

Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики  
ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»



**Сборник научных трудов**

**VI Республиканской конференции  
молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения  
студентов, аспирантов, молодых ученых  
строительно-архитектурной отрасли» (17 апреля 2020 г.)**

**Том 1: Фундаментальные науки**

Макеевка, 2020

С 34

Сборник научных трудов VI Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (17 апреля 2020 г.): В 3-х т. Т. 1: Фундаментальные науки. – Макеевка: ГОУ ВПО «ДонНАСА», 2020. – 122 с.

Сборник содержит 27 научных работ участников VI Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли».

УДК 5(063)

ББК 2я43

Печатается по решению Ученого совета ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ», протокол №10 от 29.06.2020 г.

Сборник подготовлен по материалам VI Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (17 апреля 2020 г.), представленным на секциях: «Математика», «Прикладная химия», «Физика», «Материаловедение».

**Редакционная коллегия:**

- |                  |   |
|------------------|---|
| Зайченко Н.М.    | – ректор академии, д.т.н., профессор;   |
| Нездойминов В.И. | – проректор по учебной работе, д.т.н., профессор;   |
| Мушанов В.Ф.     | – проректор по научной работе, д.т.н., профессор;   |
| Назим Я.В.       | – проректор по научно-педагогической работе и международным связям, к.т.н., доцент;   |
| Левченко В.Н.    | – проректор по научно-педагогической и воспитательной работе, к.т.н., профессор;  |
| Братчун В.И.     | – заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов, д.т.н., профессор;  |
| Шажко Я.В.       | – заместитель директора по науке ГУ «Институт физики горных процессов», к.т.н.;   |
| Улитин Г.М.      | – заведующий кафедрой высшей математики им. В.В. Пака ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», д.т.н., профессор;   |
| Александров В.Д. | – заведующий кафедрой физики и физического материаловедения, д.х.н., профессор;   |
| Шевченко О.Н.    | – заведующая кафедрой прикладной химии, к.х.н., доцент;   |
| Котов Г.А.       | – заведующий кафедрой высшей математики и информатики, к.ф.-м.н.;   |
| Ищенко А.В.      | – доцент кафедры естествознания и безопасности жизнедеятельности ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского», к.х.н., доцент. |

© ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ», 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА» .....</b>	<b>5</b>
Ляпичева А.А., Фомина Т.А. УСТАНОВКА СТРУКТУРЫ ДОХОДНОЙ И РАСХОДНОЙ ЧАСТЕЙ БЮДЖЕТА НА ОСНОВЕ ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЕГО ПАРАМЕТРОВ .....	5
Баннова А.И., Бадекин М.Ю. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ МЕЖОТРАСЛЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ....	10
Ионова Ю.А., Ивахненко Н.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЕТОМ РЫНОЧНОГО СПРОСА .....	13
Гаврилко К.А., Прокопенко Е.В., Масло С.В. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МОДУЛЕЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ STATISTIC.....	16
Пугачева А.А., Ковалев И.Н. ВЫБОР СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА УЧАСТКА ГАЗОПРОВОДА .....	21
Чемерис М.А., Галибина Н.А. ЗАДАЧА О ПРИТОКЕ ВОДЫ К ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ .....	26
Попов А.В., Галибина Н.А. ЗАДАЧА О ВРАЩАЮЩЕМСЯ СОСУДЕ С ЖИДКОСТЬЮ.....	31
Игнатенко Д.Р., Галибина Н.А. ЗАДАЧА О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВНУТРИ ТРУБОПРОВОДА .....	35
Бондаренко Н.А., Чудина Е.Ю. ДРОБНО-ЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ.....	39
Панова М. Р., Жмыхова Т.В. ПОСТРОЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ И КОНТУРНЫХ КАРТ С ПОМОЩЬЮ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ ФУНКЦИИ С ДВУМЯ ПЕРЕМЕННЫМИ.....	45
Родченко А.К., Жмыхова Т.В. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ КРИВЫХ. РАЗНООБРАЗИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ В АРХИТЕКТУРЕ.....	51

Веремьёв Д.С., Шитов А.А. ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ.....	57
Подорванов А.М., Шитов А.А. СЛОЖЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ.....	62
Хрущ А.И., Чудина Е.Ю. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСТНИЧНОГО МАРША В ЖИЛОМ ЗДАНИИ .....	65
<b>СЕКЦИЯ «ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ» .....</b>	<b>68</b>
Бывалина А.С., Самойлова Е.Э. ИННОВАЦИИ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	68
Аксёнов И.С., Ташкинов Ю.А. САМОПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ С НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКОЙ.....	72
Васькевич Ю.А., Муконина Е.В. ВЕЛЮРОВЫЙ КИРПИЧ-ХАМЕЛЕОН.....	77
Поддубный Д.А., Ташкинов Ю.А. ОБЗОР МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ .....	80
Анненкова Г.А., Демяненко И.В. ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ БОЛЕЕ ПОЛНОГО ПОНИМАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ .....	86
Лабенко Е.В., Самойлова Е.Э. АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА .....	90
Малышко Д.Г., Самойлова Е.Э. ТОПЛИВО ИЗ ФРУКТОВ.....	95
Старченко А.В., Самойлова Е.Э. ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО.....	98
Александрова А.А., Муконина Е.В. СВЕЯЩИЙСЯ АСФАЛЬТ .....	103
<b>СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ» .....</b>	<b>107</b>
Яковченко А.А., Малащенко Т.И. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КПД ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ .....	107
Москаленко М.Е., Савченко Т.А. НИКОЛА ТЕСЛА – ИЗОБРЕТАТЕЛЬ, ФИЗИК, ИНЖЕНЕР.....	110
Литвинова В.С., Савченко Т.А. «ДОРОГА ЖИЗНИ» .....	113
Никифорова А.С., Савченко Т.А. ВКЛАД СОВЕТСКИХ ФИЗИКОВ В ВЕЛИКУЮ ПОБЕДУ .....	117

УДК 330-4

Ляпичева А.А.,  
студ. группы ЛОГ-19А,  
ГО ВПО «ДонНУЭТ им. Михаила Туган-Барановского»  
Руководитель: Фомина Т.А.,  
к.ф.-м.н., доцент кафедры высшей и прикладной математики  
ГО ВПО «ДонНУЭТ им. Михаила Туган-Барановского»

**УСТАНОВКА СТРУКТУРЫ ДОХОДНОЙ И РАСХОДНОЙ ЧАСТЕЙ  
БЮДЖЕТА НА ОСНОВЕ ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЕГО  
ПАРАМЕТРОВ**

*Аннотация.* В работе рассмотрен анализ структуры доходной и расходной частей бюджета на основе временных изменений его параметров. В качестве инструмента анализа первичных данных был использован регрессионный анализ.

*Ключевые слова:* бюджет, структура, финансовый анализ, математическая статистика, регрессионный анализ.

Необходимость повышения эффективности государственных решений в условиях осложнения взаимосвязей и структуры бюджетной системы требует модернизации методов моделирования составляющих бюджета, что делает актуальной разработку принципиально новых подходов к исследованию механизма бюджетно-налогового регулирования с использованием теоретико-вероятностных методов и статистического анализа. В связи с этим возникает актуальная задача: установить элементы структуры доходной и расходной

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

частей бюджета по известному значению изменения определенных его параметров с течением времени.

Рассмотрим способ решения этой задачи. Пусть известно значение изменения определенного параметра  $z = z(t)$  от времени  $t$  в течение прошлого его промежутке  $z \in [t_l, t_m]$ , где  $t_l, t_m$  -соответственно начальное и конечное значение времени наблюдения. На практике зависимость параметра  $x$  от времени задают дискретную функциональную зависимость

$$z_k = z(t_k), (k = 1 \dots m) \quad (1)$$

где  $z_k$  -значение параметра в момент времени (отчетный период)  $t_k : m$  - количество наблюдений. Благодаря интерполяции сплайнами, дискретную функциональную зависимость легко записать как непрерывную функцию  $z = z(t), t \in [t_l, t_m]$  Данные (1) отражают зависимость краткосрочных и относительно медленно меняющихся процессов бюджетной системы, обусловленные воздействиями внешней среды. Это дает основания разложить зависимость  $z = z(t), t \in [t_l, t_m]$  на медленно переменную составляющую  $\bar{z}(t)$  и относительно быстро изменяющую составляющую  $\tilde{z}(t)$ , т.е.

$$z(t) = \bar{z}(t) + \tilde{z}(t) \quad (2)$$

Если составляющую  $\bar{z}(t)$  аппроксимировать линейным трендом  $\bar{z}(t) = a + bt; t \in [t_l, t_m]$ , тогда быстропеременная составляющая  $\tilde{z}(t)$  описывает процессы, отражающие деятельность системы с примерно неизменных условиях. Описанные таким образом бюджетные процессы имеют свойства эргодичности [1].

Статистические характеристики показателей бюджета, установленные по временной реализацией без его линейного тренда, отражают внутреннее структурирование. В частности, статистическое распределение  $R(\tilde{z})$  и плотность вероятности  $p(\tilde{z})$ .

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Благодаря упомянутому выше свойству эргодичности статистические характеристики также описывают структуру внутренних элементов бюджетной системы.

По распределению  $R_i(z_i)$ ,  $(i = \overline{1,55})$  легко вычислить показатели, описывающие объемы поступлений в бюджет (или расходов из бюджета) в зависимости от отдельных платежей, выполненных участниками бюджетного процесса. Так, показатель

$$D_i(z_i) = \int_0^{z_i} z_i R_i(z_{\partial}) dz_i, (i = \overline{1,55}) \quad (3)$$

вычислен для поступлений, описывает количество средств в пределах  $[z_i, z_i + dz_i]$  за единицу времени. По бюджетных расходов этот показатель описывает количество средств, выданных получателям, которым предстоит получить за единицу времени средства в пределах  $[z_i, z_i + dz_i]$ .

Интеграл от показателя  $D_i(z_i)$ ,  $(i = \overline{1,55})$  описывают структуру бюджетных поступлений или расходов в зависимости от финансовых возможностей.

Для количественного описания экономической структуры бюджетной системы применим относительную часть платежей, приходящаяся на группу участников экономики с окрестности максимума или минимума значений показателей  $D_i(z_i)$

$$S_{ab} = \int_a^b z_i D_i(z_i) dz_i \left[ \int_{z_i^{\min}}^{z_i^{\max}} z_i D_i(z_i) dz_i \right]^{-1},$$

где  $\alpha, \beta$  - соответственно правая и левая границы отрезка значений  $z_i$ , соответствующие отдельной экономической группе (однотипной изменении показателя  $z_i$ ).

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

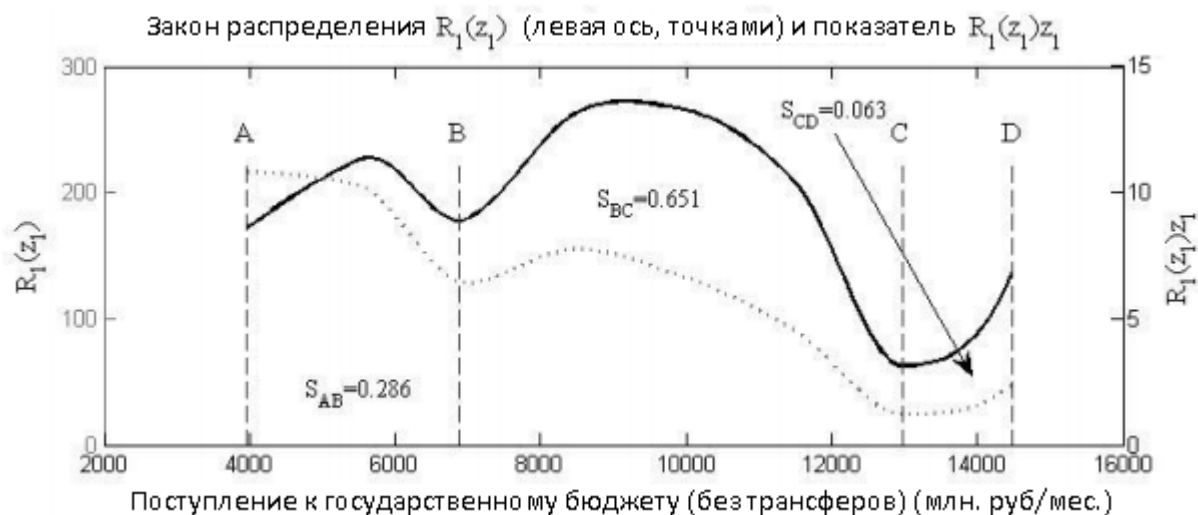


Рис. 1. Графики закона распределения  $R_1(z_1)$  (левая ось, точками) и показателя  $z_1 R_1(z_1)$  поступлений в государственный бюджет (без трансферов)

Показатель поступлений в государственный бюджет имеет два локальные максимумы, а у правой границы области определения они возрастают. Так, показатель  $D_1(z_1)$  поступлений в государственный бюджет имеет локальные максимумы на  $z_1 \in [3950, 6750]$ ,  $z_1 \in [6750, 12950]$  (млн. руб / мес.). Они описывают две экономические группы. На первую из этих групп, с меньшей способностью вносить бюджетные платежи, приходится 28.6% поступлений в бюджет ( $S_{AB} = 0.286$ ). Во вторую группу, с высшим способностью вносить бюджетные платежи, приходится 65.1% поступлений в бюджет ( $S_{BC} = 0.651$ ). Участники экономики с высокой финансовой способностью вносят 6.3% платежей в бюджет ( $S_{CD} = 0.063$ ). Это означает, что поступления в государственный бюджет формируют три относительно разрозненные участники экономики. Больше поступлений вносят плательщики со средней и высокой финансовой способностью (отрезок [B, C] на рис. 1), меньше платежей вносят участники экономики с малой финансовой способностью (отрезок [A, B]), еще меньше - участники экономики с высокой финансовой способностью (отрезок [C, D]). Добавим, что участники экономики с малой, средней и большой финансовой способностью вносят примерно 80% бюджетных поступлений.



## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Заметим, что этот вывод сделан на основе косвенного метода через свойство эргодичности случайных колебаний бюджетных платежей в течение относительно непродолжительного промежутка времени. В процессе установления структуры бюджетных показателей важно определить максимумы и минимумы распределения, тенденции его изменения при малых и больших значениях и дать соответствующую интерпретацию.

### Литература

1. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника / В.И. Тихонов. - М.: Радио и связь, 1982. - Вып. 624. - С. 116-119.





УДК 330-45

Баннова А.И.,

студ. группы УП-18А,

ГО ВПО «ДонНУЭТ им. Михаила Туган-Барановского»

Руководитель: Бадекин М.Ю.,

старший преподаватель кафедры высшей и прикладной математики

ГО ВПО «ДонНУЭТ им. Михаила Туган-Барановского»

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ МЕЖОТРАСЛЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

*Аннотация.* В данной работе применены методы определения решений трансформированных матричных структур на основе метода базисных матриц к решению системы линейных уравнений, описывающих согласованность и сбалансированность экономических и экологических показателей.

*Ключевые слова:* экология, производство, экономика, парниковый газ, материально-стоимостные связи, окружающая среда.

Возникновение и усиление глобальных экологических проблем и, в частности, все большее дестабилизация климата доказывают необходимость изменения сложившейся экономической парадигмы развития. Становится все более очевидным, что традиционная модель экономического роста, игнорирует важность природных факторов, не способна предотвратить усиление глобальных экологических проблем, в частности дальнейшее изменение климата, - она исчерпала себя в нынешнем историческом периоде развития цивилизации.

Ответная реакция мирового сообщества на эти вызовы привела к принятию ряда международных эколого-экономических доктрин дальнейшего развития под эгидой ООН, в частности Парижского соглашения (ПС) [1],

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

направленной на уменьшение эмиссий парниковых газов в окружающую среду. Особая роль в согласованности и сбалансировании экономических и экологических показателей принадлежит балансовым моделям. В работе [2] предложен учитывать расходы на выполнение эмиссионных ограничений парниковых газов в структуре отраслей основного производства в виде:

$$\begin{cases} x_1 = A_{11}x_1 + A_{12}x_2 + Cy_2 + y_1 \\ x_2 = A_{21}x_1 + A_{22}x_2 - y_2 \end{cases}$$

Первое уравнение предложенной модели отражает экономический баланс – распределение отраслевого валового выпуска продукции на производственное потребление основного и вспомогательного производств, конечное потребление основного производства и расходы, связанные с исполнением обязательств по Парижскому соглашению. Второе уравнение отражает физический баланс парниковых газов как сумму эмиссий, вызванных деятельностью основного и вспомогательного производств, и их неистребимый объемов.

Экологическая направленность структурных изменений в соответствии с требованиями ПС предусматривает изменение пропорций между производственной и непроизводственной сферами в пользу последней, существенный рост темпов развития подразделения и экологической сферы в целом. В условиях ПС более существенный переход экономики к удовлетворению экологических нормативов становится важным фактором экономического прогресса. Первоочередным условием решения таких задач возникает установление между производством и потреблением оптимальной структуры материально-финансовых ресурсов. Благодаря возрастающей комплексности в развитии всех составляющих производства условием усиления экологической направленности экономики выступает экологическая переориентация межотраслевых материально-стоимостных связей. Последнее соответствующим образом отражается в структурных элементах векторно-матричных составляющих модели.

Предложенные в работе [3] методы определения решений трансформированных матричных структур на основе метода базисных матриц

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

позволяют построить эффективные методы расчета изменения величины валового отраслевого выпуска, конечного продукта основного и вспомогательного производств, разработать надежные методы прогнозирования параметров состояния окружающей среды и критериев их качества, способных обеспечить количественное измерение степени удовлетворения потребностей человечества в чистоте и природном многообразии, создать научно обоснованные методики определения экономического ущерба от загрязнения окружающей среды; построить системы моделей взаимодействия различных компонентов природных комплексов с учетом природных и антропогенных факторов и условий.

### Литература

1. Sustainable Innovation Forum, 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cop21paris.org> (Дата обращения: 12.04.2020).
2. Основы теории оптимального управления : учеб. пособие для экон. вузов / В. Ф. Кротов, Б. А. Лагоша, С. М. Лобанов, Н. И. Данилина, С. И. Сергеев ; под общ. ред. В. Ф. Кротова. — М. : Высш. шк., 1990. — 430 с.
3. Кудин В.И. Анализ свойств линейной системы методом псевдобазисных матриц / В.И. Кудин, С.И. Ляшко, Н. Харитоненко, Ю.П. Яценко // Кибернетика и системный анализ. - 2007. - № 4. - С. 119-127.



УДК 330-45

Ионова Ю.А.,

студ. группы УП-18А,

ГО ВПО «ДонНУЭТ им. Михаила Туган-Барановского»

Руководитель: Ивахненко Н.Н.,

к.ф.-м.н., доцент кафедры высшей и прикладной математики

ГО ВПО «ДонНУЭТ им. Михаила Туган-Барановского»

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЕТОМ РЫНОЧНОГО СПРОСА**

*Аннотация.* В работе рассмотрена модель оптимального планирования, полученная при условии максимизации прибыли. Исследовано практическое применение данной модели к статистическим данным реального предприятия производящего текстильную продукцию. Полученные результаты позволили сформулировать рекомендации по уточнению производственной программы данного предприятия.

*Ключевые слова:* модель, производство, продукция, деятельность, учет, экономико-математическая модель, оптимальный, метод, максимизация.

В условиях стремительного развития информационных технологий и жесткой конкуренции перед предприятием встает все больше задач по поиску наиболее эффективной комбинации всех имеющихся ресурсов (или ресурсного потенциала) с целью максимизации конечного финансового результата от осуществления хозяйственной деятельности. В литературе [1,2] проанализированы методические подходы к анализу производственной деятельности хозяйствующего субъекта, среди которых наиболее эффективным является метод моделирования. Поэтому для оптимизации производственной

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

деятельности хозяйствующих субъектов целесообразной является построение модели, целевым критерием которой будет максимизация полученной предприятием прибыли.

Обозначим через  $x_j, j = \overline{1, n}$  объем производства  $j$ -го вида продукции;  $a_{ij} (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n})$  часть  $i$ -го вида осуществленных расходов для производства единицы  $j$ -го вида продукции (расхода сырья и материалов, топлива и электроэнергии на технологические цели, расходы на заработную плату работников и соответствующие начисления, общепроизводственные расходы);  $c_j, j = \overline{1, n}$  - прибыль от продажи единицы  $j$ -го вида продукции;  $b_i, i = \overline{1, m}$  - производственный запас  $i$ -го вида ресурса. С учетом введенных обозначений модель оптимального планирования производства приобретает вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} x_j \leq b_i, j = \overline{1, n} \\ x_j \geq 0, j = \overline{1, n} \end{array} \right. \quad ((1))$$

Практическая реализация модели (1) осуществлена на основе статистических данных ООО «Мастер Торг» по 2019-2020 гг. Полученные результаты показали, что производственный план исследуемого предприятия далек от оптимального и целесообразно производить только два вида товаров, в целом неправильно, поскольку не учитывается рыночный спрос. Поэтому уточним модель 1 задав минимальный объем производства всех видов продукции на уровне рыночного спроса, обозначив его  $k_j, j = \overline{1, n}$

С учетом предположения, что вся произведенная продукция ООО «Мастер Торг» была реализована в прошлом временном периоде, для оценки минимальных объемов производства взято аналогичные показатели прошлого периода. Тогда модель (1) переписется в следующем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} x_j \leq b_j, j = \overline{1, n} \\ x_j \geq k_j, j = \overline{1, n} \end{array} \right. \quad ((2))$$

На основе построенной оптимизационной модели (2) получается оптимальный объем производства с учетом рыночного спроса, что может быть использовано для уточнения производственной программы в будущем.

### Литература:

1. Богаенко И.М. Математическое программирование: учебное пособие / [И.М. Богаенко, В.С. Григоркив, М.В. Бойчук, Н.А. Рюмшин]. - М.: Логос, 1996. - 266 с.
2. Бурда Г. П. экономико-математические методы и модели: учеб. пособие для вузов / Г. П. Бурда. – Краснодар : КГАУ, 2000. – 638 с.



УДК 622.14+681.332

Гаврилко К.А.,

студ. группы ПИнф-19м, ГОУ ВПО «ДонАУиГС»

Руководители: Прокопенко Е.В.,

к.т.н., доцент кафедры прикладной математики,

ГОУ ВПО «ДонНТУ»,

Масло С.В.,

старший преподаватель кафедры информационных технологий

ГОУ ВПО «ДонАУиГС»

## **РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МОДУЛЕЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ STATISTIC**

*Аннотация.* Рассмотрены возможности применения пакета Statistica для исследования эффективности использования различных алгоритмов и методов интеллектуального анализа данных.

*Ключевые слова:* интеллектуальный анализ данных, визуализация, кластерный анализ.

**Постановка проблемы.** На настоящий момент нет устоявшегося мнения о том, что же именно понимать под термином *"интеллектуальный анализ данных"* (ИАД). В ряде литературных источников [1, 2, 3] ИАД отождествляется с технологией Data Mining, и под ИАД понимают аналитический процесс извлечения первоначально неизвестных и потенциально полезных знаний из данных. В этом контексте знания представляют собой краткое обобщенное описание основного содержания информации, представленной в данных. Целью данной работы является изучение методов кластерного и дискриминантного анализов данных на примере решения конкретной задачи ИАД, а также



## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

исследование эффективности использования различных алгоритмов и методов кластерного анализа данных для решения прикладной задачи на основе модулей интегрированной статистической системы *Statistica*.

Из наиболее часто решаемых методами ИАД задач в приложении к бизнесу являются: анализ значимых факторов, сокращение или увеличение их числа, выявление зависимостей, ассоциаций, исключений и закономерностей, в том числе для уменьшения размерности, факторного пространства либо виртуального (сбора, обработки) анализа "данных"; классификации; моделирование и прогноз; ранжирование; сегментация; профилирование наилучших достижений и т.п. [1, 4, 5]. К наиболее часто используемым методам, технологиям решения этих задач относятся методы деревьев решений, нейронных сетей, математической статистики, экспертного анализа и нечеткой логики, визуализации, генетических алгоритмов, эволюционного программирования, ассоциативного анализа, вариативного (вариантного) моделирования, а также интегрированные методы и технологии.

