросекунды, но понимание принципа сверхпроводимости при комнатной температуре может помочь в создании новых типов сверхпроводников, которые совершат переворот в современной технике. Такие сверхпроводники решат множество современных проблем: позволят создать сверхмощные аккумуляторы для питания энергоемкой техники вроде лазеров или силовых приводов, электродвигатели и генераторы с КПД близким к 100%, новые медицинские приборы, крохотные, но мощные микроволновые излучатели и т. д.

Сверхпроводимость уже используется, например, в ЯМР-сканерах, ускорителях частиц, мощных реле на электростанциях. Однако современные сверхпроводники требуют криогенного охлаждения: металлические до температуры -273°C , а более современные керамические -200°C . Понятно, что это сильно ограничивает широкое использование сверхпроводимости, особенно в быту.

К сожалению, создать сверхпроводимость при комнатной температуре долгие годы не удавалось из-за специфических условий, при которых она возникает. Так, один из самых перспективных керамических сверхпроводников YBCO (оксид иттрия-бария-меди) имеет особую структуру: тонкие двойные слои оксида меди чередуются с более толстыми промежуточными слоями, которые содержат барий, медь и кислород. Сверхпроводимость в YBCO возникает при -180°C в двойных

слоях оксида меди, где электроны могут соединиться и формировать так называемые куперовские пары. Эти пары способны создавать «туннель» между разными слоями, то есть проходить через слои, как призраки сквозь стены. Этот квантовый эффект наблюдается только ниже определенной температуры.

В 2013 г. международная команда, работающая в Институте Макса Планка, обнаружила, что кратковременные импульсы ИК-лазера способны на очень короткое время провоцировать сверхпроводимость в YBCO при комнатной температуре. Природу этого явления понять не удалось, помог лишь самый мощный в мире рентгеновский лазер LCLS (США), который позволяет «видеть» атомную структуру материала и сверхкороткие процессы. С его помощью ученые провели ряд сложных экспериментов и опубликовали результат своего открытия в издании Nature.

Как оказалось, инфракрасный лазерный импульс не только заставляет атомы колебаться, но и меняет их позицию в кристалле. В результате двойные слои диоксида меди становятся немного толще – на 2 пикометра или 0,01 диаметра атома. Это в свою очередь увеличивает квантовую связь между двойными слоями до такой степени, что кристалл становится сверхпроводящим при комнатной температуре в течение нескольких пикосекунд.

Таким образом, ученые обнаружили потенциальный путь для создания сверхпроводников, работающих при комнатной температуре. Если теорию удастся превратить в коммерческую технологию (а в случае с нынешними низкотемпературными сверхпроводниками для этого понадобилось около 20 лет), то прогресс совершит огромный скачок. Бензиновые автомобильные моторы станут анахронизмом, время непрерывной работы смартфона будет исчисляться не часами, а месяцами, наступит расцвет электрических летательных аппаратов, левитирующих на магнитной подушке поездов и автобусов.

9. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ

УДК 65.011

Андреева Е. А.

Научный руководитель: Секлетина Л. С., доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

QRM - МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ

Конкурентоспособность продукции и услуг в значительной степени зависит от умения быстро и эффективно решать возникающие задачи.

Многие отечественные предприятия пробуют реализовать управленческие концепции и инструменты повышения эффективности производственной деятельности (например, бережливое производство – Lean Production). Однако их применение не всегда приводит к желаемым результатам и возникает необходимость использования новых методов принятия решений.

Американским математиком Раджаном Сури (Висконсинский Университет, США) была разработана концепция QRM, сфокусированная на снижении временных затрат.

QRM (quick response manufacturing, дословно «быстро реагирующее производство») – это новая управленческая концепция, нацеленная на радикальное сокращение временных затрат на всех этапах производственного цикла и офисных операций. Для этого вводится показатель КПП (критический производственный путь) – наиболее длительный временной отрезок, охватывающий время от начала производства изделия до окончания выполнения всего заказа. QRM позволяет увеличить рентабельность предприятия через снижение затрат и ускорение поставок.

В QRM используются такие инструменты, как создание производственных ячеек, работа в межфункциональных командах, быстрая переналадка и др.

Мы рассмотрели применение QRM в процессе разработки чертежа на печатную плату в условиях Чебоксарского электроаппаратного завода, занимающегося производством электрооборудования, монтажными, пусконаладочными и проектными работами.

Разработка чертежа на печатную плату включает ряд этапов: получение технического задания на разработку печатной платы, разработка электрической схемы узла, разработка рисунка печатной платы, разра-

ботка чертежа, согласование чертежа с главным технологом, с инженером по нормоконтролю, с заместителем технического директора, с заказчиком. Затем производится корректировка, подписание и распечатка чертежа, рассылка по абонентам. Наибольшее количество времени (55% от общего времени выполнения заказа) занимает согласование чертежа и его подписание после исправления. Очевидно, что необходимо усовершенствовать фонд рабочего времени.

После проведенного анализа было решено предусмотреть ряд мероприятий, которые позволят сократить потери рабочего времени. Для этого необходимо создать ячейку QRM, т. е. предусмотреть место и время для проведения мозгового штурма между работниками, занимающимися согласованием и подписанием чертежа.

Целесообразно организовать онлайн-конференцию лиц, участвующих в процессе согласования и подписания чертежа. Данные действия позволят до 50% сократить время разработки чертежа на печатную плату, тем самым увеличив производительность процесса.

Концепция QRM успешно внедрена в сотнях компаний США и Европы. Есть все основания полагать, что QRM может с успехом использоваться на российских предприятиях.

Литература

1. Сури, Р. Время – деньги. Конкурентное преимущество быстрореагирующего производства; пер. с англ. / Р. Сури. – М.: БИНОМ; Лаборатория знаний, 2013. – 326 с.
2. Мамонов, В. И. Некоторые аспекты концепции быстрореагирующего производства / В. И. Мамонов, В. А. Полуэктов, Е. М. Якутин // Экономика, управление и социальная политика. – 2014. – №5. – С. 59-52.

УДК 004.94

Афанасьева М. Л.

Научные руководитель: Гартфельдер В. А., канд. техн. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ПРОЕКТНЫЙ СТИЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Проектный стиль управления – это применение знаний, навыков, инструментов и методов для планирования и реализации действий, направленных на достижение поставленной цели в рамках проектных требований.

На протяжении многих веков человечеству приходилось реализовывать множество проектов. Возрастающая сложность проектов, с одной стороны, и накопленный опыт управления, – с другой, сделали необходимым и возможным создание идеологии и методологии управления проектами. Бурное развитие кибернетики, теории управления и исследования операций в середине 20 столетия позволило создать ряд формальных моделей и тем самым заложить систематическую научную основу управления проектами.

Сегодня многие компании и предприятия активно применяют проектный стиль управления. Как правило, реализуемые проекты носят инвестиционный и инновационный характер, не затрагивая основную деятельность предприятия. Однако для некоторых видов бизнеса проектная система управления может стать основным принципом организации деятельности предприятия.

Чебоксарский завод кабельных изделий ОАО «Завод «Чувашкабель» в настоящее время функционирует в жестких рыночных условиях, что заставляет искать более гибкие формы управления. Основная производственная деятельность может рассматриваться как совокупность проектов, а значит, наиболее эффективная – проектная форма организации работы.

В течение последних 5 лет на предприятии проектный стиль управления является одним из ключевых областей корпоративного менеджмента. Благодаря этой системе решено множество сложных задач: повышение эффективности работ, снижение материальных затрат, расширение производства кабельно-проводниковой продукции, увеличение качества производимых изделий, внедрены различные методологии («Система 5S», «Шесть сигм», технология быстрой переналадки «SMED») и другие.

Любой проект в процессе своей реализации проходит различные стадии, называемые в совокупности жизненным циклом проекта. Для реализации различных функций управления проектом необходимы действия, которые именуются процессами управления проектами. Процессы управления проектами на предприятии, рассмотренные в данной работе, разбиты на шесть основных групп, реализующих различные функции управления. От качества проведения каждого из процессов во многом зависит успешность всего проекта в целом.

И еще очень важная особенность проектного бизнеса – наличие достаточного числа специалистов, отвечающих определенному набору требований к компетенции. Поэтому обязательным показателем служит уровень квалификации по различным категориям персонала компании

(администраторы, руководители проектов, аналитики, программисты и т. д.). Однако успех проекта в целом определяется не только их квалификацией, но и степенью их заинтересованности, что особенно важно в командной работе в процессе выполнения проекта. Для того чтобы регулировать мотивацию персонала рассматривается такой показатель, как доля премии в общем доходе сотрудников.

Переход на проектную модель управления создает возможности для значительного повышения эффективности работы предприятия. Проектная система организации работы и управления – это способ эффективной организации работы для достижения целей компании, повышения конкурентоспособности, устойчивости к внешним и внутренним факторам. К тому же управленческая мысль не стоит на месте, и опыт постепенно позволяет совершенствовать концепции и теории менеджмента, а также разрабатывать новые.

УДК 006

Волкова Т. А.

Научный руководитель: Тарасова О. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ОПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ НА ООО «ПРЕМЬЕРА»

Цель исследования – произвести анализ организации операционного контроля качества межкомнатных дверей на ООО «Премьера».

Рассматривается задача по выявлению недостатков в организации операционного контроля с выявлением контролируемых показателей качества и применяемых средств измерений.

Согласно ГОСТ 16504 [1] операционный контроль – это контроль продукции или процесса во время выполнения или после завершения технологической операции.

В ходе анализа было выявлено, что на разных этапах технологического процесса изготовления дверей продукция не подвергалась или подвергалась, но не в полном объеме операционному контролю.

В результате исследований установлено, что контролю не подвергается продукция на следующих технологических операциях:

1. предварительное строгание брусков и строгание сращенной по длине заготовки. В данном случае необходимо контролировать пара-

метры сечения детали после обработки, наличие дефектов обработки и покоробленность.

2. фрезерование отверстий под фурнитуру. При выполнении данной операции должны контролироваться дефекты обработки, диаметр отверстий и точность расположения отверстий.

3. шлифование. Изделия после шлифования подлежат контролю по показателям: дефекты обработки, толщина, шероховатость, дефекты шлифования.

Контроль не в полном объеме производится на следующих операциях:

1) торцевание брусков и торцевание в чистовой размер по длине;
2) строгание щита в размер. Параметры сечения щита контролируются выборочно в объеме меньшем, чем установлено в НД, покоробленность контролю не подвергается.

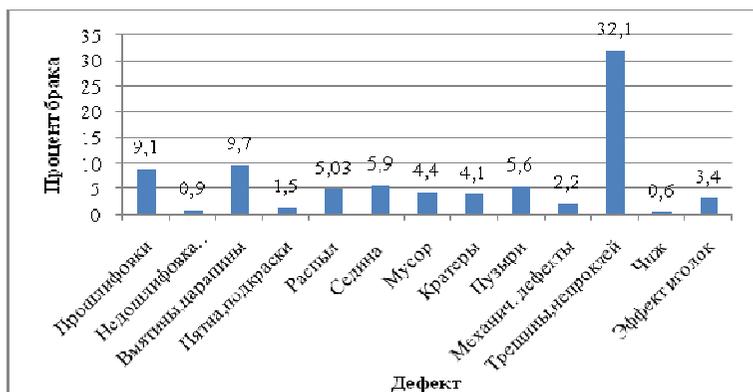
3) формирование торцевого профиля у импостов. Контролируются параметры шипа импоста.

4) формирование торцевого профиля у стоевых брусьев. Должны проверяться дефекты обработки, параметры наплава и параметры паза.

5) сверление отверстий под петли. Контролю должны подвергаться диаметр и точность расположения отверстий.

6) предварительная сборка. При выполнении данной операции необходимо контролировать каждое изделие на наличие дефектов обработки и пороков строения древесины, раскрывшихся после обработки.

Следствием выявленных недостатков операционного контроля является появление дефектов готовой продукции. Результаты анализа представлены на рисунке за январь 2015 г. при общем объеме принятых ОТК дверей – 318 шт.



Дефекты готовой продукции

Выводы: на ООО «Премьера» операционный контроль производится выборочно и не всегда в полном объеме, следствием этого является наличие возвратов продукции, не соответствующей установленным требованиям и запросам потребителя. Следует уделить пристальное внимание организации контроля для своевременного предотвращения появления дефектной продукции на следующих операциях: предварительное строение брусков и сращенных заготовок, фрезерование отверстий под фурнитуру и шлифование.

Литература

1. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. [Текст] – Переиз. Март 1991 с изм. №1. – Взамен ГОСТ 16504-74; Введ. 01.01.1982 – М.: Стандартинформ, 2011. – 26 с.

УДК 651

Градобаева О. Г., Матвеева Т. Г.

Научный руководитель: Тарасова О. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В ОАО «ЗАВОД ИСКОЖ»

Рассмотрена проблема эффективности внедрения электронного документооборота в ОАО «Завод Искож».

Электронный документооборот – это движение электронных документов на предприятии и деятельность по организации этого движения. При этом, как правило, подразумевается полный цикл автоматизации движения документа (от получения или разработки до отправки, или перевода в архив) и существенное (вплоть до нуля) сокращение объема использования бумажных документов.

Каждый документ в системе документооборота снабжается «карточкой», подобной, например, библиотечной и может иметь один или несколько прикрепленных файлов – это могут быть как проекты новых документов, так и отсканированные образы существующих. Документ может быть связан с другими документами, что обеспечивает целостность информационного поля организации и может быть найден по его

атрибутам или, при наличии такой функциональности, по вхождению текста в прикрепленные файлы (полнотекстовый поиск).

Было проведено анкетирование среди руководителей и служащих, работающих в электронном документообороте, различных подразделений ОАО «Завод Искож». Период анкетирования – февраль 2015 года. В опросе принимали участие 42 человека.

Целью исследования являлась оценка эффективности внедрения электронного документооборота (ЭДО) на ОАО «Завод Искож» и определение результативности обучения персонала для работы в ЭДО.

Для достижения поставленных целей определили следующие задачи:

- 1) составить и разослать анкету руководителям и специалистам различных подразделений;
- 2) осуществить обработку полученных результатов;
- 3) предложить мероприятия по повышению эффективности ЭДО.

Анализ анкет показал, что все респонденты считают внедрение ЭДО в организации эффективным. 64% опрошенных отмечают повышение эффективности своей работы и работы подразделений, а 10% респондентов считают, что с внедрением ЭДО эффективность работы повысилась недостаточно, это связано с тем, что прослеживается недостаточность персональных компьютеров, а также слабое владение ими.

В ходе опроса выяснилось, что 33% респондентов сталкиваются с трудностями при работе в ЭДО. Большинство из них считает, что трудности возникают в связи с тем, что забывается последовательность действий и необходимо пользоваться инструкциями, а также недостаток и слабое владение ПК. Также выделяют такие проблемы, как трудности с прикреплением файла к карточке документа, отсутствие постоянной практики, отсутствие доступа к некоторым файлам, процессам.

На ОАО «Завод Искож» проводилось разовое обучение руководителей и специалистов для работы в электронном документообороте. Было принято решение проанализировать результаты обучения. Анализ показал, что 33 человека (78,6 % респондентов) оценивают свои результаты обучения на 4 (хорошо), а 2 человека (5 % опрошенных) оценивают результаты обучения на 2 (ниже среднего). Необходимость дополнительного обучения по работе в ЭДО указали 15 респондентов. Они считают, что дополнительное обучение по темам: «Управление документированными процедурами», «Управление приказами/распоряжениями» необходимы по работе в ЭДО.

На вопрос о необходимости создания инструкций по управлению в ЭДО отдельными видами документов 64% опрошенных отметили, что

инструкции не нужны, 36% респондентов считают, что инструкции по управлению в ЭДО отдельными видами документов необходимы.

Внедрение ЭДО показало свою эффективность, что наблюдается в результате опроса респондентов. Для повышения эффективности работы в ЭДО можно предложить следующие мероприятия:

1. дополнительное обучение, так как большинство опрошенных оценивают свои результаты на «хорошо» и поддерживают необходимость дополнительного обучения;

2. создание инструкций для пользователей, что позволит описать последовательность действий для работы в электронном документообороте.

Литература

1. Электронный документооборот [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.neologica.ru/publish-data/articles/documentooborot/>, свободный.

УДК 005.6:692.81

Елисеева М. С.

Научный руководитель: Тарасова О. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ОТВЕРСТИЙ В ДЕРЕВЯННЫХ ДВЕРЯХ

Получение высококачественной конкурентоспособной продукции в деревообрабатывающей отрасли – это цель многих производителей.

Республика Марий Эл имеет все возможности выпуска и реализации конкурентоспособной продукции, не только на внутреннем рынке республики, но и далеко за ее пределами. Несомненно, обеспечение качества любого вида продукции требует наличия соответствующего сырья, современного оборудования, технологий, человеческих ресурсов и т. д.

Рост эффективности процессов возможен при четком взаимодействии нескольких составляющих, причем применяемая при комплектации фурнитура должна соответствовать конструкции изделия, а используемое технологическое оборудование обеспечивать соответствие результата выполнения операции заданным показателям качества [1].

Под качеством обработки поверхности понимается точность обработки заготовок соответственно чертежу и чистота полученной поверх-

ности. Наличие отклонений от заданных размеров и формы готовых деталей и изделий задерживает дальнейшую обработку и сборку деталей, т. к. требует дополнительных технологических операций для их ликвидации. Поэтому очень важно при производстве дверей деревянных, и в частности с наплавом, точное соблюдение межосевого расстояния и заданного диаметра отверстий, выбираемых под свертные петли.

Появление отклонения от заданных размеров может быть вызвано неточностью работы станка или небрежностью работы (неправильная установка детали или неточная разметка, плохо подобранное и заточенное сверло и т. д.).

При контроле за качеством сверления на сверлильно-присадочном станке установлены следующие виды дефектов:

- 1) завышенный диаметр отверстия после сверления;
- 2) поверхность отверстия после сверления может получиться рваная, с высокой шероховатостью стенок;
- 3) несоответствие чертежу расстояния между центрами отверстий в деталях;
- 4) несоответствие чертежу параметров размерной цепи отдельно расположенных отверстий: расстояния между краями детали и диаметром отверстия;
- 5) смещенное по оси направление отверстия;
- 6) смещенные относительно друг друга отверстия;
- 7) эллиптическая форма отверстия.

Для проверки качества сверления под свертные петли были проведены измерения диаметра высверливаемых отверстий и точности их расположения на поверхности продольного стоевого бруска двери и бруска коробки. По этим результатам были построены контрольные карты (X-карта) с указанием отклонений в расположении отверстий на деталях. Значительная часть значений выходит за границы допустимых отклонений, что свидетельствует о погрешностях сверления.

ГОСТ 475-78 [2] не нормирует расположение и виды применяемой фурнитуры, как правило, это регламентируется в технической документации на продукцию, поэтому эти вопросы находятся в компетенции производителей. Для формирования точных параметров сверления отверстий на продукции по 11-12 качеству применяется ГОСТ 6449.1-82 [3] с установлением межосевого расстояния под свертные петли с допустимыми отклонениями $25 \pm 0,15$.

Для обеспечения точности сверления спаренных отверстий необходима разработка нового оборудования, со сдвоенными шпиндельными головками в количестве от двух до четырех, обеспечивающих одновре-

менное сверление отверстий по всей длине вертикальных стоевых брусьев коробки и дверного блока с наплавом.

Литература

1. Елисеева, М. С. О совершенствовании сверлильного оборудования для изделий из древесины. / М. С. Елисеева, О. Г. Тарасова // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики регионов России: материалы II Международной научно-практической конференции молодых преподавателей, аспирантов и студентов, 25-26 декабря 2014 г. / под общей редакцией В. В. Двоглагова. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – С. 66-69.
2. ГОСТ 475-78. Двери деревянные. Общие технические условия. – Введ. 1979.01.01. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 13 с.
3. ГОСТ 6449.1 – 82. Изделия из древесины и древесных материалов. Поля допусков для линейных размеров и посадки. – Введ. 1984.01.01. – М.: Из-во стандартов, 1983. – 20 с.

УДК 621.763-036.632

Забродина Н. А., Забродин А. Г.

Научный руководитель: Бастраков В. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

КАЧЕСТВО ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ. ПЛАНИРОВАНИЕ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Качество изделий, получаемых методами порошковой металлургии, определяется множеством факторов: составом исходного материала, способом его получения и технологическим процессом изготовления деталей. Во многих случаях в изделиях из порошковых материалов состав исходного материала является уникальным [1], поэтому и технология изготовления изделий в каждом конкретном случае будет иметь свои особенности.

В результате предварительных исследований были определены возможные предельные значения факторов: $t = 120...132$ °С, $T_{\phi} = 4...6$ мин и $T_{в} = 3...30$ дней. По установленным предельным значениям факторов разработан план полного многофакторного эксперимента[2].

Таблица 1. Уровни варьирования факторов

Уровень факторов	Кодовое обозначение	t , °C	T_{ϕ} , мин.	T_B , дней
		X_1	X_2	X_3
Нижний	-	120	4	3
Верхний	+	132	6	31
Основной	0	126	5	17
Интервал варьирования	ΔX_i	6	1	14

На основе анализа результатов изменения твердости НВ от изменения влияющих факторов в качестве математической модели была принята линейная зависимость [3,4]:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{12}x_1x_2 + a_{12}x_1x_2 + a_{23}x_2x_3 + a_{13}x_1x_3, \quad (1)$$

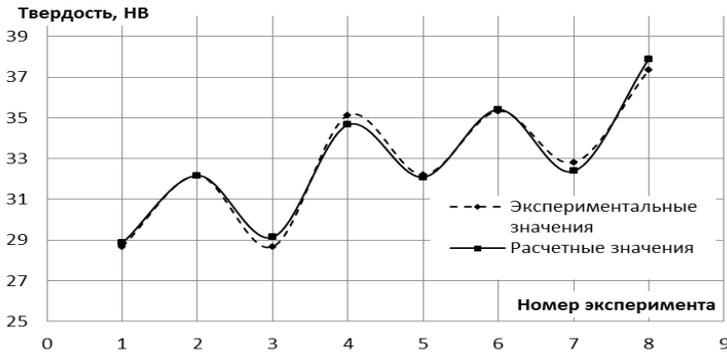
где a_0, a_1, a_2, a_3 – коэффициенты регрессии;

x_1, x_2, x_3 – кодированные переменные.

По результатам эксперимента с вариацией трех факторов на двух уровнях (тип 2^3) получена искомая зависимость:

$$HB = 38,645 - 0,0895t - 10,834T_{\phi} + 0,12T_B + 0,0915t \cdot T_{\phi} \quad (2)$$

По полученной формуле (2) и экспериментальным данным при изменении влияющих факторов построены теоретические и экспериментальные кривые изменения твердости НВ, приведенные на рисунке.



Графики экспериментальных и расчетных значений для твердости НВ

Вид кривых показывает хорошую сходимость изменения твердости полученной экспериментально и расчетом по установленной зависимости. Адекватность полученной математической зависимости для твердости НВ от влияющих факторов с вероятностью $P = 0,95$ установлена

по критерию Фишера *F*. Воспроизводимость результатов измерений также с вероятностью 0,95 обоснована по критерию Кохрена.

Литература

1. Бастраков В. И. Полимерный композиционный антифрикционный материал / В. М. Бастраков, Н. А. Юшкова, Ю. В. Лоскутов, С. Я. Алибеков, И. Санникова... Патент на изобретение № 2451702. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 27.03.2012
2. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
3. Налимов, В. В. Теория эксперимента / В. В. Налимов. – М.: Наука, 1971. – 208 с.
4. Румшинский, Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л. З. Румшинский. – М.: Наука, 1971. – 192 с.

УДК 006

Короткова Е. В.

Научный руководитель: Тарасова О. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НОРМОКОНТРОЛЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ АО «МАРИЙСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Исследования организационных работ по нормоконтролю проводились на АО «Марийский машиностроительный завод».

Нормоконтроль – контроль выполнения конструкторской и технологической документации в соответствии с нормами, требованиями и правилами, установленными нормативно-правовыми документами. Проводится в целях обеспечения однозначности применения документации и установленных в ней норм, требований и правил на всех стадиях жизненного цикла продукции.

Цель исследования – выявление видов нарушений оформления конструкторской и технологической документации

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- 1) сбор данных и анализ ошибок при оформлении документов;
- 2) определение причин появления ошибок;
- 3) статистический анализ появления ошибок;
- 4) определение подразделений, в которых было выявлено наибольшее количество ошибок.

В таблице и на рисунке представлены сведения о недостатках в оформлении документации, обнаруженных нормоконтролерами за 2014 год. Результат обработаны с применением инструмента контроля качества, в частности, диаграмма Парето.

Ошибки за 2014 год

№	Виды ошибки	Количество ошибок	Процент числа ошибок, %
1	Применение ссылок на недействующие или неразрешенные к применению документы	64	18,991
2	Нарушение требований основополагающих систем	50	14,837
3	Отсутствие необходимых подписей и дат подписей	46	13,65
4	Небрежное выполнение документов	43	12,76
5	Ошибки в маршрутных картах	37	10,979
6	Ошибки в операционных картах	33	9,792
7	Несоответствие устанавливаемых основных параметров (и терминов стандартам	27	8,012
8	Несоответствие обозначений на чертежах	21	6,231
9	Нарушение логичности и грамотности изложения	11	3,264
10	Неправильное заполнение основной надписи и т. д.	5	1,484
	Итого	337	100

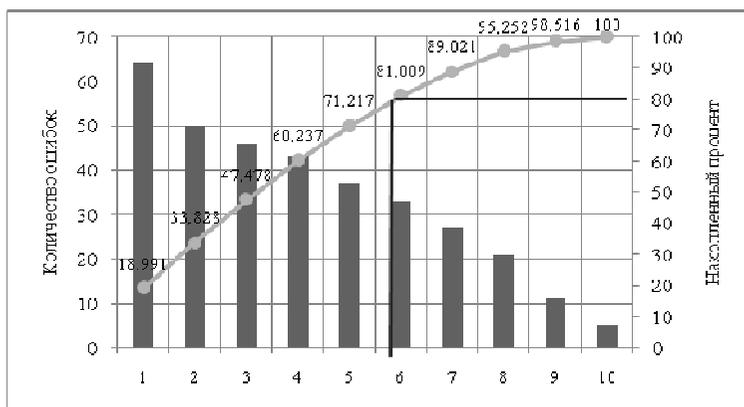


Диаграмма Парето

По данным на рисунке можно сделать вывод о том, что наибольшее количество ошибок составляют применение ссылок на недействующие или неразрешенные к применению документы; нарушение требований основополагающих систем; отсутствие необходимых подписей и дат подписей; небрежное выполнение документов; ошибки в маршрутных картах.