В ИАД применяются не только новые методы и алгоритмы анализа данных, такие как нейронные сети или генетические алгоритмы, но и классические статистические методы. К ним относятся: корреляционный и регрессионный анализы; методы идентификации и прогнозирования временных рядов; кластерный, факторный, дискриминантный, спектральный анализы и т.д. Самым распространенным является метод визуализации, который служит для многомерного графического представления информации с целью нахождения зависимостей, трендов и смещений, скрытых в неструктурированных наборах данных. К методам визуализации относятся: представление данных в виде столбчатых, линейных диаграмм в многомерном пространстве; наложение и объединение нескольких изображений; идентификация и маркировка подгрупп данных, удовлетворяющих определенным условиям; расщепление или слияние подгрупп данных на графике; агрегирование данных; сглаживание данных; построение пиктографов; создание мозаичных структур; спектральных плоскостей, карт линий уровня; методы динамического вращения и

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

динамического расслоения трехмерных изображений; выделение определенных наборов и блоков данных и т.д. На рисунке 1 представлен фрагмент построения дерева решений для конкретной прикладной задачи. На рисунке 2 представлен матричный график, на рисунке 3 трехмерное изображение данных и на рисунке 4 диаграмма рассеивания.

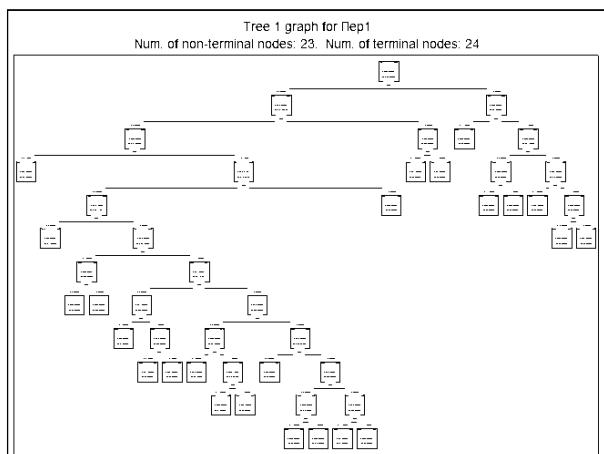


Рис. 1. График дерева решений

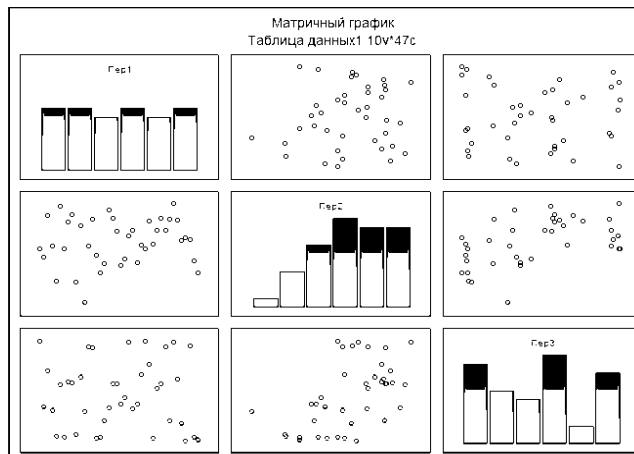


Рис. 2. Матричный график

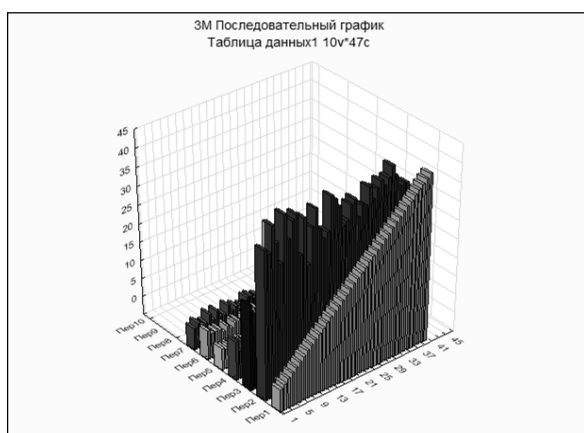


Рис. 3. Трехмерное изображение

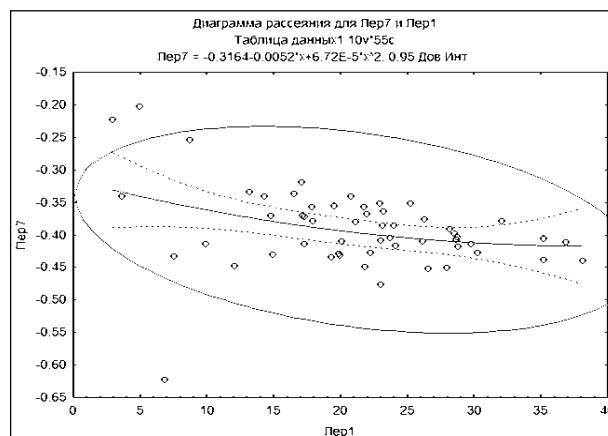


Рис. 4. Диаграмма рассеивания  
переменных

Используя модули пакета Statistica для идентификации параметров трендовой модели, выбираем вкладку *User-specified regression – custom loss function*. Далее в диалоговом окне *User-specified regression* нажимаем кнопку *Function to be estimated & loss function* и задаем структуру прогнозной модели (*Estimated model*) с точностью до неизвестных параметров, функцию потерь (*Loss function*) по умолчанию (сумма квадратов отклонений наблюдаемых значений временного ряда от прогнозных значений). Все остальные параметры также

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

выбираются по умолчанию. Результаты идентификации модели представлены на рисунке 5. На рисунке 6 показаны результаты построения автокорреляционной и частной автокорреляционной функций.

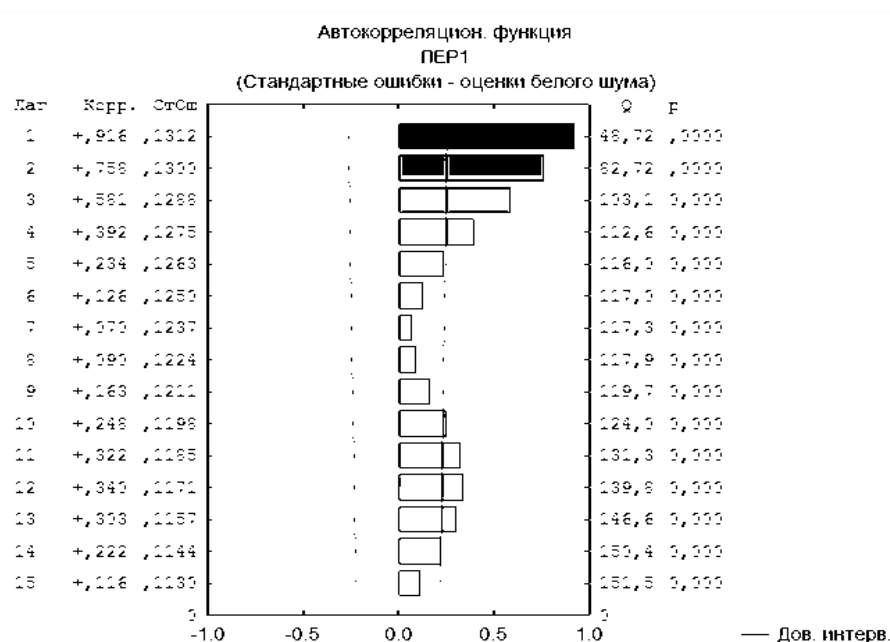


Рис. 5. Фрагмент построения автокорреляционной функции

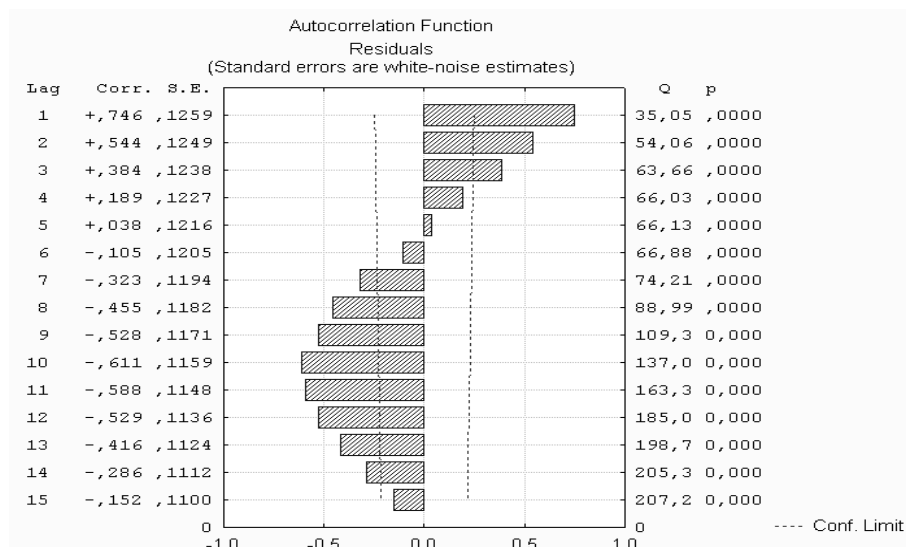


Рис. 6. Фрагмент построения частной автокорреляционной функции

В заключение хотелось бы отметить, что по результатам моделирования могут быть получены следующие отчеты.

1. Основная статистика с комментариями системы. Указываются: точность модельных и тестовых данных; среднеквадратичная ошибка, стандартное отклонение, границы 95% доверительного интервала, среднее абсолютной ошибки, количество записей, количество переменных, оценки

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

влияния факторов на целевой атрибут (аналоги t-статистик) и заключение системы относительно качества полученной модели.

2. Количественные зависимости целевого показателя от каждого фактора в графическом виде и приближенное описание модели с помощью уравнения линейной регрессии.

3. Коэффициенты корреляции для любого выбранного фактора относительно других факторов.

4. Результаты использования модели на любых задаваемых пользователем значениях факторов.

5. Объяснение для любого значения моделируемой переменной, вычисленной системой – как она была получена и какой вклад внес каждый фактор в это значение.

Все выше перечисленные отчеты необходимы для обработки интеллектуального анализа данных в любой области деятельности.

### Литература

1. Ripley, B. D. Pattern recognition and neural networks. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. – 410 p.

2. Дубова Н. Устройство и назначение хранилища данных [Электронный ресурс] // Открытые системы, №4-5, 1998. Режим доступа: <https://www.osp.ru/os/1998/04/179552/> (Дата обращения 14.04.2020).

3. Струнков Т. Что такое генетические алгоритмы [Электронный ресурс] // PC Week RE, №19, 1999. Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2014/iem/kondrashuk/library/article2.htm> (Дата обращения 14.04.2020).

4. Шапот М. Интеллектуальный анализ данных в системах поддержки принятия решений // Открытые системы, №1, 1998, с. 30-35.

5. Шапот М., Рощупкина В. Интеллектуальный анализ данных и управление процессами [Электронный ресурс] // Открытые системы №4-5, 1998. Режим доступа: <https://www.osp.ru/os/1998/04/179537> (Дата обращения 14.04.2020).

УДК 51-7

Пугачева А.А.,

студ. группы ТГВ-54а,

ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: Ковалев И.Н., к.ф.-м.н., доцент,

доцент кафедры ВМиИ ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## **ВЫБОР СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА УЧАСТКА ГАЗОПРОВОДА**

*Аннотация.* Рассмотрены стратегии технического обслуживания и ремонта участка газопровода. Оптимальная стратегия выбрана с использованием критерия минимума затрат. Для важного в практической деятельности случая, если распределение отказов подчинено нормальному закону распределения с известными параметрами распределения, определено среднее число восстановлений элементов газопровода за время работы и суммарное время, потраченное на восстановление отказов.

*Ключевые слова:* среднее число отказов, коэффициент вариации, нормальный закон распределения, стратегия, критерий минимума затрат, оптимизация технического обслуживания.

**Введение.** Основное назначение профилактических работ – поддержание участка газопровода в работоспособном состоянии.

С целью поддержания основных технических характеристик участка газопровода на заданном в технической документации уровне, требуется управлять происходящими деградиационными процессами, применяя управляющие воздействия, т.е. посредством использования различных стратегий технического обслуживания и ремонта.

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

**Постановка задачи.** Представим участок газопровода как сложную техническую систему в виде последовательно соединенных элементов, при этом отказ любого элемента приводит к отказу системы. Допустим, что каждый отказавший элемент восстанавливается мгновенно, а отказы элементов независимы. Случайное число отказов системы до момента времени  $t$  в этом случае равно:

$$m(t) = \sum_{k=1}^n m_k(t), \quad (1)$$

где  $m_k(t)$  – случайное число  $k$ -ого элемента до момента времени  $t$ .

Среднее число отказов системы до момента времени  $t$ :

$$H(t) = M[\sum_{k=1}^n m_k(t)] = \sum_{k=1}^n H_k(t), \quad (2)$$

где  $H_k(t) = M[m_k(t)]$  – функция восстановления  $k$ -ого элемента.

При  $t \rightarrow \infty$  процесс восстановления становится стационарным, а функция восстановления принимает вид:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} H_k(t) = \frac{1}{T_k} + \frac{\delta_k^2}{2T_k^2} - \frac{1}{2}, \quad (3)$$

где  $T_k$  – средняя наработка на отказ  $k$ -ого элемента,

$\delta_k^2$  – дисперсия наработки на отказ  $k$ -ого элемента.

Для больших значений  $t$  можно принять:

$$H_k(t) \approx \frac{t}{T_k} + \frac{\delta_k^2}{2T_k^2} - \frac{1}{2}. \quad (4)$$

Так как  $\frac{\delta_k^2}{T_k^2} = \nu$  – коэффициент вариации, то функцию восстановления  $k$ -ого элемента  $H_k(t)$  (4) можно записать в виде:

$$H_k(t) \approx \frac{t}{T_k} + \left(\frac{\nu^2 - 1}{2}\right) \quad (5)$$

При  $\nu = 1$  оценка  $H_k(t)$  превращается в точную формулу:

$$H_k(t) = \frac{t}{T_k} \quad (6)$$

Для всей системы среднее число восстановлений равно:

$$H(t) \approx \sum_{k=1}^n \left( \frac{t}{T_k} + \frac{\delta_k^2}{2T_k^2} - \frac{1}{2} \right). \quad (7)$$

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Если время безотказной работы подчинено нормальному закону распределения с параметрами  $(T_k, \delta_k^2)$ , то

$$H(t) \approx \sum_{k=1}^n \frac{t}{T_k} + \sum_{k=1}^n \frac{\delta_k^2}{2T_k^2} - \frac{n}{2}. \quad (8)$$

Рассмотрим метод выбора оптимальной стратегии технического обслуживания и ремонта по критерию минимума затрат на восстановление или замену этого элемента на единицу наработки

$$L = M\left(\frac{C}{T}\right), \quad (9)$$

где  $L$  – математическое ожидание затрат на единицу наработки,

$C$  – затраты на восстановление или замену элемента,

$T$  – случайное значение наработки.

Величина  $C$  считается постоянной, поэтому на основании свойства математического ожидания равенство (9) можно записать в виде:

$$L = CM\left(\frac{1}{T}\right) = C \int_0^\infty \frac{f_m(x)}{x} dx, \quad (10)$$

где  $f_m(x)$  – функция плотности распределения наработки до отказа.

Рассмотрим четыре возможные стратегии:

$L_1$  – элемент заменяют при отказе;

$L_2$  – элемент восстанавливают при отказе;

$L_3$  – элемент заменяют при отказе или при достижении наработки  $T$  до очередного технического обслуживания;

$L_4$  – элемент восстанавливают при отказе или при достижении наработки  $T$  до очередного технического обслуживания.

В зависимости от вида стратегии  $L_i$  затраты будут различны:

$$L_1: C = C_0 + C_3; \quad L_2: C = C_0 + C_{во};$$

$$L_3: C = C_0 + C_3; \quad L_4: C = C_0 + C_{вп},$$

где  $C_0$  – стоимость работ, связанных с поиском отказа - разборкой, сборкой;

$C_3$  – стоимость заменяемого элемента;

$C_{во}$  – стоимость восстановления элемента при отказе;

$C_{вп}$  – стоимость восстановления элемента при профилактическом обслуживании.

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Математическое ожидание затрат для каждой из рассматриваемых стратегий определяют из соотношений:

$$L_1 = (C_0 + C_1) \int_0^{\infty} \frac{f_m(x)}{x} dx \quad (11)$$

$$L_2 = (C_0 + C_{\text{во}}) \int_0^{\infty} \frac{f_m(x)}{x} dx \quad (12)$$

$$L_3 = (C_0 + C_3) \left[ \int_0^T \frac{f_m(x)}{x} dx + \frac{1}{T} (1 - F_m(T)) \right] \quad (13)$$

$$L_4 = (C_0 + C_{\text{во}}) \left[ \int_0^T \frac{f_m(x)}{x} dx + \frac{C_0 + C_{\text{вп}}}{T} (1 - F_m(T)) \right] \quad (14)$$

Для нахождения оптимального значения  $T$  продифференцируем равенство (14) по  $T$  и приравняем к нулю производную:

$$T = \frac{C_0 + C_{\text{вп}}}{C_0 - C_{\text{вп}}} \cdot \frac{1}{\lambda_m(T)},$$

где  $\lambda_m(T) = \frac{f_m(T)}{1 - F_m(T)}$  – интенсивность отказов;  $F_m(T)$  – функция распределения наработки до отказа.

Стратегия  $L_4$  возможна, если  $C_0 > C_{\text{вп}}$ .

Возможна смешанная стратегия, когда элемент заменяют при отказе, а при профилактическом обслуживании его восстанавливают. В этом случае

$$L_5 = (C_0 + C_3) \int_0^T \frac{f_m(x)}{x} dx + \frac{C_0 + C_{\text{вп}}}{T} (1 - F_m(T)). \quad (15)$$

Аналогично находим оптимальное значение  $T$  из уравнения  $L_5'(T) = 0$ :

$$T = \frac{C_0 + C_{\text{вп}}}{C_3 - C_{\text{вп}}} \cdot \frac{1}{\lambda_m(T)}. \quad (16)$$

Стратегия  $L_5$  возможна, если  $C_3 > C_{\text{вп}}$ .

В практической деятельности на втором этапе решается следующая задача. В процессе эксплуатации газопровода распределение отказов подчиняется нормальному закону распределения при известных параметрах распределения  $(T_k, \delta_k)$ . Среднее время восстановления одного отказа  $t_{\text{в}} = 50$  ч. Время работы газопровода  $10^4$  ч. Элементы соединены последовательно, а отказы являются независимыми.

Исходные данные расчета:



## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Номер элемента	Наработка на отказ $T_k \cdot 10^{-4} \text{ ч}$	Дисперсия $\delta_k^2 \cdot 10^{-8} \text{ ч}^2$
1	2,0	2
2	1,5	3
3	4,0	5
4	6,0	6
5	1,0	2

Используя формулу (8), определяем среднее число восстановлений

$$H(t) = \sum_{k=1}^5 \left( \frac{1}{T_k} + \frac{\delta_k^2}{2T_k^2} \right) \cdot \frac{5}{2} = 2.$$

Суммарное время восстановления:

$$T_v = t_v \cdot H(t) = 50 \cdot 2 = 100 \text{ часов.}$$

**Выводы.** Организация технического обслуживания газопровода проводится в 2 этапа. На первом проводят выбор оптимальной стратегии технического обслуживания и ремонта по критерию минимума затрат, на втором этапе определяют среднее число восстановлений за время работы и суммарное время, потраченное на выполнение отказов.

### Литература

1. Вентцель Е.С. Теория вероятности. Москва «Высшая школа», 2001. – 576 с.
2. Каштанов В.А. Теория надежности сложных систем М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 608 с.
3. Кубарев А.И. Теоретические основы и практические методы оценки надежности технических систем М.: Знание, 2009. – 190 с.



УДК 51-7

Чемерис М.А.,

студ. группы ПГС-73а, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: Галибина Н.А.,

канд. пед. наук, доцент кафедры высшей математики и информатики,

ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## ЗАДАЧА О ПРИТОКЕ ВОДЫ К ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ

*Аннотация.* Рассмотрена задача о нахождении притока воды к вертикальной скважине. Определено уравнение кривой, по которой располагается уровень грунтовых вод вблизи заданной скважины.

*Ключевые слова:* скважина, дифференциальное уравнение, приток воды, грунтовые воды.

**Введение.** Одной из разновидностей индивидуального водоснабжения, позволяющая частному дому быть полностью независимым от централизованного водопровода, является скважина. Однако не всегда качество полученной воды в этой скважине соответствует гигиеническим нормам. Более того, вода в скважине скорее напоминает поток очень жидкой грязи, чем питьевую воду. Чтобы обеспечить дом достаточным количеством пригодной для использования воды, необходимо знать уравнение кривой, по которой располагается уровень грунтовых вод вблизи вертикальной скважины, простирающейся до непроницаемого слоя.

**Постановка задачи.** Рассмотрим скважину в предположении, что пласт сверху и снизу ограничен водонепроницаемыми слоями и является изотропным, т.е. имеет одну и ту же проницаемость во всех направлениях.

Далее, введём следующие обозначения:

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

$H$  – глубина воды в скважине до откачки;

$h$  – глубина воды в скважине во время откачки расхода  $Q$ ;

$b$  – мощность (толщина) водоносного пласта;

$r$  – радиус скважины;

$R$  – радиус влияния;

$MN$  – линия пьезометрического напора;

$y$  – пьезометрический напор.

На рисунке 1 изображено осевое сечение скважины.

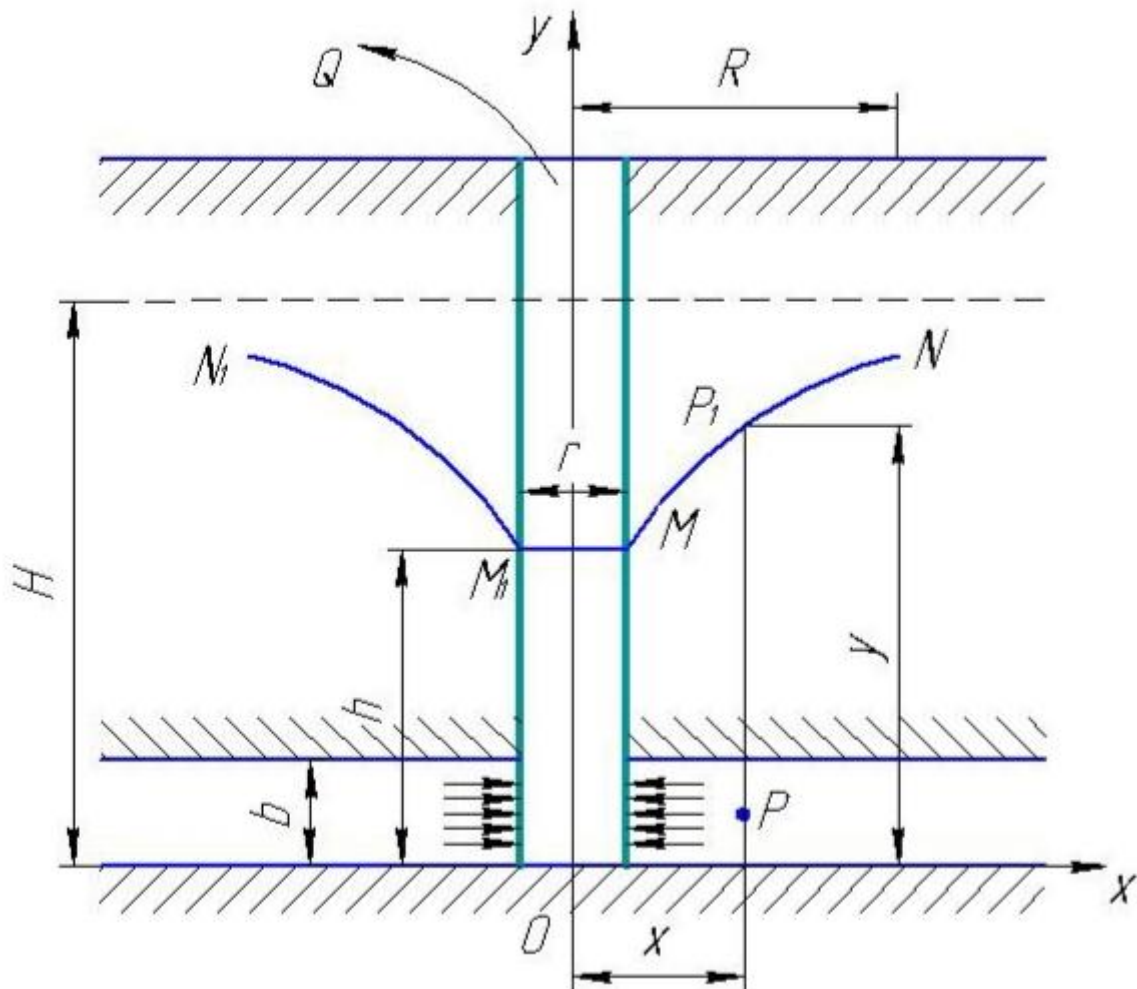


Рис. 1. Осевое сечение скважины

Будем предполагать, что перед началом откачки величина пьезометрического напора была постоянной по всему пласту, а уровень воды в скважине находился на высоте  $H$  над подошвой водоносного пласта.