Для выявления более точных причин появления ошибок необходимо провести анализ и сравнить данные за несколько лет, а также рассмотреть конкретную работу определенных подразделений, имеющих наибольшее количество ошибок.

УДК 658.562.4

Медведева М. М.

Научный руководитель: Тарасова О. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ И ПРОЦЕДУРЫ АККРЕДИТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Целью данной работы является оценка изменений в документации при аккредитации испытательных лабораторий [1].

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) выполнить анализ нормативно-правовой документации на процедуру и критерии аккредитации;
- 2) выявить достоинства и недостатки отмененного Приказа Министерства экономического развития РФ от 16.10.2012 г. №682 «Об утверждении Критериев аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) и требований к ним» и введенной процедуры аккредитации Федеральный закон от 28.12.2013г. № 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации», вступивший в действие с 1 июля 2014 г. [2].

Последний документ сформировал единую национальную систему аккредитации в РФ, в которой за Федеральной службой по аккредитации окончательно закреплены полномочия единого национального органа по аккредитации и установлены универсальные правила аккредитации, соответствующие требованиям международных стандартов. Кроме того, закон содержит ряд положений, уточняющих действовав-

шую ранее процедуру аккредитации; вводит новые механизмы контроля за аккредитованными лицами; закрепляет статус экспертов и экспертных организаций и др.

Закон регулирует отношения при аккредитации в национальной системе, возникающими в связи с работами по аккредитации для лиц, выполняющих работы по оценке соответствия и привлекаемых к госнадзору, в том числе экспертов и экспертных организаций, привлекаемых к работам по обеспечению единства измерений и обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Для реализации ФЗ [2] приняты ряд документов, устанавливающих:

- особенности аккредитации в отдельных сферах;
- сроки в рамках процедуры аккредитации и подтверждения компетентности;
- порядок деятельности комиссии по апелляциям при Федеральной службе по аккредитации;
- требования к аккредитованным лицам, экспертам по аккредитации и техническим экспертам;
- формы используемых при оказании госуслуг документов и осуществления отдельных административных процедур в рамках аккредитации и т. д.

Анализ правовых и нормативных документов, а также опыт работы в испытательных лабораториях позволил выделить ряд достоинств и недостатков существующей процедуры аккредитации испытательных лабораторий, а именно:

- 1) аттестат аккредитации является бессрочным, допускается расширение области аккредитации, но необходимо подтверждение компетентности в первый год и последующие два года;
- 2) подтверждение компетентности производится самостоятельно по заявлению аккредитованного лица;
- 3) создание федеральной государственной информационной системы (ФГИС);
- 4) создание сайта в сети «Интернет»;
- 5) усложнение критериев процедур (разработка и внедрение системы менеджмента качества, наличие всех документированных процедур управления в соответствии со стандартом ГОСТ Р ISO 9001, методических инструкций и т. д.).

Принятые в мае 2014 г. Приказы Минэкономразвития России № 288 и 326 утверждают критерии аккредитации, перечень документов, подтверждающих соответствие заявителя критериям аккредитации, и перечень документов в области стандартизации, соблюдение требований

заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации.

Сравнительный анализ новых критериев и процедур с ранее действовавшими, показал, что требования к аккредитуемым лабораториям несколько изменились, что значительно усложняет как процедуру аккредитации, так и последующую деятельность испытательной лаборатории.

Литература

1. ФЗ «О техническом регулировании» №184 от 27.12.2002 с изменениями на 23.06.2014.
2. ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» №412-ФЗ от 28.12.2013 с изменениями на 23.02.2014.

УДК 658.5

Михайлова И. В.

Научный руководитель Секлетина Л. С., доцент
Чувашский государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЯ «КОРПУС БУКСЫ» В ОАО «ЧЕБОКСАРСКИЙ АГРЕГАТНЫЙ ЗАВОД»

Управление качеством продукции или услуги – это целенаправленный процесс воздействия на объекты управления, осуществляемый при создании и использовании продукции или услуги, в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого ее уровня качества, удовлетворяющего требованиям потребителей.

В работе рассматривается изделие «Корпус буксы», имеющее несоответствия, выявленные при прохождении производственной практики на предприятии ОАО «Чебоксарский агрегатный завод». Завод получил заказы от РЖД на серийный выпуск «Корпуса буксы» для вагонов повышенной грузоподъемности. Это изделие используют на заводе «Промтрактор-Вагон» при сборке подвижного состава нового поколения. Буксы располагаются на шейках оси и обеспечивают вращательное движение колесных пар при движении вагона с необходимыми скоростями.

Работая в условиях сложных нагрузок и изменяющихся температурных и погодных условий окружающей среды, буксы должны обеспечи-

вать минимальное сопротивление вращению колесных пар, высокую надежность и безопасность движения вагона. Поэтому к их конструкции, техническому обслуживанию и ремонту предъявляют высокие требования.

Высокое качество изделий в железнодорожной отрасли обеспечивает Международный стандарт железнодорожной промышленности IRIS (International Railway Industry Standard). Стабильность получения качественных характеристик, согласно этому стандарту, должна обеспечиваться использованием инструментов статистического управления процессами. В нашей работе для управления процессом и предупреждения несоответствий применяется статистический анализ данных при помощи контрольных карт Шухарта, гистограмм и стратификации.

Обработка изделия производится на двух расточных станках с ЧПУ, каждый из которых одновременно может обрабатывать две детали. Мы исследовали процесс чистового растачивания внутреннего диаметра $\varnothing 250^{+0,100}_{+0,015}$ «Корпуса буксы».

При анализе R-карты (карта размаха) видно, что одна точка выходит за верхнюю границу. Для того чтобы определить, где происходит этот выпад, произведено расслоение данных по станкам. После стратификации стало видно, что причина кроется в первом станке. Анализ причин выхода точки за верхнюю границу с помощью причинно-следственной диаграммы показал, что во время механической обработки изнашивается пластина режущего инструмента.

После проделанной работы можно сделать вывод, что в целом процесс обработки стабильный и управляемый, однако есть признак присутствия особой причины, приводящей к появлению несоответствия. Для исключения этой проблемы были предложены корректирующие мероприятия: замена материала режущей пластины или внедрение технологической карты с новой нормой времени на принудительную смену грани режущей пластины.

Современное управление качеством направлено на деятельность по предотвращению несоответствий, поиск их причин еще до того, как продукция произведена. Статистическое управление процессами является именно таким предупреждающим способом и должно повсеместно внедряться на наших предприятиях.

10. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 669.1

Владимирова Ю. О., Данилов П. Г.

Научный руководитель: Ефимова Л. Б., доцент

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗВЕНА ГУСЕНИЦЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАКТОРА Т 35-01

Промышленные тракторы предназначены для работы на добыче руды, каменного угля, золота, а также на строительстве газопроводов и нефтепроводов и других объектов. Работают машины в разных почвенно-климатических условиях.

В особо тяжелых условиях в процессе эксплуатации находятся детали гусениц, в том числе и звенья. Они испытывают высокие удельные давления, трения, абразивный износ. Поэтому звенья должны быть не только высокопрочными, но и достаточно вязкими, их беговая дорожка должна быть износостойкой.

Для обеспечения этих требований на предприятии была разработана и внедрена специальная экономнолегированная улучшаемая сталь. В своей работе мы рассмотрели и проанализировали некоторые характеристики этой стали, отвечающие за эксплуатационные свойства звена гусеницы.

Звенья из этой стали проходят двойную термообработку для придания материалу ударной вязкости сердцевины и, одновременно, повышенной твердости поверхностного слоя для обеспечения износостойкости. Однако надежность и долговечность обеспечивается не только выбором марки стали и технологической схемы упрочнения деталей, но и строгим соблюдением требований техпроцесса.

В работе представлены результаты исследования готового к сборке звена гусеницы. В таблице приведен химический состав стали, из которого изготовлено звено.

Таблица 1. Химический состав стали 38ХФР

Элементы, %	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Ti	Al	B	V	S
Значения по ТУ на сталь	0,34 0,42	0,5 0,8	0,17 0,37	0,70 1,00	Не более 0,30		0,05	0,02 0,05	0,001 0,003	0,04 0,10	Не более 0,035
Фактические значения	0,41	0,72	0,31	0,8	0,06	0,11	0,02	0,04	0,001	0,09	0,022

Из таблицы видно, что сталь соответствует марке 38ХФР, то есть требованиям ТУ на сталь.

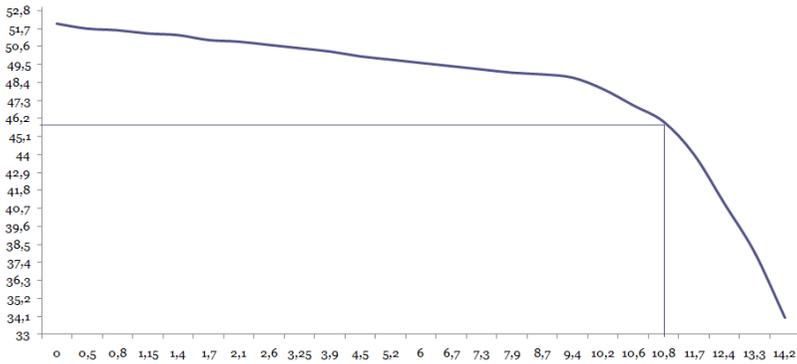


График изменения твёрдости по сечению закаленного слоя

На рисунке показан график изменения твёрдости по сечению закалённого токамаи высокой частоты зоны. Из графика следует, что глубина упрочнённого слоя до твёрдости 46 HRC соответствует 10,8 мм.

Результаты всех исследований сведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты исследований звена гусеницы

	Твёрдость поверхности, HRC	Глубина упрочнённого слоя hсл, мм (до 46 HRC)	Длина упрочнённой зоны боковых поверхностей, L, мм (до 49 HRC)	Твёрдость сердцевины после улучшения, HB	Микроструктура	
					Упрочнённой зоны	Сердцевины
Технические требования	49...54	10...16	20-32	321...363	Мартенсит 5-6 балла	Сорбит отпуска
Фактические значения	52	10,8	21,8-26,2	352	Мартенсит 5 балла	Сорбит отпуска

Полученные результаты исследований звена гусеницы позволяют сделать вывод, что его качество соответствует техническим требованиям.

Вуец А. Е.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», Украина*

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СТАЛИ

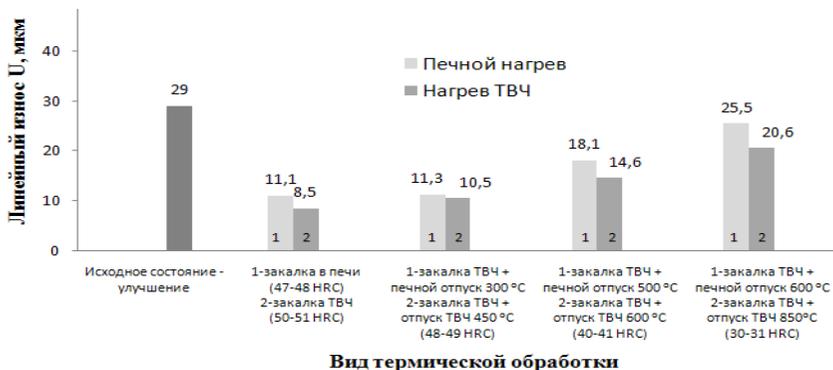
Известны примеры, когда изделия, подвергнутые термообработке на высокую твердость, разрушаются на начальных стадиях трения [1]. В то же время материалы с меньшими показателями твердости, в которых присутствует оптимальное соотношение твердых и мягких структурных составляющих характеризуются достаточно высокой износостойкостью. Именно таким соотношением, а также высокими показателями прочности и пластичности и оптимальным их сочетанием обладают стали, которые подвергаются скоростной термической обработке ($V_{\text{нагр}} > 100$ °C/c) в режиме отпуска [2], из-за получения высокодисперсных карбидов, равномерно расположенных по вязкой матрице феррита.

Целью работы было исследование и сравнение износостойкости поверхностных слоев конструкционной легированной стали 15X11МФ после термической обработки с использованием токов высокой частоты (ТВЧ) в режиме закалки и отпуска ($V_{\text{нагр}} > 100$ °C/c). Сравнение проводилось с образцами после объемной термической обработки в печи ($V_{\text{нагр}} \approx 0,1$ °C/c).

Сравнительные испытания на износостойкость проводились в условиях трения на установке СМЦ-2 по схеме «диск-колодка», в котором колодка была выполнена в виде прямоугольного образца из опытной стали. Износ проходил по линии соприкосновения, на которой предварительно были сделаны отпечатки алмазным индентором твердомера типа Виккерса для дальнейшего определения линейного износа U методом искусственных баз [3].

Для корректного сравнения показателей линейного износа U на поверхности образцов была получена одинаковая твердость как после отпуска ТВЧ, так и печного отпуска.

Результаты воздействия печной и высокочастотной термической обработки на износостойкость высоколегированной стали 15X11МФ приведены на рисунке.



Анализ и сравнение полученных данных позволяет делать вывод, что при испытаниях в условиях трения износостойкость поверхностных слоев образцов, которые подвергались отпуску при помощи скоростного нагрева ТВЧ выше, чем после печного отпуска на аналогичную твердость. Это связано, прежде всего, с высокой дисперсностью структурных составляющих и более развитой субструктурой [4], которые сформировались благодаря влиянию высокой скорости нагрева при отпуске. Можно ожидать, что получение после отпуска ТВЧ вязкой матрицы феррита, которая пронизана дисперсными карбидами, приведет к большей устойчивости поверхности к выкрашиванию в условиях других видов изнашивания (например, кавитационного, эрозионного и т. д.).

Литература

1. Любарский, И. М. *Металлофизика трения* / И. М. Любарский, Л. С. Палатник. – М.: Металлургия, 1976. – 176 с.
2. *Физические основы электротермического упрочнения стали* / В. Н. Гриднев, Ю. Я. Мешков, С. П. Ошкадеров, В. И. Трефилов. – Киев: Наук. думка, 1973. – 335 с.
3. Золотаревский, В. С. *Механические испытания и свойства металлов* / В. С. Золотаревский. – М.: Металлургия, 1974. – 303 с.
4. Вуець О. Є. Вплив термообробки з різними швидкостями нагрівання на субструктурні характеристики сталі / О. Є. Вуець // Сб. науч. трудов «Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета». – 2014, вып. 64. – С. 37-40.

Князев С. А.

инженер каф. «Материаловедение»

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», Украина

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ БОРИРОВАНИЯ СТАЛИ 15X11МФ С ПРИМЕНЕНИЕМ СКОРОСТНОГО ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Для интенсификации диффузионных процессов с целью получения более толстых диффузионных слоев с новыми механическими качествами перспективной технологией является получение борированного слоя из паст с применением высокоскоростного индукционного нагрева (~ 500 – 1000 °С/с). Борированный слой, полученный с применением такой технологии, должен обладать на стали 15X11МФ повышенной эрозионной стойкостью с сочетанием высокой пластичности.

Целью работы являлось выявление возможности реализации высокоскоростного индукционного нагрева и установление технологических параметров, обеспечивающих диффузионные процессы и структурообразование борированных слоев в неравновесных условиях (с высокоскоростным нагревом и быстрым охлаждением).

Анализ технологических параметров индукционного нагрева велся по приборам установки и расчетам; измерения температур и скорости нагрева осуществлялись посредством приваренных тонких термопар и АЦП оригинальной конструкции (контактный метод непосредственного измерения в зоне нагрева), а также инфракрасного пирометра (бесконтактный метод – измерялась температура с тыльной стороны образца). Результаты и характеристики борированных слоев контролировались с помощью металлографического и рентгеноструктурного анализа, измерениями микротвердости. Данные методики позволили определить особенности морфологии структуры слоя, ее изменения по глубине и фазовый состав.

Для экспериментов использовался промышленный ламповый генератор ВЧГ – 60/0,44. Относительная мощность составляла порядка 75%. Выделяемая мощность регулировалась изменением зазора между индуктором (ширина трубки 5 мм) с ферритом и поверхностью образца (без учета насыщающей пасты). Зазор менялся от 0,5 до 2,5 мм с шагом 0,5 мм в экспериментах (точность измерения ±0,2 мм). Время нагрева

составляло 1-1,6 с для одного импульса, температура в одиночном пятне достигала от 1400 до 900 °С в зависимости от зазора (удалось установить с точностью лишь ± 50 °С).

В ходе проведенных экспериментов установлено, что скорость перемещения образца должна составлять $7 \div 20$ мм/с. Оптимальная скорость перемещения составляет $\sim 11,5$ мм/с с зазором в 1 мм, когда скорость нагрева поддерживается на уровне 2700 °С/с. При увеличении зазора более 2,5 мм скорость нагрева падает ниже 570 °С/с, что полностью нивелирует эффект от скоростного нагрева (низкая локальная степень переохлаждения и отсутствие видимого эффекта от фазового наклепа).

Характер структуры, микротвердость, а также дифрактометрические исследования показывают образование достаточно глубоких слоев (до 500 мкм) со структурой эвтектики на основе твердого раствора бора в железе, борида Fe_2B и, возможно, Fe_3B . Параметры микротвердости в слое (в зависимости от концентрации боридных включений) колеблются от 7000 до 14000 МПа. Такая структура может обеспечивать повышенную пластичность упрочненного слоя, по сравнению с традиционными борированными слоями (полученными с помощью печного борирования), что немаловажно в условиях эрозийного и кавитационного разрушений.

Таким образом, показана возможность подбора таких технологических параметров индукционного нагрева, при которых обеспечивается получение диффузионных борированных слоев на стали 15Х11МФ с образцами в движении, которые в 5 раз превосходят по толщине борированные слои, полученные традиционным методом.

УДК 669.14

Кольцова Е. А.

Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ДИФФУЗИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ СЛОЕВ СТАЛИ МЕТАЛЛАМИ

Одним из широко применяемых методов упрочнения поверхности сталей является диффузионная металлизация. Этим способом можно получить необходимые физико-механические свойства, начиная от коррозионной стойкости, внедряя хром, никель, цинк, до теплостойкости внедрением вольфрама и молибдена.

Изделия, обогащённые этими элементами, приобретают ценные свойства, к числу которых относятся высокая жаростойкость, коррозионная стойкость, повышенная износостойкость и твёрдость.

Поверхность диффузионно-металлизированной детали обладает высокой жаростойкостью, поэтому жаростойкие изделия изготавливают из простых углеродистых сталей с последующим алитированием, хромированием и силицированием. Исключительно высокой твёрдостью (до HV 2000) и высоким сопротивлением абразивному износу обладают борированные слои, вследствие образования на поверхности высоко-твёрдых боридов железа – FeB и Fe₂B; однако борированные слои очень хрупкие.

Диффузия хрома, алюминия и других металлов протекает значительно медленнее, чем углерода и азота, потому что углерод и азот образуют с железом растворы внедрения, а металлы – растворы замещения. При одинаковых температурных и временных условиях диффузионные слои при металлизации в десятки, а то и в сотни раз более тонкие, чем при цементации. Такая малая скорость диффузии препятствует широкому распространению процессов диффузионного насыщения в промышленности, так как процесс является дорогостоящим и его проводят при высоких температурах (1000...1200 °С) длительное время.

Только особые свойства слоя и возможность экономии легирующих элементов при использовании процессов диффузионной металлизации обусловили некоторое их применение в промышленности.

УДК 539.376

Костюков М. В., Шмат А. С.

Научные руководители: Захаров Л. А., канд. техн. наук, доцент;

Щербачев А. Н., канд. техн. наук, доцент

Брянский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГРАВИРОВАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С КОМПЬЮТЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Цель работы – проектирование, изготовление нового станка с компьютерным управлением для обработки металлических и неметаллических материалов.

В литературных источниках открытой печати, а также в Интернете практически отсутствует информация по возможностям гравировально-фрезерной обработки, в том числе и на высоких скоростях. Было принято решение заняться изучением данного вопроса и спроектировать гравировально-фрезерный станок. При решении этой задачи был проведен обзор и анализ существующих компоновок станков с точки зрения точности, жесткости, металлоёмкости, размеров рабочего пространства. На основе проведённой работы выбрана наиболее рациональная компоновка, которая и положена в основу проектируемого станка. Новое компоновочное решение станка реализовано с использованием агрегатно-модульного принципа построения машин. При разработке конструкции применён импортозамещающий подход.

Проводимые исследования на спроектированном и изготовленном станке позволяют сформировать справочный материал в области обработки современных материалов.

Станок имеет следующую компоновку: на станине установлен крепкий стол, совершающий подачу по осям X и Y. На столе крепится заготовка. К боковым сторонам станины крепятся две вертикальные стойки с порталом. На портале расположены салазки с электрошпинделем. Салазки имеют возможность передвигаться в вертикальном направлении, совершая подачу по оси Z. Возможна обработка борфрезами, концевыми фрезами, граверами и другим осевым инструментом диаметром до 10 мм. Наибольшие размеры обрабатываемых заготовок: $V \times L \times H = 250 \times 250 \times 100$ мм, максимальная частота вращения шпинделя $n = 24000 \text{ мин}^{-1}$.

Компоновка предлагаемого станка по сравнению с аналогами более жесткая, компактная за счёт чего повышается точность обработки.

Станки-аналоги, например, Роутер 3020, Роутер 3020BZ производства СК Роутер, фрезерно-гравировальный станок КХ1 с ЧПУ, в своей конструкции используют комплектующие производства европейских производителей, поставка которых в последнее время невозможна. Также электрошпиндель этих станков имеет коллекторное исполнение, которое обладает меньшей надежностью и требует более сложного обслуживания. Диаметр устанавливаемого инструмента в аналогах меньше, чем в разрабатываемом станке.

Гравировально-фрезерный станок предназначен для обработки таких материалов, как сталь, бронза, пластик и т. д. Технические характеристики и точность обработки позволят с легкостью использовать данную модель для таких работ, как гравировки рельефных изображений, табличек, штампов для теснения, выжимных печатей, фрезеровка печатных плат.

Рациональная область применения такого оборудования: малый бизнес, учебный процесс, машиностроение, станкостроение, приборостроение.

УДК 669.14

Лапин Р. Д.

Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ОХЛАЖДАЮЩИЕ СРЕДЫ И ПРОЦЕССЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Охлаждающая способность сред в большой мере определяется тем, изменяется или не изменяется их агрегатное состояние в процессе охлаждения изделий.

В зависимости от температуры кипения охлаждающие среды разделяют на две группы. Первая группа – это среды, агрегатное состояние которых изменяется в период охлаждения. К ней относится вода, водные растворы солей, щелочи, жидкий азот, а также масла, водные растворы эмульсин и т. п., температура кипения которых ниже температуры охлаждаемого изделия. Ко второй группе относятся среды, агрегатное состояние которых не изменяется в процессе охлаждения изделий. Их температура кипения превышает температуру охлаждающихся изделий. Это расплавленные металлы, соли, щелочи и их смеси. К этой же группе следует отнести воздух и гелий, также не меняющие своего агрегатного состояния.

В зависимости от охлаждающей способности сред их делят на три группы:

1. сильнодействующие охладители: растворы в воде 5% NaOH, 2% $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$, 10-15% NaOH и вода при 15-30° С, в особенности при интенсивном движении, жидкий азот, гелий;

2. среднедействующие охладители: расплавленные соли, щелочи и металлы, растительные и минеральные масла, мазут, водные растворы силикатов натрия, горячие водные растворы солей и т. п.

3. слабодействующие охладители: струи сухого воздуха и паровоздушных смесей, вода при 80-90° С, мыльная вода и др.

Требования к идеальной охлаждающей среде при закалке: закалка должна обеспечивать охлаждение со скоростями выше критических в некоторой области температур. При более низких температурах ско-

рость охлаждения не должна быть высокой, так как это приводит к возникновению больших остаточных напряжений и короблению изделий.

Охлаждение в водных растворах и эмульсиях. Повышение охлаждающей способности воды достигается растворением в ней кислот, щелочей и солей. Такие хорошо растворимые соединения, как KCl , $NaCl$, $CaCl_2$, Na_2CO_3 , K_2CO_3 , Na_2SO_4 , H_2SO_4 , $NaOH$, KOH , снижают устойчивость паровой пленки и повышают температуру перехода от пленочного режима кипения к пузырьковому. Наоборот, присадка нерастворимых и слабо растворимых веществ, образующих в воде эмульсию (масла, жиры, нефтепродукты, мыла и др.), увеличивает стабильность паровой пленки и понижает температуру смены режимов кипения. Охлаждающая способность воды с присадкой этих веществ в области высоких температур существенно понижается.

Охлаждение в маслах. В настоящее время для закалки применяют исключительно дистиллятные минеральные масла. Температуры кипения масел на $150-300^\circ C$ выше, чем воды. Максимально допустимую температуру перегрева масел выбирают на $25-30^\circ C$ ниже температуры вспышки. По сравнению с водой масла характеризуются значительно более низкой охлаждающей способностью, особенно на стадии конвективного теплообмена. Скорости охлаждения в масле при повышенных температурах в 5-8 раз меньше, чем при охлаждении в воде.

Масла пониженной вязкости обладают более высокой охлаждающей способностью по сравнению с маслами повышенной и высокой вязкости и имеют низкую температуру вспышки.

Недостаток минеральных масел – их старение, приводящее к загустеванию и потере охлаждающей способности. Состаренное масло подвергают регенерации, состоящей из отстаивания, фильтрации от загрязнений и добавки некоторого количества свежего масла.

Закалка в расплавленном свинце, солях и щелочах. Для ступенчатой и изотермической закалки используют охлаждающие среды, которые при проведении термообработки не меняют своего агрегатного состояния. К ним относятся расплавленные свинец, азотнокислые соли и щелочи.

Расплавленный свинец удовлетворяет предъявляемым с теплотехнической точки зрения требованиям, но дефицитен, а испарения его вредны для обслуживающего персонала. Поэтому свинец заменяют другими средами.

Расплавленные соли и щелочи и их смеси имеют ряд преимуществ перед свинцом. Во-первых, они легко отмываются с поверхности изделий. Поверхность после закалки в щелочах не окислена, что позволяет обойтись без операции очистки деталей после термической обработки.

Во-вторых, использование соляных и щелочных ванн позволяет осуществить внутренний электрический обогрев, легко автоматизировать регулирование температуры и просто решать проблемы перемешивания расплава.

УДК 621.9.01

В. С. Селифонов, канд. техн. наук
Брянский государственный технический университет

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ НА ТЕМПЕРАТУРУ РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ РЕЗИНОТКАНЕВЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ

В процессе резания металлов в результате затраченной работы возникает тепло. Основными источниками тепла при резании пластичных металлов является работа:

- 1) затрачиваемая на пластические деформации в срезаемом слое и в слоях, прилегающих к обработанной поверхности и поверхности резания;
- 2) затрачиваемая на преодоление трения по передней и задней поверхностям инструмента [1], [2].

Также большое влияние на температуру резания оказывают механические свойства обрабатываемого материала. Чем выше предел прочности и твёрдости материала заготовки, тем большие силы сопротивления необходимо преодолеть при стружкообразовании, тем большую работу надо затратить на процесс резания, тем больше, следовательно, выделится тепла и выше будет температура резания [2].

Вышеперечисленное будет характерно и для обработки неметаллических материалов, в частности и для резинотканевой конвейерной ленты. Однако данные по расчёту температуры в зоне резания при обработке конвейерной ленты практически отсутствуют. Приводятся рекомендации по критическому значению температуры в зоне обработки, которая не должна превышать 160°C.

В связи с этим, цель данной работы – получение экспериментальных зависимостей температуры в зоне резания от режимов обработки.

Проведение экспериментальных исследований осуществлялось на горизонтально-фрезерном станке. При этом использовались следующие виды инструментов:

1. фреза цилиндрическая со вставными режущими ножами;

2. фреза цилиндрическая с механическим креплением режущих пластин.

Входные факторы при проведении исследований: S_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб. $S_z=0,03\dots0,3$ мм/зуб; V – скорость главного движения резания, м/мин. $V=200\dots600$ м/мин; t – глубина резания, мм $t=1\dots4$ мм. После проведения регрессионного анализа было получено следующее уравнение и построен график зависимости температуры в зоне резания материала от режимов обработки (рисунок):

$$\Theta = 4,706 \cdot t^{0,067} \cdot V^{0,439} \cdot S_z^{-0,141} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

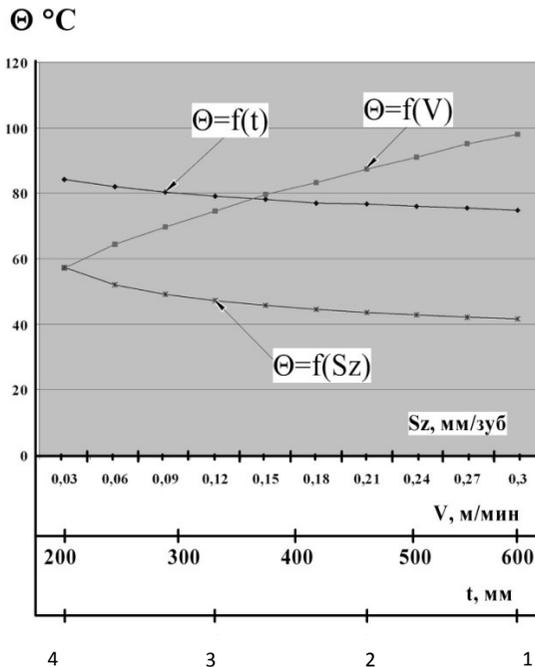


График зависимости температуры в зоне резания материала от режимов обработки

Из приведенного графика видно, что на температуру в зоне обработки оказывает влияние скорость главного движения V . С увеличением скорости соответственно растёт и температура в зоне резания. Глубина резания и подача существенного влияния на температуру в зоне резания не оказывают.

Литература

1. Ящерицын, П. И Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Е. Ф. Фельдштейн. – Мн.: Выш. шк., 1990. – 512 с.
2. Аршинов, В. А. Резание материалов и режущий инструмент / В. А. Аршинов, Г. А. Алексеев. – М.: Машиностроение, 1968. – 500 с.

УДК 621.762.8

Соловьева Е. В., Сластихина С. В., Шалагин М. В.

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

ОСОБЕННОСТИ ПСЕВДОСПЛАВОВ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-МЕДЬ С СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕКОЙ СТРУКТУРОЙ

В последние годы разработаны новые методы промышленного получения металлозаготовок с использованием процессов реакционного размола и последующего восстановления, высокая дисперсность структуры этих материалов достигается за счет процессов внутреннего окисления-восстановления. Высокая стоимость накладывает существенные ограничения на их широкое применение. Предложено использование псевдосплавов, главным структурным элементом является высокодисперсная и высокопрочная фаза с субмикроструктурной структурой, связанная с более легкоплавким металлом. Такие материалы получены инфильтрацией медным сплавом пористых заготовок на основе железа.

В настоящей работе изучались процессы, проходящие при инфильтрации заготовок, содержащих губчатое железо латунью. Инфильтрация проводилась на специальном испытательном стенде для определения параметров инфильтрации. В качестве материала для инфильтрации выступает латунь Л63.

При использовании крупных порошков железа возможно создание композиций оксид – порошок железа – ФФС для получения изделий сложной формы с достаточным уровнем механических свойств. Испытания на микротвердость показали, что при увеличении времени выдержки при установившейся температуре значения микротвердости частиц железного каркаса не изменяются, а губчатого железа и медной фаз увеличиваются. Структура композиций после инфильтрации определяется кинетикой процессов инфильтрации, а также процессов взаимного растворения компонентов псевдосплава.

На образцах определялась плотность, твердость (таблица), микротвердость при нагрузке 10 г. Плотность образцов в зависимости от режима инфильтрации при температуре 950°С имела величину: при выдержке 600 секунд – 7,69 г/см³, при выдержке 60 секунд – 7,68 г/см³, при выдержке 30 секунд – 7,76 г/см³, при выдержке 15 секунд – 7,75 г/см³. Уменьшение плотности, очевидно, обусловлено испарением цинка.

Твердость НВ образцов после инфильтрации

Длительность инфильтрации, секунд	Твердость НВ, МПа	Предел прочности при растяжении, σВ, МПа
600	138	48,3
60	120	42,0
30	107	33,3
15	95	27,5

Структура композиций после инфильтрации определяется кинетикой процессов инфильтрации, а также процессов взаимного растворения компонентов псевдосплава. Инфильтрация латуни в субмикроразности заканчивается уже в течение 15 секунд, далее латунь растворяет губчатое железо, находящееся на поверхности субмикроразности, в результате чего области, заполненные медным сплавом, увеличиваются. Очевидно, протекает также процесс растворения меди в железе. При охлаждении растворенное железо выпадает из раствора в виде частиц, диаметром от 1÷3 мкм при выдержке 30 секунд, и в виде частиц, диаметром 5÷8 мкм при выдержке 600 секунд. Кинетика этих процессов требует дополнительного изучения.

УДК 669.1

Тимофеев Д. А.

Научный руководитель: Ефимова Л. Б., канд. техн. наук, доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ТЕРМООБРАБОТКИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ В ОАО «ЧЕБОКСАРСКИЙ АГРЕГАТНЫЙ ЗАВОД»

В машиностроении большая часть деталей обрабатывается резанием с целью получения геометрии, точности размеров и чистоты поверхности, задаваемых в чертежах. Режущие инструменты в процессе работы испытывают давление, трение, нагрев режущей кромки. Поэтому гото-

ые инструменты должны иметь высокую твердость, чаще 63-65 HRC; износостойкость, теплостойкость. Особенно важна теплостойкость для резания с высокой скоростью и труднообрабатываемых материалов. Указанные требования могут обеспечивать только высоколегированные стали класса быстрорежущих, к которым относятся P18, P9, P6M5 и др.

Однако реализовать требуемые свойства быстрорежущих сталей возможно только при определенных режимах термообработки. В настоящей работе представлены результаты исследований:

1. Зависимости твердости и структуры сверла из стали P6M5 после закалки с температурой 1220⁰ С от температуры отпуска с целью определения её оптимальной величины.

2. Качества готового сверла из этой же стали, обработанного по принятой в цехе технологии, а именно: закалки с температуры 1220⁰С, трехкратного отпуска при температуре 550±10⁰С.

В табл. 1 представлен химический состав стали P6M5.

Таблица 1

Массовая доля эл. %	C	Mn	Si	Cr	W	V	Mo	Ni	S	P
По ГОСТ	0,8-0,88	Не более		3,8-4,4	5,5-6,5	1,7-2,1	5-5,5	Не более		
		0,4	0,5					0,4	0,025	0,035
По факту	0,84	0,35	0,38	4,1	5,8	1,9	5,3	0,3	0,025	0,02

По химическому составу выбранное сверло соответствует требованиям стандарта (ГОСТ19265-73).

На рисунке представлен график изменения твердости в зависимости от температуры отпуска.

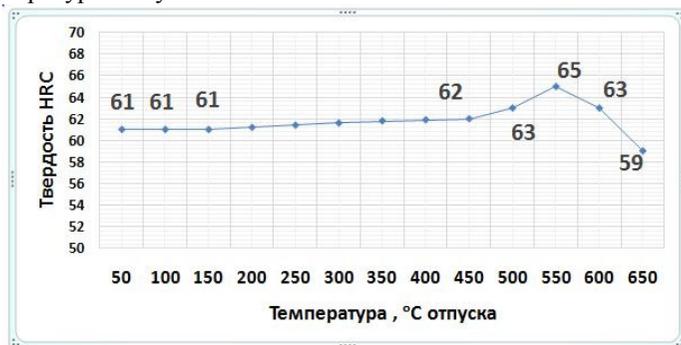


График изменения твердости закаленного сверла в зависимости от температуры отпуска

Из графика видно, что максимальная твердость получается для этой стали при температуре примерно 550 °С – 560 °С.

Результаты исследования качества готового сверла приведены в табл. 2.

Таблица 2

Марка стали Р6М5	Твердость НРС	Микроструктура
Требования по ГОСТ	63-65	Мелкоигольчатый мартенсит + карбиды
Факт	64-65	Мелкоигольчатый мартенсит + карбиды

Полученные результаты исследований позволяют сделать выводы:

1. Качество изготовленного сверла соответствует требованиям ГОСТ19265-73.

2. Принятая в заводской технологии температура отпуска соответствует оптимальной, показанной на рисунке.

УДК 621.43

Хусанхужаев Х. У.

Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

МОДЕРНИЗАЦИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Двигатель внутреннего сгорания используется практически во всех автомобилях. Мы не представляем жизнь без автомобилей. Это часть нашей повседневной жизни.

Принцип работы двигателя внутреннего сгорания (кривошипно-шатунного механизма): кривошипно-шатунный механизм воспринимает давление газов, возникающих при сгорании топливно-воздушной смеси в цилиндрах двигателя и преобразует его в механическую работу по вращению коленчатого вала. Кривошипно-шатунный механизм состоит из поршней с шатунами, соединенных с коленчатым валом. Поршни перемещаются в гильзах (втулках) цилиндров.

Кривошипно-шатунный механизм используется в двигателях внутреннего сгорания, поршневых компрессорах, поршневых насосах, швейных машинах, кривошипных прессах.

Модернизация ДВС: конструкция и описание.

Предлагаемый проект имеет схожую конструкцию с ДВС: в основе кривошипно-шатунного механизма вместо камеры сгорания используется соленоид, а вместо поршня – стержень из ферромагнетика. Внутри соленоида будет перемещаться стержень из ферромагнетика. При пропускании тока через катушку создаются магнитные поля, которые приводят в действие поршень. Таким образом, при каждой подаче тока стержень совершает поступательное движение в сторону коленчатого вала. Поступательное движение поршня преобразовывается во вращательное движение коленчатого вала. Подача тока контролируется с помощью распределительного вала, который будет отвечать за включение и отключение тока.

Преимущества:

- двигатель работает на электричестве. Электричество можно получить с помощью генератора.
- не загрязняет окружающую среду;
- есть возможность объединить с двигателем внутреннего сгорания;
- несложная конструкция.

УДК 539.376

Шмат А. С., Костюков М. В.

Научные руководители: Щербаков А. Н., канд. техн. наук, доцент;

Захаров Л. А., канд. техн. наук, доцент

Брянский государственный технический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТРЕЗНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ТИПА «ИЗОЛЯТОР»

На Карачевском заводе «Электродеталь» изготавливают электрические соединители для разнообразных электрических приборов. Электрический соединитель – электротехническое устройство, предназначенное для механического соединения и разъединения электрических цепей, состоящее чаще всего из двух частей – изолятора и контактов, которые образуют разъемное контактное соединение. Контакты служат для передачи электрического сигнала. Изоляторы предназначены для создания электрической изоляции между контактами и металлическим корпусом. Изоляторы изготавливают из различных видов пластмасс,

например, Техномид, Лексан, Пенлайт (относятся к группе термопластов с добавлением 20% стекловолокна).

Заготовку изоляторов изготавливают методом прессования на термопласт автоматах. Размеры заготовки унифицированы, поэтому после изготовления их подвергают разрезке на различную величину для получения деталей различного типоразмера.

Для решения этой задачи на заводе существует специализированная установка. Привод главного движения выполнен в виде асинхронного двигателя, на выходном валу которого установлена дисковая фреза из быстрорежущей стали. Заготовка базируется в приспособлении, установленном на каретке. Каретка перемещается в продольном направлении по направляющим скольжения. Закрепление заготовки, а также её подача в зону резания производится вручную.

Поверхность, полученная в месте реза, получается крайне низкого и нестабильного качества. Наблюдается неравномерная шероховатость, заусенец, оплавления заготовки, что обусловлено человеческим фактором.

Для решения этой проблемы был проведен анализ компоновки существующей установки, а также лабораторные измерения точности перемещений каретки, радиального и осевого биения режущего инструмента. Результаты измерений превосходили допустимые значения. Также были выявлены и другие проблемы, например, нарушение техники безопасности, а также сложность настройки приспособления.

Для устранения существующих проблем было принято решение о проектировании новой установки для резки изоляторов. При его проектировании был использован агрегатно-модульный принцип.

В качестве привода главного движения было решено использовать современный электрошпиндель с воздушным охлаждением, который позволяет регулировать частоту вращения шпинделя в пределах $1000-24000 \text{ мин}^{-1}$, посредством частотного преобразователя, что позволит подобрать оптимальные режимы резания, характерные для разных условий обработки. Оправка с режущим инструментом устанавливается в цанговый патрон, которым оснащен двигатель. Электрошпиндель устанавливается на вертикальной стойке, позволяющей регулировать вертикальное положение, в зависимости от изменения диаметра РИ.

В поперечном направлении перемещается каретка с двигателем и режущим инструментом. Привод поперечного перемещения реализован в виде готового модуля линейных перемещений отечественного производства, т. к. его проще установить, выверить, а также такая конструкция более устойчива к опрокидывающим моментам. Модуль включает в себя основание с двумя направляющими качения, каретку и тяговое

устройство. В качестве источника движения привода использован сервопривод, состоящий из синхронного двигателя и сервоусилителя.

Величина продольных перемещений мала, требует высокой точности и носит установочный (подналадочный) характер. Для реализации этого движения использована профильная линейная направляющая качения. Величину перемещений задаем при помощи механизма ручной подачи с применением микрометрического винта. Контроль обеспечивается при помощи датчика линейных перемещений с отображением информации на устройстве цифровой индикации.

Заготовка базируется в приспособлении. При подаче электрошпинделя с инструментом закрепление заготовки происходит в автоматическом режиме с помощью специально сконструированного механизма прихвата.

В ходе данной работы был полностью подготовлен комплект конструкторской документации. В настоящее время установка проходит стадии изготовления и наладки.

УДК 614.75

Юшин А. М.

Научный руководитель: Федюк Р. С., преподаватель
Учебного военного центра
Дальневосточный федеральный университет

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЩЕБНЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Проведен анализ исследований применимости щебня в строительстве с точки зрения экологической безопасности.

Щебень разделяют на две большие группы: искусственный и природный. При строительстве дорог, в качестве щебня используются отходы черной металлургии (шлаки) Доменные и сталеплавильные шлаки могут полностью заменять природный щебень. Но дополнительно такие шлаки могут включать в себя Cu, V, Pb, Zn, которые являются тяжелыми металлами (плотность выше 8 г/см³), следовательно, негативно влияют на окружающую среду), и их оксиды. Для установления воздействия искусственного щебня на экологическую среду необходимо проанализировать его физико-механические, химические свойства и определить переход тяжелых металлов в нижележащие среды.

Присутствие SiO_2 , Al_2O_3 , MgO делает шлаковый щебень сходным с гравийным щебнем, используемым для получения бетонов различной плотности. Содержание Ti , Mg , V также соответствует природному щебню (исключая разновидности, намеренно обогащенные этими элементами). Иногда наблюдают сходство в химизме шлаков и магматических пород [1].

Основное различие между природным и шлаковым щебнем заключается в количестве водорастворимых и подвижных форм окислов металлов, которые, распространяясь в окружающей среде, приводят к загрязнению литосферы и гидросферы.

Таким образом, шлаковый щебень будет производить загрязнение близлежащей территории тяжелыми металлами. Это загрязнение будет проходить активнее в кислых почвах. В связи с этим, нужно учитывать условия эксплуатации материалов, содержащих шлаковый щебень.

Так как применение щебня экономически оправдано в строительстве, необходимо проводить качественный и своевременный мониторинг: нейтрализующие вещества и разнообразные добавки помогают до минимума снизить риски для окружающей среды. Однако не стоит забывать, что само введение золы, шлака и щебня в строительство решает важнейшую проблему – повторное использование ресурсов и их производных.

Гранитный щебень, кроме того, необходимо проверять на радиоактивный фон в соответствии с ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов» [2].

Для того чтобы получить величину удельной эффективной активности $A_{\text{эфф}}$ измеряют удельную активность радия ^{226}Ra - A_{Ra} , тория ^{232}Th - A_{Th} и калия ^{40}K - A_{K} и складывают по формуле:

$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}} + 1.31A_{\text{Th}} + 0.085A_{\text{K}}.$$

В Дальневосточном федеральном университете были проведены исследования удельной эффективной активности отсева гранитного щебня Врангелевского месторождения (Приморский край). Результаты приведены в таблице.

Определение удельной эффективной активности отсева гранитного щебня

Наименование показателя	Единица измерения	Результат измерения (А)
Активность ^{40}K	Бк/кг	322±78
Активность ^{232}Th		19,5±5,7
Активность ^{226}Ra		21,63±5,43

В соответствии с таблицей эффективная активность составляет 73 ± 10 Бк/кг. Контролируемый отсев относится к первому классу материалов (менее 370 Бк/кг) в соответствии с ГОСТ 30108-94. Этот материал можно использовать для всех видов строительных работ.

Если бы результат получился больше 370 Бк/кг, то такой материал можно применять только для дорожных работ.

Литература

1. Барахтенко, В. В. Строительный композиционный материал на основе отходов поливинилхлорида и золы уноса теплоэлектростанций: дисс. ... канд. техн. наук 05.23.05. – Иркутск, 2014. – 236 с.
2. ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов».

11. АВТОМОБИЛИ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ. КОНСТРУКЦИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, СЕРВИС

УДК 66.097.3

Каменских А. Д., Медяков А. А.

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

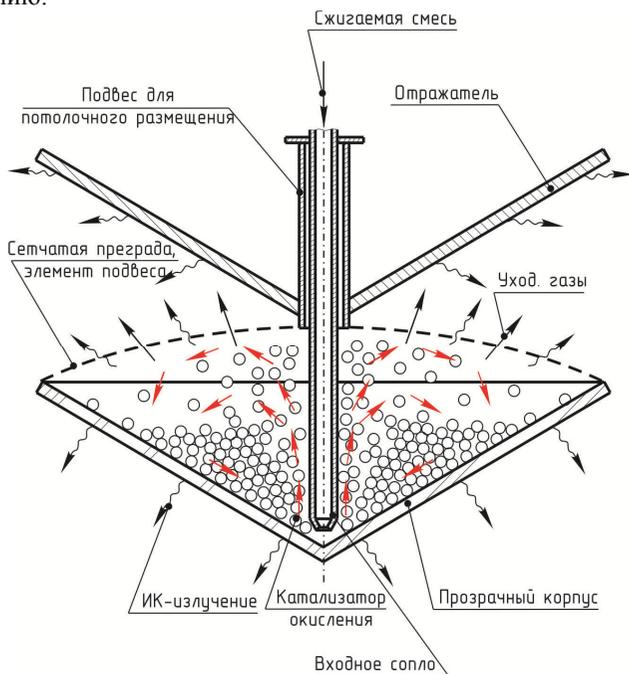
ИНФРАКРАСНЫЙ КАТАЛИТИЧЕСКИЙ ОБОГРЕВАТЕЛЬ

Каталитические устройства сжигания имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными устройствами, в частности сниженная температура процесса горения, полное окисление сжигаемой смеси, отсутствие продуктов неполного горения. Наиболее эффективными каталитическими устройствами сжигания считаются системы с нестационарным слоем наполнителя, которые позволяют организовать более интенсивный процесс окисления и исключить образование застойных зон. При этом инфракрасные обогреватели позволяют образовывать локальные системы обогрева, при которых происходит обогрев только требуемых рабочих или производственных поверхностей или участков, при котором не происходит значительного обогрева циркулирующего в рамках одного объекта воздуха. Для использования указанных преимуществ инфракрасных обогревателей разработана каталитическая система локального обогрева, представленная на рисунке.

В каталитическую систему поступает сжигаемая смесь, смесь подается по трубопроводу сверху вниз. При достижении нижней части корпуса смесь вводится в каталитическую систему по средствам обращенного вниз входного сопла. После подачи сжигаемой смеси в корпус обогревателя поток смеси взаимодействует с каталитическим наполнителем. При осуществлении реакции окисления выделяется теплота, которая нагревает наполнитель, и образуются продукты сгорания. Затем продукты сгорания удаляются через верхнюю часть корпуса. При движении сжигаемой смеси и продуктов сгорания также организуется движение каталитического наполнителя, направленное из каталитической системы. Для исключения ситуаций уноса наполнителя из системы верхняя часть корпуса закрывается сетчатой преградой, пропускающей входящие газы, но не пропускающей каталитический наполнитель. В результате при контакте с сетчатой преградой наполнитель распределя-

ется по периферии конического корпуса, откуда под действием силы тяжести постепенно скатывается к входному соплу. В результате каталитический наполнитель нагревается до состояния, при котором начинает излучать инфракрасное излучение, которое, проходя через сетчатую преграду, поступает в обогреваемое помещение.

Корпус каталитической системы представляет собой конус, выполненный из прозрачного для длинноволновых инфракрасных лучей материала (жаропрочные стекла, металлические стекла и т. д.), что позволяет передавать тепловую энергию непосредственно от каталитического наполнителя в помещение. Корпус обогревателя монтируется к потолку с помощью специального подвеса. Для предотвращения прогрева потолка, к которому подвешена каталитическая система, применяется отражатель инфракрасного излучения. Излучение, выходящее через сетчатую преграду, распределяется с помощью отражателя по обогреваемому помещению.



Конструкция локального инфракрасного обогревателя в потолочном исполнении

Таким образом, разработанное техническое решение каталитической системы локального обогрева позволяет использовать поверхностный слой каталитического наполнителя, обладающий самой высокой температурой в системе, в качестве излучающей поверхности.

УДК 351.81

Каменских А. Д., Медяков А. А.

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

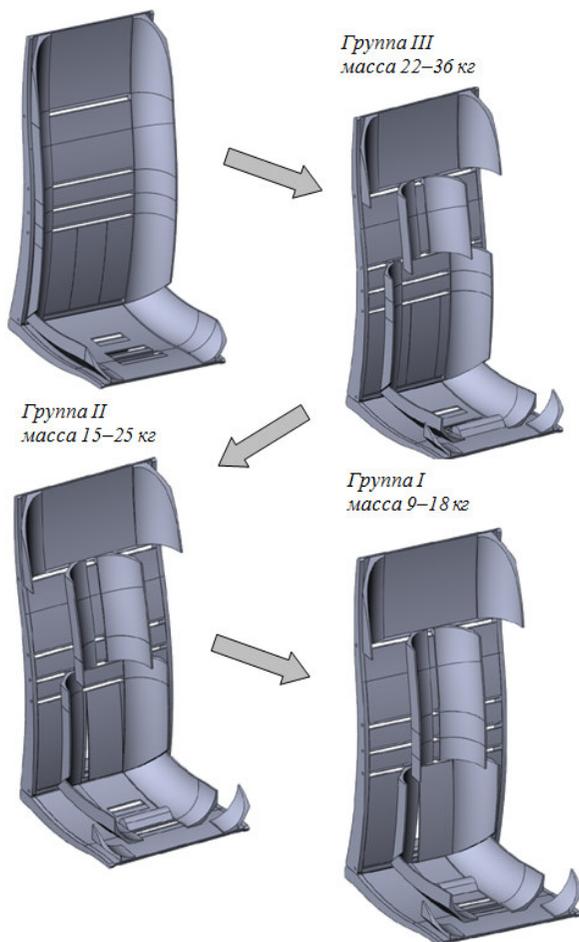
УНИВЕРСАЛЬНОЕ АВТОМОБИЛЬНОЕ КРЕСЛО

В настоящее время достаточно высоким является травматизм и смертность при дорожно-транспортных происшествиях. При этом в каждом десятом дорожно-транспортном происшествии участвуют дети и подростки. Число погибших несовершеннолетних участников дорожно-го движения в 2011 году составляло 944 ребенка. При этом дети в возрасте до 7 лет составили 29% общего числа погибших несовершеннолетних. Более чем в 50% случаев дети погибали в качестве пассажиров, при этом перевозка каждого второго погибшего ребенка осуществлялась без применения специального удерживающего устройства.