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Пусть, далее, через некоторое время после начала откачки уровень воды в скважине опустился до отметки  $h$ . В этом случае напор в пласте у будет падать по направлению к скважине.

Рассмотрим цилиндрическое сечение вокруг скважины на расстоянии  $x$  от её оси. Расход  $Q$  жидкости, движущейся к скважине через боковую поверхность выделенного цилиндра, будет равен:

$$Q = \omega v = 2\pi x b v,$$

где  $v$  – скорость течения воды в точке  $P$  дренирующего (пропускающего) грунта.

Согласно опытным данным, скорость  $v$  в точке  $P$  пропорциональна наклону линии пьезометрического напора в точке  $P_1$ , лежащей на вертикали точки  $P$ , т.е. равна

$$v = k \frac{dy}{dx},$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации пласта, имеющий размерность скорости и зависящий от пористости пространства, удельного веса и вязкости жидкости. Так, к примеру, коэффициент фильтрации воды через песок находится в пределах от 0,01 до 0,0001 м/с.

Поэтому количество воды, протекающее внутрь выделенного цилиндра радиуса  $x$ , можно найти по формуле:

$$Q = 2\pi x b k \frac{dy}{dx}.$$

Это равенство является дифференциальным уравнением первого порядка с разделяющимися переменными, которое может быть преобразовано к виду:

$$Q \frac{dx}{x} = 2\pi b k dy.$$

Проинтегрировав обе части, получаем:

$$Q \ln x = 2\pi b k y + C.$$

Постоянную интегрирования  $C$  находим из условия  $x=r$  при  $y=h$ , что даёт

$$C = Q \ln r - 2\pi b k (y - h),$$

откуда

$$Q \ln \frac{x}{r} = 2\pi b k (y - h),$$

следовательно,

$$Q = \frac{2\pi b k (y - h)}{\ln \left( \frac{x}{r} \right)}.$$

Ограничивая  $x$  радиусом влияния  $R$  и полагая, что при  $x=R$   $y=H$ , получаем следующую окончательную рабочую формулу для определения притока воды к скважине, питаемой напорными водами:

$$Q = \frac{2\pi b k (H - h)}{\ln(R/r)}.$$

Теперь определим уравнение кривой, по которой располагается уровень грунтовых вод вблизи вертикальной скважины, простирающейся до непроницаемого слоя.

Пусть  $b=0$  и поверхность грунтовых вод до устройства скважины располагалась на уровне  $y=H$ . Если высота воды в скважине поддерживается вычерпыванием на постоянном уровне  $y=h$ , то поверхность грунтовых вод вблизи от скважины понижается определённым образом, а именно: прямая поверхности грунтовых вод переходит в искривлённые ветки  $MN$  и  $M_1N_1$ , которые замыкаются на уровне воды  $MM_1$ .

С другой стороны, поверхность уровня грунтовых вод представляет собой поверхность вращения вокруг оси  $Oy$  меридиальной линии  $MN$  или  $M_1N_1$ .

Тогда через боковую поверхность цилиндра радиуса  $x$  внутрь протекает количество воды

$$Q = 2\pi x y v = 2\pi x y k \frac{dy}{dx},$$

которое равно расходу воды в скважине.

Общий интеграл этого дифференциального уравнения равен

$$\ln x = \frac{\pi k}{Q} y^2 + C.$$

Постоянную интегрирования  $C$  находим из условия  $y=h$  при  $x=r$ .

Получаем

$$C = \ln r - \frac{\pi k}{Q} h^2.$$

Следовательно,

$$\ln \frac{x}{r} = \frac{\pi k}{Q(y^2 - h^2)},$$

откуда

$$y^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{x}{r} + h^2.$$

Это и есть уравнение кривой, по которой располагался уровень грунтовых вод вблизи вертикальной скважины.

**Выводы.** Итак, в работе найдены уравнение кривой, по которой располагается уровень грунтовых вод вблизи вертикальной скважины, простирающейся до непроницаемого слоя. Представленный метод определения уравнения кривой позволяет находить уровень притока жидкости в построенной скважине для обеспечения домов качественной питьевой водой.

### Литература

1. Муратова Т.В. Дифференциальные уравнения: учебник и практикум / Т.В. Муратова – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 435 с.
2. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика: учеб. пособие / Т.М. Башта. – Москва: МАШИНОСТРОЕНИЕ, 1988. – 418 с.
3. Метревели В.Н. Сборник задач по курсу гидравлики с решениями: учеб. пособие для вузов / В.Н. Метревели. – Москва: Высш. шк., 2008. – 192 с.



УДК 51-7

Попов А.В.,

студ. группы ПГС-73А, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: Галибина Н.А.,

канд. пед. наук, доцент кафедры высшей математики и информатики,

ГОУ ВПО «ДонНАСА»

### ЗАДАЧА О ВРАЩАЮЩЕМСЯ СОСУДЕ С ЖИДКОСТЬЮ

*Аннотация.* В статье исследован процесс вращения сосуда с постоянной циклической частотой, в котором при динамическом равновесии с постоянной циклической частотой вращается жидкость в том же направлении. Получено уравнение поверхности, которую принимает жидкость во вращающемся сосуде.

*Ключевые слова:* сосуд, жидкость, уравнение, вращение.

**Введение.** В различных отраслях инженерии при создании бытовых и технологических приборов часто возникает необходимость расчетов, связанных с движением наполненных жидкостью сосудов.

Одним из таких примеров является производство кухонного миксера. Чтобы нанести на его поверхность отметку максимального наполнения, необходимо рассчитать, на какую высоту поднимется жидкость в процессе её кругового вращения. Более общим случаем является решение задачи об определении уравнения поверхности, которую принимает жидкость в процессе вращения.

**Постановка задачи.** Рассмотрим сосуд, имеющий форму прямого кругового цилиндра радиуса  $R$ . Пусть этот сосуд наполнен некоторой жидкостью и вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega$  около оси цилиндра.

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Найдём уравнение поверхности, которую принимает жидкость по истечении некоторого времени от начала движения (поверхность равновесия).

Очевидно, что поверхность жидкости в сосуде представляет собой поверхность вращения. Следовательно, в каждом её осевом сечении будет одна и та же линия.

Выберем систему координат таким образом, чтобы начало координат было расположено в центре основания цилиндра, а ось  $Oz$  была направлена по оси цилиндра вертикально вверх (см. рис. 1).

Рассмотрим сечение исследуемой поверхности плоскостью  $xOz$ . Выберем на полученной в сечении линии точку  $M(x, z)$  и вычислим угловой коэффициент касательной в этой точке.

На частицу жидкости, находящейся в точке  $M$ , действует сила тяжести  $\vec{F} = m\vec{g}$  и сила давления жидкости  $\vec{Q}$ , направленная по нормали к поверхности в точке  $M$ .

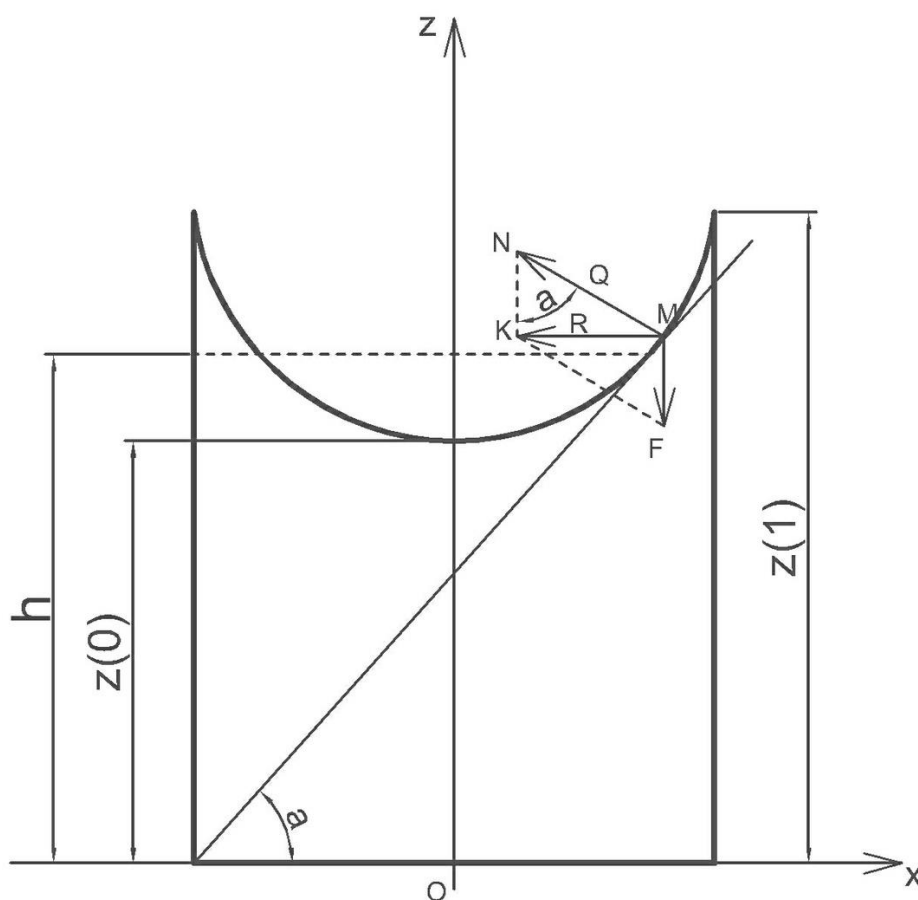


Рис. 1



## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Величина силы  $\vec{Q}$  неизвестна, но её легко найти, так как равнодействующая  $\vec{R}$  сил  $\vec{F}$  и  $\vec{Q}$  равна  $mw^2x$ , поскольку частица движется по окружности радиуса  $x$ , её ускорение направлено к центру и равно  $w^2x$ .

Далее, так как угловой коэффициент касательной равен  $tg \alpha$ , то из треугольника  $KMN$  получаем следующую формулу:

$$tg \alpha = \frac{KM}{KN} = \frac{mw^2x}{mg} = \frac{w^2x}{g}.$$

С другой стороны,  $tg \alpha = \frac{dz}{dx}$ , получаем дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными:

$$\frac{dz}{dx} = \frac{w^2x}{g}.$$

Решение этого уравнения имеет вид:

$$z = \frac{w^2x^2}{2g} + C.$$

Постоянную  $C = z_0$  находим из условия  $z = z_0$  при  $x=0$ . Получаем:

$$z - z_0 = \frac{w^2}{2g} x^2.$$

**Вывод.** Таким образом, в процессе вращения сосуда с постоянной циклической частотой, в котором при динамическом равновесии с постоянной циклической частотой вращается жидкость в том же направлении, эта жидкость описывает уравнение поверхности, сечение которой плоскостью  $xOz$  является параболой. Решение задачи, представленной в статье, даёт возможность смоделировать примерное расположение жидкости внутри вращающегося сосуда.

Ещё одним важным следствием решённой задачи является тот факт, что форма поверхности зависит от частоты вращения, ускорения свободного падения, геометрических параметров сосуда, первоначального объема жидкости, но не зависит от плотности жидкости.

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

### Литература

1. Муратова Т.В. Дифференциальные уравнения: учебник и практикум / Т.В. Муратова – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 435 с.
2. Борисовский В.В. Краткий курс физики: учебное пособие для студентов всех форм обучения технических направлений / В.В. Борисовский –Рубцовск, 2013. – 67 с.



УДК 51-7

Игнатенко Д.Р.,

студ. группы ПГС-73а, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: Галибина Н.А.,

канд. пед. наук, доцент кафедры высшей математики и информатики,

ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## **ЗАДАЧА О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВНУТРИ ТРУБОПРОВОДА**

*Аннотация.* В статье решена задача о нахождении теплотерь трубопровода в единицу времени с помощью закона теплопроводности Фурье.

*Ключевые слова:* теплопроводность, изоляция, трубопровод, количество теплоты.

**Введение.** При современных темпах развития теплофикации и централизованного теплоснабжения на экономичность систем большое влияние оказывает тепловая изоляция тепловых сетей, которая служит для уменьшения тепловых потерь. Благодаря тепловой изоляции тепловые потери снижаются в 5-10 раз и более по сравнению с неизолированными теплопроводами и при транспортировке теплоносителя на большие расстояния составляют порядка 3—8%. При этом обеспечивается допустимая температура изолируемой поверхности, что облегчает условия труда обслуживающего персонала. Одновременно со снижением тепловых потерь уменьшается падение температуры теплоносителя вдоль теплопровода, что повышает качество теплоснабжения.

Тепловую изоляцию трубопроводов тепловых сетей, арматуры, фланцевых соединений, компенсаторов и опор труб применяют при всех способах

прокладки независимо от температуры теплоносителя. Выбор теплоизоляционных конструкций необходимо производить с учетом типов прокладки теплопроводов, расположения и условий эксплуатации изолированных объектов, а также условий монтажа тепловой изоляции. Теплоизоляционные конструкции характеризуются объемной массой основного теплоизоляционного слоя, предельной температурой применения и коэффициентом теплопроводности, в зависимости от которого определяется толщина изоляции.

**Постановка задачи.** Рассмотрим задачу по нахождению количества теплоты, отдаваемое одним погонным метром трубопровода в течение суток:

Трубопровод тепловой магистрали радиуса  $R_1$  защищен изоляцией. Радиус изолированной трубы равен  $R_2$ , температура трубы  $T_1$ , температура внешнего покрова  $T_2$  ( $T_2 < T_1$ ), коэффициент теплопроводности изоляционного материала  $\lambda$ . Найти распределение температуры внутри изоляции, а также количество теплоты, отдаваемое одним погонным метром трубы.

Выберем цилиндрическую систему координат, как показано на рис. 1. Труба, а значит, и изоляция трубы находятся в стационарном тепловом состоянии. При этом температура  $T$  в каждой точке изоляции является функцией только одной координаты  $r$  ( $T = f(r)$ ).

Согласно закону теплопроводности Фурье, количество теплоты, испускаемое трубопроводом в секунду, равно

$$Q = -\lambda S(r) \frac{dT}{dr} = \text{const},$$

где  $S(r) = 2\pi r l$  – площадь сечения трубопровода на расстоянии  $r$  ( $l$  – длина трубы).

Подставляя вместо  $S(r)$  его значение в выражение для  $Q$  и разделяя переменные, получим уравнение

$$dT = -\frac{Q}{2\pi l \lambda} \cdot \frac{dr}{r},$$

интегрируя обе части которого, будем иметь

$$T = -\frac{Q}{2\pi l\lambda} \ln|r| + C.$$

Постоянную интегрирования  $C$  найдем из условия  $T = T_1$  при  $r = R_1$ .

Имеем  $C = T_1 + \frac{Q}{2\pi l\lambda} \ln R_1$ . При этом

$$T = T_1 - \frac{Q}{2\pi l\lambda} \ln \frac{r}{R_1}.$$

Коэффициент  $\frac{Q}{2\pi l\lambda}$  найдем из условия  $T = T_2$  при  $r = R_2$ .

Получаем:

$$\frac{Q}{2\pi l\lambda} = \frac{T_1 - T_2}{\ln(R_2/R_1)}.$$

Формула для нахождения температуры  $T$  преобразуется к виду:

$$T = T_1 - \frac{T_1 - T_2}{\ln(R_2/R_1)} \ln \frac{r}{R_1}.$$

Полученное равенство и выражает закон распределения температуры внутри изоляции.

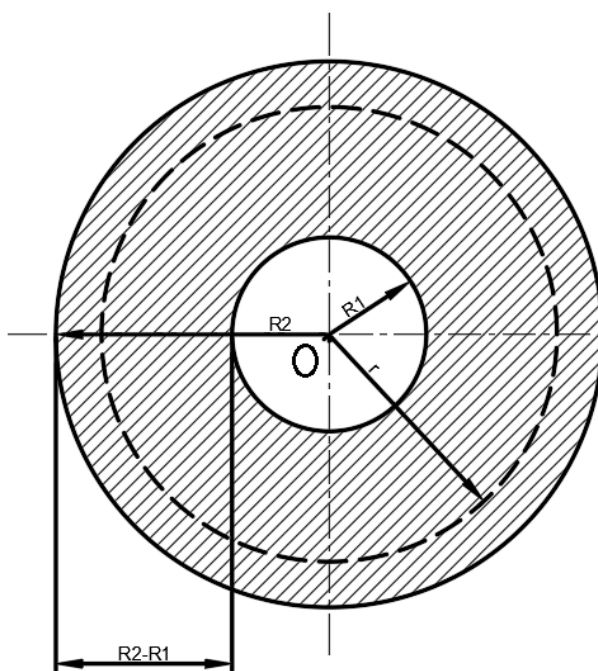


Рис. 1

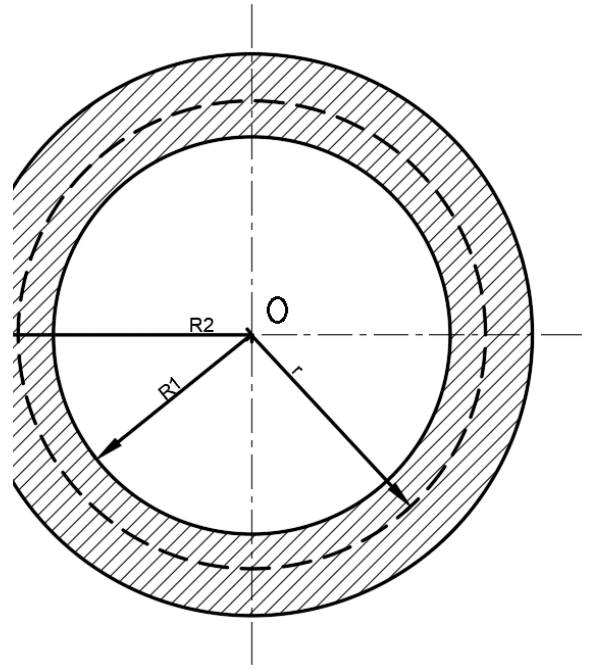


Рис. 2

Используя полученный закон распределения температуры, найдем количество теплоты, отдаваемое трубопроводом в секунду. Получаем:

$$Q|_r = R_2 = \frac{2\pi l \lambda (T_1 - T_2)}{\ln(R_2/R_1)}.$$

Например, если радиус трубы  $R_1 = 0,1$  м, толщина изоляции  $0,1$  м (т.е.  $R_2 = 0,2$  м), температура трубы  $T_1 = 180^\circ$ , температура воздушного покрова  $T_2 = 10^\circ$ , коэффициент теплопроводности изоляционного материала  $\lambda = 0,05$  Вт/(м\*К), то один погонный метр трубопровода ( $l = 1$ ) отдает в секунду количество теплоты  $Q \approx 77$  Дж. Количество теплоты, отдаваемое одним погонным метром трубопровода в течение суток, составляет примерно 6653 кДж.

**Вывод.** Рассмотренная в статье задача применяется при расчете теплопотерь трубопровода. Информация о том, какое количество теплоты отдает один погонный метр трубопровода в сутки, даёт возможность понять, достаточно ли данного объема изоляционного материала, или теплопотери слишком велики, так что необходимо использовать больше изоляции.

Изоляция трубопроводов является одним из самых важных аспектов энергосбережения в современном мире. Уменьшение потерь тепла с помощью теплоизоляционных материалов для труб может стать главным средством экономии энергии и ресурсов.

### Литература

1. Новиков В.А. Технология строительства теплотрассы. / В.А. Новиков, В.Г. Максимов – К., «Техника», 1976 – 351 с.





УДК 519.852, 519.87

Бондаренко Н.А.,

студ. группы ЭУН-4а, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: Чудина Е.Ю., к.пед.н.,

доцент кафедры высшей математики и информатики,

ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## ДРОБНО-ЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ

*Аннотация.* В статье рассмотрена возможность применения дробно-линейного программирования при решении экономических задач.

*Ключевые слова:* дробно-линейное программирование, фондovoооруженность, коэффициент фондоотдачи.

**Введение.** Дробно-линейное программирование – раздел математики, изучающий методы решения задач об экстремумах отношений линейных функций на множествах  $n$ -мерного векторного пространства, задаваемых системами линейных уравнений и неравенств.

**Постановка задачи.** Задача дробно-линейного программирования в общем виде записывается следующим образом:

$$L = \frac{c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n}{d_1x_1 + d_2x_2 + \dots + d_nx_n} \rightarrow \max(\min),$$

при ограничениях

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \end{cases}$$

$$x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n},$$

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

где  $c_j, d_j, b_i, a_{ij}$  – постоянные коэффициенты,  $d_1x_1 + d_2x_2 + \dots + d_nx_n \neq 0$ .

**Изложение основного материала.** Путем введения новых переменных задача дробно-линейного программирования сводится к задаче линейного программирования, решаемой симплекс-методом. Обозначим

$$y_0 = \frac{1}{d_1x_1 + \dots + d_nx_n}, \quad d_1x_1 + \dots + d_nx_n \neq 0;$$

$$y_j = x_jy_0, \quad j = \overline{1, n}.$$

Тогда задача примет вид:

$$L = c_1y_1 + c_2y_2 + \dots + c_jy_j \rightarrow \max(\min);$$

$$\begin{cases} a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + \dots + a_{1n}y_n - b_1y_0 \leq 0 \\ a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + \dots + a_{2n}y_n - b_2y_0 \leq 0 \\ \dots \\ a_{m1}y_1 + a_{m2}y_2 + \dots + a_{mn}y_n - b_my_0 \leq 0 \\ d_1y_1 + d_2y_2 + \dots + d_ny_n = 1 \end{cases}$$

$$y_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}.$$

После нахождения оптимального решения полученной задачи находят оптимальное решение исходной задачи дробно-линейного программирования.

Задача дробно-линейного программирования возникает в случае, когда нужно максимизировать (минимизировать) функцию, являющуюся отношением линейных функций от переменных  $x_j, j = \overline{1, n}$ . Например, такой функцией является фондовооруженность (капиталовооруженность) предприятия – относительный показатель, выражающий отношение среднегодовой стоимости основных фондов к среднесписочной численности рабочих. Фондовооруженность показывает стоимость основных средств, приходящихся на одного сотрудника с тем, чтобы оценить обеспеченность персонала основными средствами производства:

$$\Phi В = \frac{K}{L},$$

где  $\Phi В$  – фондовооруженность за период, обычно за некоторый период, например, год;  $K$  – средняя балансовая стоимость основных фондов за период



## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

(капитал);  $L$  – среднесписочная численность персонала за аналогичный период (затраты труда).

Приведем пример. Финансовым отделом предприятия было установлено, что в 2019 году количество работников на производственном участке составило 234 человека, а в 2020 году – 235 человек. Оборудование, задействованное на этой территории производства, в денежном выражении составило: в 2019 году — 2240 тыс. руб., а в 2020 году – 2346 тыс. руб. Исходя из кадровой документации предприятия, изменения численности за 2019-2020 годы не фиксировались. Согласно этому, расчет показателей фондовооруженности:

$$K_{ФВ} (2019 \text{ г.}) = 2240/234 = 9,57 \text{ тыс. руб./чел.}$$

$$K_{ФВ} (2020 \text{ г.}) = 2346/235 = 9,98 \text{ тыс. руб./чел.}$$

После получения соответствующих значений оцениваем полученный результат. Согласно расчету коэффициента фондовооруженности, наблюдается рост значения в 2020 году на 0,4. Это означает, что на данном предприятии сложилась ситуация эффективного использования оборудования и трудовых резервов.

Также к задаче линейно-дробного программирования приводит задача максимизации фондоотдачи. Фондоотдача является финансовым показателем, который отражает результативность и интенсивность использования основных средств. Фондоотдача отражает эффективность управления фондами в их динамике:

$$K_{ФО} = \frac{ВП}{ОС},$$

где  $K_{ФО}$  – коэффициент фондоотдачи (руб.), ВП – основные средства на начало года (среднегодовая стоимость в рублях), ОС – выручка от продаж (руб.).