В настоящее время в качестве детских удерживающих устройств используются специальные автолюльки и автокресла для детей. При этом их обычно изготавливают из пластиковых материалов с мягкими вкладышами. Большинство детских автокресел крепится к раме автомобиля не напрямую, а с помощью ремня безопасности и не имеет достаточно прочной основы для защиты ребенка. При этом эксплуатация существующих автокресел связана с необходимостью постоянной его перевозки в багажном отделении и длительным процессом установки.

Для устранения указанных недостатков предлагается использовать в качестве детского удерживающего устройства модернизированные автомобильные сиденья для взрослых, позволяющие использовать для безопасности преимущества непосредственного крепления к раме автомобиля и наличие жесткого каркаса взрослого кресла. Модернизация взрослого автомобильного сиденья будет заключаться в разделении его на секции, которые будут перемещаться относительно друг друга и формировать защитные лепестки для различных групп детей. Таким образом, кресло будет предназначено для I, II и III групп детей.

На рисунке представлен вариант исполнения универсального автомобильного кресла. В нем с учетом параметров возрастных групп детей реализованы перемещаемые боковые секции, которые формируют зоны безопасности от боковых ударов для головы, тела и бедер, выдвижной подколennyй упор и выдвижная спинка для комфортного расположения ребенка.



Вариант исполнения универсального автомобильного кресла

Таким образом, предлагаемое универсальное кресло позволит повысить безопасность перевозки детей за счет крепления к раме и жесткого

каркаса взрослого кресла, а также удобство эксплуатации детского кресла за счет отсутствия дополнительного возимого оборудования и совмещения свойств в рамках одного устройства, обеспечить универсальность использования для различных возрастных групп детей и взрослых.

УДК 621.48

Петухова Е. В., Каменских А. Д., Медяков А. А.

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

КОНСТРУКЦИЯ КАСКАДНОЙ ORC-УСТАНОВКИ

В настоящее время в мире наблюдаются дефицит энергоресурсов и нарастающая нагрузка на окружающую среду. В связи с этим энергетическая стратегия РФ до 2020 года нацелена на повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и устойчивого обеспечения населения страны энергоносителями. Таким образом, важным направлением является разработка и внедрение новых высокоэффективных источников электрической энергии.

Для повышения энергетической эффективности и надежности работы турбинных установок предлагается использовать для автономного энергоснабжения каскадную ORC-установку. В рамках принципиальной схемы разрабатываемой установки (рис. 1) реализуется органический

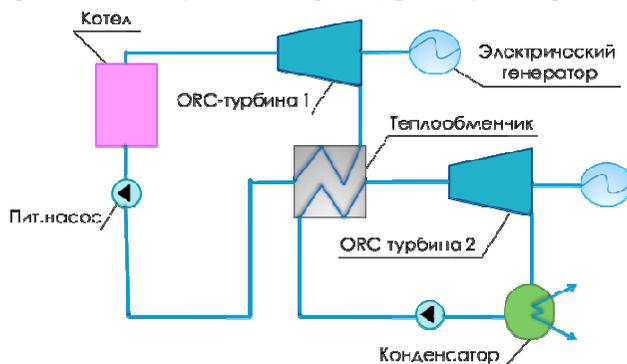


Рис. 1. Принципиальная схема каскадной ORC-установки цикл Ренкина. Котел нагревает фреон до состояния пара, пар поступает на рабочие лопатки турбины 1, заставляя их вращаться. Затем пар с тур-

бины 1 поступает в промежуточный теплообменник, в котором отдает тепло второму рабочему телу, поступающему на турбину 2. Отработанный фреон конденсируется в конденсаторе, и цикл повторяется снова.

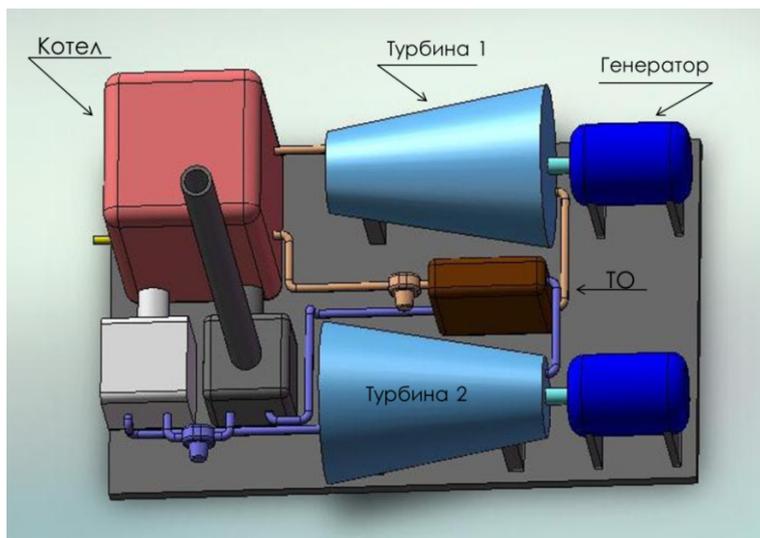


Рис. 2. 3D модель каскадной ОРС-установки

Таким образом, предложенная конструкция каскадной ОРС-установки позволяет повысить надежность работы турбин за счет снижения эрозии лопаток, повысить коэффициент полезного действия турбины за счет увеличения температурного диапазона установки и увеличить энергетическую эффективность установки за счет снижения тепловых потерь установки.

Литература

1. Тепловой электрогенератор CAPSTONE WHG50 и WHG125. Органический цикл Ренкина (ORC) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bpenergy.ru/oborudovanie/orc-turbiny>. – 24.03.14
2. ОАО «Турбина» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.skb-turbina.com/>
3. «Комплексные энергетические решения» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.magol.com/tehnologii/orc-turbiny>

Романова Е. К.

Научный руководитель: Кулешов В. А., доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

**РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТА
«ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ САМОСВАЛА С-33»
НА ООО «МИКОНТ»**

Конкурентоспособность продукции обеспечивается комплексом мероприятий, в том числе документацией, подтверждающей соответствие продукции требованиям технических регламентов, стандартов и норм.

С 15 февраля 2013 года вступил в силу новый Технический регламент (ТР), принятый Комиссией Таможенного союза (ТС), устанавливающий требования к безопасности при разработке, проектировании, изготовлении, наладке, монтаже, хранении, эксплуатации, реализации, транспортировке и утилизации оборудования и машин. Он устанавливает новые требования к технической и эксплуатационной документации. В соответствии с новыми требованиями регламента необходимо разработать обоснование безопасности машин и оборудования.

Обоснование безопасности машин и оборудования определяется тремя критериями:

- безопасность окружающей среды;
- эффективность работы оборудования на производстве;
- уровень безопасности людей и имущества организации.

Перед ООО «МИКОНТ», конструкторским подразделением концерна «Тракторные заводы» была поставлена задача разработки документа «Обоснование безопасности самосвала С-33», который необходим для проведения процедуры подтверждения соответствия шарнирно-сочлененного самосвала С-33 в форме декларирования.

Документ разработан согласно требованиям ГОСТ Р 54122 «Безопасность машин и оборудования. Требования к обоснованию безопасности» и состоит из следующих 11 разделов:

1. основные параметры и характеристики (свойства);
2. общие принципы обеспечения безопасности;
3. требования надежности;
4. требования к персоналу для обеспечения безопасности;

5. анализ риска применения (использования);
6. требования к безопасности при вводе в эксплуатацию;
7. требования к управлению безопасностью при эксплуатации;
8. требования к управлению качеством для обеспечения безопасности при эксплуатации;
9. требования к управлению охраны окружающей среды при эксплуатации;
10. требования к сбору и анализу информации по безопасности эксплуатации;
11. требования к безопасности при утилизации.

Одной из методик опережающего определения потенциальных дефектов является FMEA-анализ, который еще на стадии проектирования позволяет предусмотреть возможные дефекты конструкции или технологии. В ООО «МИКОНТ» был проведен подобный анализ. По результатам разработаны рекомендации по уменьшению риска.

В документе установлены:

- общие принципы, заложенные в конструкцию самосвала при проектировании и производстве с указанием их соответствия стандартам;
- критерии отказов и предельных состояний, требования к различным способам обеспечения надежности самосвала;
- общие требования к персоналу, обслуживающему самосвал;
- требования к безопасности при вводе в эксплуатацию, эксплуатации, техническом обслуживании, техническом освидетельствовании, ремонте самосвала;
- требования к управлению охраны окружающей средой;
- методы, принципы утилизации самосвала.

На сегодняшний день в ООО «МИКОНТ» проводятся работы по сбору доказательных материалов, необходимых для декларирования соответствия самосвала требованиям технического регламента. Разработанный документ «Обоснование безопасности самосвала С-33» является важной и неотъемлемой частью процедуры подтверждения соответствия.

Савиных Е. Д., Каменских А. Д., Медяков А. А.

Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ ТЕПЛОГЕНЕРАТОР ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Каталитические устройства для полного низкотемпературного окисления углеводородов могут использоваться в различных областях применения вместо традиционных устройств факельного сжигания.

Конструктивные особенности каталитических систем, заключающиеся в возможности получать дымовые газы, не содержащие продуктов неполного сгорания, позволяют использовать системы для обогрева производственных помещений в соответствии со схемой, представленной на рис. 1. В каталитическую систему подается топливо и воздух из помещения. В результате реакции каталитического окисления топливо полностью сгорает до паров воды и углекислого газа, которые вместе с нагретым воздухом из помещения направляются с помощью распределителя в отсек теплового аккумулятора. После прохождения теплового аккумулятора воздух возвращается в помещение, где смешивается с приточным и распределяется по помещению.

Для реализации интенсивного процесса теплогенерации в рамках разработанной схемы предлагается использовать специальное каталитическое устройство сжигания с сонаправленным движением наполнителя и сжигаемой смеси, представленное на рис. 2. При таком способе взаимодействия сжигаемая смесь подается снизу устройства сжигания и потоком смеси увлекает каталитический наполнитель. Затем они совместно двигаются в процессе протекания реакции. В верхней точке каталитического устройства происходит отделение наполнителя и удаление уходящих газов. Затем наполнитель возвращается в начало устройства сжигания. При таком способе организации процесса окисления увеличивается время взаимодействия сжигаемой смеси с каталитическим наполнителем ввиду их совместного движения по устройству сжигания. А возврат прогретого наполнителя в начало устройства позволяет поддерживать стабильные температурные условия.

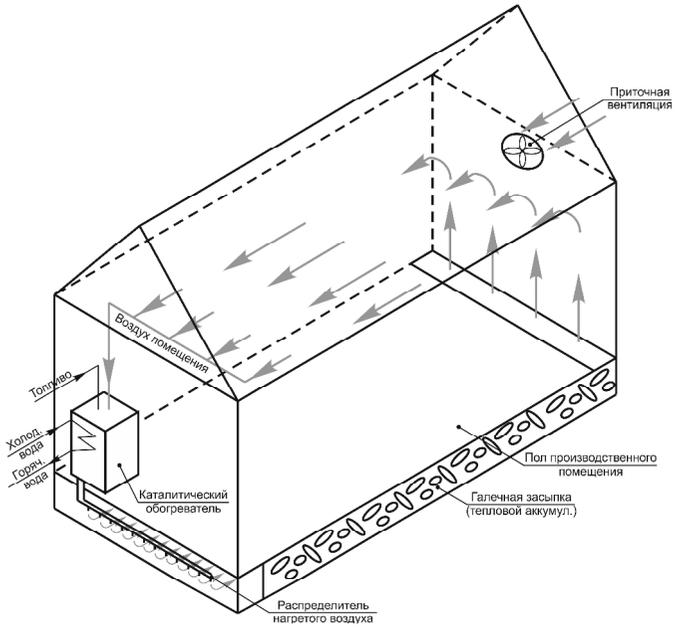


Рис. 1. Теплоснабжения с использованием каталитического теплогенератора



Рис. 2. Каталитическое устройство сжигания с сонаправленным движением наполнителя и сжигаемой смеси

Семёнов К. Д.

Научные руководители: Сидыганов Ю. Н., д-р. техн. наук, доцент;

Онучин Е. М., канд. техн. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

ГИБКИЙ МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В настоящее время при эксплуатации печей в различных областях промышленности одной из главных проблем является проблема образования нагара в трубопроводах теплообменников. В результате процесса оседания на стенках змеевиков теплообменников шлама, который представляет собой смесь сажи и неорганических отложений, уменьшается КПД печи из-за снижения пропускной способности и ухудшения процесса теплообмена.

Следствием образования нагара является непродолжительный срок службы трубопроводов, необходимость проведения регламентных работ по очистке и замене змеевиков теплообменников, применение в качестве материалов трубопроводов дорогих жаропрочных специальных марок стали для уменьшения их коррозии, применение различных способов уменьшения нагарообразования.

В этой связи дальнейшее совершенствование систем, связанных с эффективной очисткой печей от нагара, является актуальной задачей. Существенные резервы повышения производительности имеются в плане создания технологий, связанных с контролем состояния работоспособности дымоходов.

Одним из возможных методов по контролю за состоянием работоспособности печей является использование гибкого манипулятора. Принцип работы разработанного устройства основывается на постепенном перемещении в полости трубопровода руки манипулятора. В процессе продвижения устройства производится анализ пропускной способности и оценка качества процесса теплообмена.

Принцип работы разработанного устройства основывается на использовании подвижных сочленений. Каждое из сочленений манипулятора способно наклоняться за счет натяжения установленных в каждую секцию систем тросов. Совокупность всех наклонов секций позволяет

проникать устройству в труднодоступные пространства трубопроводов печи.

В головной части манипулятора есть возможность установки рабочего оборудования для осуществления очистки или диагностики состояния энергетического оборудования.

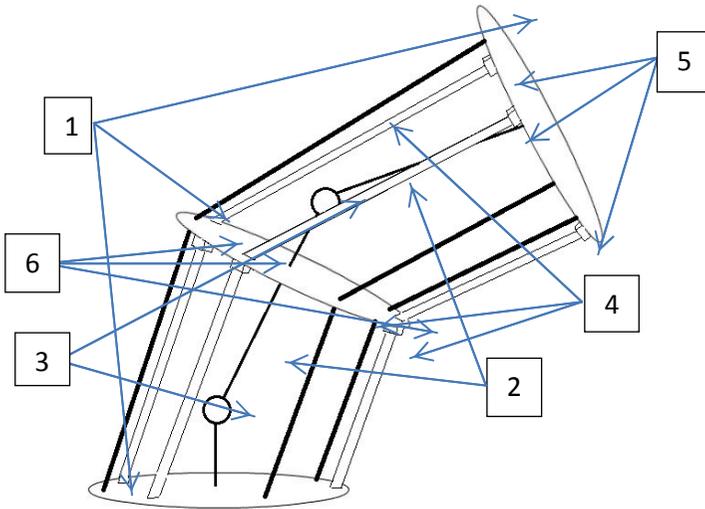


Схема гибкого манипулятора

На рисунке представлена схема двух секций манипулятора. Каждая из секций разделена платформой (1). Для осуществления наклона между платформами в осевые крепления (2) встроены шарниры (3). Управление одновременно всеми секциями производится канатами (4), которые натянуты по длине всего манипулятора. Контроль выбранного положения происходит в каждой секции отдельно, благодаря самозатягивающимся лентам (5). Натяжение и закрепление ленты регулируется фиксатором (6).

Разработанный гибкий манипулятор имеет длинную, тонкую и гибкую конструкцию, которая легко позволяет проникать в отверстия и двигаться вокруг препятствий.

Таким образом, разработана модель гибкого манипулятора, позволяющая проводить анализ состояния топок печей и оценить эффективность их работы.

Строкин Р. Л.

Научный руководитель: Секлетина Л. С., доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

СОПРОВОДИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ МАШИН

Необходимость в сопроводительных инструкциях появилась практически после создания и выпуска в массовое производство первых автомобилей. Потому что никто, кроме самого изобретателя, не понимал, как управлять этой техникой и как с ней обращаться. Поэтому уже вместе с первыми серийными выпусками машин помимо рекламных буклетов покупатель получал инструкцию по управлению машиной.

В нашей стране состав и виды так называемых эксплуатационных документов определяет ГОСТ 2.601. В зависимости от сложности и вида изделий и устройств предполагается создание разных типов и комплектов документов.

Более подробного внимания следует уделить таким эксплуатационным документам как руководства по эксплуатации. Руководство по эксплуатации (РЭ) – документ, содержащий сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) изделия, его составных частях и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации изделия (использования по назначению, технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования) и оценок его технического состояния при определении необходимости отправки его в ремонт, а также сведения по утилизации изделия и его составных частей.

Тема моей дипломной работы – разработка руководства по эксплуатации для нового автогрейдера. Автогрейдер – это машина для выполнения основных операций по планировке и профилированию поверхностей. Выполнение функций осуществляется при помощи отвала с ножом, который производит резку, разделение и выравнивание. Машина в основном применяется для выравнивания поверхностей и рытья траншей, планировки откосов, перемещения грунта, рытья и уборки снега в таких местах, как: дороги, аэропорты, земельные участки и т. д. Также применяется для перемещения материалов, перемешивания, заполнения, мощения и уборки снега.

До начала разработки документа был проведен анализ опыта зарубежных компаний. Анализ эксплуатационных документов мировых лидеров производства промышленной техники показал, что производители давно отошли от идеи подачи сухой технической информации, и РЭ ориентировано на потребителя. Производитель обязан собственными силами разрабатывать инструкции по эксплуатации, но он также и заинтересован в этом сам. И потому он ищет неординарные формы подачи материала.

Были определены основные моменты, которых мы придерживаемся при разработке нового документа:

1. максимальная визуализация – для простоты восприятия информации;
2. полнота технической информации для всеобъемлющего описания проектируемой машины и правил её эксплуатации;
3. требования безопасности как определяющий, важнейший момент процесса эксплуатации техники.

Сравнительный анализ эксплуатационных документов, выпускаемых до сегодняшнего дня отечественными производителями промышленной техники, показал их недостатки: это сухость, минимальная визуализация подаваемой информации.

Достижение выделенных ранее трех принципов будет осуществляться за счет доступных и наглядных описаний, максимальной визуализации за счет создания уникальных изображений и схем и, наконец, подробного описания требований безопасности по всему документу, а не только в отдельном большом разделе.

Ещё одной особенностью РЭ будет описание устройства гидросистемы как основы системы управления рабочим оборудованием на промышленной машине

Наверное, в наше время найдется еще немало каких-то других причин, которые приводят к чрезвычайным происшествиям. Однако так называемая функциональная неграмотность будет не на последнем месте в печальном списке возможных причин аварий и катастроф при эксплуатации техники. И для того чтобы ничего подобного не происходило, и существуют так называемые инструкции по эксплуатации.

Шабалин Е. В., Орехов П. В.

Научный руководитель: Ласточкин Д. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ ДВС

Спортивные и гоночные автомобили играют значительную роль в развитии способов повышения динамических качеств автомобиля. Основопологающим условием для повышения динамики автомобиля является увеличение мощностных показателей ДВС как абсолютных, так и удельных. Исследования в направлении форсировки ДВС особенно быстро и в наиболее полном объеме проходили и проходят на спортивных двигателях, для которых главным качеством являются высокие мощностные и скоростные показатели [1].

На сегодняшний день существуют различные способы увеличения мощности двигателя автомобиля. Все они имеют как плюсы, так и минусы. Рассмотрим некоторые из способов увеличения мощности двигателя, которые предлагает современный тюнинг серийных и спортивных двигателей [2-3].

1. Увеличение рабочего объема двигателя.

ПЛЮСЫ: Увеличение рабочего объема двигателя – это самое простое решение, которое приводит к увеличению максимального крутящего момента. Такое увеличение мощности двигателя подходит практически для любой машины.

МИНУСЫ: Данная процедура – не из самых дешевых, и при этом существенно увеличивает габариты и массу конструкции. А также приводит к падению общего КПД двигателя и повышению расхода топлива.

2. Увеличение мощности за счет степени сжатия.

ПЛЮСЫ: Увеличение степени сжатия приводит к увеличению мощности и крутящего момента во всем диапазоне оборотов, при этом при той же выделяемой мощности двигателем потребление топлива будет меньшим.

МИНУС: Возникает необходимость перейти на бензин с более высоким октановым числом и следить за его качеством, т. к. повышается риск детонации.

3. Улучшение наполнения двигателя.

ПЛЮСЫ: Тюнинг головки (вок) двигателя – самая действенная из всех манипуляций по доработке атмосферного ДВС, за счет доработки

головки блока и установки нового распредвала можно существенно повысить эффективную мощность двигателя в основном за счет смещения максимального крутящего момента в сторону высоких оборотов.

МИНУС: В это направление входит достаточно большой объем модернизации и трудозатрат, связанных с разборкой и обработкой элементов ДВС.

4. Установка наддува.

ПЛЮСЫ: Установка различных видов наддува позволяет искусственно увеличить рабочий объем двигателя. Во впускной коллектор воздух не засасывается, а подается под давлением благодаря установке турбонаддува или приводных нагнетателей. Чем больше давление на впуске, тем больше мощности выдаст двигатель.

МИНУС: Турбонаддув требует аккуратного обращения и имеет ограниченный диапазон эффективной работы.

5. Перепрограммирование системы управления.

ПЛЮСЫ: Перепрограммированием или заменой микросхемы – чипа – можно достигнуть увеличения мощности двигателя на 10%.

МИНУСЫ: Практикуемая в таких случаях отмена ограничения максимальных оборотов на двигатель ведет к повышению износа двигателя, а увеличение подачи топлива на переходных режимах подразумевает увеличение расхода топлива.

5. Присадки и добавки.

ПЛЮСЫ Присадки, снижающие трение, увеличивают компрессию.

МИНУСЫ: Присадки не являются универсальным средством и требуют тщательного подхода и расчета дозировки.

Литература

1. Сингуринди, Э. Г. Подготовка автомобиля к соревнованиям / Э. Г. Сингуринди, – М., ДОСААФ, 1976. – 80 с. с ил.
2. Увеличение мощности двигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zero-100.ru/index/tjuning_dvigatelja/0-193.html – 20.03.15.
3. Как увеличить мощность двигателя автомобиля? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rashodanet.ru/rostmoschnosty.html> – 20.03.15.

12. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

УДК 62.66

Алексеев А. М.

Научный руководитель: Онучин Е. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СИСТЕМА ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Тепличное растениеводство – энергоемкая отрасль сельского хозяйства. В современном мире все более актуальным становится вопрос экономии энергоресурсов. В такой ситуации весьма перспективным является использование систем теплоснабжения только на базе возобновляемых источников энергии, которые могут использовать потенциал местных возобновляемых источников.

В зависимости от способа теплоснабжения теплиц различают электрическое отопление, отопление с помощью собственной котельной и использование инфракрасного излучения [1].

Проведен сравнительный расчет стоимости способов отопления объектов тепличного растениеводства, исходя из значения плотности теплового излучения, равного 100 Вт/м².

В целях эффективного использования потенциала местных возобновляемых источников была разработана система теплоснабжения промышленной теплицы, основными частями которой были выбраны пиролизные реакторы, каталитический дожигатель, конденсаторы водяного пара, двигатель Стирлинга, каталитические инфракрасные обогреватели. После загрузки соломы в реакторе I начинается процесс сушки соломы под действием нагрева от топки. Смесь, состоящая из генераторного газа, водяного пара и летучих веществ, направляется в каталитический дожигатель. Вентиль 2 при этом открыт, остальные закрыты. В каталитическом дожигателе летучие вещества (ацетон и др.) и генераторный газ сгорают с образованием углекислого газа, далее смесь из углекислого газа и водяного пара поступает в конденсатор, расположенный в теплице, где водяной пар конденсируется и увлажняет воздух внутри, т. е. тепло, образующееся при сушке, рекуперуется.

Затем в реакторе I начинается пиролиз, а в реакторе II одновременно начинается процесс сушки аналогично процессу в реакторе I, вентиль 1 и 3 открыты, остальные закрыты, генераторный газ поступает в каталитический инфракрасный обогреватель, где сжигается, в результате чего образуется ИК тепловое излучение, нагревающее почву в теплице, углекислый газ поглощается растениями.

Затем открывается вентиль, генераторный газ из реактора II поступает в каталитический инфракрасный обогреватель, одновременно с этим в реакторе I снова начинается процесс сушки и т. д.

Для обеспечения автономности предлагается вырабатывать электрическую энергию для собственных нужд (привод вентилятора, работу освещения), используя двигатель Стирлинга. Теплота, образующаяся в результате горения в топке, поступает в теплообменник. Двигатель Стирлинга соединен с электрогенератором, питающим вентилятор и осветительные приборы.

Предлагаемые каталитические системы с циркулирующим наполнителем позволяют сократить расход дорогостоящего каталитического компонента в результате более полного использования площади каталитического наполнителя и равномерности температурного поля [2].

Эффективность использования местных возобновляемых источников энергии, в том числе отходов сельского хозяйства повышается за счет процесса рекуперации теплоты, образующейся при сушке соломы, и использования дымовых газов для обеспечения собственных нужд в электрической энергии.

Литература

1. Мариненко, Е. Е. Основы получения и использования биотоплива для решения вопросов энергосбережения и охраны окружающей среды в жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве: учебн. пособие / Е. Е. Мариненко. – Волгоград: ВолгГАСА, 2003. – 100 с.
2. Экологически чистое окисление углеводородных газов в каталитических нагревательных элементах / Б. Н. Лукьянов, Н. А. Кузин, В. А. Кириллов, В. А. Куликов, В. Б. Шигаров, М. М. Данилова // Химия в интересах устойчивого развития. – 2001. – №9. – С. 667-677.

Аль-Аомари О. М.

Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ОАО «ТАТНЕФТЬ»

Одним из результативных путей повышения надежности, безопасности и экономичности работы систем энергетики является диагностирование силовых трансформаторов. Следовательно, вопросы диагностики энергетического оборудования приобретают в последнее время все большую актуальность.

Начальные стадии дефектов силовых трансформаторов обычно проявляются в виде локальных нагревов. Поэтому тепловизионный контроль является одним из наиболее эффективных методов диагностирования.

В докладе обобщаются результаты анализа дефектов трансформаторов ОАО «Татнефть» за период 29.07.2009 – 21.12.2009 г.

За этот период было проведено 399 обследований трансформаторов, и в 44 случаях из них был зарегистрирован дефект. Количество дефектов составляет 11% от общего числа проведенных обследований.

Результаты исследования показали, что основными причинами, проводящими трансформаторы к тепловому пробую, являются:

1. нарушение в работе охлаждающих систем (нет циркуляции масла в радиаторе) – 7%;
2. контактные соединения (вводы) с линии передачи – 4%.

Определено изменение доли дефектов трансформаторов k в зависимости от времени года. Установлено, что наибольшее число дефектов наблюдается в августе и ноябре.

Проведенные исследования позволили выявить недостатки существующих методик тепловизионного контроля оценки состояния трансформаторов, одним из которых является низкая степень автоматизации анализа термограмм.

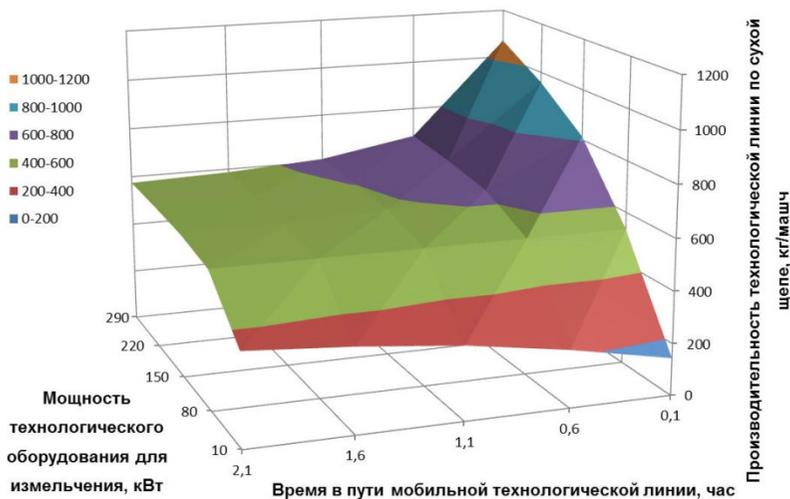
Дальнейшие исследования будут посвящены созданию автоматизированной системы анализа термограмм, способной без участия оператора проводить оценку состояния трансформаторов.

Анисимов П. Н.

Научный руководитель: Онучин Е. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО
 ЭКСПЕРИМЕНТА НА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
 МОБИЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ
 ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ
 С ДВИГАТЕЛЕМ ВНЕШНЕГО СГОРАНИЯ**

С целью определения оптимальных параметров проводится анализ результатов активных вычислительных экспериментов на математической модели разрабатываемой мобильной технологической линии для производства топливной щепы (МТЛПЩ) с двигателем внешнего сгорания, который использует в качестве топлива часть щепы. Для полученных значений отклика (Y_1) производительности мобильной технологической линии по готовой сухой щепе кг/машино-час построена диаграмма, представленная на рисунке.



Зависимость производительности мобильной технологической линии по готовой продукции – сухой топливной щепе (кг/машино-час) (Y_1) от мощности технологического оборудования для измельчения (кВт) и времени в пути мобильной технологической линии (час)

Диаграмма отражает влияние мощности технологического оборудования для измельчения и времени в пути мобильной технологической линии на отклик.

Выводы:

С ростом мощности технологического оборудования для измельчения (кВт) (X_1) производительность мобильной технологической линии по готовой продукции – сухой топливной щепе (кг/машино-час) (Y_1) увеличивается нелинейно, что связано с тем, что при возрастании мощности измельчающего оборудования значительно повышается скорость измельчения и соответственно уменьшается время заготовки, в процессе которой топливная щепа подсушивается за счет тепловых выбросов работающей силовой установки – двигателя Стирлинга. Таким образом, с возрастанием мощности измельчающего оборудования производительность по сухой щепе возрастает с уменьшающимся темпом. Рост удельной производительности установки обусловлен увеличением скорости переработки древесины в щепу.

В диапазоне, ограниченном следующими значениями входных факторов, удельная производительность изменяется незначительно: мощность технологического оборудования для измельчения от 70 кВт до максимального и время в пути мобильной технологической линии от 0,5 часа до максимального.

С ростом значений времени в пути мобильной технологической линии (X_2) удельная производительность её по готовой продукции (кг/машино-час) (Y^1) снижается, что связано с увеличением времени работы установки и возрастанием суммарного в течение производственного цикла установки потребления топливной щепы на собственные нужды. Зависимость не линейная, наиболее интенсивно снижение производительности при небольших значениях времени транспортировки топливной щепы с помощью мобильной технологической линии. При значительном возрастании времени в пути падение производительности уменьшается, поскольку возрастающие затраты топлива на собственные нужды компенсируются увеличением продолжительности сушки топливной щепы за счет тепловых выбросов работающей силовой установки.

В диапазоне значений факторов мощность технологического оборудования для измельчения от 70 кВт до максимального и время в пути мобильной технологической линии от 0,5 часа до максимального удельная производительность изменяется незначительно.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании автономных установок для производства щепы.

Анисимов П. Н.

Научный руководитель: Онучин Е. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ
 НА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МОБИЛЬНОЙ
 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
 ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ С ДВИГАТЕЛЕМ ВНЕШНЕГО СГОРАНИЯ**

Задачей вычислительного эксперимента на математической модели является получение в виде регрессионных уравнений эмпирических зависимостей параметров, характеризующих эффективность функционирования мобильной технологической линии, производящей подсушенную топливную щепу, (МТЛПЩ) с силовой установкой на основе двигателя Стирлинга, от входных регулируемых факторов активного вычислительного эксперимента.

В результате априорного ранжирования остались 1 первоначальный и 1 обобщённый факторы 1-го ранга: фактор (X_1) «мощность технологического оборудования для измельчения» и фактор (X_2) «время в пути мобильной технологической линии». Диапазон варьирования факторов, определенный исходя из критерия практической значимости результатов исследования, представлен в табл. 1.

Таблица 1. Соотношение между натуральными и нормализованными уровнями факторов

№ п/п	Фактор	Ед. изм.	Уровни варьирования				
			1	2	3	4	5
1	X_1	кВт	10	80	150	220	290
2	X_2	час	0,1	0,6	1,1	1,6	2,1

Значения мощности технологического оборудования для измельчения, меньшего диапазона, не способны обеспечить измельчение древесины, представляющей энергетическую ценность. Максимальные значения диапазона ограничены возрастанием массогабаритных характеристик МТЛПЩ.

Значения фактора (X_2) времени в пути МТЛПЩ меньшего диапазона не соответствуют минимальному расстоянию от места заготовки древесины до потребителя или места отгрузки и минимальному времени, которое требуется для совершения маневров. Значения большего диапазо-

на соответствуют расстоянию транспортировки щепы, превышающему экономически целесообразное.

В соответствии с выбранными диапазонами и уровнями варьирования входных факторов (табл. 2) был составлен полный план многофакторного вычислительного эксперимента на математической модели, представленный в табл. 2.

Таблица 2. Полный план многофакторного вычислительного эксперимента для определения зависимости между входными величинами (X_1) (X_2) и производительностью 1 цикла мобильной технологической линии, производящей подсушенную топливную щепу, с силовой установкой на основе двигателя Стирлинга по готовой продукции (Y_1), кг / цикл

№ опыта	Входные факторы (значение/уровень)		Отклик, Y^1	№ опыта	Входные факторы (значение/уровень)		Отклик, Y^1
	X_1	X_2			X_1	X_2	
1	10/1	0,1/1	6245,1	14	150/3	1,6/4	5921,9
2	10/1	0,6/2	6137,4	15	150/3	2,1/5	5814,1
3	10/1	1,1/3	6029,6	16	220/4	0,1/1	6245,1
4	10/1	1,6/4	5921,9	17	220/4	0,6/2	6137,4
5	10/1	2,1/5	5814,1	18	220/4	1,1/3	6029,6
6	80/2	0,1/1	6245,1	19	220/4	1,6/4	5921,9
7	80/2	0,6/2	6137,4	20	220/4	2,1/5	5814,1
8	80/2	1,1/3	6029,6	21	290/5	0,1/1	6245,1
9	80/2	1,6/4	5921,9	22	290/5	0,6/2	6137,4
10	80/2	2,1/5	5814,1	23	290/5	1,1/3	6029,6
11	150/3	0,1/1	6245,1	24	290/5	1,6/4	5921,9
12	150/3	0,6/2	6137,4	25	290/5	2,1/5	5814,1
13	150/3	1,1/3	6029,6				

Таким образом, проведение вычислительного эксперимента согласно разработанному плану позволяет изучить характер влияния исследуемых факторов на отклик выходных величин, а также получить многофакторные регрессионные модели, отражающие зависимости от входных факторов производительности мобильной технологической линии, производящей подсушенную топливную щепу, с силовой установкой на основе двигателя Стирлинга.

Бактыбеков Ч. Б., Садыков А. Р.

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

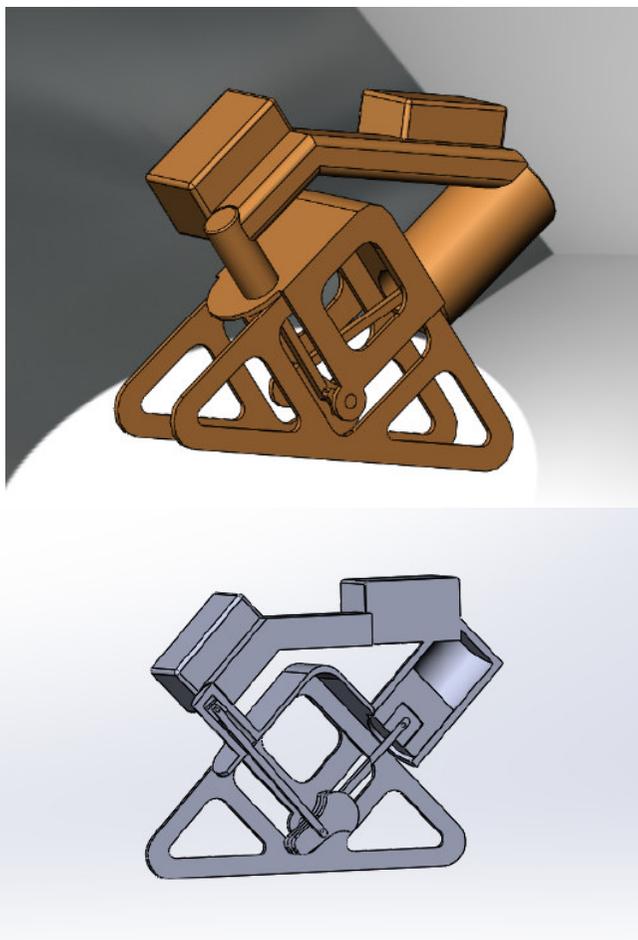
ДВИГАТЕЛЬ СТИРЛИНГА НА ДВУХФАЗНОМ РАБОЧЕМ ТЕЛЕ

В настоящее время энергетической стратегией Российской Федерации ставятся конкретные задачи по качественному энергоснабжению населения. Особенно остро этот вопрос встает в удаленных районах, не оборудованных централизованными линиями энергоснабжения. В этой связи разработка и внедрение новых экономичных и удобных для использования генерирующих установок является актуальной задачей.

В настоящее время в качестве автономных электрогенераторов используются дизельные, бензиновые генераторы и газотурбинные установки различных марок. При этом для их работы требуются энергонасыщенные топлива, которые обычно для удаленных районов являются привозными и дорогостоящими. Однако организация внешнего сгорания в предлагаемом двигателе позволяет обеспечить возможность использования, в том числе местного низкокачественного топлива.

В рамках предлагаемого двигателя внешнего сгорания будет реализован цикл Ренкина. В большом поршне происходит расширение газобразного рабочего тела и совершается полезная работа, затем газ подается в холодильник и конденсируется. С помощью малого поршня, механически связанного с рабочим большим поршнем, жидкость подается в нагреватель, где она испаряется, и цикл повторяется снова. Использование двухфазного рабочего тела позволяет повысить удельную мощность двигателя, отнесенную к единице массы.

В настоящее время создан трехмерный вариант исполнения двигателя, представленный на рисунке. Готовится заявка на изобретение. Новизна изобретения будет заключаться в использовании в двигателе Стирлинга двухфазного рабочего тела и реализации в нем цикла Ренкина. Двигатель может работать на различных топливах: бензине, керосине, дизельном топливе и даже на твердом топливе – уголь, дерево. Чтобы он работал на разных топливах, не требуется больших переделок: достаточно лишь заменить горелку.



Вариант исполнения двигателя Стирлинга на двухфазном рабочем теле, а также этот двигатель в разрезе

Таким образом, реализация проекта позволит создать эффективный привод автономной электрогенерирующей установки, которая может использовать для своей работы низкосортные типы местного топлива, тем самым повысит качество энергоснабжения населения удаленных районов страны, а также создать современный высокотехнологичный продукт.

Бударина О. А.

Научный руководитель: Гапоненко С. О., ассистент
Казанский государственный энергетический университет

ДИАГНОСТИКА ТРУБОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

В связи с интенсивным старением магистральных трубопроводных систем вопрос совершенствования интегральных методов их технического диагностирования имеет приоритетное значение. В число ключевых задач применения таких методов входит оценка коррозионного и напряженно-деформированного состояния трубопроводов. Получение такой информации – это неотъемлемая часть вопроса определения остаточного ресурса до наступления предельного состояния, когда дальнейшая эксплуатация объекта становится невозможна. Известно, что к числу основных причин наступления предельных состояний на магистральных трубопроводах можно отнести накопление микроструктурных дефектов в локальных зонах концентрации пластических деформаций. К таким зонам относятся, в частности, следующие участки: локальные участки трубопровода, подверженные неоднородным статическим или переменным нагрузкам; коррозионные области под напряжением; зона поперечного сварного соединения и околошовная зона, находящиеся также под действием переменной или статической нагрузки. В процессе длительной эксплуатации трубопроводов более вероятны местные или локализованные повреждения, а не общее ухудшение свойств материала по всей длине трубопровода. Именно диагностика трубопроводов методом акустической эмиссии зарекомендовала себя, как простой и надежный инструмент, позволяющий без вскрытия теплотрассы и отключения потребителей в течение отопительного периода проводить работы по оценке состояния и остаточного ресурса участков теплопроводов с целью формирования обоснованного плана ремонта и перекладок.

Как же обнаружить такие участки, не вскрывая теплотрассы, не нарушая тепло- и водоснабжение населения? При движении теплоносителя по трубопроводу всегда имеют место пульсации давления различной частоты. В основе возникновения пульсаций внутреннего давления на рабочих параметрах трубопровода лежит два явления. Во-

первых, это турбулентность, вызывающая высокочастотные пульсации давления, а второй механизм относится к действию неустановившихся режимов в потоке жидкости. Такие режимы течения продукта наблюдаются при пусках и остановках трубопровода, полном или частичном закрытии задвижки, переключении резервуаров и в сбросе или подкачке продукта. Коррозионный дефект в виде утонения стенки трубы является своеобразной мембраной с собственной частотой колебаний. При близком значении частот возникают резонансные колебания, которые распространяются по воде внутри трубы. Записав эти колебания, выделяя и идентифицируя их с имеющимися дефектами, возможно с высокой вероятностью оценить техническое состояние трубопровода и определить его остаточный рабочий ресурс. Работы проводятся во время отопительного сезона, так как обязательно наличие циркуляции теплоносителя и давления не менее $2,5 \text{ кгс/см}^2$. Длина диагностируемого участка должна быть от 40 до 200 м. Для регистрации волн акустической эмиссии используют аппаратуру, работающую в широком интервале частот – от 8 кГц до 10 МГц. Информация о времени распространения сигнала, его амплитуде, частотном спектре воспринимается пьезоэлектрическими акустическими датчиками. Обработка полученной информации служит основанием для заключения о природе, месте расположения и росте дефекта. Основными источниками шумов при АЭ контроле объектов являются:

- разбрызгивание жидкости в емкости, сосуде или трубопроводе при его наполнении;
- гидродинамические турбулентные явления при высокой скорости нагружения;
- воздействие окружающей среды (дождя, ветра).

При проведении периодического или постоянного контроля подземных магистральных трубопроводов без освобождения их от грунта и изоляции могут быть использованы волноводы, укрепленные постоянно на контролируемом объекте.

Метод акустической эмиссии имеет ряд плюсов (классифицирует дефекты по степени опасности, чувствителен к трещинам вплоть до миллиметров, обеспечивает возможность проведения контроля объектов без удаления их гидро- или теплоизоляции), что, конечно же, оправдывает стоимость данного аппарата.

Результат достигается тем, что в искомом трубопроводе генерируют звуковые колебания в соответствии с его резонансной частотой, а о расположении трубопровода судят по наличию максимума амплитуды колебаний трубопровода на этой частоте.

Оно состоит из системы возбуждения и системы регистрации. Система возбуждения состоит из персонального компьютера 1, цифроаналогового преобразователя (ЦАП) 2, усилителя сигнала 3 динамика 4, который устанавливается через колодец 5 на месте запорно-регулирующей арматуры в трубопроводе 6. Система регистрации состоит из чувствительного элемента 7, в качестве которого может быть использован микрофон или пьезоэлектрический датчик, аналогоцифрового преобразователя (АЦП) 8 и персонального компьютера 1.

В трубопроводе 6 через колодец 5 на месте запорно-регулирующей арматуры устанавливается динамик 4, а чувствительный элемент 7 устанавливается над началом трубопровода 6. На персональном компьютере 1 производится поиск резонансной частоты колебания трубопровода 6. Преобразование выходного сигнала персонального компьютера 1 в аналоговую форму производится ЦАП 2, а усиление сигнала, поступающего на динамик, – усилителем 3. После регистрации резонансной частоты колебания трубопровода 6 чувствительный элемент 7 перемещается в сторону сохранения максимальной амплитуды колебаний трубопровода 6 на заданной частоте. Регистрация сигнала персональным компьютером 1 производится АЦП 8.

Предлагаемый способ позволяет упростить определение расположения трубопроводов. В связи с тем, что возбуждается резонансная частота колебаний трубопровода, а не локальный участок грунта над ним, повышается избирательность контроля. Кроме того, применение данного способа позволяет контролировать трубопроводы, имеющие большую протяженность. Таким образом, предлагаемый способ повышает эффективность определения расположения трубопровода [1].

Литература

1. Способ определения расположения трубопроводов / А. Е. Кондратьев, С. О. Гапоненко, А. Р. Загретдинов: пат. 2482515, Рос. Федерация. № 2011151380/28; заявл. 15.12.11; опубл. 20.05.13. Бюл. № 14. – 6 с.

Гибадуллин Р. Р., Ившин И. В., Цветков А. Н., Копылов А. М.

Научный руководитель: Ившин И. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

**ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА
ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН
ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ,
РАБОТАЮЩИХ В ГЕНЕРАТОРНОМ РЕЖИМЕ**

Работа выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы», соглашение о предоставлении субсидии от «20» октября 2014 г. № 14.577.21.0121, уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57714X0121.

В процессе конструирования электрических машин возвратно-поступательного действия возникает проблема выбора материалов и технических решений. Одним из путей решения этой проблемы являются полигонные испытания, которые сопряжены с большой трудоемкостью и материальными затратами. Современным источником информации для оценки параметров разрабатываемой машины являются испытания на стендах. Научные основы создания испытательных стендов позволяют максимально приблизить испытания машин в лабораторных условиях к реальным полигонным испытаниям.

Актуальной задачей является создание испытательного стенда для получения характеристик и разработки эффективных алгоритмов управления линейных двигателей и генераторов.

К разрабатываемому стенду были предъявлены жесткие требования, такие как скорость перемещения транслятора до 15 м/с, перемещение транслятора в пределах от 50 до 120 мм, частота колебания транслятора до 100 Гц, усилие, измеряемое на трансляторе до 11 кН и тяжелые условия эксплуатации при воздействии температуры до +150°C.

В состав стенда входят устройства привода машины, устройства контроля и управления и прочие вспомогательные устройства.

Разработанный стенд обеспечивает два режима работы исследуемого объекта: режим двигателя и режим генератора.

В генераторном режиме исследуемая электрическая машина приводится в движение кривошипно-шатунным механизмом. Частота возвратно-поступательных движений регулируется входящим в состав системы

частотным преобразователем, управляемым микропроцессором, а амплитуда колебаний регулируется изменяемым положением кривошипа.

Обмотки электрической машины через мостовой выпрямитель, подключаются к нагрузке, при этом контролируется напряжение и ток, вырабатываемые генератором, а также основные параметры машины: температура, положение, скорость и частота.

Гибкая электрическая система позволяет во время работы изменять схему включения обмоток генератора звезда – треугольник – последовательное – параллельное включение. При правильном подборе алгоритма управления это даст возможность получить максимальную мощность генератора независимо от положения и скорости транслятора.

Также система позволяет плавно и ступенчато менять величину нагрузки (в пределах от 0 до 25 кВт), что должно позволить определить стойкость генератора к ударным и плавным изменениям нагрузки.

Напряжение, ток и форма энергии, вырабатываемой генератором, измеряются системой контроля и управления с помощью входных устройств, к которым подключены выводы присоединения нагрузки и трансформатор тока. Кроме этого, стенд позволяет исследовать генератор в тяжелых условиях работы, воздействуя на него источником тепла с температурой до 150°C.

Принятые при проектировании испытательного стенда решения позволяют добиться таких показателей, как максимальная скорость перемещения транслятора до 40 м/с, максимально измеряемое усилие до 50 кН, частота перемещения транслятора до 100 Гц, мощность нагрузки до 25 кВт, напряжение нагрузки до 400 В, измерение электрического тока до 300 А, точность определения положения транслятора до 0,1 мм, измерение температуры элементов машины до 204°C, частота оцифровки входных сигналов системы контроля и управления до 800 кГц.

УДК 62-634.8

Забродин А. Г., Забродина Н. А.

Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

КОМПЛЕКСНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И СЖИГАНИЯ ОБВОДНЕННЫХ ЖИДКИХ ТОПЛИВ

На предприятиях теплоэнергетического комплекса при хранении жидких топлив, мазута в мазутохранилищах происходит их обводнение.

На нефтебазах также образуется значительное количество отходов нефтепродуктов в виде обводненного мазута, загрязненных топлив, отработанных масел с повышенным содержанием воды, не подлежащих использованию и представляющих опасность для окружающей среды. Как правило (на 80-85%), это отходы тяжелых топлив, мазута марок 40 или 100. Поэтому возникает вопрос об эффективной утилизации этих отходов, с целью получения тепловой энергии. Использование их в качестве топлива является актуальной задачей. Наиболее эффективным и выгодным его решением будет использование установки для подготовки и сжигания водотопливной эмульсии (ВТЭ).

Нами спроектирован комплекс устройств, предназначенный для подготовки к сжиганию различных видов обводненных жидких топлив. В разработанный комплекс устройств входит устройство подготовки обводненного жидкого топлива к сжиганию [1] и механическая центробежная форсунка [2] с усовершенствованной конструкцией. Данное техническое решение позволяет достичь нужной степени дисперсности за счет применения источника ультразвуковых колебаний и в то же время менее энергозатратно ввиду отсутствия крупных движущихся механических частей.

Полученная с помощью установки гомогенизированная ВТЭ имеет заметно меньшую вязкость, что облегчает процесс перекачки и сжигания топлива, а также снижает расход энергии на предварительный подогрев. Факел, образующийся при сжигании ВТЭ, более равномерно заполняет объем топочной камеры, снижается недожог топлив, что дает возможность снизить количество вдуваемого воздуха и уменьшить связанные с ним теплотери. КПД котельного агрегата при уменьшении коэффициента избытка воздуха на 0,1% увеличивается на 1%.

При сжигании ВТЭ температура уходящих газов уменьшается по сравнению с обезвоженным мазутом на 30-35°C, что свидетельствует о повышении эффективности использования топлива.

Повышается экологичность сжигания жидких топлив за счет снижения выбросов СО (в среднем на 50%), оксидов азота (до 50%) и других вредных веществ, образующихся в результате сжигания.

Литература

1. Пат. № 101781 РФ, МПК F23K 5/12. Устройство для подготовки водотопливной эмульсии в котельных установках / Забродин А. Г., Алибеков С. Я., Каширский В. Н., Натфуллин З., Бадькова Е. А.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – № 2010120926/06; заявл. 23.07.2010; опубл. 27.01.2011. – Бюл. № 3. – 5 с.

2. Пат. № 102245 РФ, МПК F23B 11/10. Форсунка жидкостная тангенциальная / Каширский В. Н., Алибеков С. Я., Забродин А. Г., Натфуллин З.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – № 2010140275/28; заявл. 01.10.2010; опубл. 20.02.2011. – Бюл. № 5. – 4 с.

УДК 62.66

Забродин Н. Г.

Научный руководитель: Онучин Е. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОРТАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО КАТАЛИТИЧЕСКОГО СГОРАНИЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА

Около 60% территории Российской Федерации не объединено в единую энергосистему. Энергообеспечение этой территории осуществляется в основном за счет привозного жидкого топлива или угля. В связи с высокими транспортными расходами и постоянно повышающимися ценами на энергоносители целесообразно переходить на недорогие возобновляемые источники энергии – древесные отходы, торф. Большинство этих регионов богато лесом. Использование установок каталитического сгорания генераторного газа, работающих на древесном топливе (отходах) и твердых бытовых отходах, позволит обеспечить дешевым теплом удаленные от энергосетей населенные пункты.

В последние годы во всем мире энергетическое использование древесной биомассы и, в частности, древесных отходов, рассматривается как желанная альтернатива традиционным видам топлива. Это связано с тем, что древесные отходы являются CO_2 -нейтральными, имеют низкое содержание серы, относятся к возобновляемым источникам энергии. Все это привело к тому, что технологии получения энергии из древесных отходов в последние годы развиваются и совершенствуются [1].