Рассмотрим пример. Компания имеет следующие показатели по работе за текущий отчетный период (табл.1).

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Табл. 1. Экономические показатели

Цена единицы продукции (P)	Объем производства (Q)	Стоимость основных средств на начало 2019г.	Стоимость основных средств на конец 2019г.
15 руб.	153690 шт.	116000 руб.	140000 руб.

Определим выручку компании:

$$ВП = PQ = 15369 \cdot 15 = 230535 \text{ (руб.)}.$$

Стоимость основных фондов рассчитаем по следующей формуле:

$$ОС = \frac{1}{2} (ОС_{нг} + ОС_{кг}),$$

где ОС – среднегодовая стоимость, ОС<sub>нг</sub> – ОС на начало периода, ОС<sub>кг</sub> – ОС на конец периода.

$$ОС = \frac{1}{2} (116000 + 140000) = 128000 \text{ (руб.)}.$$

Тогда фондоотдача компании:

$$K_{фo} = \frac{230535}{128000} = 1,8.$$

Таким образом, коэффициент фондоотдачи составил 1,8.

Рассмотрим случай, когда изучаемые финансовые показатели выражаются линейной зависимостью. Например, предприятие выпускает два вида продукции, и  $x_1, x_2 \geq 0$  – соответственно объем выпускаемой продукции двух видов. Известно, что для затраты основных фондов на выпуск единицы продукции первого вида равны 2 руб., а второго вида – 3 руб. Затраты рабочего времени соответственно – 2 ч. на выпуск единицы продукции первого вида в день и 1 ч. в день – второго вида, и дополнительно независимо от объема производства тратится 4 ч. на обслуживание оборудования. Ограничения по затратам основных фондов: 10 руб., по затратам рабочего времени – 10 ч. Требуется определить объем выпуска продукции в день, максимизирующего коэффициент фондоотдачи предприятия.

Вычислим затраты основных фондов:

$$K = 2x_1 + 3x_2,$$

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

и затраты труда:

$$L = 2x_1 + x_2 + 4.$$

Фондовооруженность:

$$\Phi B = \frac{K}{L} = \frac{2x_1 + 3x_2}{2x_1 + x_2 + 4} \rightarrow \max.$$

Ограничения:

$$4x_1 + x_2 \leq 10,$$

$$x_1 + 4x_2 \leq 10,$$

$$x_1, x_2 \geq 0.$$

Сведем данную задачу к задаче линейного программирования. Введем переменные:

$$y_0 = \frac{1}{2x_1 + x_2 + 4}, \quad y_1 = y_0 x_1, \quad y_2 = y_0 x_2.$$

Тогда задача примет вид:

$$L = 2y_1 + 3y_2 \rightarrow \max,$$

$$4y_1 + y_2 - 10y_0 \leq 0,$$

$$y_1 + 4y_2 - 10y_0 \leq 0;$$

$$4y_0 + 2y_1 + y_2 = 1;$$

$$y_1, y_2 \geq 0.$$

Решая полученную задачу симплекс-методом, получим решение:

$$y_0 = 0,153846; \quad y_1 = 0; \quad y_2 = 0,384615; \quad L = 1,153846.$$

Возвращаясь к исходным переменным, получим:

$$x_1 = \frac{y_1}{y_0} = 0; \quad x_2 = \frac{y_2}{y_0} = 2,5; \quad \Phi B = 1,153846.$$

Значит, производить продукцию первого вида нецелесообразно. Продукцию второго вида следует производить в объеме 2,5 ед./день, при этом стоимость основных средств на одного работника составит 1,153846 руб./чел.

**Выводы.** Задачи дробно-линейного программирования возникают при решении экономических задач в случаях, когда исследуемые показатели имеют линейную природу – например, стоимость основных фондов, трудовые затраты и другие показатели.

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

### Литература

1. Красс М.С. Основы математики и ее приложения в экономическом образовании // учебник / М.С. Красс, Б.П. Чупрынов. – 4-е изд., испр. . – М. : Дело, 2003. – 688 с. – 5000 экз.

2. Бережная Е.В. Математические методы моделирования экономических систем // учеб. пособие для студ. вузов / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 431 с.



УДК 517.23, 51-74

Панова М. Р.,

студ. Группы АРХ 43-б,

ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: Жмыхова Т.В.,

к.ф.-м.н., доцент, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## ПОСТРОЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ И КОНТУРНЫХ КАРТ С ПОМОЩЬЮ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ ФУНКЦИИ С ДВУМЯ ПЕРЕМЕННЫМИ

*Аннотация.* Рассмотрено применение дифференцирования функции с двумя переменными для построения топографических и контурных карт.

*Ключевые слова:* функция с двумя переменными, область определения, кривые уровня функции, вертикальная проекция прямой, топографическая карта.

**Введение.** Приведем необходимые понятия, применяемые при решении задач определения кривых уровня функции и создания топографической карты с использованием дифференцирования функции с двумя переменными.

*Необходимые понятия.* Функция с двумя переменными  $z=f(x,y)$  наносит на чертеж каждую упорядоченную пару  $(x, y)$  в подмножестве  $D$  вещественной плоскости  $R^2$  по отношению к уникальному вещественному числу  $z$ . Множество  $D$  называется *областью определения* функции. Множество значений  $f$  – это множество всех действительных чисел  $z$ , у которых существует, по крайней мере, одна такая упорядоченная пара  $(x, y) \in D$  при которой  $f(x, y) = z$ .

Линии, расположенные близко друг к другу, указывают на очень крутой рельеф (рис.1). Фотография Башни Дьявола в перспективе показывает насколько

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

круты ее склоны, причем вершина башни имеет ту же форму, что и центр топографической карты.

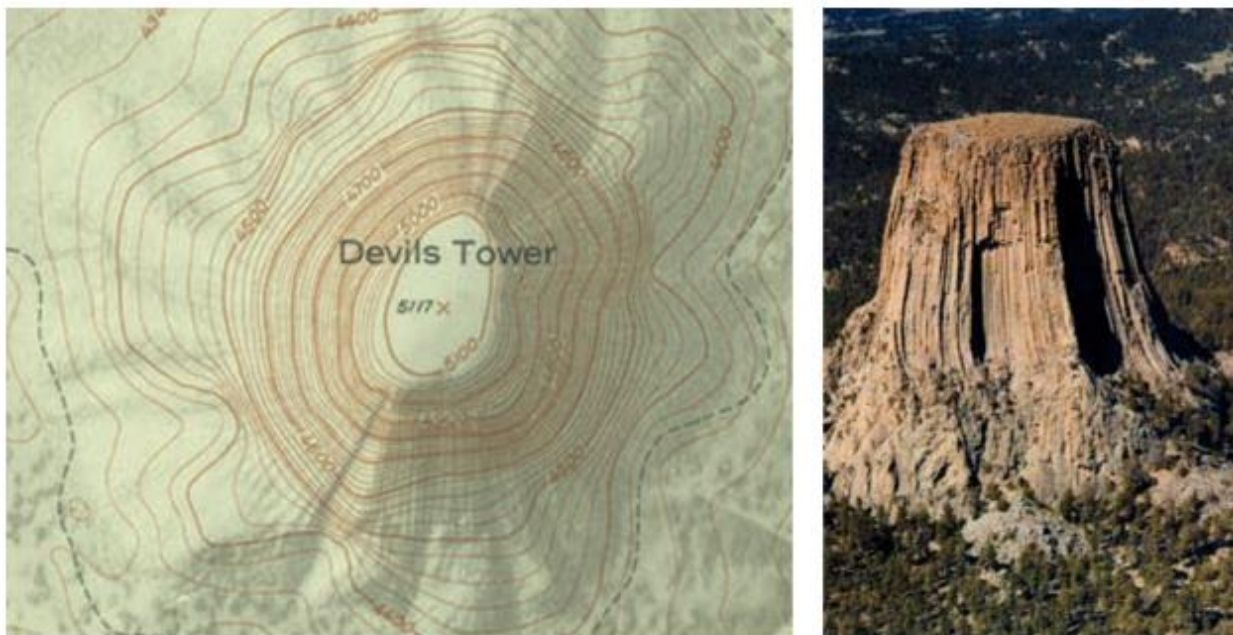


Рис. 1. Топографическая карта Башни Дьявола, штат Вайоминг

Учитывая функцию  $f(x, y)$  и число  $c$  в диапазоне  $f$ , кривая уровня функции двух переменных для значения  $c$  определяется как множество точек, удовлетворяющих уравнению  $f(x, y) = c$ .

*Пример 1.* Определим кривые уровня функции  $g(x, y) = \sqrt{9 - x^2 - y^2}$ . Множеством  $g$  является замкнутый интервал  $[0, 3]$ . Выбирая любое число в этом замкнутом интервале – к примеру,  $c = 2$ . Кривая уровня, соответствующая данному значению  $c$  описывается уравнением

$$\sqrt{9 - x^2 - y^2} = 2. \quad (1)$$

Прделав элементарные математические преобразования над (1), получим

$$x^2 + y^2 = 5. \quad (2)$$

Это уравнение задает окружность с центром в начале координат радиусом  $\sqrt{5}$ . Задавая значения  $c$  между 0 и 3, получим центрированные в начале координат окружности. На рисунке 2 построим кривые уровня этой функции, соответствующие  $c = 0, 1, 2, 3$ .

Используя кривые уровня, составим топографическую карту.

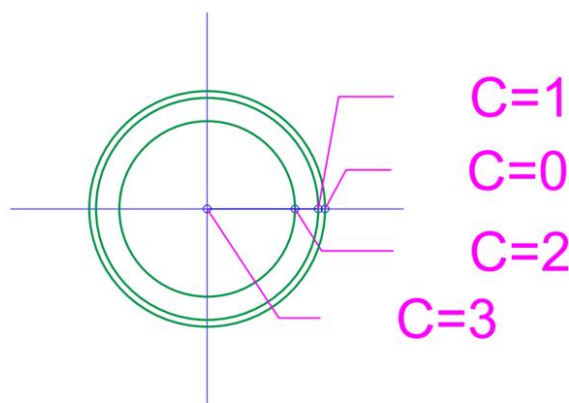


Рис. 2. Кривые уровня примера 1

*Пример 2.* Создадим топографическую карту для функции

$$f(x, y) = \sqrt{8 + 8x - 4y - 4x^2 - y^2}.$$

Решение. Найдем кривую уровня для  $c = 0$ .

$$0 = \sqrt{8 + 8x - 4y - 4x^2 - y^2}.$$

Проделав элементарные математические преобразования, получим:

$$\frac{(x - 1)^2}{4} + \frac{(y + 2)^2}{16} = 1.$$

Полученное уравнение задает эллипс с центром в точке  $(1, -2)$  и полуосями  $a=2$ ,  $b=4$  (рис. 3). Повторяя вывод для значений  $c$  меньших 4, нетрудно убедиться в том, что уравнение эллипса может быть переписано в виде:

$$\frac{4(x - 1)^2}{16 - c^2} + \frac{(y + 2)^2}{16 - c^2} = 1.$$

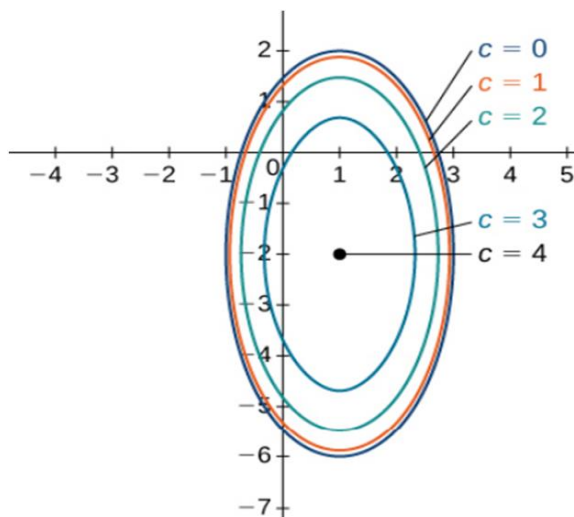


Рис. 3. Топографическая карта для  $f(x, y)$  примера 2

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Еще один полезный способ для понимания графика функции двух переменных называется вертикальной проекцией прямой. Кривые уровня всегда изображаются в плоскости  $XOY$ , но, как следует из названия, вертикальные трассы изображаются в плоскостях  $XOZ$  или  $YOZ$ .

*Необходимые понятия.* Рассмотрим функцию  $z = f(x, y)$  с областью  $D \subseteq \mathbb{R}^2$ . Вертикальная проекция прямой функции может быть либо набором точек, что решает уравнение  $f(a, y) = z$  для постоянной  $x = a$ , или  $f(x, b) = z$  для данной постоянной  $y = b$ .

*Пример 3.* Найдем вертикальную проекцию прямой для функции  $f(x, y) = \sin x \cos y$ , соответствующих  $x = -\frac{\pi}{4}$ , и  $\frac{\pi}{4}$ .

Решение. Первое множество  $x = -\frac{\pi}{4}$  в уравнении  $z = \sin x \cos y$ :

$$z = \sin\left(-\frac{\pi}{4}\right) \cos y \approx -0,7071 \cos y.$$

Другие значения  $z$  приведены в таблице 1.

Таблица 1.

c	Вертикальная проекция прямой для $x = c$
$-\frac{\pi}{4}$	$z = -\frac{\sqrt{2}\cos y}{2}$
0	$z = 0$
$\frac{\pi}{4}$	$z = \frac{\sqrt{2}\cos y}{2}$

Аналогичным образом мы можем подставить значения  $y$  в уравнение  $f(x, y)$ , чтобы получить проекцию прямой в плоскости  $YOZ$ , как указано в таблице 2.

Таблица 2.

d	Вертикальная проекция прямой для $y = d$
$-\frac{\pi}{4}$	$z = -\frac{\sqrt{2}\sin x}{2}$
0	$z = \sin x$
$\frac{\pi}{4}$	$z = \frac{\sqrt{2}\sin x}{2}$



## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Три проекции прямой в плоскости  $XOZ$  являются косинусными функциями; три проекции прямой в плоскости  $YOZ$  являются синусоидальными функциями. Эти кривые появляются в местах пересечения поверхности с плоскостями  $x = -\frac{\pi}{4}$ ,  $x = 0$ ,  $x = \frac{\pi}{4}$  и  $y = -\frac{\pi}{4}$ ,  $y = 0$ ,  $y = \frac{\pi}{4}$ .

Вертикальные проекции прямой функции  $f(x, y)$  представляют собой косинусные кривые в плоскостях  $XOZ$  (а) и синусоидальные кривые в плоскости  $YOZ$  (б).

Функции двух переменных могут создавать некоторые поверхности, используемые при проектировании архитектурных форм.

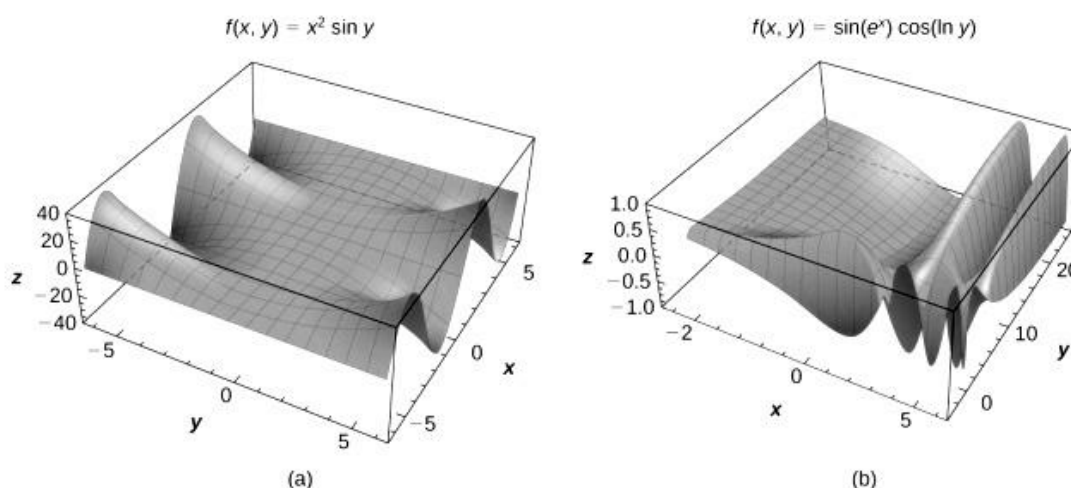


Рис. 4. Примеры поверхностей, представляющих функции двух переменных: а) комбинация степенной функции и синуса, и б) комбинация тригонометрических, экспоненциальных и логарифмических функций

**Выводы.** Дифференцирование функции с двумя переменными находит широкое применение при решении задач топографии и архитектуры. Данный математический аппарат позволяет провести операции переноса и проецирования на плоскость.

## Литература

1. Баврин И. И., Матросов В. Л. Общий курс высшей математики: Учеб. для студентов физ.-мат. спец. пед. вузов. – М.: Просвещение, 1995. – 464 с.: ил.
2. Владимирский Б.М., Горстко А.Б., Ерусалимский Я.М. Математика. Общий курс: Учебник. 3-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2006. -960 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

3. Герасимович А. И., Рысюк Н. А. Математический анализ: Справ. пособие. В 2-х ч. Ч I. – Мн: Высшая школа, 1989.
4. Гусак А. А. Математический анализ и дифференциальные уравнения: справочное пособие по решению задач/ А.А. Гусак. – Изд-е 2-е, стереотип. – Мн.: «ТетраСистемс», 2001.
5. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. – Т.1. М.: Наука, 1999.
6. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисление. – Т.2. М.: Наука, 2001.



УДК 51.74

Родченко А.К.,

студ. группы АРХ-436, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: Жмыхова Т.В.,

к.ф.-м.н., доцент,

ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## **ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ КРИВЫХ. РАЗНООБРАЗИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ В АРХИТЕКТУРЕ**

*Аннотация.* Рассмотрено применение математических кривых в формообразовании архитектурных сооружений, а также изучена роль математики в архитектуре.

*Ключевые слова:* математические кривые, формообразование, образующие, гиперболоид, параболоид, гелиоид, эллипсоид, тороидные поверхности.

**Введение.** Математика очень важная и интересная наука, которая применяется во всех сферах деятельности человека. В архитектуре используют математику для проектирования зданий по математическим моделям, для определения пространственной формы сооружения согласно конкретным гармоничным пропорциям. Создавая различные купола и сложные перекрытия нельзя обойтись без знания этой науки. Математику также используют для минимизации скорости ветра около высотных зданий. Геометрические фигуры и орнаменты используются для облицовки некоторых сооружений. В архитектуре важны математические понятия симметрии и пропорций.

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Выдающийся архитектор XX века Ле Корбюзье писал в своих тезисах к «Архитектуре»: «Современные архитекторы больше не создают простых форм. Опираясь на вычисления, инженеры используют геометрические формы, которые удовлетворяют наше зрение геометрией и убеждают разум своей математической логикой... Главные проблемы современного строительства будут решены на основе геометрии» [3].

Отличительной особенностью современной архитектуры является отход от традиционных призматических и шпалеобразных форм зданий и переход к плавным криволинейным очертаниям. Архитекторы занимаются поиском новых форм конструктивных систем по некоторым математическим кривым (параболе, гиперболе, синусоиде, овалу и т.д.). Распространены пространственные структуры и тонкостенные оболочки вантовых, пневматических и тентовых покрытий, характеризующихся сложной геометрией поверхностей. Развивается параметрическая архитектура – «стиль цифровой эпохи».

**Постановка задачи.** Рассмотреть применение математических кривых в формообразовании зданий, обозначить роль математики в архитектуре при поиске новых форм.

Наличие криволинейной образующей создает выразительный пластичный облик здания. Сооружения с поверхностью положительной (выпуклые образующие) и отрицательной (вогнутые образующие) кривизны обладают большой пространственной жесткостью.

*Однополостной гиперболоид* – поверхность второго порядка трехмерного пространства, задаваемая в декартовой системе координат уравнением:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1, \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  – действительные полуоси,  $c$  – мнимая полуось.

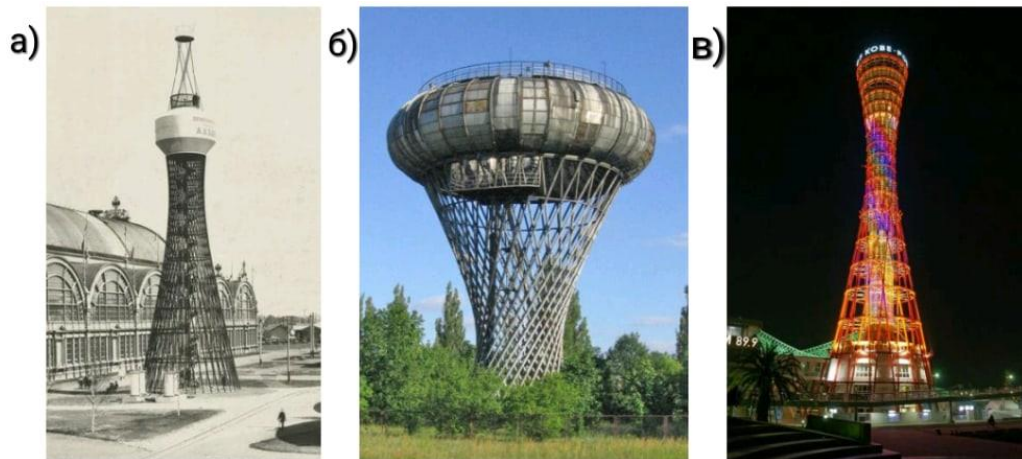


Рис. 1. Гиперboloидные конструкции: а – первая в мире гиперboloидная конструкция В.Г. Шухова; б – гиперboloидная башня в Цыхануве, Польша; в – гиперboloидная башня в порту Кобе, Япония

*Гиперболический параболоид* – седловая поверхность, описываемая в прямоугольной системе координат уравнением вида:

$$z = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} \text{ или } z = \frac{y^2}{b^2} - \frac{x^2}{a^2}. \quad (2)$$

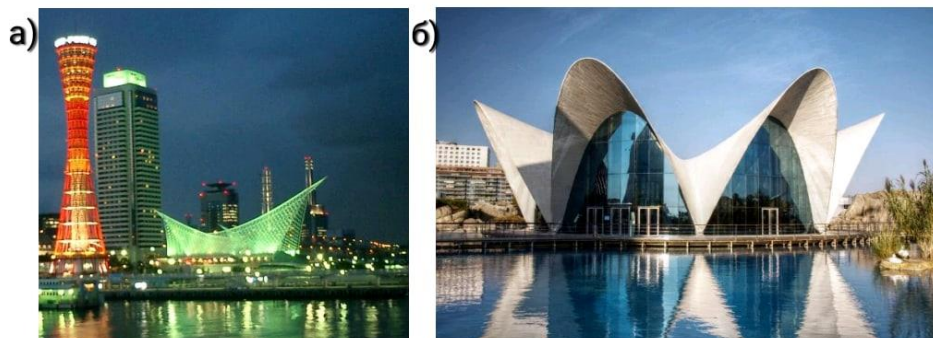


Рис. 2. Здания с поверхностью гиперболического параболоида: а – Морской музей в Японии; б – ресторан в Сочимилько, Мексика

Здания с выпуклой образующей изображены на рис.3.

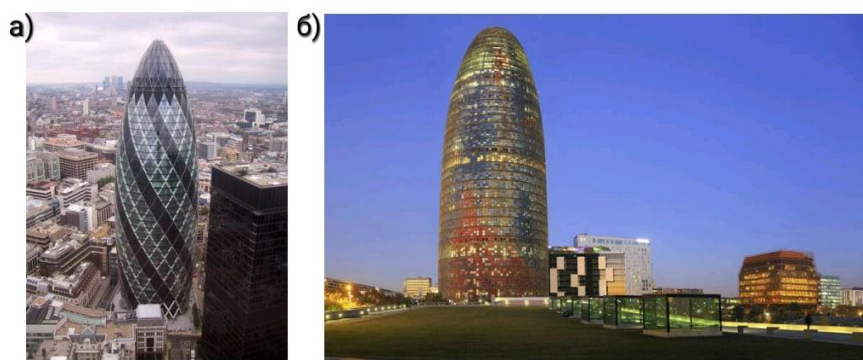


Рис. 3. Здания с выпуклой образующей: а – небоскреб Мэри-Экс, Лондон;  
б – башня Агбар в Барселоне

*Эллиптический параболоид* – поверхность вращения, задаваемая функцией:

$$z = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}. \quad (3)$$

Поверхности параболоида вращения изображены на рис.4.