В целях эффективного использования потенциала возобновляемых источников был разработан теплогенератор, основными частями которого были выбраны: бункер для загрузки пеллет, шнек, подающий пеллеты, двигатель Стирлинга, камера сгорания, газопровод, катализатор и теплоотдающие поверхности.

Древесные пеллеты загружаются в бункер, где шнек приводится в движение при помощи спиральной пружины. После чего шнек сбрасывает пеллеты в камеру сгорания, где происходит пиролиз древесины.

Розжиг осуществляется при помощи жидкости для розжига, содержащей легкие парафины, и поджигается спичками.

Для поддержания пиролизного горения подача воздуха осуществляется при помощи двигателя Стирлинга. Теплообменник двигателя располагается в зоне горения. Далее полученный генераторный газ направляется по газоходу, в котором располагаются катализаторы, которые представляют собой термостойкий пористый носитель с нанесенными на него оксидом никеля и оксидом меди. При этом в процессе горения реакции окисления топлива протекают на поверхности катализатора при низких температурах, обеспечивая полную конверсию топлива без образования оксидов азота и эффективный теплосъем. Для эффективного теплосъема на газоход устанавливается оребрение.

При сравнении стоимости отопления при помощи электрических обогревателей выяснилось, что отопление на пеллетах будет стоить в 2 раза дешевле.

Литература

1. Сжигание топлив в псевдооживленном слое катализатора для решения проблем локального теплоснабжения / А. Д. Симонов, Н. А. Языков, П. И. Ведякин и др. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2001. – Т.9, №1. – С.97-104.
2. Лукьянов, Б. Н. Экологически чистое окисление углеводородных газов в каталитических нагревательных элементах [Текст] / Б. Н. Лукьянов, Н. А. Кузин, В. А. Кириллов и др. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2001. – №9. – С. 667– 677.

УДК 620.179.1

Загреддинов А. Р., Кондратьев А. Е., Гапоненко С. О.
Казанский государственный энергетический университет

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

Предпосылкой поиска неисправностей энергетического оборудования по виброакустическим параметрам является то, что вибросигнал контролируемого изделия содержит большое количество информации о его состоянии. Для эффективного использования вибродиагностики не-

обходимо, чтобы эта информация была должным образом извлечена из полученных вибросигналов.

Традиционно для обработки вибросигналов использовалось преобразование Фурье. В некоторых случаях для оценки состояния объекта контроля недостаточно одного только фурье-спектра. Это связано с тем, что преобразование Фурье дает представление о доле спектральных составляющих на всей протяженности сигнала, не раскрывая особенности их поведения во времени. Поэтому спектральный анализ реальных сигналов необходимо осуществлять как по частоте, так и по времени.

Во многих современных системах диагностики проблема частотно-временного преобразования сигналов решается применением вейвлет-анализа. Однако достоверность такого анализа во многом зависит от выбора базисной функции, с помощью которой происходит преобразование сигнала. В связи с этим возникает проблема формирования адаптивного базиса частотно-временного преобразования, функционально зависящего от содержания самих виброакустических сигналов.

Решить проблему повышения достоверности анализа виброакустических сигналов представляется возможным с применением частотно-временного анализа Гильберта-Хуанга, не требующего априорного функционального базиса преобразования. Здесь функции базиса получают адаптивно непосредственно из самих сигналов процедурами отсеивания «эмпирических мод».

УДК 620.9

Загреддинова А. Р., Ибадов А. А.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ВЫРАБОТКА БИОГАЗА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Рациональным использованием органических остатков и отходов сельскохозяйственного производства является получение жидкого или газообразного топлива (биогаза) путем анаэробного брожения биомассы. Биогаз состоит из метана (50% – 85%), углекислого газа (15% – 50%) и прочих газов в гораздо меньшем процентном содержании.

Существует ряд положительных аспектов использования биогазовых технологий:

1. экономический – биогазовые технологии позволяют наиболее рационально и эффективно конвертировать энергию химических связей органических отходов в энергию газообразного топлива (биогаза) с получением высокоэффективных органических удобрений;

2. энергетический – биогаз с высокой эффективностью используется для получения собственной тепловой и электрической энергии;

3. экологический – биогазовая станция решает проблему утилизации органических отходов и очистки сточных вод, содержание органических веществ в отходах снижается в 10 раз, также сокращаются выбросы в атмосферу парниковых газов (метана и углекислого газа);

4. географический – биогазовые станции могут быть размещены в любом регионе, где есть достаточное количество органического сырья независимо от наличия объектов традиционной энергетики, инженерных и транспортных сетей;

5. инфраструктурный – биогазовые станции являются альтернативой строительству объектов традиционной энергетики;

6. социальный – биогазовая установка предоставляет возможность обеспечения теплом и электроэнергией объектов социальной инфраструктуры. Развитие биогазовой энергетики также решает проблемы занятости в сельских районах и повышает реальные доходы населения.

Проблемы, связанные с внедрением и использованием биогазовых установок:

1) высокие капитальные вложения;

2) потребность в большой площади строительства биогазовых установок;

3) биогаз по сравнению с нефтяными топливами имеет меньшую теплоту сгорания (на 30%), то есть выделяется меньше энергии, падает мощность, а расход топлива увеличивается;

4) опасность разгерметизации труб и емкостей с биотопливом;

5) сложность поддержания оптимальных условий брожения в холодный период года, так как этот процесс должен протекать в температурном диапазоне от 0 до 70°C (оптимально – 25-60°C).

Перечисленные негативные факторы существенно замедляют темпы внедрения биогазовых установок. Дальнейшее развитие биогазовой энергетики требует проведения обширных научных исследований, которые должны позволить создать новые технологические решения в строительстве биогазовых установок.

УДК 621.548

Захарова В. Е.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

СРАВНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗНЫХ ТИПОВ ВЕТРЯНЫХ УСТАНОВОК

Ветряные электростанции производят электричество за счет энергии перемещающихся воздушных масс ветра.

Ветрогенераторы применяются в самых различных местах. Это открытые территории с хорошим ветропотенциалом: поля, острова, мелководье, горы.

Все разнообразие конструкций ветряных генераторов можно свести к двум большим группам: с горизонтальным расположением ротора генератора и генераторы с ротором вертикального типа.

В данной работе рассмотрены некоторые подтипы ветряных установок и выделены основные плюсы и минусы их использования. Так, например, горизонтальные генераторы флюгерного типа обладают более высоким КПД, меньшей материалоемкостью, но требуют применения мачт большей высоты, имеют сложную механическую часть и неудобны в обслуживании. Станции вертикального типа менее экономичны, они имеют большую материалоемкость, но работают в большем диапазоне скоростей ветра и более компактны.

УДК 621.643

Зиганшин Ш. Г., Политова Т. О., Сяляхова Р. Р.

Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Одним из направлений энергосбережения в системах теплоснабжения является совершенствование схем и параметров тепловых сетей, являющихся связующим звеном между источниками и потребителями теплоты, способствующих экономии тепловой и электрической энергии,

минимизации энергетических потерь. Поэтому совершенствование методик расчета надежности магистральных трубопроводов для проектирования новых и повышения эффективности существующих тепловых сетей является актуальной задачей, решение которой позволит повысить качество и надежность работы систем теплоснабжения в целом, что соответствует одному из стратегических направлений развития России – модернизации энергетики.

На сегодняшний день существует несколько методик оценки уровня надежности, разработанных Сенновой Е. В., Юфа А. И., Калинин Н. В., Кикичевым Н. Г., Иониным А. А., Самойленко Н. И., Плавич А. Ю. и др., но на практике их применение по ряду причин трудноосуществимо.

В данной работе проведено сравнение результатов оценки надежности тепловых сетей по двум методикам.

1. «Расчет систем централизованного теплоснабжения с учетом требований надежности» (РД-7-ВЭПО, ОАО «ВНИПИЭНЕРГОПРОМ»).

2. «Методика и алгоритм расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов» (Сеннова Е. В., Кирюхин С. Н., ОАО «Газпромпромгаз»).

Расчет по первой методике производился для каждого теплопровода. Основными данными для расчетов служили: год прокладки трубопровода, длина трубопровода, срок службы и тип прокладки. Расчет выполняется программой. Полученные в ходе расчетов результаты сравниваются с нормативным показателем готовности ($E=0,97$) и с нормативным показателем безотказной работы ($p=0,86$).

Во второй методике расчет производился по следующим показателям:

1. интенсивность отказов элементов ТС;
2. параметр потока отказов элементов ТС;
3. среднее время до восстановления элементов ТС;
4. интенсивность восстановления элементов ТС.

На основе произведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. При расчете среднего времени восстановления участка по второй методике принимаются коэффициенты для теплопроводов, которые учитывают только подземный вид прокладки, в то время как для первого расчета эти значения принимаются в зависимости от диаметра трубопровода.

2. В первой методике не учитывается интенсивность отказа запорно-регулирующей арматуры.

3. При сравнении также необходимо учитывать тот факт, что в первом случае вероятность безотказной работы рассчитывалась для всех

участков с учетом предыдущего, с целью установления значения вероятности на конечном потребителе. А во втором случае – отдельно для каждого участка. Поэтому во втором расчете значения вероятности безотказной работы близки к единице.

Для оценки результатов моделирования надежности магистральных трубопроводов применены следующие методы построения моделей надежности:

- 1) метод наименьших квадратов;
- 2) графический метод – построение линий тренда;
- 3) метод экспоненциальной регрессии.

Вывод: по результатам расчетов было выявлено, что метод наименьших квадратов является наиболее точным, по сравнению с другими методами (графическим методом и методом экспоненциальной регрессии), так как он больше приближен к расчетным показателям надежности.

Авторами было произведено сравнение результатов расчета по двум методикам расчета вероятности безотказной работы:

1) методические указания по расчету систем централизованного теплоснабжения с учетом требований надежности (РД-7-ВЭП, ОАО «ВНИПИЭНЕРГОПРОМ»);

2) методика и алгоритм расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов (Сеннова Е. В., Кирюхин С. Н., ОАО «Газпромпромгаз»).

Результат показал, что методика РД-7-ВЭП является более точной и удобной для расчета показателей надежности. Результаты расчета можно использовать для дальнейшего изучения состояния работы тепловой системы.

УДК 621.643

Зиганшин Ш. Г., Салыхова Р. Р., Назарычев С. А.

Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

В настоящее время существующие методы проектирования тепловых сетей далеки от совершенства, не достаточно учитывают как экономические показатели при выборе диаметров закладываемых в проект трубо-

проводов, так и возможности по проведению энергосберегающих мероприятий, что требует дополнительных исследований в этом направлении.

Совершенствование методик оценки надежности магистральных трубопроводов тепловых сетей является актуальной задачей, решение которой позволит повысить энергоэффективность и надежность работы системы теплоснабжения в целом.

Существует несколько методик оценки уровня надежности, разработанных Калининым Н. В., Юфа А. И., Сенновой Е. В., Кикичевым Н. Г., Иониным А. А., Самойленко Н. И., Плавич А. Ю. и др., но на практике их применение по ряду причин трудноосуществимо.

Для оценки результатов моделирования надежности магистральных трубопроводов, применяются следующие методы построения моделей надежности:

1. метод наименьших квадратов;
2. графический метод – построение линий тренда;
3. метод экспоненциальной регрессии.

1. Метод наименьших квадратов. Методику построения теоретической модели надежности на базе статистического распределения вероятностей наработок до отказа можно представить в виде трех этапов.

Первый этап. Выдвижение гипотезы о теоретическом законе распределения времени безотказной работы объекта трубопроводов. Выбор закона распределения может производиться несколькими способами.

1) Анализ физического механизма образования случайной величины.

2) По виду гистограммы, в основу которой положена обработка статистических данных, и сравнение ее с типовыми графиками.

3) Использование классификаций видов распределений для характерных отказов объектов трубопроводов, т. е. по литературным источникам, содержащим рекомендации на основании аналитических исследований.

Второй этап. Построение теоретической модели надежности объекта исследования методом компьютерного моделирования на основе статистических оценок показателей надежности объекта.

Третий этап. Проверка согласия гипотез с наблюдениями. Другими словами – проверка модели на адекватность действительности, т. е. проверка достоверности построенной модели. Проверка гипотезы может быть осуществлена разными методами: с использованием критериев согласия (Пирсона и Колмогорова) или на основе корреляционного анализа.

2. Графический метод. Метод построения моделей регрессии основан на построении линий тренда.

Имеются две наблюдаемые (экспериментальные) величины: факторы – независимые переменные и отклики – зависимые переменные.

В нашем случае факторами являются значения времени, а откликами – значения вероятностей. Значение R^2 низкое. Величина достоверности аппроксимации (R^2) представляет собой так называемый коэффициент детерминации, по значению которого можно судить о правомерности использования экспоненциального уравнения регрессии.

3. Достаточно много моделей надежности описывается экспоненциальным законом распределения случайной величины. В Excel реализован метод построения и анализа подобных моделей – с помощью статистической функции ЛГРФПРИБЛ. Экспоненциальная модель в данном методе описывается уравнением (1):

$$Y = C m^x. \quad (1)$$

В нашем случае неизвестной зависимой величине Y соответствует вероятность P_m , а величине x соответствует время t . Параметр m определяется формулой (2):

$$m = e^{-\lambda}, \quad (2)$$

поэтому искомый параметр – интенсивность потока отказов определяется соответствующим выражением (3) через натуральный логарифм:

$$\lambda = -\ln(m). \quad (3)$$

Данный метод позволяет получить полную статистику экспоненциальной регрессии, которая представляется в виде таблицы, состоящей из пяти строк и двух колонок.

УДК 628.3

Исламова А. М.

Научный руководитель: Ахметов Э. А., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

На сегодняшний день одним из важнейших вопросов защиты окружающей среды является охрана водного бассейна от загрязнений. К важным мероприятиям по охране источников питьевой воды относятся доочистка промышленных сточных вод и дальнейшее их использование для промышленного водоснабжения предприятий. Повторное использование очищенных сточных вод для технического водоснабжения позво-

лит полностью ликвидировать существующий дефицит ресурсов пресной воды.

Наиболее опасны для водоемов сточные воды предприятий химической и нефтехимической промышленности. Сточные воды этих предприятий характеризуются сложным и переменным составом, высокой токсичностью, большим содержанием растворенных, а не взвешенных, загрязнений, отсюда биологические методы не всегда эффективны и не всегда пригодны для повторного использования воды на предприятиях [2].

Замена природных пресных вод, расходуемых на технологические и энергетические нужды, очищенными сточными водами позволит решить проблему ликвидации дефицита водных ресурсов и предотвратить истощение запасов пресных вод. Одним из наиболее радикальных путей сокращения потребления свежей воды является создание замкнутых систем промышленного водоснабжения, которые основаны на многократном использовании для производственных целей сточных вод, очищенных до норм, отвечающих требованиям и качеству технической воды [1].

Предлагается рассмотреть вариант, включающий в себя три стадии очистки сточных вод, с последующим возвратом очищенной воды в систему водоснабжения (в основном на подпитку системы примерно 15% общего объема)

1 стадия – очистка от механических примесей (использование гидроразделителей, механических фильтров, прудов-отстойников и т. д.);

2 стадия – использование испарительной установки;

3 стадия – получение сухого остатка в распылительной сушилке.

Можно сделать вывод, что бессточные системы являются наиболее современными и экологически чистыми типами систем. Они могут быть построены путем развития, объединения конструкций существующих систем предприятия. Доработка заключается в частичном изменении конфигурации сети и включении в систему установок для очистки или утилизации сточных вод или шламов.

Литература

1. Клименко, А. В. Теплоэнергетика и теплотехника. Кн. 4 Промышленная теплоэнергетика и теплотехника / А. В. Клименко. – М: Издательский дом МЭИ, 2007.
2. Когановский, А. М. Очистка сточных вод в промышленном водоснабжении / А. М. Когановский. – М.: Химия, 1983.

УДК 621.22

Исмаилова Г. М.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ЗНАЧЕНИЕ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Одним из наиболее эффективных направлений развития нетрадиционной энергетики является использование энергии небольших водотоков с помощью малых ГЭС. Это объясняется, с одной стороны, значительным потенциалом таких водотоков при сравнительной простоте их использования, а с другой – практическим исчерпанием гидроэнергетического потенциала крупных рек в этом регионе.

Проектированием и разработкой оборудования для таких ГЭС занимаются многие российские научно-производственные организации и фирмы. Гидроагрегат надежно работает в автоматическом режиме.

На территории республики Татарстан довольно большое количество водотоков разного порядка, что говорит о достаточно высоком гидроэнергетическом потенциале. В настоящее время мировая тенденция направлена на снижение экологической нагрузки за счет использования возобновляемых источников энергии. Малая гидроэнергетика может дать и экологический эффект, и энергетический, и социально-экономический.

В данной работе приведены материалы по вопросу значения малой гидроэнергетики в республике Татарстан и перспективы ее развития.

УДК 620.9

Калинина М. В.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЮ ПРЕДПРИЯТИЙ. ПРЕВРАЩЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЖИДКОЕ ТОПЛИВО

Рассматриваются современные подходы к энергообеспечению и рациональному применению солнечной энергии на предприятиях.

Некоторые транспортные средства на дорогах западных стран уже частично питаются энергией солнца. Это автомобили и автобусы на солнечных батареях. Их количество может серьезно увеличиться благодаря водородным элементам, преобразующим солнечную энергию в топливо – такое же жидкое, но экологически чистое и получаемое с помощью бесплатной природной энергии бактерий.

Исследовательская команда из Гарварда использовала искусственные лисья по аналогии с фотоэлектрическими элементами для расщепления воды на водород и кислород с помощью поглощенного солнечного света. Затем специально выращенные в лабораторных условиях *Ralstonia eutropha* соединяли водород с углекислым газом для получения жидкого топлива под названием изопропанол. К сожалению, в настоящее время эффективность преобразования солнечного света в изопропанол не превышает одного процента. Исследователи надеются, что вскоре им удастся повысить этот показатель до пяти процентов. Метод доказывает возможность сбора солнечной энергии для последующего хранения и использования в виде жидкого топлива.

Теплоноситель жидкости, который применяется для теплопереноса, называется жидкостью-теплоносителем. Это основная составная часть солнечных тепловых установок. В солнечных тепловых установках в качестве жидкости-теплоносителя используется морозоустойчивая смесь воды и пропиленгликоля, которая протекает по коллектору и отдает полученное солнечное тепло по теплообменнику хозяйственно-питьевой воде. Используемая в солнечных тепловых установках жидкость должна быть, с одной стороны, морозоустойчивой зимой, чтобы не нанести вред обледенением коллектору или трубопроводу, а, с другой стороны, она не должна испаряться при высокой температуре. Кроме того, следует обратить внимание на то, что эта жидкость биологически расщепляема.

«Островными» солнечными системами называются системы, которые не связаны с общей электросетью и которые сохраняют в аккумуляторах электричество, произведенное солнечной установкой. Электричество, произведенное при помощи солнечной системы, сохраняется либо в виде постоянного тока, либо при помощи инвертора преобразуется в переменный ток. Эта система применяется в тех случаях, когда нет доступа к электричеству, соответственно, когда подключение к общей системе будет стоить столько же или дороже, чем использование «островной» солнечной системы, как, например, электричество для беседки или отдельно стоящего здания (хижина пастуха). «Островными» системами также считаются системы освещения дорог, строительных площадок,

счетчики времени на платных стоянках, карманные калькуляторы, если они работают на солнечной энергии. В малозаселенных развивающихся странах «островные» солнечные системы зачастую являются единственной возможностью провести электричество в захолустные деревни (так называемые «сельские домашние системы»). При хранении электричества, полученного из солнечной энергии, теряется от 10% до 30% произведенной энергии. «Островные» солнечные системы должны отвечать поставленным требованиям, так как расширение этих систем в области сохранения энергии, как правило, проблематично.

Энергия солнца преобразуется при помощи солнечных модулей в электрическую энергию. Этот вид производства энергии называется фотоэлектричество. Солнечный модуль состоит из множества элементов. Эти элементы производят постоянный ток из солнечного света. Постоянный ток можно использовать, например, для зарядки батарей (аккумуляторов) и, таким образом, хранить ток. В этом случае речь идет о так называемой «островной» установке. Однако можно преобразовать постоянный ток в переменный и подключиться к общей электросети.

УДК 621.316.925

Карманов Н. Г.

Научный руководитель: Доломанюк Л. В., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДСТАНЦИЙ 110/35/10 кВ

В последнее время модернизация внедряется повсеместно, т. к. своевременная замена устаревших деталей, узлов, терминалов позволяет экономить значительные энергоресурсы и повышать надежность оборудования. Модернизация не обошла стороной и системы электроснабжения: повсеместно внедряются новые средства защиты распределительных сетей, шин, трансформаторов и электрических подстанций в целом.

Предметом работы является модернизация релейной защиты подстанции 110/35/10 кВ. с заменой устаревших релейно-контакторных устройств на современные микропроцессорные отечественных и зарубежных производителей.

Модернизация проводится в связи с физическим и моральным износом оборудования. При проведении модернизации применено новейшее

оборудование с использованием микропроцессорных устройств, так как микропроцессорная защита отличается повышенной надежностью, чувствительностью, быстродействием, удобством в эксплуатации.

Мировыми лидерами в производстве устройств РЗА являются европейские концерны ALSTOM, ABB и SIEMENS. Общей для них является тенденция перехода на цифровую технику. Цифровые защиты, выпускаемые этими фирмами, имеют высокую стоимость, которая, впрочем, окупается их высокими техническими характеристиками и многофункциональностью. Микропроцессорную аппаратуру выпускают и другие фирмы: GE Multilin, SEL.

Релейная защита и автоматика, построенная на базе микропроцессорных устройств, отличается от релейно-контакторной повышенной надежностью, быстродействием, простотой обслуживания и удобством эксплуатации.

Замена релейной защиты и автоматики, на первый взгляд, кажется дорогостоящей и неоправданной. Но если сопоставить затраты, которые тратит энергосистема ежегодно на устранение аварий из-за неправильной работы релейно-контакторной аппаратуры и затраты на установку современной защиты, то экономическая выгода ощутима в скором времени.

УДК 621.311

Кашипова Л. А.¹, Звегинцев А. А.²

Научные руководители: Плотникова Л. В.¹, канд. техн. наук, доцент;
Мингалеева Г. Р.², д-р техн. наук

*Казанский государственный энергетический университет¹
Исследовательский центр КазНЦ РАН²*

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СХЕМ С РЕЗЕРВАМИ ВТОРИЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Одним из направлений повышения энергоэффективности технологических схем промышленных предприятий является организация систем рекуперации вторичной энергии, которой располагают предприятия. Для выбора наиболее эффективной системы рекуперации вторичной энергии необходимо использовать актуальные методики анализа. Такими методиками являются анализ структурной организации и анализ термодина-

мической эффективности технологических схем. В комплексе они представляют вариацию системного анализа [1].

Основная задача анализа структурной организации технологических схем состоит в нахождении зависимостей между элементами схем, выделении замкнутых последовательностей элементов и определении оптимальной последовательности их расчета [1]. Данная задача актуальна в связи с наличием значительного количества обратных потоков энергии и вещества в технологических схемах, что приводит к необходимости множественного итерационного согласования данных. В результате реализации данного анализа структурной организации технологические схемы представляются в виде незамкнутой последовательности элементов, что позволяет провести упрощенный последовательный расчет термодинамической эффективности промышленной схемы.

Для осуществления структурного анализа была разработана программа на языке C# в среде Microsoft Visual Studio, в основе которой лежит алгоритм перемножения булевых матриц [2].

Существующая на настоящий момент методика организации систем рекуперации вторичной энергии для технологических схем производств [3] позволяет выбирать один вариант модернизации схемы с учетом таких параметров как КПД элементов исходной схемы, теплота Q и эксергия E потоков, не находящих применение в исходной схеме, а также коэффициент ценности теплового потока $K=E/Q$. Однако сложно определить, использовать ли для рекуперации поток с большими значениями Q и E или с большим K . То есть важно также учитывать при выборе системы рекуперации и соотношение планируемых к рекуперации потоков с потребностью их «принятия» в «слабом месте» схемы в имеющемся количестве G . Кроме того, выбранный по приведенным критериям поток вторичной энергии обычно направляется для утилизации в аппарат с наименьшим КПД. Данный подход не гарантирует, что выбран наиболее энергоэффективный вариант. Это обусловлено тем, что при выборе «места» рекуперации не учитывается «характер» утилизации, не учитывается соотношение КПД участка исходной схемы – потребителя вторичной энергии и КПД предлагаемой установки рекуперации. То есть нельзя однозначно сказать, что наиболее эффективным вариантом является вариант утилизации вторичной энергии на участке с наименьшей энергоэффективностью.

Реализация предлагаемой методики моделирования энергоэффективных схем в едином программном продукте на основе разработанной программы позволит рассчитать все возможные варианты систем рекуперации вторичной энергии на промышленном объекте и оценить

влияние перечисленных выше параметров на эффективность модернизированной схемы. Полученные результаты будут использованы для оптимизации критериев выбора потоков вторичной энергии, направляемых в систему рекуперации.

Литература

1. Белов, П. Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере / П. Г. Белов. – М.: Издательский центр «Академия», 2003.
2. Оценка структурной организации систем рекуперации в.э.р. / А. А. Звонинцев, В. Н. Маров, Л. А. Кашипова, Л. В. Плотникова // Материалы VII-ой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов «Энергосбережение – теория и практика». – М.: Издательский дом МЭИ, 2014.
3. Назмеев, Ю. Г. Определение оптимальной последовательности расчета комбинированной энерготехнологической системы стадии дегидрирования изоамиленов в изопрен в производстве изопрена / Ю. Г. Назмеев, И. А. Коныхина, Л. В. Сосунова // Изв. вузов. Проблемы энергетики. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2003. – № 9-10.

УДК 621.313

Копылов А. М., Ившин И. В., Сафин А. Р., Гибадуллин Р. Р.
Научный руководитель: Ившин И. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБРАТИМЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

В рамках реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» Казанского государственного энергетического университета проводятся прикладные научные исследования по теме «Разработка экспериментального образца обратимой электрической машины возвратно-поступательного действия мощностью 10-20 кВт для тяжелых условий эксплуатации». Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57714X0121.

Для исследования электромеханических преобразователей, в том числе линейных двигателей и генераторов, применяются различные математические модели, отличающиеся разным уровнем допущений и сложностью вычислений.

Обозначим два типа моделей:

- математические модели на основе теории поля;
- математические модели на основе теории цепей.

Математические модели на основе теории поля, использующие численные методы (метод конечных разностей и метод конечных элементов), позволяют учитывать специфику геометрии рабочего объема линейной машины, насыщение участков магнитопровода, различие магнитных свойств среды рабочей зоны и торцевой зоны, неравномерность воздушного зазора. Ограниченность моделей, основанных на теории поля, проявляется в том, что они описывают статические режимы работы линейных машин.

Модели, основанные на магнитных схемах замещения, сводят задачу к расчету цепи, параметры которой интегрально представляют собой участки конструкции при моделировании всего устройства.

При использовании схем замещения электрическая машина представляется совокупностью магнитных и электрических цепей. Преимуществом цепного подхода является также большая гибкость в отношении подробности представления элементов конструкции машин. При использовании данных методов достаточно просто учитываются особенности конструкции. К достоинствам методов, базирующихся на теории цепей, следует отнести и то, что они, как правило, распространяются на динамические режимы работы линейных машин.

Особенности характеристик линейных генераторов связаны со спецификой электромагнитных процессов, которые, в свою очередь, вызваны разомкнутостью магнитопровода, а также эффектами «входа-выхода», обусловленными переходом подвижного вторичного элемента, имеющего границы, из рабочей зоны в торцевую, а из торцевой в рабочую.

Разомкнутость магнитной цепи приводит к отклонению от синусоидальной формы распределения потока в ярме и индукции в воздушном зазоре по продольной координате машины; искажение картины магнитного поля ухудшает ее тяговые и энергетические характеристики. Вторичное магнитное поле, обусловленное токами подвижного вторичного элемента, оказывает большое влияние на суммарный магнитный поток в зазоре, а явления «входа-выхода» сопровождаются появлением индуцированных переходных составляющих токов и дополнительных потерь.

Возникающие при этом усилия могут быть использованы в качестве «магнитной пружины».

Следует отметить также, что повышенный воздушный зазор между подвижной и неподвижной частью генератора, который выбирается таковым из технологических соображений, приводит к эффекту ослабления магнитного поля в увеличенном зазоре по сравнению с обычными вращающимися генераторами.

Основной особенностью исследуемых линейных генераторов является возвратно-поступательное движение, поэтому математическая модель даже установившихся режимов должна включать уравнение механического движения. Электромагнитная подсистема описывается уравнениями Кирхгофа для магнитной и электрической цепей. Механическая система описывается уравнениями движения подвижной части.

Целесообразно отдавать предпочтение методам расчета на основе теории поля, так как такие математические модели учитывают специфику геометрии линейного генератора и насыщение участков магнитопровода.

УДК 621.548

Курицына К. С.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ВЕТЕР КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Активное развитие ветроэнергетики в мире началось лишь в 70-е годы прошлого столетия. Предпосылками к нему стали обострившиеся экологические проблемы (загрязнение атмосферы из-за работы ТЭС, кислотные дожди и т. д.) в сочетании с ростом цен на нефть и желанием ослабить зависимость западных стран от поставок углеводородов из СССР и стран третьего мира. Нефтяной кризис 1973-1974 годов дал дополнительный стимул ветроэнергетике и вывел вопрос о её развитии на государственно-политический уровень. Тем не менее, отношение к ветроэнергетике было (и остаётся) неоднозначным.

К главным достоинствам ветровой энергии стоит отнести:

- экологичность (производство энергии на ветрогенераторах всех типов не сопровождается выбросом вредных газов – продуктов сгорания топлива, которые есть при работе ТЭЦ, ДЭС и даже АЭС);

- неисчерпаемость (в отличие от полезных ископаемых энергия ветра безгранична);

- ветрогенераторы в составе ветропарков имеют высокую степень автоматизации – не требуется большого количества дежурного персонала.

К сожалению, наряду с достоинствами можно отметить и недостатки ветровой энергетики:

- непостоянность (невозможно гарантировать получение нужного количества энергии, так как энергия поступает нестабильно, что требует постоянного ее резервирования и аккумулялирования);

- потребность в строительстве дополнительных линий электропередач для оборудования ветропарков;

- шумовое и электромагнитное воздействие на природу и человека (шум ветряков может причинять немалое беспокойство людям, проживающим по соседству);

- ландшафтные проблемы – ветроэнергетические установки портят визуально ландшафт, имеют большие размеры.

В заключение надо отметить, что в настоящее время в условиях кризиса альтернативные (возобновляемые) источники энергии, в том числе и использование энергии ветра, очень актуальны и для России.

УДК 697.343

Куручкина А. А.

Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРИРОСТОВ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ

В г. ЙОШКАР-ОЛЕ ДО 2027 г.

Описываемые в данной статье мероприятия входят в главу 7 схемы теплоснабжения муниципального образования «Городской округ «Город Йошкар-Ола» на период до 2027 г., разработанную на основании п. 43 Постановления Правительства Российской Федерации от 22.02.2012 г. № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения» [1] и п. VII методических рекомендаций по разработке схем теплоснабжения, утвержденных совместным приказом Минэнерго и Минрегиона РФ.

Расчет новых трубопроводов проводился исходя из нагрузок по отоплению, вентиляции, ГВС перспективных микрорайонов (объектов нового строительства), взятых из главы 4 обосновывающих материалов.

Определялись расчетные расходы сетевой воды на отопление и вентиляцию, на горячее водоснабжение, общий расход сетевой воды, рассчитывался диаметр новых трубопроводов тепловой сети. Результат проделанных расчетов, анализов и прогнозов технического состояния тепловых сетей представлен в данной статье.

В западном и юго-западном микрорайонах планируется:

– в микрорайоне 9А требуется подключение нового трубопровода внутриквартальных тепловых сетей к УТ-7 тепловой магистрали М-7 для обеспечения перспективной нагрузки 2,5 Гкал/ч. Диаметр трубопровода предусмотреть 100 мм, протяженность – 180 м.

– в микрорайоне 9Б необходимо построить распределительные сети от УТ-9а тепломагистрали М-7 диаметром 2Ду 200 для подключения перспективных нагрузок 5,8 Гкал/ч. Предусмотреть отпайки к домам диаметром 2Ду 50. Общая длина трубопровода – 800 м.

– теплоснабжение микрорайона 9В и его развитие может осуществиться при выполнении следующих условий:

1. построить тепловую сеть диаметром 2Ду 250 от УТ-3А (магистраль М-7) до УТ-4 и отпайки к домам диаметром 2 Ду 80. Перспективная нагрузка для данного микрорайона составляет 12,16 Гкал/ч. Общая протяженность – 1860 м.

2. предусмотреть отпайки:

– на школу с теплопотреблением 2,80 Гкал/ч;

– на детский сад с теплопотреблением 1,10 Гкал/ч.

3. произвести переключение на новую тепловую сеть трех существующих жилых домов №44А, №44, №42 по ул. Прохорова.

Планируется произвести полную замену тепломагистрали М-2 Ду 700 на бесканальную прокладку трубопроводов предизолированными трубами, от УТ-1 ТЭЦ-1 до ТК-36 по ул. Петрова длиной 4651 м. Необходимость в замене всей тепломагистрали объясняется тем, что теплосеть проложена в районе с высоким уровнем грунтовых вод, срок службы её 19-20 лет. Внедрение данного мероприятия позволит значительно повысить надёжность теплоснабжения потребителей Центрального и Заречного районов города и увеличит срок службы теплосети в 1,5-2 раза.

Предусматривается строительство тепловых сетей в сторону крытого Манежа от тепломагистрали М2В УТ. Б-2. Подключаемая нагрузка к

легкоатлетическому манежу составляет 4,08 Гкал/ч., поэтому диаметр трубопровода предусмотреть 2 Ду 200, протяженность – 280 м.

Активное развитие Центральной и Заречной частей города требует замены магистралей М-1 и М-2А на бесканальную прокладку предызолированными трубами из-за высокого уровня грунтовых вод, а также увеличения пропускной способности отдельных участков тепломагистралей [2].

Бесканальная прокладка стальных трубопроводов в пенополиуретановой (ППУ) тепловой изоляции с полиэтиленовым покрытием заводского изготовления лишена недостатков, связанных с теплопотерями, коррозией, сокращением срока службы. Срок службы таких трубопроводов составляет 25-30 лет [3].

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 22 февраля 2012 г. № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения».
2. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е. Я. Соколов. – М.: Издательство МЭИ, 2001.
3. СП 41-105-2002 «Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной прокладки».

УДК 621.31

Курочкина А. Л.

Научный руководитель: Соловьев В. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРОБЛЕМЫ В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ

Важнейшим фактором развития современной мировой экономики, в том числе и России, является энергетика. Основные виды первичных энергоресурсов на сегодняшний день – нефть, природный газ и уголь, их запасы, несмотря на постоянно ведущиеся поиски и совершенствование технологий добычи, далеко не безграничны. Ограниченность энергоресурсов природного происхождения, медленные темпы их естественного возобновления и восстановления, и вместе с тем, завышенные потребности современной жизни в этих самих ресурсах, не экономное их потребление и высокие показатели потерь привели к такому положе-

нию дел, что вопросы энергосбережения сегодня стали в числе проблем глобального характера и становятся все более актуальными.

Несомненно, снижение энергопотребления жилых зданий вносит вклад в экологию Земли и защиту интересов будущих поколений. Однако для жителей многоэтажных жилых домов энергосбережение – это, прежде всего, возможность решить экономический вопрос снижения коммунальных платежей.

Прежде всего, необходимо отметить, что энергосберегающие мероприятия ни в коем случае не должны ухудшать комфортные условия в помещениях, качество среды обитания – качество микроклимата. Энергосбережение и качество микроклимата непосредственно связаны между собой: плохие условия в помещении, плохое качество микроклимата субъективно воспринимаются как душный, тяжелый воздух.

Таким образом, цель энергосберегающих мероприятий – это не снижение затрат энергии любой ценой, а создание комфортных условий в помещении при минимально необходимых затратах энергии.

В настоящее время характеристикой энергоэффективности зданий является удельный расход энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период. Проанализируем, как менялись нормируемые значения этого показателя.

Для зданий, построенных до 1994 года, значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию по России колебались в пределах 210-300 кВт•ч/м² за отопительный период [1]. Для зданий, возводимых после 1994 года, значение было снижено до 115 кВт•ч/м². С 1999 года до 1 октября 2010 года показатель составлял 95 кВт•ч/м². С 1 октября 2010 года значение нормируемого удельного расхода энергии на отопление и вентиляцию уменьшилось на 25 % по сравнению с предыдущим показателем и составило 71 кВт•ч/м². В перспективе планируется с 2016 года снизить этот показатель еще на 15 %, после чего значение удельного расхода энергии составит 57 кВт•ч/м².

Для г. Йошкар-Олы удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию составляет в среднем 400-500 кВт•ч/м² в год, что в три-четыре раза больше по сравнению с расходами тепла в жилых домах, чем в странах Европы, где средний удельный показатель составляет 120 кВт•ч/м² в год.

Большинство многоквартирных домов не отвечают современным требованиям энерго- и ресурсосбережения, так как построены они с учетом старых строительных норм.

При этом значительная часть теплопотерь происходит за счет теплообмена – до 50%, около 30% потерь тепла через наружные ограждающие конструкции, до 20 % через не утепленные двери и окна.

Таким образом, можно отметить энергосберегающие мероприятия, которые позволили бы обеспечить снижение оплаты коммунальных услуг без ухудшения или даже с улучшением качества среды обитания, которые может осуществить отдельный житель или товарищество собственников жилья.

- повышение термического сопротивления наружных ограждений путем закрепления на стенах слоя тепловой изоляции;
- повышение герметичности и термического сопротивления окон;
- дополнительная изоляция трубопроводов горячей воды в подвальных помещениях;
- переделка однотрубной системы отопления на двухтрубную с установкой у каждого отопительного прибора теплорегулятора;
- сохранение в качестве нагревательных приборов радиаторов, у которых дополнительно у стены устанавливается тепловая изоляция;
- установка в здании индивидуального теплового пункта (ИТП) с обеспечением закрытой схемы теплоснабжения горячей водой;
- применение приточно-вытяжных вентиляционных агрегатов, включающих двухступенчатую установку утилизации.

Литература

1. Строительные нормы и правила: СНиП 23-01-99. Строительная климатология [Текст]: нормативно технический материал.

УДК 534.631

Максимов Д. В.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ПРОБЛЕМА КАЛИБРОВКИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Для проведения измерений необходимо знать калибровочные параметры датчиков. Основной целью калибровки пьезоэлектрических пре-

образователей является определение чувствительности в рабочем диапазоне частот и амплитуд.

Чувствительность определяют методом подачи на вход датчиков одинакового воздействия и сравнения выходных величин. Для этого контрольный и калибруемый датчики устанавливают соответствующим образом и подвергают одинаковым колебаниям. При этом измеряют и сравнивают выходные величины. Если параметры пьезоэлектрических преобразователей отличаются при равном условии, подбирают поправочный коэффициент для показателей.

В настоящее время на кафедре ПТЭ разработана и воплощена в жизнь экспериментальная установка для проведения опытов по калибровке пьезоэлектрических преобразователей.

Литература

1. Домаркас, В. И. Контрольно-измерительные пьезоэлектрические преобразователи / В. И. Домаркас, Р.-И. Ю. Кажис. – Вильнюс: Минтис, 1974. – 258 с.
2. Ермолов, И. Н. Неразрушающий контроль: в 5 кн. – Кн. 2. Акустические методы контроля / И. Н. Ермолов, Н. П. Алешин, А. И. Потапов. – М.: Высшая Школа, 1991. – 283 с.

УДК 621.316

Миначетдинова А. Ф.

Научный руководитель: Грачева Е. И., д-р техн. наук
Казанский государственный энергетический университет

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Решение вопросов надежности и безопасности современных структурно-сложных технических систем и объектов осуществляется на всех стадиях жизненного цикла: от проектирования и создания, производства до эксплуатации, использования и утилизации.

Существует большое количество методов расчета надежности.

Для расчета показателей надежности распределительной сети предпочтительно применять следующие методы:

1. методы, основанные на теории марковских процессов;
2. топологические методы;
3. метод статистического моделирования.

Каждый метод имеет свои достоинства и недостатки.

Методы, основанные на теории марковских процессов, позволяют рассчитать надежность невосстанавливаемых и восстанавливаемых, нерезервированных и структурно-резервированных, структурно-резервированных системах при любом состоянии резерва, при любом количестве ремонтных бригад и произвольной дисциплине обслуживания.

Данный метод позволяет вычислять вероятность безотказной работы $P(t)$, функцию готовности $K_g(t)$, среднюю наработку на отказ T_l , коэффициент готовности K_g , наработку на отказ T_0 , среднее время восстановления T_g .

Преимуществами данного метода являются большая универсальность и реализация на ЭВМ; возможность расчета динамики процесса во времени; наглядность графа состояний.

Недостаток: время безотказной работы и восстановления должно иметь экспоненциальное распределение вероятностей для соответствия критериям марковского процесса.

Сущность метода статистического моделирования состоит в построении алгоритма на ЭВМ. В результате получается серия частных значений искомых показателей надежности. Эти значения обрабатываются и классифицируются методами математической статистики, что позволяет получить сведения о надежности реальной системы в произвольные моменты времени.

Теоретической основой метода являются предельные теоремы теории вероятностей. Принципиальное значение предельных теорем состоит в том, что они гарантируют высокое качество статистических оценок показателей надежности при весьма большом числе испытаний.

Предпочтительным для оценки надежности распределительных сетей можно считать топологические методы. Они дают возможность вычислять следующие показатели надежности: вероятность безотказной работы в течение времени t - $P(t)$, среднее время безотказной работы T_l , функцию готовности $K_g(t)$, коэффициент готовности $K_g = \lim_{t \rightarrow \infty} K_g(t)$, наработку на отказ восстанавливаемой системы T .

Преимуществами данного метода являются: простота вычислительных алгоритмов; высокая наглядность графа; отсутствие необходимости составления сложных систем уравнений; возможность приближенных оценок.

Недостатками являются: интенсивности отказов и восстановлений – постоянные величины; трудности, порой не преодолимые, при анализе работы сложных систем.

Морозов А. Н.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА В КАЧЕСТВЕ НАСОСА ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Двигатель Стирлинга, запатентованный в 1816 году, преобразует в работу любую разницу температур, для чего использует любые источники тепла и практически бесшумен при работе. Термодинамический КПД двигателя Стирлинга составляет 60% и более от цикла Карно. В конструкции и работе двигателя Стирлинга отсутствуют элементы и процессы, которые могут загрязнить окружающую среду.

Основными источниками энергии для двигателей Стирлинга служат любые источники тепла с подходящей температурой, например, сфокусированная солнечная энергия, любая тепловая энергия, ядерная энергия и т. п., но наиболее перспективным и доступным для двигателей Стирлинга может являться отбор тепла от горной породы, грунта и энергия солнца.

В моей работе рассматривается вопрос применения двигателя Стирлинга в качестве насоса для перекачки горячей воды в системе ГВС частного дома. Эффективность системы отопления или охлаждения возрастает, если в контуре установлен насос принудительной подачи теплоносителя. Установка электрического насоса снижает надежность системы, а в быту неприятно тем, что электросчётчик «накручивает» хоть и небольшую, но ощутимую сумму. Насос, использующий принцип двигателя Стирлинга, решает эту проблему.

Стирлинг для перекачки жидкостей может быть гораздо проще привычной схемы «электродвигатель – насос». В двигателе Стирлинга вокруг рабочего цилиндра может использоваться перекачиваемая жидкость, которая одновременно служит для охлаждения рабочего тела при обратной подаче. Это осуществляется за счет того, что двигатель Стирлинга отдает в систему отопления бросовое тепло от «горячего» цилиндра, а полученная механическая энергия используется для подкачки дополнительных порций тепла, которое забирается от предварительно нагретой воды.

Насос на основе Стирлинга может служить для накачки воды в ирригационные каналы посредством солнечного тепла, для подачи горячей воды от солнечного коллектора в дом.

УДК 620.179.1

Нагоркин А. Е., Логинов В. Н.

Научный руководитель: Загретдинов А. Р., канд. техн. наук,
ст. преподаватель

Казанский государственный энергетический университет

ДЕФЕКТОСКОПИЯ МЕТОДОМ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ

В современной промышленности в процессе производства очень часто используются дорогие материалы, технологически сложные изделия и узлы. Для этих случаев дефектоскопия является наиболее оптимальным вариантом контроля в связи с тем, что она не требует разрушения контролируемого объекта и предусматривает возможность его дальнейшей эксплуатации. Применение методов дефектоскопии также способствует значительной экономии материальных и временных ресурсов.

Существует множество методов неразрушающего контроля дефектов изделий из твердых материалов, таких как ультразвуковой, магнитный, радиационный, вихретоковый, тепловой, акустический и пр.

В данной работе рассматривается метод свободных колебаний, достоинствами которого являются относительная дешевизна, простота в использовании и отсутствие вредных воздействий на оператора. В некоторых случаях для реализации метода в простейшем случае достаточно ноутбука и микрофона.

Работа посвящена разработке методики акустического контроля деталей энергетического оборудования.

В работе ставятся следующие задачи:

- 1) анализ существующих методик контроля деталей сложной формы;
- 2) выбор способа возбуждения и приема упругих колебаний, а также соответствующих элементов аппаратуры;
- 3) проведение экспериментальных исследований;
- 4) обработка и интерпретация результатов измерений;
- 5) составление методики контроля и выдача рекомендаций для внедрения в цеховых условиях.

Низамиев М. Ф.

Научный руководитель: Ившин И. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

**ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

Целью работы является разработка методики экспресс-контроля электротехнического оборудования. Наиболее подходящим для такого рода контроля является интегральный метод свободных колебаний [1], основанный на возбуждении свободно затухающих упругих колебаний в контролируемом объекте и анализе параметров этих колебаний с привлечением целевых функций сравнения. В основу метода положено наличие корреляционных зависимостей между упругими константами материала, изделия и такими физико-механическими свойствами, как твердость, пористость, плотность, прочность и т. п., а также эксплуатационными характеристиками изделий и технологией их изготовления.

Однако метод не лишен трудностей методического характера, в качестве которых можно выделить:

- 1) целесообразность выбора нескольких информативных критериев отбраковки изделия;
- 2) необходимость анализа сигналов в широком диапазоне частот для эффективности определения разных типов дефектов;
- 3) необходимость выполнения большого объема работ для обнаружения местоположения дефекта.

В связи с этим в среде программирования LabVIEW 13.0 разработан унифицированный пакет прикладных программ, позволяющий существенно упростить задачу отбраковки деталей [2]. Отличительной особенностью предложенного программного комплекса является возможность одновременного контроля с помощью пяти виброакустических датчиков, чувствительных к колебаниям в различных частотных областях спектра. Датчики могут быть установлены в разных контрольных точках изделия. При этом к принятию решения об отбраковке изделий можно привлечь до пяти целевых функций сравнения.

Отбраковка изделий производится в зависимости от результатов сравнения эталонного и текущего спектров по значениям пяти целевых

функций сравнения: площади спектра, коэффициента корреляции, непараметрической ранговой оценки Спирмена, оценки Имана-Коновера, статистики знаков Фишера. Для классификации изделий на «годное» или «дефектное» используется подход, характерный для процедур отбраковки аномалий: программа интерпретирует совокупность вычисленных значений некоторой статистики (p_1, p_2, \dots, p_m) как множество измеренных значений некоторого абстрактного параметра и применяет к этой совокупности значений следующую процедуру:

- 1) вычислить оценку положения \bar{p} ;
- 2) вычислить оценку разброса S ;
- 3) для заданного уровня значимости α построить доверительный интервал

$$\bar{p} \pm S \cdot t\left(1 - \frac{\alpha}{2}, m - 2\right),$$

где $t(\alpha, m)$ - α -квантиль распределения Стьюдента с m степенями свободы.

Программный комплекс включает в себя следующие основные части: программу диагностики, программу формирования эталонных спектров, программу сравнения спектров с эталоном. Все эти составные части объединены в одной интегрированной оболочке, обеспечено протоколирование работы с возможностью дальнейшего просмотра результатов записи и режимов обработки сигналов. Заключение о состоянии изделия делается в автоматическом режиме без участия пользователя, что исключает субъективизм в принятии решения.

В результате работы разработаны алгоритмы, позволяющие реализовать метод свободных колебаний для экспресс-контроля электротехнического оборудования. Программный комплекс носит унифицированный характер и может быть использован при контроле любых деталей сложной формы.

Литература

1. Ившин, И. В. Разработка новых низкочастотных виброакустических методов контроля технического состояния деталей, узлов и механизмов вооружения и военной техники / И. В. Ившин. – Казань: Издательство КВВКУ, 2009. – 170 с.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014613692. Программный комплекс для экспресс-контроля деталей двигателя КАМАЗ / И. В. Ившин, Ю. В. Ваньков, Е. В. Измайлова, А. Р. Загретдинов, М. Ф. Низамиев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «КГЭУ» – №2014611426; заявл. 25.02.2014г.; зарег. 02.04.2014 г.

Николаева Т. П.

Научный руководитель: Грачева Е. И., д-р техн. наук
Казанский государственный энергетический университет

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Расчётная максимальная мощность, которая потребляется электроприёмниками предприятия, всегда меньше суммы номинальных мощностей этих приёмников. Это объясняется неполной загрузкой мощностей электроприёмников, одновременностью их работы, обеспечением условий труда обслуживающего персонала.

От правильной оценки ожидаемых электрических нагрузок зависит степень капиталовложений при организации электроснабжения.

Существуют различные методы расчета электрических нагрузок.

Наиболее простой и широко распространенный метод – это метод коэффициента спроса. Определение расчетной нагрузки по этому методу является приближенным методом расчета, поэтому его применение рекомендуют для предварительных расчетов.

Еще одним основным методом в условиях массового проектирования является метод упорядоченных диаграмм. Недостаток этого метода в том, что он не содержит элемента прогнозирования нагрузок.

Определение расчетной нагрузки по средней квадратичной мощности и коэффициенту формы может применяться для определения расчетных нагрузок цеховых шинопроводов, на шинах низшего напряжения цеховых трансформаторных подстанций, на шинах РУ напряжением 10 кВ, когда значения коэффициента формы K_f находятся в пределах 1,0-1,2.

Основное достоинство статического метода – этот метод позволяет определить не только величину расчетного максимума, но и вероятность его появления.

Метод удельной нагрузки на единицу производственной площади применяют при проектировании универсальных сетей машиностроения, характеризующихся большим числом приемников малой и средней мощности, равномерно распределенных по площади цеха.

Для электроприемников с неизменной или мало изменяющейся во времени нагрузкой расчетная нагрузка совпадает со средней за наиболее загруженную смену и может быть определена по удельному расходу

электрической энергии на единицу продукции при заданном объеме выпуска за определенный период времени.

При проведении расчетов по каждому методу можно определить их погрешность и выдать рекомендации для их применения. При этом необходимым условием является соблюдение соответствия методической и информационной погрешности.

УДК 628.1

Ротач Р. Р.

Научный руководитель: Ахметов Э. А., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

КОМПЛЕКСНАЯ ПОДГОТОВКА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Питьевая вода – необходимый элемент жизнеобеспечения населения, и от качества ее приготовления зависит состояние здоровья человека.

Основными источниками централизованного питьевого водоснабжения в большинстве регионов России являются поверхностные водоемы, загрязнение которых постоянно возрастает.

Традиционные технологии водоподготовки предусматривают обработку воды по классическим двухступенчатой или одноступенчатой схемам, основанным на коагулировании воды сернокислым алюминием с последующим ее отстаиванием или осветлением в слое взвешенного осадка, скорого фильтрования или контактного осветления и обеззараживания воды хлором.