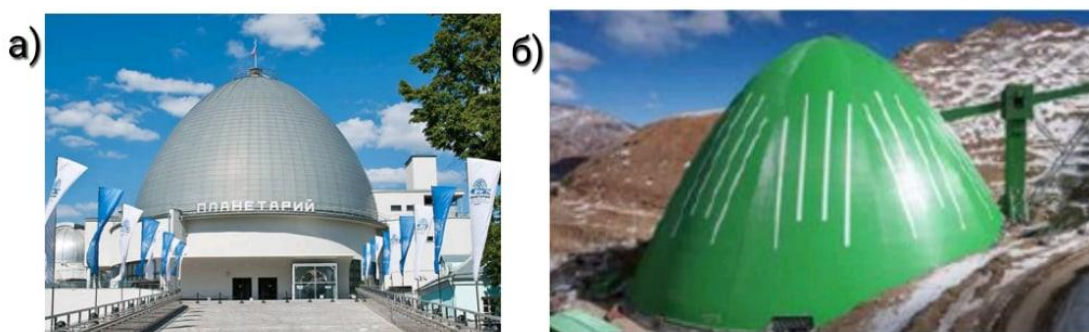


Рис. 4. Купола в форме параболоидов вращения: а – купол планетария в Москве; б – параболический купол в Чилийских Андах.

*Эллипсоид* – поверхность в трёхмерном пространстве, полученная деформацией сферы вдоль трёх взаимно перпендикулярных осей. Каноническое уравнение эллипсоида в декартовых координатах, совпадающих с осями деформации эллипсоида:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1, \quad (4)$$

где  $a, b, c$  – произвольные положительные числа.

Поверхности эллипсоида вращения изображены на рис.5.



## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»



Рис. 5. Музей космонавтики в Калуге

Сферическая поверхность в архитектуре (рис.6).



Рис. 6. Сферические поверхности в архитектуре: а – городской музей науки Нагоя, Япония; б – планетарий Галилео Галилея, Аргентина.

Торовая поверхность – поверхность четвертого порядка, получаемая вращением образующей окружности вокруг оси, лежащей в плоскости этой окружности и не пересекающей её. Алгебраическое уравнение тора имеет вид:

$$(x^2 + y^2 + z^2 + R^2 - r^2)^2 - 4R^2(x^2 + y^2) = 0 \quad (5)$$

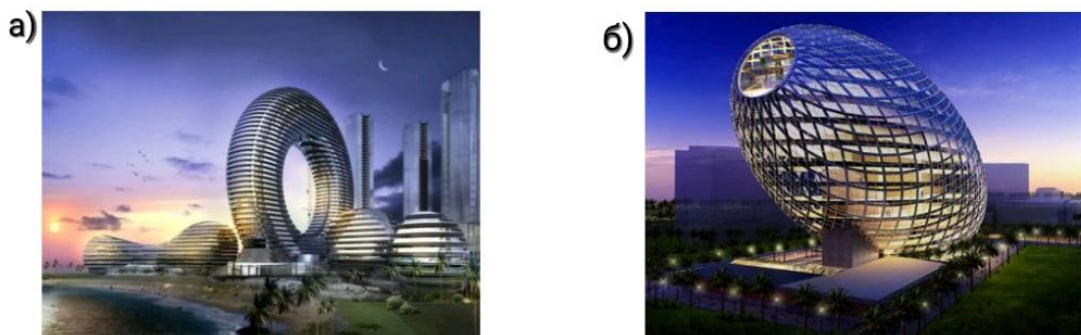


Рис. 7. Проекты сооружений с торовой поверхностью: а – Дубай-променада отель; б – «Здание-яйцо» в Индии.

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Винтовые поверхности (геликоиды) описываются параметрическими соотношениями:

$$\begin{cases} x = u \cos v, \\ y = u \sin v, \\ z = hv, \end{cases} \quad (6)$$



Рис. 8. Геликоиды – винтовые поверхности: а – музей Соломона Гуггенхайма, Нью-Йорк; б – винтовая лестница в пирамиде Лувра

**Вывод.** Существует огромное разнообразие форм кривых поверхностей: от самых простых до сложнейших и причудливых. Важно знать, как можно больше видов геометрических поверхностей, как они задаются с помощью математических кривых и уравнений в трехмерном пространстве. Это пригодится для создания оригинальных и гармоничных архитектурных решений.

### Литература

1. Жилин С.С. Применение математического моделирования в архитектурном проектировании высотных зданий // С.С. Жилин, Н.Е. Мисюра, Е.А. Митюшков. Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2014. – №2. – С. 39-43.
2. Сапрыкина Н.А. Основы динамического формообразования в архитектуре / Сапрыкина Н.А. – Москва: изд. Архитектура-С, 2005. – 312 с. – С. 9-15, 248-264.
3. Архитектура XX века / Ле Корбюзье // Перевод с французского В.Н. Зайцева и В.В. Фрязинова; Составитель М.В. Толмачев; Редактор С.Д. Комаров; Послесловие К.Т. Топуридзе. – Второе издание. – Москва: Издательство «Прогресс», 1977. – 303 с. – С. 9.



УДК 534.1

Веремьёв Д.С.,

студ. группы ААХ-25а, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: Шитов А.А.,

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры высшей математики  
и информатики, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

*Аннотация.* Рассмотрены гармонические колебания математического маятника и груза на пружине.

*Ключевые слова:* гармонические колебания, затухающие колебания, вынужденные колебания.

**Введение.** Колебательные явления различной физической природы подчиняются общим закономерностям. Например, колебания тока в электрической цепи и колебания математического маятника могут описываться одинаковыми уравнениями. Общность колебательных закономерностей позволяет рассматривать колебательные процессы различной природы с единой точки зрения. В данной работе рассматриваются колебательные процессы на примере механических колебаний математического маятника и груза на пружине.

**Постановка задачи.** Примерами простых колебательных систем могут служить груз на пружине или математический маятник. Гармоническими являются колебания, при которых изменения физических величин со временем происходит по законам изменения синуса или косинуса.

Уравнение гармонического колебательного движения:

$$x = A \cos (\omega t + \varphi_0) \quad \text{или} \quad x = A \sin (\omega t + \varphi_0), \quad (1)$$

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

где  $x$  – смещение тела от положения равновесия,  $A$  – амплитуда колебаний, т. е. максимальное смещение от положения равновесия,  $\omega$  – циклическая или круговая частота колебаний,  $t$  – время. Величина, стоящая под знаком косинуса  $\varphi = \omega t + \varphi_0$  называется фазой гармонического процесса. При  $t = 0$   $\varphi = \varphi_0$ , поэтому  $\varphi_0$  называют начальной фазой.

Строгое описание поведения колебательной системы может быть дано, если принять во внимание математическую связь между ускорением тела  $a$  и координатой  $x$ : ускорение является второй производной координаты тела  $x$  по времени  $t$ . Поэтому второй закон Ньютона для груза на пружине может быть записан в виде  $ma = mx'' = -kx$  или

$$x'' + \omega_0^2 x = 0, \quad (2)$$

где  $\omega_0^2 = k/m$ ,  $m$  – масса груза,  $k$  – жесткость пружины. Уравнение (2) называется уравнением свободных колебаний. В математике уравнение (2) называется линейным однородным дифференциальным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами и его решение имеет вид (1), если положить  $\omega = \omega_0$ .

Следует обратить внимание на то, что физические свойства колебательной системы определяют только собственную частоту колебаний  $\omega_0$  или период  $T$ . Такие параметры колебательного процесса, как амплитуда  $A$  и начальная фаза  $\varphi_0$ , определяются способом, с помощью которого система была выведена из состояния равновесия в начальный момент времени.

Математический маятник представляет собой сложную нелинейную систему. Только в случае малых колебаний математический маятник является гармоническим осциллятором, т. е. системой, способной совершать гармонические колебания. Практически такое приближение справедливо для углов порядка  $15\text{--}20^\circ$ . Колебания маятника при больших амплитудах не являются гармоническими. В случае малых колебаний математический маятник совершает свободные колебания, которые описываются уравнением (2). Собственная частота малых колебаний математического маятника:  $\omega_0 = \sqrt{g/l}$ ,

где  $l$  – длина нити,  $g$  – ускорение свободного падения.

Учтем теперь трение в системе. Будем считать, что скорости движения пружины (или математического маятника) малы, тогда сила трения имеет вид:  $F_{тр} = -\gamma x'$ , где  $\gamma$  – коэффициент сопротивления. В этом случае уравнение, описывающее колебания в среде с затуханием, имеет вид:

$$x'' + 2\lambda x' + \omega_0^2 x = 0, \quad (3)$$

где  $2\lambda = \gamma/m$ . Уравнение (3) в математике называется линейным однородным дифференциальным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами и его решение отличается от (1) и имеет вид:

$$x = \frac{A \cos(\sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2} t + \varphi_0)}{e^{\lambda t}}. \quad (4)$$

Если нарисовать зависимость (4), то она имеет вид представленный на рисунке 1. Из рисунка 1 видно, что с течением времени  $t$  амплитуда колебаний уменьшается (затухает). Этого и следовало ожидать, ведь трение замедляет движение. Когда трение отсутствует ( $\lambda = 0$ ), решение (4) совпадает с решением (1).

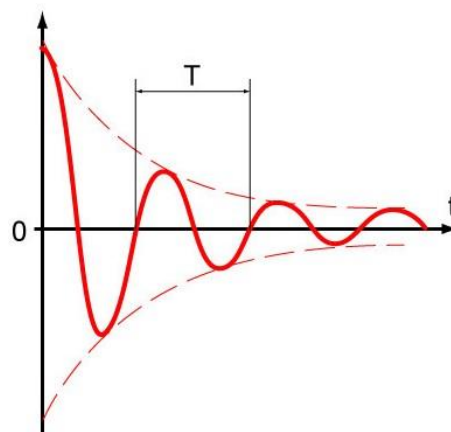


Рис. 1. Затухающие колебания.

Рассмотрим теперь вынужденные колебания при наличии трения. Для этого в уравнении (3) учтем вынуждающую (внешнюю) силу, которая изменяется гармонически  $F = F_0 \cos \omega t$

$$x'' + 2\lambda x' + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \cos \omega t. \quad (5)$$

Уравнение (5), в отличие от (3), является неоднородным. Его решение ищется как сумма общего решения однородного уравнения (это решение (4)) и частного решения неоднородного уравнения:

$$x = \frac{A \cos(\sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2} t + \varphi_0)}{e^{\lambda t}} + \tilde{A} \cos(\omega t + \tilde{\varphi}_0), \quad (4)$$

где  $\tilde{A} = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\lambda^2 \omega^2}}$ .

Если изобразить зависимость (4) графически, то она будет иметь вид представленный на рис.2. Первое слагаемое в (4) играет заметную роль только в начальной стадии процесса, при установлении колебаний. С течением времени из-за экспоненты в знаменателе вклад первого слагаемого в решение все больше уменьшается, и по

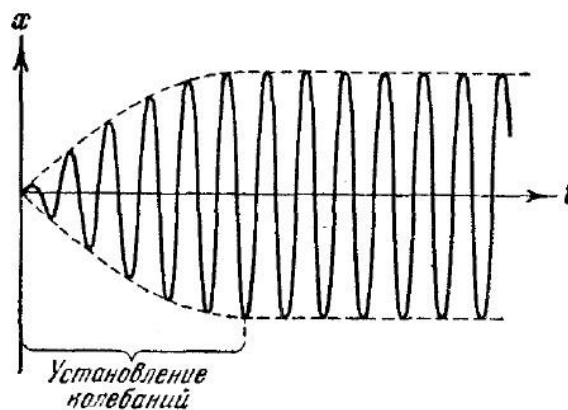


Рис. 2. Вынужденные колебания при наличии трения.

прошествии достаточного времени им можно пренебречь, сохраняя в решении (4) лишь второе слагаемое. При установившемся движении, когда система совершает вынужденные колебания, ее энергия остается неизменной: система непрерывно поглощает (от источника внешней силы) энергию, которая диссипируется благодаря наличию трения.

Рассмотрим теперь второе слагаемое. Амплитуда  $\tilde{A}$  зависит от частоты. Приравняв производную от  $\tilde{A}$  по частоте  $\omega$  к нулю, можно найти частоту, при которой  $\tilde{A}$  достигает максимального значения. Эта частота называется резонансной  $\omega_{рез} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\lambda^2}$ . Если частота  $\omega$  внешней силы приближается к резонансной частоте  $\omega_{рез}$ , то возникает резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний. Это явление называется резонансом.

**Выводы.** В данной работе изучены различные колебательные процессы. Явления резонанса могут быть как вредными, так и полезными. Например, при конструировании машин и различного рода сооружений необходимо, чтобы собственная частота их колебаний не совпадала с частотой возможных внешних

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

воздействий, в противном случае возникнут вибрации, которые могут вызвать серьезные разрушения. С другой стороны, наличие резонанса позволяет обнаружить даже очень слабые колебания, если их частота совпадает с частотой собственных колебаний прибора. Так, радиотехника, прикладная акустика, электротехника используют явление резонанса.

### Литература

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для вузов / Т.И. Трофимова. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.
2. Сивухин Д. В. Механика/ Д. В. Сивухин – М.: Наука, 1989. – 576 с.





УДК 534.5

Подорванов А.М.,

студ. группы ААХ-25а, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: Шитов А.А.,

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры высшей математики  
и информатики, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## СЛОЖЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ

*Аннотация.* Рассмотрен метод векторных диаграмм для сложения колебаний. Рассмотрены однонаправленные колебания.

*Ключевые слова:* векторные диаграммы, однонаправленные колебания.

**Введение.** Если колебательная система одновременно участвует в двух (или более) независимых колебательных движениях, возникает задача - найти результирующее колебание. В случае однонаправленных колебаний под этим понимается нахождение уравнения результирующего колебания; в случае взаимно перпендикулярных колебаний - нахождение траектории результирующего колебания. В этой работе мы рассмотрим только однонаправленные колебания.

**Постановка задачи.** Для сложения колебаний удобно применять метод векторных диаграмм. Этот метод основан на представлении гармонического колебания в виде вектора, модуль которого равен амплитуде колебания, а направление

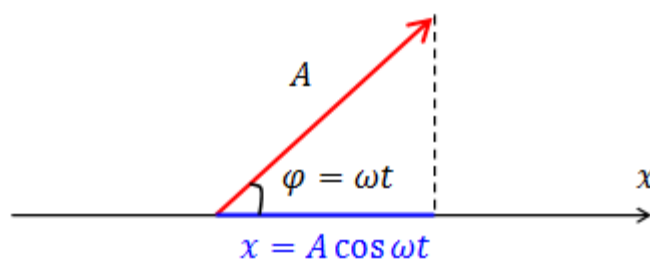


Рис.1. Представление гармонического колебания в виде вектора (метод векторных диаграмм)

образует с осью  $x$  угол, равный фазе колебания (рис.1). Проекция этого вектора на ось  $x$  равна значению  $x(t)$ . Векторная диаграмма всегда строится для какого-то одного момента времени.

Рассмотрим сложение колебаний одинакового направления. Пусть складываются два гармонических колебания с различными параметрами, направленные вдоль одной прямой:

$$x_1(t) = A_1 \cos \varphi_1, \quad x_2(t) = A_2 \cos \varphi_2, \quad (1)$$

где  $\varphi_1 = \omega_1 t + \varphi_{01}$ ,  $\varphi_2 = \omega_2 t + \varphi_{02}$ ,  $A_1, A_2$  – амплитуды колебаний,  $\omega_1, \omega_2$  – частоты колебаний,  $t$  – время,  $\varphi_{01}, \varphi_{02}$  – начальные фазы.

Пользуясь методом векторных диаграмм, представим эти колебания с помощью векторов  $\vec{A}_1$  и  $\vec{A}_2$  (рис.2).

Результирующее колебание:

$$x = x_1 + x_2. \quad (2)$$

Амплитуда результирующего колебания находится с использованием теоремы косинусов и равна:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}. \quad (3)$$

Так как разность фаз в общем случае зависит от времени, то амплитуда  $A$  результирующего колебания непостоянна. Поэтому результирующее колебание не является гармоническим, а представляет собой сложный колебательный процесс с пульсирующей амплитудой.

Если частоты колебаний равны  $\omega_1 = \omega_2$ , то разность фаз этих колебаний не зависит от времени:

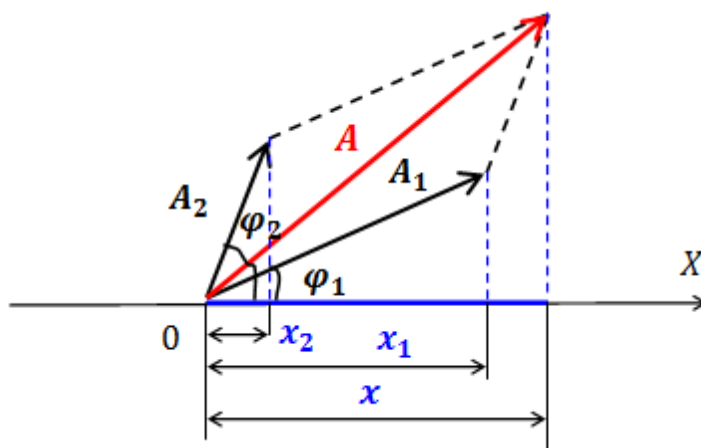


Рис.2. Сложение колебаний одинакового направления

$$\Delta\varphi = \varphi_{02} - \varphi_{01}. \quad (4)$$

Такие колебания называются когерентными. В этом случае результирующая амплитуда колебаний равна:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_{02} - \varphi_{01})}, \quad (5)$$

а начальная фаза результирующего колебания определяется соотношением:

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{A_1 \sin \varphi_{01} + A_2 \sin \varphi_{02}}{A_1 \cos \varphi_{01} + A_2 \cos \varphi_{02}}. \quad (6)$$

Очевидно, что:

- если разность начальных фаз обоих колебаний  $\Delta\varphi = \varphi_{02} - \varphi_{01}$  равна 0 или  $2\pi$ , то  $\cos(\varphi_{02} - \varphi_{01}) = 1$  и амплитуда результирующего колебания максимальна и равна сумме амплитуд складываемых колебаний:  $A = A_1 + A_2$ .
- если разность начальных фаз равна  $\pm\pi$ , т.е.  $\cos(\varphi_{02} - \varphi_{01}) = -1$  (колебания находятся в противофазе), амплитуда результирующего колебания минимальна и равна:  $A = A_1 - A_2$ , в случае равенства амплитуд  $A_1 = A_2$  наблюдается полное гашение колебаний.

**Выводы.** В природе часто происходят процессы, в которых складываются несколько величин, изменяющихся по гармоническому закону. Это явления интерференции и дифракции света, различные акустические явления, процессы в цепях переменного тока. Сложение колебаний мы можем наблюдать на морской поверхности. Электрокардиограмма представляет собой сложение колебаний напряжений биотоков, вырабатываемых сердечной мышцей. В данной работе рассмотрен метод векторных диаграмм, который позволяет находить результирующее колебание.

### Литература

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для вузов / Т.И. Трофимова. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.  
Сивухин Д.В. Механика / Д.В. Сивухин – М.: Наука, 1989. – 576. с.



УДК 51-7

Хрущ А.И.,  
гр. ИСИ-4а, ГОУ ВПО «ДонНАСА»,  
Руководитель: Чудина Е.Ю.,  
к.пед.н., доцент кафедры высшей математики и информатики,  
ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСТНИЧНОГО МАРША В ЖИЛОМ ЗДАНИИ

*Аннотация.* В статье рассмотрен расчет параметров лестничного марша с учетом высоты и ширины ступени.

*Ключевые слова:* лестничный марш, ступени, расчет параметров.

**Введение.** При выборе угла наклона лестничного марша ориентируются на строительные нормативы. Выбор наклона лестничного пролета во многом определяет удобство подъема и безопасность использования, и является актуальной задачей строительной практики.

**Постановка задачи.** Существуют определенные нормативные требования ГОСТ и СНиП по возведению лестниц. Маршевые лестницы, изготовленные из разнообразных материалов, имеют различные требования к размерам, массе, объему, вертикальной нагрузке и другим характеристикам [1, 2]. Опыт многочисленных проектов в частных домах свидетельствует, что оптимальный уклон лестничного марша составляет 20-30 градусов. Ступеней на один марш может быть не менее 3 и не более 18, в зависимости от их количества и угла наклона формируется и максимально допустимая длина. Рассмотрим задачу определения уклона лестничного марша с учетом заданных параметров.

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

**Результаты.** Пусть  $a$  – ширина ступени,  $b$  – ее высота (рис. 1). Согласно приведенным выше нормам, запишем ограничения:  $15 \leq a \leq 18$ ,  $b \geq 25$ ;  $1.5a \leq b \leq 2a$ . Введем дополнительное ограничение, исходя из средней длины шага взрослого человека (60 см):

$$(2a)^2 + (2b)^2 = 60^2;$$

$$a^2 + b^2 = 30^2.$$

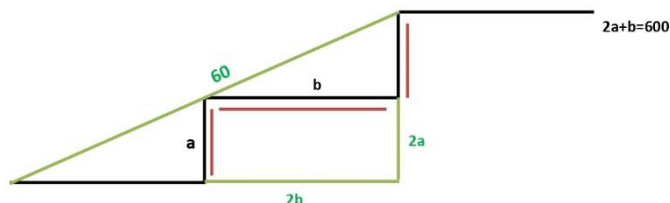


Рис. 1. Параметры ступени

Таким образом, получим систему:

$$\begin{cases} 15 \leq a \leq 18, \\ b \geq 25; \\ 1.5a \leq b \leq 2a; \\ a^2 + b^2 = 30^2; \\ a, b > 0 \end{cases}$$

Решим задачу графически. Построим область допустимых решений (рис. 2). Получим четырехугольник  $ABCD$ . Решением системы будет дуга окружности  $KL$ , лежащая внутри четырехугольника. В зависимости от предпочтений заказчика, можно выбрать высоту ступени и определить ее оптимальную ширину. Например, при  $a=16$  см получим:

$$b = \sqrt{30^2 - 16^2} = 2\sqrt{161} \approx 25,38 \text{ (см)}.$$

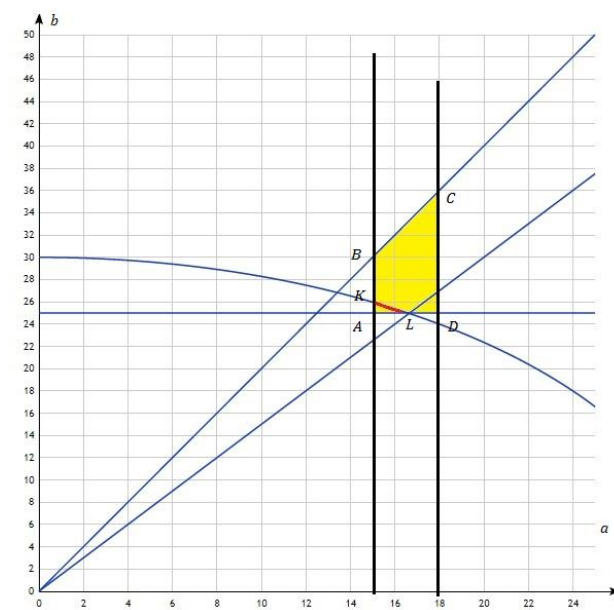


Рис. 2. Решение системы

**Выводы.** При заданных параметрах лестничного марша и их соответствии строительным нормам задача нахождения оптимальных параметров может быть решена графически. Кроме того, условия задачи могут быть изменены при индивидуальных расчетах, например, с учетом длины шага или высоты ступени.

### Литература

1. СНиП 11-25-80. Деревянные конструкции / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2002. – 30 с.
2. СНиП 11- 23-81. Стальные конструкции / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – институт ОАО «НИЦ «Строительство». – М.: 2011. – 178 с.
3. ГОСТ 9818-2015 Марши и площадки лестниц железобетонные. Общие технические условия / АО «ЦНИИЭП жилища - институт комплексного проектирования жилых и общественных зданий». – М.: 2016. – 28 с.





УДК 66-10167

Бывалина А.С.,

студ. группы ИЗОС-2а, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: Самойлова Е.Э.,

к.т.н., доц., доцент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «ДонНАСА»

### ИННОВАЦИИ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Аннотация.* Химия постоянно развивается как наука. И не только в теоретическом аспекте. Химическая промышленность является одной из важнейших базовых отраслей современной экономики. Ее продукция (70 тыс. наименований) широко используется для производства разнообразных потребительских товаров, а также – в больших объемах – в других отраслях экономики, таких как сельское хозяйство, обрабатывающая промышленность, строительство и сфера услуг.