В условиях постоянно изменяющегося качества воды и отсутствия его прогноза, повышенной загрязненности водоисточников промышленными и бытовыми сточными водами такие технологии не всегда способны обеспечить нормативную степень очистки по отдельным показателям.

Во многих случаях на традиционных очистных сооружениях не задерживаются хлорорганические соединения, которые образуются в процессе первичного хлорирования воды, содержащей органические загрязнения.

Повышение санитарной надежности очистки воды в зарубежной и отечественной практике осуществляется в современных условиях путем

применения дополнительных методов доочистки воды, таких как озонирование, сорбция, ионный обмен, ультрафильтрация.

Наиболее перспективными методами доочистки воды являются методы ультрафильтрации и метод ионного обмена.

Ионный обмен заключается в том, что твердый материал (ионит) поглощает из воды ионы загрязнений в обмен на эквивалентное количество других, одноименно заряженных обменных ионов. Таким образом, общая концентрация ионов в воде не изменяется, хотя ионный состав становится другим. Иониты, участвующие в обмене катионов, называются катионитами, а анионов – анионитами. Процесс ионного обмена продолжается до достижения равновесного состояния.

Одно из главных свойств ионообменных смол – это их способность к регенерации после исчерпания «ресурса».

Ультрафильтрация – это очистка воды при помощи полупроницаемой мембраны. Вода при таком способе очистки пропускается под давлением через мембрану, поры которой пропускают воду и полезные соли, но не пропускают коллоидные и взвешенные частицы. Система ультрафильтрации позволяет получать воду высокой степени очистки, близкую к дистиллированной. Ультрафильтрацией можно удалять из воды даже одновалентные ионы, например, ионы натрия и хлора.

Таким образом, на сегодняшний день для получения питьевой воды, соответствующей всем современным нормативным показателям, а также являющейся безопасной для употребления населением, необходима комплексная ее подготовка. Комплексная подготовка воды включает в себя как традиционные методы водоподготовки, так и современные методы доочистки воды.

Традиционные методы позволяют избавиться от наличия в воде механических и грубодисперсных включений, а также произвести частичное осветление и обеззараживание воды.

Использование доочистки воды с применением современных методов позволяет произвести ее полное осветление, умягчение и обеззараживание.

Литература

1. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учебн. пособие / М. Г. Журба. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 496 с.
2. Стерман, Л. С. Физические и химические методы обработки воды / Л. С. Стерман. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 328 с.

Сабитов А. А.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ WEB-ДИСПЕТЧЕРА

В настоящее время особое внимание уделяется тепловой и электрической энергии. Для этого разрабатываются новые энергоэффективные технологии. Одной из них является Web-диспетчер. Система предназначена для мониторинга текущего состояния и сбора информации с большого количества объектов, с помощью использования современных Интернет-технологий. Такая система дает возможность получения информации с любого рабочего места при наличии доступа к сети интернет.

Условно систему можно разделить на 2 уровня.

Нижний уровень представляет собой устройство, подключенное к точке сбора информации (вычислителю, расходомеру, контроллеру и т. д.) и предназначено для чтения и передачи данных с объектов на сервер через Интернет. Для распределенных объектов в качестве такого устройства используется программируемый GSM/GPRS модем.

Структура GSM/GPRS модема:

- удаленная прошивка программы и диагностика работы модемов;
- подключение к любым устройствам сбора информации;
- возможность создания временного архива данных внутри модема;
- реализация фиксирования необходимых нештатных ситуаций.

Верхний уровень системы представляет собой многопоточный TCP-сервер сбора данных, базу данных и Web-сервер.

Многопоточный TCP-сервер представляет собой программное обеспечение, предназначенное для параллельного сбора данных с объектов нижнего уровня системы и размещение этой информации в базе данных.

Web-сервер предназначен для отображения необходимой информации пользователю путем формирования графических экранов. Он позволяет производить гибкую настройку визуализации информации под каждого пользователя системы с возможностью ограничения прав доступа путем введения системы паролей.

Сахапов А. А.

Научный руководитель: Денисова Н. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА И РАСЧЕТ РЕСУРСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСФОРМАТОРА

Работа посвящена комплексному исследованию трансформаторного масла и влиянию дефектов на ресурсные показатели. Особое внимание было уделено графическому представлению физико-химического анализа и хроматографического анализа трансформаторного масла (ХАРГ) и преимуществу их совместного использования. А далее приводится расчет вероятностной работы на стадии периодических испытаний.

Для ХАРГ авторами предложена лепестковая диаграмма, по осям которой откладываются концентрации растворенных в масле газов, характеризующих определенный вид дефекта. В соответствии с причиной возникновения растворенных газов, дефект термического характера или электрического, на диаграмме производилась группировка осей на эти две подгруппы, что упрощает визуальную оценку результатов. Также проверка осуществлялась по алгоритму на основе РД153-34.0-46.302-00 [1].

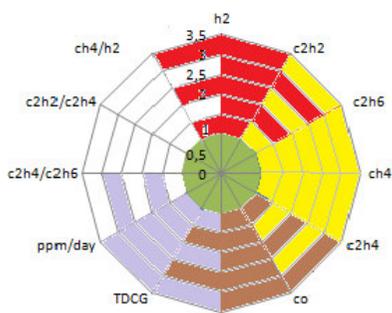


Рис. 1. Лепестковая диаграмма по ХАРГ

Значительное внимание уделяется представлению физико-химического анализа, для него строится лепестковая диаграмма, по пяти наиболее важным показателям: кислотное число, влага, температура вспышки, тангенс угла диэлектрических потерь при 90°C, средняя диэлектрическая прочность.

В заключении работы разрабатывается полная, автоматизированная программа по представлению результатов диагностики трансформаторного масла по ХАРГ и физико-химическому анализу. Авторами был написан макрос в программе Microsoft Excel, состоящий из двух разделов, в котором операции, производимые пользователем, минимизированы. В первом разделе строится

лепестковая диаграмма по ХАРГ и сравнивается с заданной диаграммой с отмеченными областями, тут же осуществляется проверка по алгоритму. Во втором разделе строится лепестковая диаграмма по данным физико-химического анализа, на ней же отмечены контуры «норма» и «интервал 5% допуска», относительно которых можно визуально оценить состояние трансформаторного масла.

Состояние трансформаторного масла качественно характеризует состояние самого трансформатора, а значит, есть возможность оценить вероятность выхода из строя трансформатора. Данная величина выражается с помощью апостериорной вероятности. Это условная вероятность случайной переменной, которая назначается после принятия во внимание некоторой новой и связанной с ней информации и вычисляется с помощью теоремы Байеса.

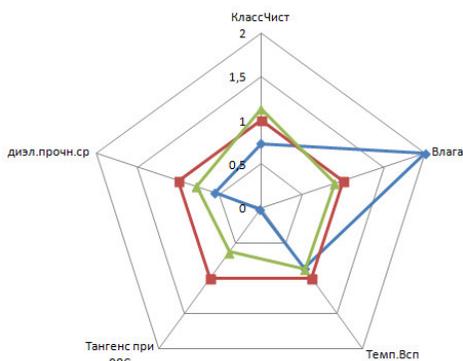


Рис. 2. Лепестковая диаграмма по физико-химическому анализу

Теорема Байеса выражается с помощью формулы Байеса:

$$P(A|B) = (P(B|A) \cdot P(A)) / P(B) .$$

Формула Байеса позволяет «переставлять причину и следствие»: по известному факту события вычислить вероятность того, что оно было вызвано данной причиной. События, отражающие действие «причин», в этом случае обычно называют «гипотезами», так как они являются предполагаемыми событиями, повлекшими данное. Также безусловная вероятность справедливости «гипотезы» именуется «априорной», а условная при произошедшем событии – «апостериорной» [2] .

Литература

1. Львов, Ю. Н. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов тр-ого оборудования по ХАРГ / Ю. Н. Львов, Т. Е. Касаткина. – М., 2001.
2. Савчук, В. П. Байесовские оценки вероятности безотказной работы для биномиальных испытаний в условиях частичной априорной определенности / В. П. Савчук // Надежность и контроль качества. – 1986. – № 1.

Хамидуллин В. И.

Научный руководитель: Грачева Е. И., д-р техн. наук
Казанский государственный энергетический университет

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С УЧЁТОМ ОСНОВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Несмотря на экономический кризис, в современном мире наблюдается тенденция роста числа промышленных предприятий средней и небольшой мощности. В связи с этим происходит неуклонный рост потребления электроэнергии. Это привело к разработке автоматизированных систем, программного обеспечения по управлению электроснабжением. Правильный и технически обоснованный выбор числа и мощности трансформаторов промышленных предприятий имеет существенное значение для построения рациональных схем электроснабжения [1].

В нормальных условиях работы силовые трансформаторы должны обеспечивать надёжное питание электроприёмников. Для этого следует обеспечить экономически целесообразный режим работы и резервирование источников питания. При эксплуатации трансформаторов в нормальных режимах не должно происходить сокращения срока службы изоляции обмоток.

В новых трансформаторах, установленных в электрических сетях Федеральной Сетевой Компании, при наличии системы мониторинга, предусмотрен контроль расчётной температуры наиболее нагретой точки обмотки, определяемой по температуре масла и току нагрузки [2].

Для прогнозирования срока службы трансформатора необходима информация о следующих показателях: коэффициенте нагрузки трансформатора; температуре окружающей среды; отношении потерь короткого замыкания и холостого хода; графике нагрузки трансформатора; постоянной времени нагрева обмоток [3].

По результатам исследования данных параметров и вычислений, возможно определение оптимального режима эксплуатации трансформаторов и потребителей электроэнергии.

Литература

1. Фёдоров, А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий / А. А. Фёдоров, В. В. Каменева. – М.: Энергия, 1979. – 408 с.

2. ОАО «ФСК ЕЭС», «Инструкция по эксплуатации трансформаторов», 2010.
3. ГОСТ 14209-85 «Трансформаторы силовые. Допустимые нагрузки».

УДК 621.4

Хафизов Р. Г.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ВАРИАНТЫ КОНСТРУКЦИИ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

В XXI веке исключительно актуальным вопросом является поиск перспективных энергосберегающих технологий. Двигатель Стирлинга представляет привлекательное направление энергетики и машиностроения по созданию и использованию данного двигателя для реализации различных целей, как альтернативу прочим двигателям, используемых в настоящее время.

Существует множество различных конструкций двигателя внешнего сгорания, но особое внимание уделено многоцилиндровым моделям и более подробному рассмотрению особенностей таких конструкций и в целом двигателя Стирлинга.

Актуальность данной темы очевидна. Во-первых, данная технология возможна с применением нетрадиционных возобновляемых энергоресурсов (энергия Солнца), что является общемировой тенденцией. Во-вторых, двигатель может выступать в качестве утилизатора тепловой энергии, непригодной для дальнейшего полезного использования на основном производстве, что может снизить энергозатраты данного предприятия. В-третьих, даже если использовать двигатель Стирлинга с непосредственным сжиганием топлива, то окружающей среде будет наноситься гораздо меньше урона, нежели от работы двигателя внешнего сгорания эквивалентной мощности. В-четвёртых, данный механизм долговечен, и даже несмотря на более высокую стоимость изготовления, остаётся весьма привлекательным. В-пятых, в России имеется более чем 40-летний практический опыт в данной области, что даёт нам обширную базу для создания и использования таких двигателей.

Всё вышесказанное является причиной изучения и распространения использования двигателей Стирлинга.

Шакиров Р. Ф.

Научный руководитель: Сидоренко С. Р., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ЭЛЕКТРОННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

Для мониторинга электросетей и энергосистем необходимы малогабаритные прецизионные, высоконадежные и недорогие средства измерений широкого диапазона измеряемых токов и напряжений, легко монтируемые и демонтируемые даже в труднодоступных местах объектов энергосистем [1].

Приборы такого типа выделены из ряда известных измерительных преобразователей в отдельную группу приборов, получивших название «электронные трансформаторы тока и напряжения».

Измерительные трансформаторы тока и напряжения осуществляют прецизионное измерение и регистрацию токов, напряжений и параметров в информационно-измерительных системах электроэнергетики для улучшения их технических эксплуатационных, экономических и экологических характеристик, а также значительного расширения их функциональных возможностей.

С помощью трансформаторов тока и напряжения показания счетчиков в контрольной точке (участке цепи), в которой измеряется ток, снимается именно с этой контрольной точки, а не поступает с измерительных трансформаторов тока и напряжения, который находится на значительном расстоянии и фактически подключен к другому (удаленному) участку цепи.

Сравнение показаний таких счетчиков, расположенных в заданных контрольных точках измерения, позволяет регистрировать параметры тока и напряжения, оперативный мониторинг режимов работы составных частей энергосистемы.

Структурную схему электронного счетчика для измерения потерь электроэнергии можно разделить на 4 уровня [2]:

1. электронные трансформаторы тока и напряжения установленных на контрольных точках;
2. электронный блок измерения напряжения;
3. счетчики электроэнергии и регистратор параметров сети;
4. физическая линия связи для передачи информации.

Литература

1. Электроэнергия передача и распределение. – 2014. – №3 (24) май-июнь.
2. Костиков, И. Система мониторинга САТ-1 – повышение пропускной способности и надежности в ЛЭП / И. Костиков // Энергетика. – 2011. – №3 (38).

УДК 620.9

Шарафисламова Э. А.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РОССИИ. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ВЕТРОВЫХ АГРЕГАТОВ

Одним из видов нетрадиционных возобновляемых источников энергии является энергия ветра. Энергия ветра на земле неисчерпаема, а в последние 15-20 лет бурно развивается ее использование для производства. Многие столетия человек пытается использовать энергию ветра себе во благо, строя ветростанции, выполняющие различные функции: мельницы, водяные и нефтяные насосы, электростанции.

Как показали практика и опыт многих стран, использование энергии ветра крайне выгодно, поскольку, во-первых, стоимость ветра равна нулю, а во-вторых, электроэнергия получается из энергии ветра, а не за счет сжигания углеводородного топлива, продукты горения которого известны своим опасным воздействием на человека.

Специфика и условия работы ветроэлектростанций в нашей стране значительно отличаются от зарубежных.

Россия располагает значительными ресурсами ветровой энергии, в том числе и в тех районах, где отсутствует централизованное энергоснабжение. Побережье Северного Ледовитого океана, Камчатка, Сахалин, Чукотка, Якутия, а также побережье Финского залива, Черного и Каспийского морей имеют высокие среднегодовые скорости ветра.

Оценка ресурсов ветроэнергетики показывает, что для энергетического использования пригодны около 8 млн. км² территории, где среднегодовая скорость ветра превышает 5 м/с. Если использовать только 1% территории для размещения ВЭУ, то их установленная мощность может превысить 300 млн. кВт.

Шарифуллина А. Р.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В современном мире технического прогресса человечество нуждается в колоссальном количестве энергии для удовлетворения своих потребностей, необходимых для жизни. Нефть, газ, уголь и другие природные ресурсы, которые использует человек для своих нужд, являются невозобновляемыми, и через несколько десятков лет они полностью исчерпаются. Поэтому нужно изучать и использовать альтернативные источники энергии, основным направлением которой является поиск и использование альтернативных (нетрадиционных) источников энергии.

Альтернативный источник энергии является возобновляемым ресурсом, он заменяет собой традиционные источники энергии, функционирующие на нефти, добываемом природном газе и угле, которые при сгорании выделяют в атмосферу углекислый газ, способствующий росту парникового эффекта и глобальному потеплению. Солнечные и ветряные электростанции, приливные и волновые электростанции, геотермальные станции – это все виды энергии возобновляемых или практически неисчерпаемых природных ресурсов и явлений.

Перспективы использования энергии тепла Земли поистине безграничны, поскольку под поверхностью нашей планеты сосредоточены огромнейшие резервы тепла и энергии, основными источниками которых являются происходящие в земной коре и мантии радиоактивные превращения, вызываемые распадом радиоактивных изотопов. Это ресурс, который является результатом разницы температур между ядром планеты и ее поверхностью. Поэтому использование геотермальной энергии является все более актуальной в наши дни.

Главным достоинством геотермальной энергии является возможность ее использования в виде геотермальной воды или смеси воды и пара (в зависимости от их температуры) для нужд горячего водо- и теплоснабжения, для выработки электроэнергии, либо одновременно для всех трех целей, ее практическая неиссякаемость, полная независимость от условий окружающей среды, времени суток и года.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Алгаева Е. П., *I*, 123
Александрова Е. С., *I*, 64
Алексеев А. М., *I*, 223
Алехин И. С., *I*, 5
Аль-Аомари О. М., *I*, 225
Андреев Д. А., *I*, 44
Андреева Е. А., *I*, 169
Андрианов К. Ю., *I*, 45
Анисимов П. Н., *I*, 226, 228
Арифуллин К. А., *I*, 105
Арсентьев В. И., *I*, 125
Афанасьева М. Л., *I*, 170
- Бажина А. А., *I*, 126
Бактыбеков Ч. Б., *I*, 230
Барбашина Ю. В., *I*, 128
Баталова Н. А., *I*, 95
Безгин Д. А., *I*, 130
Белов В. В., *I*, 6, 131
Белоусова З. В., *I*, 47, 64
Бочкова Т. И., *I*, 7
Бударина О. А., *I*, 232
- Веселов Е. А., *I*, 49
Видякина Т. С., *I*, 9
Владимирова Ю. О., *I*, 186
Войкина А. С., *I*, 66
Волкова Е. Г., *I*, 11, 138
Волкова Т. А., *I*, 172
Воробьев Д. В., *I*, 120
Вохминцева М. В., *I*, 51
Вуец А. Е., *I*, 188
Вырмаскина Л. Н., *I*, 68
- Галкиева Р. Р., *I*, 53
Гапоненко С. О., *I*, 234, 240
Гибадуллин Р. Р., *I*, 236, 254
- Горождина Ю. А., *I*, 12
Градобаева О. Г., *I*, 174
Григорьев А. А., *I*, 111
- Данилов П. Г., *I*, 186
Домрачев Т. Б., *I*, 55
Дормидонова К. Н., *I*, 133
- Елисеева М. С., *I*, 176
Ерошкина Е. Ю., *I*, 69
Ефремова Ю. С., *I*, 69
- Жанбосынов Р. С., *I*, 71
Журов А. А., *I*, 89
Журова К. В., *I*, 89
- Забродин А. Г., *I*, 178, 237
Забродин Н. Г., *I*, 239
Забродина Н. А., *I*, 178, 237
Загретдинов А. Р., *I*, 234, 240, 241
Зайцев Д. С., *I*, 73, 91
Захарова А. А., *I*, 135
Захарова В. Е., *I*, 243
Звегинцев А. А., *I*, 252
Зиганшин Ш. Г., *I*, 243, 245
- Ибадов А. А., *I*, 241
Иванов Н. С., *I*, 137
Ившин И. В., *I*, 236, 254
Игнатьев А. В., *I*, 28
Иевлев М. Ю., *I*, 112, 114
Исламова А. М., *I*, 247
Исмаилова Г. М., *I*, 249
- Калинин Д. И., *I*, 75
Калинина М. В., *I*, 249
Калишова И. В., *I*, 113

- Каменских А. Д., *I*, 207, 209, 211, 215
 Кармаенкова Ю. А., *I*, 161
 Карманов Н. Г., *I*, 251
 Кашипова Л. А., *I*, 252
 Киреева А. А., *I*, 93
 Кислицина А. А., *I*, 143
 Князев С. А., *I*, 190
 Кольцова Е. А., *I*, 13, 191
 Кондратьев А. Е., *I*, 240
 Копылов А. М., *I*, 236, 254
 Короткова Е. В., *I*, 180
 Косиневский В. Н., *I*, 15
 Костюков М. В., *I*, 192, 202
 Кудрявцев А. А., *I*, 17, 138
 Кузьминых Н. А., *I*, 18
 Курицына К. С., *I*, 256
 Курочкина А. А., *I*, 257
 Курочкина А. Л., *I*, 259
 Курналева Т. А., *I*, 140
 Кутузов Д. А., *I*, 66
 Кутузова А. Э., *I*, 77
 Кутузова А. Ю., *I*, 107
- Лагерев И. А., *I*, 79, 81
 Лапин Р. Д., *I*, 20, 194
 Лебедева А. С., *I*, 133
 Лешканов А. Ю., *I*, 100
 Логинов В. Н., *I*, 265
 Ляхов А. А., *I*, 17
- Максимов Д. В., *I*, 261
 Малахов И. А., *I*, 22
 Малышкина Н. Л., *I*, 120
 Массатулина М. А., *I*, 24
 Матвеева Т. Г., *I*, 174
 Медведева К. В., *I*, 26
 Медведева М. М., *I*, 182
 Медяков А. А., *I*, 207, 209, 211, 215
 Миловидова А. Г., *I*, 114
- Мильто А. А., *I*, 79
 Миначетдинова А. Ф., *I*, 262
 Михайлов Е. Э., *I*, 28
 Михайлов Р. В., *I*, 66
 Михайлова И. В., *I*, 184
 Морозов А. Н., *I*, 264
 Мотовилова Е. В., *I*, 163
 Мошкин В. А., *I*, 165
 Мульдьяров А. О., *I*, 141
- Нагоркин А. Е., *I*, 265
 Найдёнова А. И., *I*, 116
 Назарычев С. А., *I*, 245
 Низамиев М. Ф., *I*, 266
 Николаева Т. П., *I*, 268
 Новосёлова Е. В., *I*, 83
- Овчинников К. Э., *I*, 56
 Одинцов К. А., *I*, 167
 Орехов П. В., *I*, 221
 Орлова А. С., *I*, 95
- Пекпулатова Н. А., *I*, 11
 Петухова Е. В., *I*, 211
 Пойрязова В. В., *I*, 85
 Политова Т. О., *I*, 243
 Полянина Ю. С., *I*, 58, 83
 Попов А. Д., *I*, 97
 Попов Д. А., *I*, 99
 Пузаткина Е. А., *I*, 126
- Романова Е. К., *I*, 213
 Романова К. О., *I*, 143
 Ротач Р. Р., *I*, 269
 Румянцев А. С., *I*, 30, 87
- Сабанцев Ф. А., *I*, 75
 Сабитов А. А., *I*,
 Савиных Е. Д., *I*, 215
 Садыков А. Р., *I*, 230

- Сайфугдинова Я. А., *I*, 145
 Саяхова Р. Р., *I*, 243, 245
 Самарцева В. С., *I*, 147
 Сафин А. Р., *I*, 254
 Сахапов А. А., *I*, 272
 Свистунова А. А., *I*, 32
 Селифонов В. С., *I*, 196
 Селюнин Н. В., *I*, 149
 Семакина А. М., *I*, 163
 Семёнов К. Д., *I*, 217
 Семенова Е. Г., *I*, 117
 Сенатрова В. В., *I*, 118
 Сергеева Е. М., *I*, 34
 Сидоркина М. Ю., *I*, 128
 Сластихина С. В., *I*, 198
 Смертина А. Н., *I*, 35
 Смирнов А. О., *I*, 100
 Смирнов В. С., *I*, 37
 Соловьев М. Г., *I*, 157
 Соловьева А. В., *I*,
 Соловьева Е. В., *I*, 198
 Соловьева Н. А., *I*, 147
 Сорокин А. А., *I*, 123
 Спиридонов И. С., *I*, 125
 Строкин Р. Л., *I*, 219
 Суворов С. А., *I*, 64
 Суркова В. А., *I*, 151

 Терентьева И. Е., *I*, 152
 Терентьева К. Д., *I*, 39
 Тикинева М. Н., *I*, 119
 Тимаков А. А., *I*, 153
 Тимофеев Д. А., *I*, 199
 Тимрукова Д. В., *I*, 120
 Туреханова Г. И., *I*, 71

 Уртминцева А. С., *I*, 41, 62, 155

 Филимонов Д. М., *I*, 49
 Филимонова А. А., *I*, 109

 Фомина А. А., *I*, 161
 Фоминых Н. М., *I*, 49

 Хабибуллина А. Ю., *I*, 157
 Хамидуллин В. И., *I*, 274
 Хафизов Р. Г., *I*, 275
 Хусанхужаев Х. У., *I*, 201

 Цветков А. Н., *I*, 236

 Шабалин Е. В., *I*, 221
 Шакиров Р. Ф., *I*, 276
 Шалагин М. В., *I*, 198
 Шамова Д. А., *I*, 147
 Шарафисламова Э. А., *I*, 277
 Шарифуллина А. Р., *I*, 278
 Шепелева А. А., *I*, 41, 155
 Шестакова А. В., *I*, 158
 Шестакова М. О., *I*, 93
 Шмат А. С., *I*, 192, 202
 Шувалов Н. Е., *I*, 97
 Шындыков К. С., *I*, 130, 137

 Юдаева Ю. С., *I*, 42
 Юшин А. М., *I*, 204

 Якимов В. И., *I*, 165
 Янцитов А. В., *I*, 101
 Яцько А. С., *I*, 121
 Яшметов К. С., *I*, 55

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
Секция «Математика»	5
Секция «Теоретическая и экспериментальная физика»	44
Секция «Прикладная механика»	64
Секция «Строительная механика и теория сооружений»	89
Секция «Прикладная геометрия и компьютерная графика»	105
Секция «Органический синтез и химическая технология»	111
Секция «Прикладная и экологическая химия»	123
Секция «Проблемы современного естествознания»	161
Секция «Метрология, стандартизация, сертификация»	169
Секция «Материаловедение и технология машиностроения»	186
Секция «Автомобили. Технологические машины и оборудование. Конструкция, эксплуатация, сервис»	207
Секция «Энергообеспечение предприятий»	223
<i>Авторский указатель</i>	279

Научное издание

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ –
ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы
X Международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

В 2 частях

Часть 1

Компьютерная верстка Э. В. Унженевой

Подписано в печать 27.08.2015. Формат 60x84^{1/16}.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 16,51. Тираж 200 экз. Заказ №5667

Поволжский государственный технологический университет
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Редакционно-издательский центр
Поволжского государственного технологического университета
424006 Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17