*Ключевые слова:* инновация в химической отрасли, полимеры, переработка, отходы производства риса.

**Введение.** Данная работа включает в себя беглый обзор наиболее интересных открытий в химической отрасли (выступающей в неразрывной связи с остальными) за 2018-2019 годы. Она дает некоторое представление о широком поле для исследований по химии для ученых мира, а также насколько важны инновации в области утилизации отходов и насколько разнообразны сферы их применения. Именно поэтому инновации в химической отрасли часто выступают не изолированно, а соотносятся с другими науками, другими областями знаний и практическими сферами: физикой, биологией, экологией, утилизацией отходов, альтернативной энергетикой [1].

## 1. Найдена управа на пластиковую напасть [2]

Химики из Российского химико-технологического университета имени Менделеева придумали, как перерабатывать смесь всевозможных пластмассовых бутылок, даже если они сделаны из разных полимеров. Куда деваются все те многочисленные бутылки, банки, контейнеры и другая полимерная тара, которые сегодня в избытке можно видеть в киосках, магазинах, да и на собственной кухне, которые люди используют и выбрасывают каждый день? Вопрос этот скорее экологической направленности – ведь ресурсы природы безграничны. Сжигать или закапывать полимерную тару вредно, да и просто немыслимо - земли не хватит. Некоторые скептики утверждают, что день, когда российская земля будет представлять собой равномерную смесь почвы и пластиковых бутылок, отнюдь не далек. Перерабатывать же использованную тару весьма нелегко.

Вначале тару собирают и сортируют на полигоне. Потом ее прессуют в тюки весом в тонну и отправляют на мельницу-дробилку. Полученную смесь хлопьев вываливают в водяную ванну – здесь смывают этикетки и удаляют остатки клея. Затем хлопья по возможности разделяют на полимеры разных видов.

Полимеры ждут главные превращения - химическая переработка в реакционном экструдере. А вот тут и возникает главная проблема - как переработать смесь разных полимеров. Дело в том, что полиэтилен, полиэфир, полиэтилентерефталат и другие полимеры, помещенные в реактор и нагретые до температуры их переработки, часто вызывают взаимное разложение друг друга. Здесь сказывается ограниченная совместимость полимеров разной химической природы. Для того чтобы избежать этих неприятных явлений, химики из университета и придумали делать органические добавки в смесь. Назначение такой спасительной добавки – подавлять разложение основной цепи или концов молекулы, равно как и сам по себе распад полимера, вызванный чрезмерным нагревом.

На выходе оказываются полимерные композиционные материалы, которые имеют повышенную механическую и ударную стойкость и почти не впитывают воду.

## **2. Новый наполнитель для резин и полимеров [3]**

Российские ученые синтезировали, так называемые квазикристаллы, в которых атомы железа, меди и алюминия расположены в строгом, запрещенном для обычных кристаллов порядке. Исследовав свойства этих веществ, химики нашли для них область применения. Композиты на основе резин и полимеров с добавками этих соединений будут обладать, по мнению авторов, уникальными свойствами. Квазикристаллические сплавы авторы предлагают получать методом, так называемого механо-химического синтеза в специальных мельницах, в которых порошки исходных металлов дробят с такой силой и до тех пор, пока металлы не перемешаются на атомарном уровне и не получится сплав. А чтобы закрепить успех, полученный порошок нужно еще отжечь прогреть некоторое время при высокой температуре.

Данные материалы перспективные наполнители для различных резиновых и пластиковых уплотнителей.

## **3. Рисовыми отходами будут мостить дороги [4]**

Отходы производства риса помогают японским ученым создавать дорожное покрытие для более тихих и качественных дорог. Покрытые новым способом дороги лучше поглощают шум, быстрее высыхают и менее чувствительны к перепадам температур, чем традиционное дорожное покрытие, утверждают сотрудники фирмы Minebea из Нагано, Япония. Они способны даже помогать в управлении движением. Покрытие содержит рисовые отруби, которые обычно отправляются на свалки или на корм скоту. Но если их смешать со смолами, получается твердый упругий материал, обладающий многими интересными свойствами. Он универсален, легок, отличается устойчивостью к трению и пористостью. Смеси с рисовыми отрубями можно добавлять к асфальту, чтобы получить надежную дорожную поверхность.

## **Выводы.**

## Секция «ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

1. Сегодня идет работа над созданием аппарата реакционной экструзии для переработки полимеров и их отходов независимо от состава и химической природы их компонентов.

2. Новый наполнитель для резин и полимеров служить дольше и сможет выдерживать большие нагрузки. Износостойкость при этом может увеличиться в десятки раз.

3. «Рисовый» асфальт обеспечит надежную дорожную поверхность, которая будет поглощать на 25% больше шума, чем многослойные и асфальтовые дороги или поверхности с добавлением стекловолокна.

### Литература

1. Кудинова О., Государство в инновациях // The Chemical Journal. Май 2010. – с. 20-24.
2. Кондратьев В.Б., Мировая химическая промышленность// Перспективы. Фонд исторической перспективы. Май 2011.
3. Желтиков В.П., Экономическая география: Учебник /– Феникс, 2001.
4. Крутько Н., Инновационное развитие нефтехимического комплекса // Наука и инновация. 2011. - №6 (100).



УДК 378

Аксёнов И.С.,

студ. гр. ПСМиК-50, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: Ташкинов Ю.А.,

ассистент кафедры «Прикладная химия»,

ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## **САМОПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ С НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКОЙ**

*Аннотация.* Рассмотрены области применения интеллектуальных систем в прогностической деятельности студентов.

*Ключевые слова:* Educational Data Mining; педагогическое прогнозирование; нечёткая логика; физическая химия.

**Введение.** Физическая химия занимает важное место в профессиональной подготовке студентов, которые обучаются по профилям подготовки "Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций", относится к обязательной части учебного плана, и формирует две общепрофессиональные и одну профессиональную компетенции. Преподаватели и студенты кафедры «Прикладная химия» посвящают работы освещению научно-исследовательской темы «Разработка и внедрение в учебный процесс мультимедийных и дистанционных методов обучения студентов по химическим дисциплинам», что особенно актуально в период обучения студентов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» с применением дистанционных технологий, в связи с введёнными мерами по предупреждению распространению инфекции COVID-19.



**Постановка задачи.** Проведение самопрогнозирования оценки по курсу физической химии с применением интеллектуальных систем, используя в качестве исходных данных баллы по ряду изученных тем.

**Основная часть.** В зарубежной практике всё чаще применяют технологию Educational Data Mining (EDM) с целью прогнозирования образовательных результатов студентов, однако, успехи по физической химии в отечественной литературе на данный момент ещё не моделировались [2]. Такие отечественные ученые, как О.М. Бакунова, Т.И. Бугаева, М.Г. Коляда, Д.Х. Имаев, Е.Е. Котова, Р.В. Майер, В.В. Руанет и др., занимаются исследованиями в применении технологии EDM для моделирования образовательных процессов. Среди зарубежных аналитиков мы упомянем следующие фамилии: К.Бичер, Д. Бэрри, Дж. Малиэкал, О. Ясар, Р.С. Бэйкер, А. Датт, Ц. Ромеро, Б. Оанцеа и др.

Одним из направлений EDM являются компьютерные программы, основанные на применении теории нечётких множеств [1]. Они позволяют кодировать информацию не только по бинарному признаку («истина»-«ложь»), но и на всём промежутке вещественных чисел, входящих в интервал  $[0..1]$ .

В [4] представлена технология прогнозирования оценок по химии, применённая для самопрогнозирования балла по физической химии. В качестве исходных данных взяли баллы, полученные студентами по результатам освоения различных тем курса «Химия»: «Термохимия и основы термодинамики»; «Химическая кинетика и химическое равновесие»; средний балл за изучение четырёх тем: «Свойства растворов неэлектролитов и электролитов», «Гидролиз солей», «Дисперсные системы»; экзаменационный балл студента по курсу «Химия»

Всего будет 625 комбинаций оценок (4 независимых переменных, 5 видов оценок – А, В, С, D (Е), F (FX),  $5^4=625$ ). Составлен ряд правил нечёткой логики, ниже приведены некоторые примеры из 625 составленных правил:

- Если экзаменационный балл = «60» и балл по теме «Растворы» = 3 и балл по теме «Термодинамика» = 4 и балл по теме «Кинетика» = 3 то предполагаемая оценка за курс «Физическая химия» = «удовлетворительно»

## Секция «ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

• Если экзаменационный балл = «90» и балл по теме «Растворы» = 5 и балл по теме «Термодинамика» = 5 и балл по теме «Кинетика» = 5 то предполагаемая оценка за курс «Физическая химия» = «отлично»

Построена модель с использованием программного комплекса Matlab R2014a с модулем Fuzzy Logic Toolbox. Использован режим алгоритма Мамдани. Тип функции принадлежности – gaussmf, т.к. большинство педагогических явлений подчиняются нормальному распределению Гаусса [3].

Результат моделирования представлен на рис. 1-6.

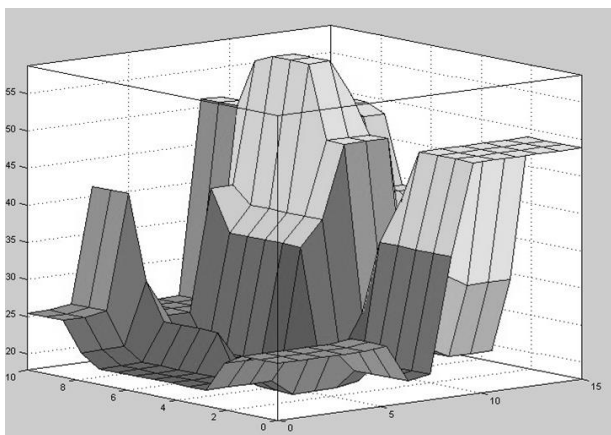


Рис. 1. Зависимость оценки по физической химии от оценок за экзамен и по теме «Термодинамика»

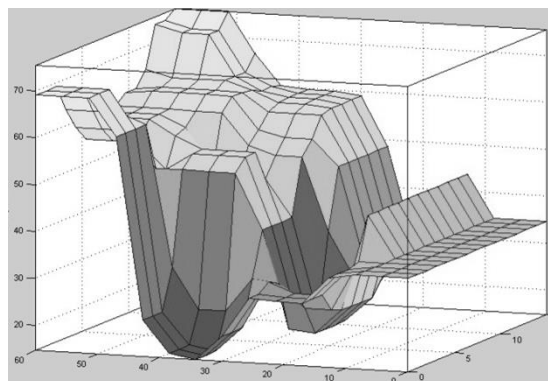


Рис.2. Зависимость оценки по физической химии от баллов по темам «Растворы» и «Кинетика и равновесие»

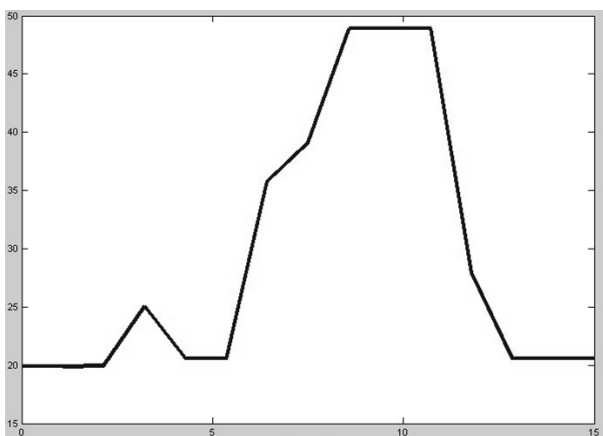


Рис.3. Зависимость оценки по физической химии от оценок за экзамен по химии

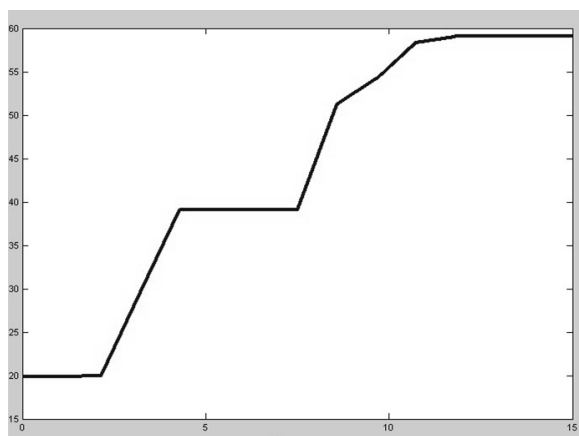


Рис.4. Зависимость оценки по физической химии от оценок по теме «Растворы»

## Секция «ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

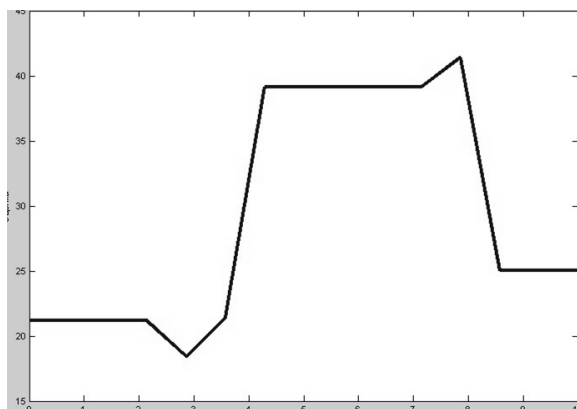


Рис.5. Зависимость оценки по физической химии от баллов по теме «Термодинамика»

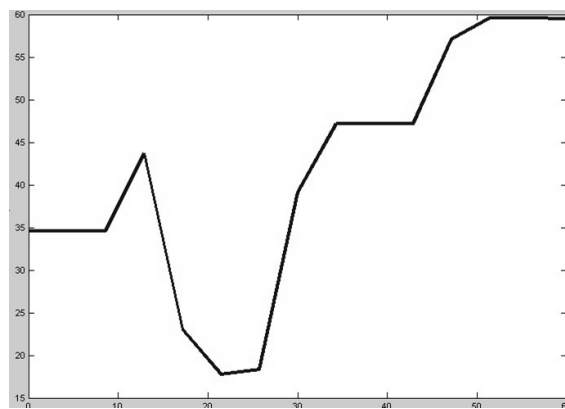


Рис.6. Зависимость оценки по физической химии от баллов за изучение темы «Кинетика и равновесие»

Для проверки эффективности применения построенной модели, проанализировали баллы 11 студентов группы ПСМиК-50, полученные на 1 курсе во время изучения курса «Химия», а также средний балл студентов по курсу «Физическая химия» (на момент написания статьи студентами пройдено 61,2% курса), результаты занесены в табл. 1.

Таблица 1. Проверка эффективности прогностической модели

№	Прогнозируемый результат	Средний балл (в пересчёте на 100%)	Комментарий
1	2	3	4
1	«Отлично»	100%	+
2	«Удовлетворительно»	20%	ниже прогнозируемого
3	«Хорошо»	76%	+
4	«Хорошо»	79%	+
5	«Хорошо»	77%	+
6	«Удовлетворительно»	66%	+
7	«Хорошо»	90%	выше прогнозируемого
8	«Отлично»	95%	+
9	«Хорошо»	75%	+
10	«Удовлетворительно»	60%	+
11	«Удовлетворительно»	45%	ниже прогнозируемого

Прогностическая модель показывает точные результаты в 73% прогнозов; 9% прогнозов занизили результат, что может быть связано с повышением уровня

мотивации студентов при переходе на второй курс обучения; 18% прогнозов показали завышенные ожидания, что может быть связано с переходом на дистанционную форму обучения: у ряда студентов есть задолженности по усвоению рабочей программы, которые будут устранены до экзаменационной сессии.

**Выводы.** Программы, основанные на применении систем с нечёткой логикой. Показали мощный прогностический потенциал при составлении самопрогнозов балла по физической химии. Планируется проверка созданной модели по завершении студентами группы курса физической химии.

### Литература

1. Ташкинов Ю.А. Моделирование сформированности прогностической компетенции инженера-строителя с использованием интеллектуальных систем // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Сборник трудов / Редкол.: Е.В. Горохов, В.Ф. Муцанов, А.М. Югов, В.И. Братчун и др. – Макеевка, ДонНАСА, 2019. – №135. – 122 с. – С.59-63.

2. Ташкинов Ю.А. Обзор возможностей Education Data Mining, как эффективного средства педагогического прогнозирования в профессиональном образовании // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Матер. IV Междун. науч. конф. (Донецк, 31 окт. 2019 г.). – Том 6: Пед. науки. Часть 1 / под общей ред. проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2019. – 390 с. – С. 317-319.

3. Ташкинов Ю.А. Педагогическое прогнозирование образовательных результатов будущих инженеров-строителей в реальном времени [Электронный ресурс] // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. 2020. – Т. 8, – №1(28). – Режим доступа: <http://humjournal.rzgmu.ru/art&id=416чч.мм.гггг>. doi:10.23888/humJ2020135-45 (Дата обращения: 24.04.2020).

4. Ташкинов Ю.А. Прогнозирование учебных достижений будущих инженеров-строителей на занятиях по химии // Актуальные методы оценки и контроля знаний в преподавании химических дисциплин. – Матер. Респ. научно-метод. семинара. 25 января 2019г. – Донецк: ГОУ ВПО ДонНУ, 2019. – С. 26-33.



УДК 691

Васькевич Ю.А.,

студ. группы ИЗОС-4а, ГОУ ВПО «ДОННАСА»

Руководитель: Муконина Е.В.,

ассистент кафедры «Прикладная химия», ГОУ ВПО «ДОННАСА»

## **ВЕЛЮРОВЫЙ КИРПИЧ-ХАМЕЛЕОН**

*Аннотация.* Раскрыта сущность инновационного строительного материала с описанием ее достоинств и особенностей.

*Ключевые слова.* Велюровый кирпич, кирпич-хамелеон, строительство, инновация.

**Введение.** При построении жилья каждый хочет, чтобы он выглядел красиво, необычно и благородно. При этом обычно преследуется цель – финансово сэкономить, но чтобы построение было прочным и износостойким.

**Постановка задачи.** Таким образом, в процессе строительства остро встает вопрос о выборе отделочного камня.

**Результаты.** Около 15 лет назад в России был изобретен особый вид строительного материала – кирпич-хамелеон. Благодаря его способности прекрасно поглощать свет, стены дома получаются как бы бархатные, что придает постройкам необыкновенную благородность. Кроме того, этот камень способен менять свой цвет несколько раз в сутки в зависимости от освещения и угла зрения. Кирпич-хамелеон называют «бархатным» или «велюровым» из-за его красивого цвета. Некоторые считают, что такой эффект достигается благодаря химическим компонентам или использованию новейших технологий. Но секрет заключается в длинных тонких бороздах, которые наносятся на поверхность клинкера металлическими щетками. Эти полосы преломляют

## Секция «ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

солнечный свет, и в разное время дня фасад дома изменяет свой цвет – от светло-розового до темно-бордового. В случае применения клинкера во внутренней отделке помещения он также будет изменять свой цвет, но уже благодаря искусственному свету. С помощью технологий бархатного кирпича специалисты создают уникальные дизайнерские решения, ведь создавая один орнамент, получается множество разных – цвет меняется в течении дня несколько раз.



Рис.1 Кирпич-хамелеон при различном освещении

«Бархатный» кирпич – относительно новое веяние на рынке, он имеет множество преимуществ и особенностей:

1. Такой строительный камень имеет хорошую звуконепроницаемость;
2. Он не выгорает, так как это случается с обычным кирпичом;
3. Прекрасно сочетается с разными цветами и фурнитурами;
4. Очень прочный и надежный.

Такие необычные свойства кирпича и его уникальный внешний вид делают его популярным. Этим строительным материалом украшают не только стены здания, но и арки, заборы, лестничные пролеты. Кроме того, бархатный кирпич жаростойкий, что делает возможным его использование для облицовки каминов и печей. Часто бархатный кирпич используют вместе с обычным классическим кирпичом, чередуя в разной последовательности, благодаря чему получают всевозможные рисунки и узоры.

Интересен тот факт, что похожее строительное сырье уже появлялось на рынке время от времени, но все они имели свои недостатки, как, например, высокая цена. А велюровый кирпич имеет небольшую стоимость, так как необычный эффект достигается не с помощью технологий, а благодаря оптической иллюзии.

**Вывод.** Такие кирпичи позволяют создавать уникальные фасады и декоры, ведь сочетая его с другими строительными элементами, можно добиться необычайных результатов. Именно поэтому желающие получить совершенно новый и уникальный дом, выбирают кирпич-хамелеон.

### Литература

1. Новейшая энциклопедия правильного ремонта. – М.: РИПОЛ классик, 2007. – 512 с.
2. Смирнова М.П. Евроремонт без лишних затрат/ М.П. Смирнова. – М.: ООО «ТД «Издательство Мир книги», 2007. – 350 с.
3. Инновация в строительстве – кирпич-хамелеон [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://domsdelat.ru/poleznie-soveti/innovaciya-v-stroitelstve-kirpich-xameleon.html> (дата обращения 10.04.20).
4. Велюровый декоративный кирпич [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://www.stroy.ru/cottage/build-walls/publications\\_1454.html](https://www.stroy.ru/cottage/build-walls/publications_1454.html) (дата обращения 10.04.20).



УДК 378

Поддубный Д.А.,  
студ. группы ИЗОС-4а, ГОУ ВПО «ДонНАСА»  
Руководитель: Ташкинов Ю.А.,  
ассистент кафедры прикладной химии  
ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## ОБЗОР МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

*Аннотация.* Рассмотрены основные физические методы промышленной очистки питьевой воды на примере Донецкой Народной Республики, Российской Федерации и стран Европы.

*Ключевые слова:* методы очистки воды, обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация, микрофильтрация, ультрафиолетовое обеззараживание.

**Введение.** Вода является самым распространенным веществом, и вместе с тем самым малоизученным в природе. Сегодня к качеству питьевой воды предъявляют очень высокие требования. Чтобы хорошо себя чувствовать, человек должен употреблять только чистую качественную питьевую воду.

**Постановка задачи.** Учёными давно установлена прямая связь между качеством питьевой воды и продолжительностью жизни. Это неудивительно, учитывая, что по данным Всемирной организации здравоохранения около 90% болезней человека вызывается употреблением для питьевых нужд некачественной воды, а также использование неподготовленной воды в бытовых целях (душ, ванна, бассейн, мытье посуды, стирка белья).

Поэтому на сегодняшний день вопросы контроля качества питьевой воды не утратили своей актуальности.



**Результаты исследования.** Одна из самых больших экологических проблем Донбасса – это дефицит питьевой воды и опасный уровень загрязнения природных водных источников. Данная проблема в регионе обусловлена наличием больших объёмов сточных вод. Ежегодно объёмы сточных вод в Донецкой области составляют около 2 млрд. куб. м, причём на угольную промышленность приходится более 50% всех стоков [1].

Требования для воды, поступающей в жилые дома, достаточно строгие и регулярно контролируются государством (табл.1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика требований САНПиН и Европейских стандартов к питьевой воде

№ п/п	Определяемые показатели	Фактическое значение	Предельно допустимая концентрация, нормативы		
			САНПиН Питьевая вода 2.1.4.1074-01	Европейское Экономическое Сообщество	Всемирная организация здравоохранения, Женева
1	рН, (ед.)	7,229	6,0-9,0	6,2-8,5	6,5-8,5
2	Цветность, (град.)	24	20	20	15
3	Запах, /20°C/60°C/, (баллы)	3	2	2/3	отсутствие
4	Мутность, (ЕМФ)	111	2,6	1,0	2,0
5	Общая жесткость, (мг-экв/л)	7,3	7,0	2,9	2,5
6	Общее солесодержание, (по NaCl), (мг/л)	407	1000	не норм.	не норм.
7	Железо общее, (мг/л)	6,60	0,3	0,2	0,3

Для обеззараживания воды в Донбассе сейчас применяют хлорирование, но его можно употреблять для достаточно чистой воды, которой в регионе практически нет. Наличие в исходной воде органических соединений после её хлорирования приводит к появлению хлорпроизводных, намного более токсичных, чем начальные вещества. Установлено, что операция хлорирования питьевой воды с целью её обеззараживания повышает токсичность воды в 5 раз по сравнению с исходной водой [2].

В Донецкой области исследованием качества воды занимается химико-бактериологическая лаборатория ГП «Вода Донбасса» [3]. Предприятие принимает экстренные меры по фильтрации и очистке воды. Но по причине

устаревшего оборудования, имеющиеся фильтры не справляются в полной мере со своей задачей. Ведь сколько не фильтруй воду, в которую попали канализационные отходы и химикаты, она не станет лучше. Для решения этой проблемы нужны более радикальные и современные методы очистки. Рассмотрим список наиболее эффективных физических методов промышленной очистки питьевой воды на примере РФ и зарубежных стран (рис.1).



Рис.1. Физические методы промышленной очистки питьевой воды

Одним из таких методов является фильтрация воды обратным осмосом. Это самый высококачественный уровень фильтрации, который занимает ведущую позицию в области очистки воды на рынках различных стран. При определенном давлении, вода проходит через полупроницаемую мембрану из более концентрированного в менее концентрированный раствор, то есть в обратном для осмоса направлении. Таким образом, мембрана пропускает воду, но не пропускает большинство растворенных в ней веществ, благодаря этому из воды можно удалить 99,8% примесей, включая соли жесткости и тяжелых металлов, нитраты, пестициды и даже мельчайшие частицы вирусов. Такую технологию можно установить даже в бытовых условиях. Сегодня на рынке представлен широкий выбор бытовых осмосов «под мойку».

Следующий метод – нанофильтрация. Она нашла широкое применение во Франции, Голландии и США. Нанофильтрация идеально удаляет цветность, выводит ионы хлора безреагентным методом, избавляет от галогенных примесей органики. Главным плюсом считается высокоэффективная борьба с

хлорсодержащими остатками. При нанофильтрации вода очищается на 85%, т.е. в ней остаются полезные для организма микроэлементы и минералы, а вредоносные удалены. Если судить по цифрам, то исходная вода, например, у нас с жесткостью 5,1, после наномембраны будет иметь остаточную жесткость 0,75. Большим преимуществом нанофильтрации перед обратным осмосом при производстве питьевой воды – является сохранение жизненно необходимых для здоровья человека солей и микроэлементов.

При помощи ультрафильтрации можно избавиться от механических примесей и осадков в воде. Данный метод заключается в пропускании воды через мембрану с размером пор 0,002–0,1 мкм под определенным давлением. Системы ультрафильтрации воды позволяют ликвидировать взвешенные частицы больше 0,01 мкм (коллоидные примеси, бактерии, вирусы, органические макромолекулы). Помимо очистки воды данный метод широко используется в пищевой, микробиологической и химической промышленности.

Микрофильтрация происходит на мембранах-ситах с диаметром ячеек-пор 0,1-1 микрон. С помощью таких мембран удаляются все вещества, которые больше 0,5-1 мкм (мелкий песок, крупная глина, водоросли, бактерии). Этот метод промышленной очистки питьевой воды применяется преимущественно в западных странах.

Наметилась тенденция к широкому применению метода ультрафиолетового обеззараживания воды вместо традиционного хлорирования. Ультрафиолетовое обеззараживание воды, в отличие от окислительных технологий, не меняет ее химический состав, предотвращает повторный рост бактерий после очистки.

Технология обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением является наиболее простой как в реализации, так и при обслуживании ультрафиолетового оборудования, что связано:

- с незначительными затратами электроэнергии (в 3-5 раз меньшими, по сравнению с другими методами очистки);

- с отсутствием потребности в дорогостоящих (в настоящее время) реагентах: жидком хлоре, гипохлорите натрия или кальция;
- с простотой эксплуатации и отсутствием необходимости в специальном обслуживающем персонале и, как следствие, в затратах на его содержание;
- с отсутствием требований по организации специальных мер безопасности [4].

В России, к примеру, такая установка по ультрафиолетовому обеззараживанию воды запущена в ОАО «ПО Водоканал г. Ростова-на-Дону» и оправдывает свою эффективность, внедрение которой позволило улучшить экологическое состояние воды в реке Дон, существенно сократить издержки, связанные с очисткой воды. Значительно повысилась эффективность использования ресурсов, проведена большая работа по сокращению затрат. Снизилась расход электроэнергии и, как следствие, снизилась расход предприятия в целом почти на 43,3 млн. рублей.

**Выводы.** Таким образом, использование современных инновационных методов промышленной очистки питьевой воды в водоканалах приводит не только к улучшению экологической ситуации и состояния водоемов, но и дает существенную экономическую выгоду, предприятиям, внедряющим такие технологии. В современном мире становится экономически выгодно использовать технологии, направленные на усовершенствование экологической ситуации.

### Литература

1. Ибраева Ю.Р. Шахтные воды – источник экологического кризиса гидросферы Донбасса / Ю.Р.Ибраева // Екологічні проблеми паливно-енергетичного комплексу. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – 145 с.
2. Артюх С.В. Проблемы экологии жилых помещений [Электронный ресурс] // Сборник научных работ студентов Донецкого национального технического университета. – Донецк: ДонНТУ, 2018. – С. 295-303 – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/publ2003/feht/artyuukh.pdf> Дата обращения: 16.04.2019).

3. Официальный сайт Государственного предприятия «Вода Донбасса» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vodadonbassa.ru>. (Дата обращения: 24.04.2020).

4. Айдаркина Е.Е. Инновационные технологии очистки воды (на материалах ОАО «ПО Водоканал г. Ростова-на-Дону») // Проблемы устойчивого развития экономики региона. – 2011. – №1. – С.143-147.



УДК 378.147

Анненкова Г.А.,

студ. группы ГК-9, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: Демяненко И.В.,

ассистент кафедры «Прикладная химия», ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ БОЛЕЕ ПОЛНОГО ПОНИМАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

*Аннотация.* Изучена возможность использования дополненной реальности (ДР) при изучении химических процессов во время проведения занятий.

*Ключевые слова:* дополненная реальность, исследование образования в области химии, компьютерное обучение.

**Введение.** Многие студенты изучают химию и не могут усвоить дисциплину с первой попытки. Причина в том, что курс химии требует, чтобы у студентов было одновременно развито мышление на нескольких его уровнях. Студенты должны не только запоминать и понимать информацию, но и, что самое важное, визуализировать понятия. В Университете Юты-Вэлли курс органической химии часто был неудачным («Наиболее неудачные курсы») [1]. В таких ситуациях большинство студентов принимали решение сменить специальность. Благодаря занятиям по химии с использованием дополненной реальности все больше студентов продолжают свою намеченную программу благодаря достижению более значительных результатов на курсах STEM [2].

**Постановка задачи.** Изучить процесс разработки Microsoft HoloLens 2 и возможности ее применения для понимания протекания химических процессов.

**Основная часть.** Дополненная реальность стала популярным педагогическим инструментом в областях STEM и будет удерживать свои позиции благодаря развитию технологий. Такие компании, как Microsoft, Google и Snapchat используют дополненную реальность в своих продуктах. Концепция дополненной реальности происходит от виртуальной реальности и использует симуляцию трехмерной среды, которая позволяет процессам казаться реальными. Виртуальная реальность отображает полное погружение визуального изображения, в то время как дополненная реальность помещает изображение или модель поверх существующей среды.

В 1992 году исследователь индикаторов на лобовом стекле Том Кауделл был аккредитован для создания термина «дополненная реальность» [3]. Кауделл и его коллега Дэвид Мизелл определяют дополненную реальность как наложение материала, представленного компьютером, поверх материала реального мира и выделяют преимущества ДР. Комео и Брайен, инженеры Philco Corporation, разработали первую версию анаголовных дисплеев (HMD). Они были оснащены видеозэкраном для каждого глаза и системой отслеживания движения, но отсутствовала интеграция компьютерной графики и генераторов изображений [4]. В 1968 году Иван Сазерленд и его ученик Боб Спроулл создали систему дополненной реальности под названием «Дамоклов меч», хотя она была слишком велика для тех, кто ее носил. В течение 1975-1992 годов было создано несколько устройств, которые привели к созданию дополненной реальности. Например, в 1975 году ученым по имени Мирон Крюгер была изобретена первая в истории лаборатория дополненной реальности под названием «Видеоплейс», имевшая ограниченный потенциал. В 1980 году Стив Манн создал первый настольный компьютер под названием Eye-Tap, который представлял собой настольное устройство с камерой и компьютером, служащим экраном для разделения объектов и процессора. Аналогично, у очков Минолта были камеры, проецирующие изображение, а линзы служили экранами дисплея. Дизайн очков Минолта был последовательной разработкой для расширения реальности на протяжении первых лет существования компьютеров [5]. Хотя очки

улучшаются, разработчики сталкиваются с ограничениями, такими как разрешение экрана, ограничения угла обзора, ограничения обработки графики, точность отслеживания движения и доступность [6].

По мере развития технологий разработчики применяют ДР в образовательных целях. Используя технологию ДР, студенты могут взаимодействовать с учебниками, предоставляя иллюстрации к главам. Такая технология помогла учащимся делать более качественные конспекты, улучшать свои оценки и, благодаря использованию ДР, концентрировать внимание на протяжении более длительного периода. ДР обладает улучшенными пространственными характеристиками, проста в освоении и очень увлекательна.

Благодаря манипуляциям с движениями рук, которых окружающая среда требует от учеников, выросло любопытство, интерес и желание учиться. Это подтолкнуло команду к разработке Microsoft HoloLens 2 - более надежной версии ДР в области химии с акцентом на педагогические достижения.

Проведение занятия по химии с применением ДР заключается в лабораторные моделирования процессов, протекающих в ходе химической реакции.

Команда химиков сузила лабораторные эксперименты, основанные на двух понятиях, с которыми студенты-химики сталкиваются чаще всего. В качестве образца были взяты эксперименты – исследование равновесия обратимых реакций и самопроизвольного протекания необратимых реакций, которые затрагивают понятия термодинамики.

После того, как группа химиков обрисовала в общих чертах процесс, следующий шаг для команды графического дизайна - воссоздать все материалы и реакции, которые требуются для проведения лабораторного эксперимента. Позже было реализовано совместное использование ресурсов.

После того, как графические материалы были импортированы в Unity, команда программистов может создавать лабораторную симуляцию [2]. Основные программы моделирования атомов и молекул позволяют студентам изучать названия и строение атома. Настройка реакции позволяет студентам



создавать реакции и взаимодействовать с активами, чтобы смоделировать изучаемый процесс. Последующие занятия могут быть созданы с использованием тех же моделей, в рамках которых студенты могут использовать определенные заданные молекулы.

**Выводы.** Целью занятий по химии с применением ДР является ознакомление студентов с концепциями использования подобных систем и предоставлении им возможности взаимодействовать с подобными ресурсами. По данным опроса, проведенного среди обучающихся в MindTrekkers, 98% дали утвердительный ответ, что хотят, чтобы дополненная реальность была интегрирована в их образование [2]. Microsoft Hololens 2 позволяет создавать атомы, молекулы и различные лабораторные симуляции химических реакций, что будет способствовать более фундаментальному пониманию химических явлений студентами.

### Литература

1. Hoyt, E. (2014, November 12) [Электронный ресурс]. The Hardest College Courses. Retrieved August 17, 2017. – Режим доступа: <https://www.fastweb.com/student-life/articles/the-hardest-college-courses> (Дата обращения: 24.04.2020).
2. Denise Zepeda, Karime Abdeljalek, Laura Delgadillo, Joshua Rodriguez, Richard Castaneda. Undergraduate Research: Chemistry Education Through Augmented Reality/Proceedings of The National Conference On Undergraduate Research (NCUR), 2018. p.810-815.
3. Lee, K. (2012). Augmented reality in education and training [Электронный ресурс]. TechTrends, 56(2), 13-21. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3> (Дата обращения: 24.04.2020).
4. Varga, Kenneth A. "Computer-aided system for 360° heads up display of safety/mission critical data." U.S. Patent No. 9,728,006. 8 Aug. 2017.
5. Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. IEEE computer graphics and applications, 21(6), 34-47. DOI: 10.1109/38.963459.
6. Van Krevelen, D., & Poelman, R. (2007). Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations. Retrieved 2017-2-18.

УДК 54 (075.8)

Лабенко Е.В.,

студ. группы ИЗОС-2а, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: к.т.н, доцент Самойлова Е.Э.,

доцент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «ДонНАСА»

### АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

*Аннотация.* В статье рассмотрены пути решения загазованности атмосферного воздуха, на уровне более значимом, чем очистка газоздушных смесей от выбросов. Рассмотрены перспективы применения водородного двигателя и замену природного топлива на соленую воду, а также сорбент для комплексной очистки воды и поверхности почвы от нефтепродуктов и тяжелых металлов из отходов льнопроизводства и природного сапропеля, получаемого при очистке водоемов.

*Ключевые слова:* водородный двигатель, энерговодородные картриджи, электрокатализ, нанотехнологии, льнопроизводство, сапропель.

1. **«Вместо выхлопных газов – чистая вода».** Вместо громоздких газовых баллонов и привычных батареек - элементы питания, созданные с использованием нанотехнологий. Что стоит за этим термином, ставшим сверхпопулярным, продемонстрировали ученые из Института физической химии и электрохимии. Вместо выхлопных газов автомобилей - чистая вода. И это уже не фантастика, а всего лишь вопрос времени, говорят ученые. Экспериментальные машины с двигателями на водородном топливе уже не один год ездят по улицам. Но в серийное производство такие чудеса техники запускать нерентабельно. Газовые баллоны с водородом довольно громоздки и опасны – в случае повреждения могут взорваться. Решение предлагают ученые Института физической химии и электрохимии имени Фрумкина. Они считают, что нужно вырабатывать водород прямо в двигателе. Технология очень проста. В

## Секция «ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

специальную ёмкость подаётся топливо, формулу которого ученые уже разработали, и кислород. Когда эти вещества соприкасаются со специальным катализатором, образуется водород. В зависимости от размеров топливного элемента будет меняться и количество энергии. Её хватит даже для самого мощного авто. «Сейчас новые технологии нацелены на то, чтобы не производить много отходов, совершенно уходить от отходов, работать на обратимых процессах, не создавать те трудности, которые есть сейчас в нашей технике», - отметил Аслан Цивадзе, директор Института физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина, академик РАН, профессор. Сейчас процессы образования водорода ученые тестируют в лаборатории. В энерговодородных картриджах для автомобилей и других механизмов будет то же самое, но только в миниатюре. "Создаваемые нами картриджи, во-первых, будут портативными - размером с мобильный телефон, или чуть-чуть больше, могут быть использованы как самостоятельные источники водорода, или как топливный элемент для источников тока", - рассказывает Андрей Дорохов, сотрудник лаборатории физико-химических проблем Института физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина. Самое главное достижение московских ученых - катализатор, благодаря которому образуется водород. Его разработали с применением нанотехнологий. Нужно вещество буквально собрали по атомам, как строители собирают дом из кирпичей. Занимаются этим молодые ученые и аспиранты. Получаются новые приборы с огромным потенциалом. Энергия в них не уходит в воздух, скорее из воздуха она и создается. "Перспективность топливных элементов высока в силу того, что они имеют высокий коэффициент полезного действия", - говорит Алексей Кузов, сотрудник лаборатории электрокатализа и топливных элементов Института физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина. Подобным образом, соединяя друг с другом атомы, ученые института придумали, как усовершенствовать литиевый аккумулятор мобильного телефона. Ёмкость нового - в несколько раз больше, чем у известных нам аналогов. Нанотехнологии – наше будущее, говорят люди науки. С ними соглашаются – государство выделяет на развитие этой области

немалые деньги, а крупные компании уже заключают контракты с учеными на перспективные разработки.

2. **«Вместо топлива – соленая вода».** Применение водородных двигателей не единственный виток в развитии альтернативной энергетики. Химики из Пенсильванского государственного университета (Pennsylvania State University) подтвердили, что инженеру Джону Канзиусу (John Kanzius) действительно удалось создать аппарат, позволяющий сжигать соленую воду. Доктор Растум Рой (Rustum Roy), известный специалист по наукам о материалах, высоко оценил изобретение Канзиуса и назвал его <самым значительным открытием в науке о воде за последние сто лет>. В аппарате Канзиуса вода подвергается воздействию радиоволн, которые ослабляют связи между ее компонентами и высвобождают водород. При наличии искры водород воспламеняется и горит ровным пламенем, температура которого, как показывают эксперименты, может превышать 1600 градусов Цельсия. Канзиус подчеркивает, что процесс высвобождения водорода не является формой электролиза, имеет место другое явление. Воду не надо подвергать никакой специальной очистке, годится любая соленая вода (хотя разная соленость и разные дополнительно растворенные вещества влияют на температуру и окраску пламени), в том числе взятая непосредственно из моря. Если эксперименты подтвердят, что аппарат Канзиуса энергетически выгоден (получаемая энергия превышает энергию, затрачиваемую на генерацию радиоволн) и может использоваться для приведения в действие достаточно тяжелой техники, например, автомобилей, то это открывает большие перспективы перед топливной отраслью. Соленая вода доступна почти в любом регионе Земли практически в неограниченном количестве, для окружающей среды аппарат безвреден: отходом производства является опять же вода. Канзиус совершил свое открытие случайно. Шестидесятитрехлетний пенсионер стремился (и продолжает стремиться) найти альтернативу химиотерапии: способ уничтожать раковые клетки при помощи радиоволн. Когда он показывал действие своего аппарата коллегам, кто-то заметил осадок на дне пробирки и посоветовал

попытаться применить аппарат для опреснения воды. Канзиус последовал совету, и в ходе эксперимента вода неожиданно вспыхнула от случайной искры. Канзиус уже подал заявку на патент: использование соленой воды в качестве альтернативного топлива.

3. **«Отходы льнопродуктов защитят водоемы».** Во Всероссийском Научно-исследовательском Институте Гидротехники и Мелиорации им. А.Н. Костякова разработали методику комплексной очистки воды и почв от нефтепродуктов и тяжелых металлов на основе смеси высушенного сорбента и углерода льняной костры. Эта смесь позволяет эффективным, экономичным и экологичным образом вести очистку, а кроме того, при ее получении утилизируются отходы льнопроизводства и природный сапрпель, получаемый при очистке водоемов. Известные сорбенты, получаемые из растительного сырья, в частности из отходов сельскохозяйственного производства, на основе рисовой лузги, шелухи гречихи, овса, ржи, подсолнечника, которые чрезвычайно эффективны для очистки поверхности почвы от нефтепродуктов, при этом совершенно не эффективны для очистки от тяжелых металлов. В то же время, сорбенты, эффективные в очистке от тяжелых металлов, совершенно неэффективны в отношении нефтепродуктов. Устранить этот казус и разработать сорбент для комплексной очистки воды и поверхности почвы от нефтепродуктов и тяжелых металлов, удалось исследователям Всероссийского Научно-исследовательского Института Гидротехники и Мелиорации им. А.Н. Костякова. Состав их сорбента основан на сапрпеле, который содержит еще обуглероженную льняную костру при определенном соотношении компонентов. Помимо повышения эффективности комплексной очистки воды и поверхности почвы от нефтепродуктов и тяжелых металлов, данный сорбент решает очень важную задачу – утилизацию льняной костры, которая в льнопроизводстве является необычайно летучим и опасным для дыхательных путей отходом и, которая даже при ее сжигании не теряет своей летучести, и только полное обуглероживание позволяет «нейтрализовать» ее вредное воздействие. Сырой сапрпель обладает высокими сорбционными качествами, в отношении тяжелых

металлов и органики, поскольку присутствие в нем гуминовых веществ определяет высокую ёмкость катионного обмена (195 мг-экв/100 г). Но внесение сырого сапропеля в почву сопряжено с рядом технических трудностей: сложно равномерно распределить пастообразную массу по поверхности почвы, высокая влажность сырого сапропеля приводит к переувлажнению почвы, а при высыхании он коагулирует и образует на поверхности почвы сплошную корку. Поэтому сырой сапропель гранулируют и высушивают. При этом его сорбционная активность резко снижается. Присутствие же углерода льняной костры (20- 50%) значительно увеличивает сорбционную поверхность гранул сорбента и соответственно его сорбционную активность. Сам же уголь льняной костры проявляет высокую сорбционную активность в отношении органики, в частности нефтепродуктов.

### **Выводы.**

1. С помощью выше перечисленных и описанных методов использования альтернативных источников энергии можно добиться весомого уровня снижения антропогенного воздействия на окружающую среду в общем, и здоровья людей в частности.

2. Сжигание солёной воды - самое значительное открытие в науке о воде за последние сто лет и открывает большие перспективы перед топливной отраслью.

3. Новый сорбент для комплексной очистки воды и поверхности почвы от нефтепродуктов и тяжелых металлов является эффективным, экономичным и экологичным сам по себе и, кроме того, при его получении утилизируются отходы льнопроизводства и природный сапропель, получаемый при очистке водоемов.

### **Литература**

1. Еженедельная учебно-методическая газета для учителей химии и естествознания «Химия» № 07/16 – 22 февраля 2004.

2. Рэмсен Э.Н. Начала современной химии // Пер. с англ. – Л.: Химия, 1989. – 784 с.

3. Журнал «Российские нанотехнологии». – № 9-10. – 2010 год. – 125 с.

УДК 54 (075.8)

Малышко Д.Г.,

студ. группы ИЗОС-2а, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: к.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,

доцент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## ТОПЛИВО ИЗ ФРУКТОВ

*Аннотация.* В статье рассмотрены применения фруктов для получения биологического топлива. Новое топливо предложено в качестве «зелёной» альтернативы бензину. Поскольку растения поглощают углекислый газ в процессе роста, при сжигании горючего растительного происхождения не происходит изменения в общем балансе парниковых газов, о чём сейчас так заботится человечество.

*Ключевые слова:* биологическое топливо; углерод; фруктоза, диметилфуран.

**Введение.** На сегодняшний день, знание химии являются очень важными и необходимыми, так как почти все современные изобретения основываются только на химическом процессе и технологии. О биологическом топливе сегодня говорит весь мир. США и Европа особенно заинтересованы в этом, поскольку не хотят нефтяной зависимости от других стран. Последние разработки ученых позволяют добывать энергию даже из фруктов.

Каждый день мы видим фрукты на полках магазинов и уже давно они являются неотъемлемой частью нашего рациона. Всем известно, что фрукты очень полезны для здоровья. Они являются источниками различных витаминов и минералов. Фрукты содержат магний, кальций, клетчатку, фруктозу и

сахарозу, так необходимые нашему организму. И так же растительные масла и крема, получаемые из фруктов, давно используются в косметологии и медицине. Все это стало настолько обыденно и крепко закрепились в нашем сознании, что, кажется, будто фрукты, так сказать, больше «ни на что не способны».

А теперь представьте, что утром, вместо того, чтобы позавтракать яблоком, апельсином или бананом, вы заправите им автомобиль. Как бы странно это не звучало, но такое возможно уже сегодня.

Американские ученые утверждают, что из сахара, который содержится в фруктах, можно получать новый вид топлива. Такой вид топлива получил название «диметилфуран». По словам исследователей, это топливо с низким содержанием углерода имеет гораздо больше преимуществ, чем этанол. Открытие было сделано командой специалистов из Университета Висконсина в Мэдисоне, сообщает BBC News. Топливо из фруктозы, названное диметилфураном, способно хранить на 40% больше энергии, чем этанол. Кроме того, оно менее летучее и не так быстро испаряется. Как отмечают изобретатели, фруктозу можно получать напрямую из фруктов и растений или же добывать ее из глюкозы. Теперь ученым предстоит провести ряд исследований, чтобы выяснить, как новое топливо влияет на окружающую среду.

Учёные другого штата также ведут разработку данной технологии и утверждают, что биологическое топливо можно изготовить ещё из таких материалов, как: пальмовое масло, пластмасса, древесина. Именно такая категория топлива способна уменьшить выбросы отходов в окружающую среду, а также заметно сократится уровень использования такого продукта, как нефть.

Одновременно с открытием американских специалистов, британские ученые заявили, что существующие сегодня технологии позволяют производить биологическое топливо не только из пальмового масла, но и из ряда других материалов, включая древесину, сорняки и даже пластиковые пакеты.

По мнению экспертов, в ближайшие шесть лет около 30% потребляемого в Великобритании дизельного топлива придется на топливо, полученное из этих источников. И в Соединенных Штатах, и в Европе политики рассматривают



биотопливо как способ сократить выбросы углекислого газа в атмосферу и уменьшить зависимость от импортируемой нефти. Однако критики полагают, что из-за биологического топлива, получаемого из зерновых, взлетят цены на продукты питания. По их мнению, возможность производить дизельное топливо из пальмового масла или этанол из кукурузы заставляет фермеров переходить на выращивание только этих культур.

Джереми Томкинсон из британского Национального центра по непищевым культурам уверен, что следующее поколение биотоплива будет пригодно не только для автомобилей. Возможно, химикаты, созданные на основе растений, будут использоваться в химической индустрии, а самолеты будут заправляться биодизелем. Но сейчас основным препятствием является дороговизна процесса выработки биотоплива. Так, строительство новых производственных мощностей обойдется в десять раз дороже, чем понадобилось на возведение существующих предприятий по получению биологического топлива.

**Выводы.** Вопрос биологического топлива очень важен и актуален, но если такое топливо и будет использоваться, то не сейчас, а через 10 лет, когда будут проведены все необходимые тесты, анализы. Но, уже сегодня можно сказать, что биологическое топливо – это топливо будущего.

### Литература

1. Углеводы как альтернатива нефти – 2 [Электронный ресурс] // Журнал Nature, 2007. – С.477. Режим доступа: <http://www.chemport.ru/datenews.php?news=539> (Дата обращения: 24.04.2020).
2. Информационное интернет-издание «Энергетика UA» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://energyua.com/826-0.html> (Дата обращения: 24.04.2020).
3. Официальный сайт Института интегральных схем общества Фраунгофера. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2012/february/fuel-from-market-waste.html> (Дата обращения: 24.04.2020).

УДК 54.057

Старченко А.В.,

студ. гр. ИЗОС-2, ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Руководитель: к.т.н., доц. Самойлова Е.Э.,

доцент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «ДонНАСА»

## ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО

*Аннотация.* В статье рассмотрены пути решения проблемы твердых бытовых отходов путем синтеза из них нефтепродуктов. Рассмотрена вероятность появления на рынке товаров «съедобного» пластика. Приведены данные о разработке так называемой «стеклянной» стали.

*Ключевые слова:* твердые бытовые отходы, биопластан, металл.

### **1. «В Беларуси разработали технологию получения нефти из ТБО».**

Технологию изготовления высококачественной нефти из твердых бытовых отходов разработали ученые Института порошковой металлургии Национальной академии наук Беларуси. Метод несложен в исполнении и, что особенно важно, не требует больших энергетических затрат. Поначалу мусор измельчается. Затем из полученной массы извлекается избыточная влага, которая при нагреве в герметичном контейнере до 350 – 400 градусов по Цельсию преобразуется в газообразные вещества. Последним штрихом становится их конденсация в холодильнике. В итоге, из ста килограммов высушенных твердых бытовых отходов получают десять «кило» высококачественной нефти, превосходящей по многим параметрам природный аналог. При этом выход фракций составил: двадцать процентов бензина, тридцать – керосина и пятьдесят – мазута.

Таким образом решается проблема утилизации твердых бытовых отходов (только в Минске ежегодно образуется свыше двух миллионов кубических

метров ТБО, для захоронения которых используется более 90 га земли). Стоит отметить, что производственный процесс длится всего несколько часов, тогда как в природе на получение нефти уходят миллионы лет.

Экологически чистое промышленное производство можно организовать и в городской черте, что позволит значительно сэкономить расходы на вывоз твердых бытовых отходов за пределы мегаполиса. Сегодня ученые работают над созданием «пилотной» установки (по информации газеты «Минский курьер»).

**2. «Съедобный» пластик.** Последняя разработка красноярских ученых еще не вышла из лаборатории, но, по некоторым прогнозам, через полвека экологи смогут вычеркнуть из «черного списка» популярный упаковочный материал.

По словам специалистов, пластик вполне съедобен. Экспериментальный полимер быстро разлагается на безопасные для человека и окружающей среды вещества. Изобретение красноярских ученых может решить проблему длительного – более 300 лет разложения пластика в природе. Так называемый *биопластан* выращивают в лаборатории Института биофизики.

Синтезируемый материал имеет лучшие свойства полимеров: прочность, легкость и термоплавкость. И при этом, по словам исследователей, вещество лишено главного недостатка неорганического пластика: в отличие от них, биополимеры быстро разрушаются. Сотрудник лаборатории: <Возьмем для примера один тип полимера. Он разлагается в течение 25 суток. Другими словами, понадобится меньше месяца, чтобы это не стало этого вещества>.

Красноярские биофизики научились выращивать биопластан из глюкозы, газа, бурого угля и бытовых отходов. Бактериям создают специальные условия для синтеза вещества, похожего по своим свойства на обычный пластик. Урожай снимают раз в сутки. Из 5 литров специального раствора получается 100 граммов материала. Возможности новинки практически безграничны. Продукты, завернутые в биополимерную пленку, хранятся дольше. Кроме того, бутерброды можно есть, не снимая упаковку. Пленка хоть и безвкусная, но вполне съедобная. По словам исследователей, биополимеры имеют большое

будущее в области медицины. С помощью этого материала можно восстанавливать костную ткань, делать сосуды и хирургическую нить.

Владимир Плотников, ведущий инженер лаборатории Института биофизики сибирского отделения РАН: «Дело в том, что обычная хирургическая нить где-то через 7 дней рассасывается в ткани. Однако за неделю ткань не всегда успевает срастись. А наша нить может служить более длительное время». Пока получаемый в лабораторных условиях биополимер раз в 5 дороже искусственных пластиков, и это отпугивает предпринимателей. По этой причине опытная линия по производству биопластатана в Красноярске простаивает. Но ученые надеются, что их изобретения рано или поздно оценят по достоинству. Сейчас биотехнология бурно развивается во всем мире. Специалисты говорят, через 50 лет биологический пластик полностью заменит искусственный.

**3. «Стеклянная» сталь.** Ученые из Окриджской лаборатории изобрели новый, необычный тип стали, более похожий на стекло, чем на металл. Этот материал необычно прочен, а его разработчики надеются использовать его для создания медицинских имплантатов или более легких самолетов. В обычных металлах атомы расположены в определенном, кристаллическом порядке, в аморфных твердых веществах, например, стекле, атомы размещаются хаотично; здесь они напоминают атомы в жидкости, за исключением того, что более или менее зафиксированы на месте. Металлы с такой хаотичной структурой, как правило, тверже и прочнее своих кристаллических собратьев, поэтому они очень привлекательны для инженеров. Однако, как правило, аморфные металлы очень дороги. Существующие на рынке варианты состоят по преимуществу из циркония и палладия. Аморфная версия стали, сделанная на основе железа, могла бы значительно снизить цену - по расчетам авторов нового изобретения примерно с 0 до за килограмм. Это все равно значительно дороже обычной стали, поэтому вряд ли ее начнут в ближайшее время использовать для металлоконструкций. Однако она может найти применение при изготовлении специальных прочных покрытий для промышленных станков, спортивного инвентаря типа теннисных ракеток и клюшек для гольфа и прочных

медицинских эндопротезов. Аморфную сталь изготавливали и раньше, но только в маленьких количествах. При попытках получить из этой стали блоки с длиной сторон более 4 мм, происходила кристаллизация части сплава, в результате уменьшалась его твердость и прочность. Чжао Пин Лю и его коллеги нашли способ избавиться от этой проблемы. Ключом оказалась правильная смесь добавок к железу. Сталь состоит в основном из железа с небольшим количеством углерода, но в большинство производимой стали добавляются также маленькие количества других элементов, например, хрома, содержащегося в нержавеющей стали. Исследователи получили смесь железа с хромом, марганцем, молибденом, углеродом, бором и иттрием. Сплавы, содержащие около 1.5% иттрия, остаются в расплавленном состоянии при значительно более низкой температуре, что способствует сохранению аморфной структуры при отвердевании металла. Кроме того, иттрий сдерживает рост кристаллов карбида железа, которые иначе появляются при остывании сплава и способствуют общей кристаллизации стали. Пока группа Лю получила бруски шириной 12 мм (предел в лабораторных условиях), но исследователи полагают, что они могут быть гораздо больше. У аморфной стали есть и еще одно привлекательное свойство – она притягивается к магниту только при очень низких температурах. Ученые ожидают, что такой немагнитящейся сталью заинтересуются военные.

В Хибинах нашли минерал, поглощающий радиацию (Мурманская область). В Хибинских горах в июле ученые Российской академии наук нашли ранее не известный минерал, поглощающий радиацию. На сегодняшний день этот минерал еще не зарегистрирован, соответствующего ему элемента нет и в таблице Менделеева. По предварительным данным, он обладает свойством захватывать радиоактивные элементы. По мнению ученого, новый минерал может помочь утилизировать радиоактивные отходы от атомных подводных лодок. Единственный минус открытого минерала - он нестабилен, легко вступает в химическую реакцию с радиоактивными веществами. После соединения получается нерадиоактивная порода, которая не представляет вреда для человека и может храниться сколь угодно долго.

## Секция «ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

Как выяснили исследователи, один килограмм открытого недавно минерала может нейтрализовать более полукилограмма какого-нибудь радиоактивного вещества или, например, ядерных отходов, которые образуются в отработавших ядерных реакторах. Свойства находки еще окончательно не описаны. Этим и займутся в ближайшие месяцы ученые.

**Вывод:** с помощью вышеперечисленных технологий, большинство из которых, к сожалению, только-только начинают использоваться в мире, можно в значительной мере решить проблемы накопления отходов.

Из ТБО можно получать нефть, недостаток которой в будущем будет особо заметен. Благодаря созданию съедобного пластика можно будет решить проблему дальнейшего накопления этих высокотоксичных веществ. Получение «стеклянных» металлов позволит использовать его в медицине и самолетостроении.

### Литература

1. Еженедельная учебно-методическая газета для учителей химии и естествознания «Химия» № 07/16 – 22 февраля 2004.
2. Рэмсден Э.Н. Начала современной химии // Пер. с англ. – Л.: Химия, 1989. – 784 с.
3. Журнал «Российские нанотехнологии». – № 9-10. – 2010 год. – 125 с.



УДК 691

Александрова А.А.,

студ. группы ИЗОС-4а, ГОУ ВПО «ДОННАСА»

Руководитель: Муконина Е.В.,

ассистент кафедры «Прикладная химия», ГОУ ВПО «ДОННАСА»

## СВЕТАЩИЙСЯ АСФАЛЬТ

*Аннотация.* Раскрыта сущность инновационного дорожного покрытия с описанием его достоинств и особенностей.

*Ключевые слова:* дорожное покрытие, экономия электроэнергии, инновации, освещение.

**Введение.** Изобретенное компанией Pro-Teq ноу-хау носит название «Star path», что в переводе на русский язык означает «Звездный путь». Такое название изобретателями было придумано неслучайно, ведь, идя по тротуару или двигаясь по велосипедной дорожке, покрытой новым инновационным составом, создается ощущение перемещения по звездному пути.



Рис.1. Участок необычной дороги в Кембридже

## Секция «ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

Светящуюся разработку создали в Великобритании и опробовали на некоторых пешеходных дорожках парка Христа в Кембридже, который считается одним из крупнейших в центральной части города. Уникальному асфальту достаточно двух часов «подзарядки», чтобы потом светиться в течение 8-10 часов. Сейчас эта 150-метровая дорожка, покрытая экспериментальным составом всего за полчаса, веселит прохожих не только лишь своими чёткими очертаниями в темноте, но и красотой, так как напоминает небо, усыпанное колоритными звёздами.

**Постановка задачи.** Чем же достигается такой эффект?

**Результаты.** Покрытие состоит из 3 слоев, в состав которых входят полиуретан и полиаспарагин (полиаспарагиновая кислота, которая используется в сверхпрочных напольных покрытиях). Светящийся компонент на асфальт наносится быстро: за 30 минут полимерами обрабатывают 150 м<sup>2</sup> асфальта, а затем дополнительно покрывают защищающим от влаги слоем. Такой асфальт может светиться даже под водой. Он пригоден к эксплуатации уже через четыре часа и обладает повышенной устойчивостью к истиранию. Светящийся асфальт не создает никаких неудобств для автомобилистов, так как он не отсвечивает, а во влажную погоду его противоскользящие характеристики ничем не уступают свойствам обычного асфальтового покрытия.



Рис.2. Напыление дорожного покрытия – светящегося асфальта

Стоит отметить универсальность изобретения. Кроме асфальта покрытие может быть нанесено на любую твердую поверхность: древесину, камень,



металлические поверхности. Еще одним достоинством светящегося асфальта является возможность выбрать цвет свечения дороги и текстуру наполнителя, который придаёт дорожному покрытию очаровательный внешний вид.



Рис.3. Покрытие «Star path» разных оттенков

На фоне всеобщей экономии энергоресурсов и перехода к использованию возобновляемых источников энергии данная разработка имеет огромные перспективы, так как она:

- понижает расходы на электроэнергию и установку осветительных устройств;
- понижает аварийность на дорогах;
- не загрязняет окружающую среду;
- придаёт дороге необычный внешний вид, что в особенности важно для городских парков.

**Выводы.** Изобретение может существенно сэкономить затраты на освещение дорог и тротуаров за счет того, что днем фотоэлемент, находящийся в покрытии, поглощает солнечную энергию, а ночью излучает свет. Светящийся асфальт – это новинка, которая способна не только украсить город, но и обеспечить эффективность работы, удобство и безопасность. Исследователи не собираются останавливаться на достигнутом и планируют сделать освещение разноцветным, что, по их мнению, поможет выделять участки дорог, например, полосу для общественного транспорта, разметку полос, пешеходные переходы

или велодорогу. Безусловно, это изменит всю мировую транспортную инфраструктуру в целом.

### Литература

1. Светящийся асфальт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://hi-news.ru/technology/uchenye-sozdali-svetyashhijsya-asfalt.html> (Дата обращения 12.04.20).
2. Изобретение светящегося асфальта [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://profidom.com.ua/novosti/novyje-tehnologii/8571-izobreten-svetjashhijsja-asfalt> (Дата обращения 12.04.20).
3. Светящийся асфальт завоюет планету [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://tuexpert.com.ua/news/svetyashiysya-asfalt> (Дата обращения 12.04.20).



## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»



УДК 621

Яковченко А.А.,

студ. группы ИСТ-19а, ГОУ ВПО «ДонНТУ»

Руководитель: Малашенко Т.И.,

ст. преподаватель кафедры физики,

ГОУ ВПО «ДонНТУ»

### ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КПД ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Аннотация.* Проанализирована проблема повышения коэффициента полезного действия тепловых двигателей и описаны способы ее возможного решения.

*Ключевые слова:* коэффициент полезного действия, тепловой двигатель, суперэжектор.

**Введение.** Тепловые двигатели известны человеку со времён античности, массово применяются с начала Нового времени и до наших дней. Разработка новых тепловых двигателей и совершенствование существующих всегда сводились к увеличению эффективности двигателей, то есть получению в результате работы максимального количества механической энергии при минимальных затратах ресурсов. В начале XIX века для измерения этой эффективности французским инженером Сади Карно был введён коэффициент полезного действия (КПД) - отношение работы, совершаемой двигателем, к количеству теплоты, полученной от нагревателя.

**Постановка задачи.** Внедрение новых конструкций двигателей и повышение очистки используемого топлива - схема повышения КПД,

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

преобладавшая на протяжении XIX и XX веков. Однако рядом современных учёных она считается устаревшей. По их мнению, КПД существующих типов тепловых двигателей достиг предела, при котором их дальнейшая разработка с целью увеличения КПД становится экономически не оправданной. Затраты на разработку, высокая стоимость применяемых материалов и технологий не оправдывает те доли процента, на которые увеличивается КПД двигателей. Идеальным тепловым двигателем считается тот, в котором кинетическая энергия продуктов сгорания с температурой, достигающей 2700К, непосредственно преобразуется в электрическую энергию. Разработка данного двигателя, называемого МГД–генератор, велась в XX веке, но закончилась безрезультатно.

В 2014 году группа московских учёных во главе с Владимиром Михайловичем Криловецким предложила принципиально новый цикл работы теплового двигателя. Для резкого повышения КПД ими было предложено применить в его схеме суперэжектор (способ безударного сложения потоков газа). Применяя суперэжектор в схеме газотурбинной установки, можно повысить её КПД до максимально возможного уровня, сопоставимого с КПД теоретического МГД–генератора. В базовом термическом цикле газотурбинной установки температура продуктов сгорания ограничена степенью прочности ротора турбины и в современных турбинах может достигать 1000°C. Дальнейшее повышение температуры может привести к снижению моторесурсов турбины или разрушению её ротора. Защитить вращающийся ротор турбины от высокой температуры сложно и неэффективно. Эффективно можно защитить только неподвижные детали устройств, например, камеры сгорания и газоходы. Повысить КПД двигателя можно, только убрав из цикла газотурбинной установки слабое звено – турбину, и заменить её суперэжектором, который не имеет движущихся деталей и может быть эффективно защищен от высокой температуры общеизвестными методами. Разработан новый цикл, названный газо-суперэжекторным. Компрессор нагнетает сжатый воздух в камеру сгорания с давлением, превосходящим давление на обычных газотурбинных установках. В камеру сгорания подается

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

топливо, при сгорании которого температура продуктов сгорания может достигать 2700К, как и в МГД–генераторе. Высокоэнергетические продукты горения направляются в суперэжектор, где их работа преобразуется в работу сжатого атмосферного воздуха. Получен результат – при использовании запредельных параметров термического цикла потенциальная энергия сжатого воздуха повышается и в дальнейшем может быть преобразована в механическую работу в той же турбине.

**Выводы.** Данная разработка имеет актуальную научную новизну, в том числе и в сфере строительства; так, работающие по газо-суперэжекторному циклу турбины могут быть применены при строительстве насосных станций и печей различных типов.

### Литература

1. «КПД теплового двигателя» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tehnar.net.ua/kpd-teplovogo-dvigatelya/> (Дата обращения: 21.04.2019).
2. «Аддитивные технологии для повышения КПД» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hightech.plus/2019/06/07/napechatan-termoelektricheskii-generator-s-rekordnim-kpd> (Дата обращения: 21.04.2019).
3. «Способ повышения КПД тепловых двигателей» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.startbase.ru/projects/view/646>. (Дата обращения: 21.04.2019).



УДК 537.3

Москаленко М.Е.,

студ. гр. ИСТ-19в, ГОУ ВПО «ДонНТУ»

Руководитель: Савченко Т.А.,

ст. преподаватель кафедры физики

ГОУ ВПО «ДонНТУ»

## **НИКОЛА ТЕСЛА – ИЗОБРЕТАТЕЛЬ, ФИЗИК, ИНЖЕНЕР**

*Аннотация.* Рассмотрена научная деятельность великого ученого прошлого столетия Николы Тесла - изобретателя, физика, инженера, который является одним из выдающихся личностей своего времени.

*Ключевые слова:* переменный ток, беспроводная передача энергии, высокочастотные токи, трансформатор Тесла, магнитное поле, радиосвязь.

**Введение.** Одной из основополагающих наук нашей планеты является физика и ее законы. Ежедневно мы пользуемся благами ученых физиков, которые уже много лет работают для того, чтобы жизнь людей становилась комфортнее и лучше. Существование всего человечества построено на законах физики. Благодаря кому у нас в домах горит свет, мы можем летать на самолетах по небу и плавать по бескрайним морям и океанам.

**Постановка задачи.** Великих физиков огромное множество в истории человечества. Никола Тесла - изобретатель, физик и инженер является одним из величайших личностей своего времени. Тесла открыл переменный ток, беспроводную передачу энергии, электричества, его работы привели к открытию рентгена, создал машину, которая вызывала колебания поверхности земли. Тесла запатентовал применение многофазных систем переменного тока. До изобретения асинхронного (индукционного) двигателя переменный ток не

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

находил широкого применения, поскольку не мог использоваться в ранее существовавших электродвигателях.

С 1889 года Никола Тесла приступил к исследованиям токов высокой частоты и высоких напряжений. Изобрёл первые образцы электромеханических генераторов ВЧ (в том числе индукторного типа) и высокочастотный трансформатор (трансформатор Тесла, 1891), создав тем самым предпосылки для развития новой отрасли электротехники – техники ВЧ.

В ходе исследований токов высокой частоты Тесла уделял внимание и вопросам безопасности. Экспериментируя на своём теле, он изучал влияние переменных токов различной частоты и силы на человеческий организм. Многие правила, впервые разработанные Тесла, вошли в современные основы техники безопасности при работе с ВЧ-токами. Он обнаружил, что при частоте тока свыше 700 Гц электрический ток протекает по поверхности тела, не нанося вреда тканям организма. Электротехнические аппараты, разработанные Николаем Тесла для медицинских исследований, получили широкое распространение в мире. Эксперименты с высокочастотными токами большого напряжения привели изобретателя к открытию способа очистки загрязнённых поверхностей. Аналогичное воздействие токов на кожу показало, что таким образом возможно удалять мелкую сыпь, очищать поры и убивать микробов. Данный метод используется в современной электротерапии.

В 1887 году Тесла дал строгое научное описание сути явления вращающегося магнитного поля. 1 мая 1888 года Тесла получил свои основные патенты на изобретение многофазных электрических машин (в том числе, асинхронного электродвигателя) и системы передачи электроэнергии посредством многофазного переменного тока. С использованием двухфазной системы, которую он считал наиболее экономичной, в США был пущен ряд промышленных электроустановок, в том числе Ниагарская ГЭС (1895), крупнейшая в те годы. В 1891 году на публичной лекции Тесла описал и продемонстрировал принципы радиосвязи.

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Тесла одним из первых запатентовал способ надёжного получения токов, которые могут быть использованы в радиосвязи. Патент U.S. Patent 447 920, выданный в США 10 марта 1891 года, описывал «Метод управления дуговыми лампами» («Method of Operating Arc-Lamps»), в котором генератор переменного тока производил высокочастотные (по меркам того времени) колебания тока порядка 10 000 Гц. Запатентованной инновацией стал метод подавления звука, производимого дуговой лампой под воздействием переменного или пульсирующего тока, для чего Тесла придумал использовать частоты, находящиеся за рамками восприятия человеческого слуха. По современной классификации генератор переменного тока работал в интервале очень низких радиочастот.

В 1893 году учёный вплотную занялся вопросами беспроводной связи и изобрёл мачтовую антенну.

**Выводы.** Никола Тесла имел прогрессивные взгляды и удивлял мир своими открытиями. Работы Тесла намного опередили время, в которое жил ученый. Николу называют отцом современного электричества. Он сделал множество открытий, и изобретений получив более 300 патентов за свои творения во всех странах, где работал. Никола Тесла был не только физиком теоретиком, но и блестящим инженером, создававшим и испытывавшим свои изобретения.

### Литература

1. Фейгин О. Никола Тесла: Наследие великого изобретателя. — М.: Альпина нон-фикшн, 2012 — 328 с.
2. Храмов Ю.А. Тесла Никола (Tesla Nikola) // Физики: Биографический справочник / Под ред. А. И. Ахиезера. — Изд. 2-е, испр. и дополн. — М.: Наука, 1983. — 400 с. — С. 260.





УДК 61 (09)

Литвинова В.С.,

студ. гр. ИСТ-19в, ГОУ ВПО «ДонНТУ»

Руководитель: Савченко Т.А.,

ст. преподаватель кафедры физики

ГОУ ВПО «ДонНТУ»

### «ДОРОГА ЖИЗНИ»

*Аннотация.* Рассмотрены оборонные работы в осажденном Ленинграде под руководством Павла Павловича Кобеко и Наума Моисеевича Рейнова.

*Ключевые слова:* прибор – прогибограф, лед, механические свойства ледового покрова, амплитуда колебаний, интерференция волн, скорость, прогноз погоды, толщина льда, гидрологические бюллетени с прогнозами о толщине льда.

**Введение.** В 1941-1944 гг. во время блокады Ленинграда, Павел Кобеко руководил всеми оборонными работами ЛФТИ в осаждённом Ленинграде, в том числе исследованиями ледового покрытия Ладожского озера, по которому было организовано снабжение города на кораблях Балтийского флота. «Дорога жизни» - автотрасса, проложенная по льду замерзшего Ладожского озера и связавшая осажденный Ленинград с Большой землей. От неё зависела жизнь: она давала возможность эвакуировать из города больных и раненых, завезти продовольствие и оружие.

**Постановка задачи.** Вскоре после создания трассы выяснилось обстоятельство, на первый взгляд, совершенно необъяснимое: когда грузовики шли в Ленинград, максимально нагруженные, лед выдерживал, а на обратном пути с больными и голодными людьми, то есть со значительно меньшим грузом,

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

машины часто проваливались под лед. Перед учёными поставили задачу: дать рекомендации, избавляющие от этой опасности; разработать методику регистрации колебаний льда в разных условиях, создать аппаратуру, которая могла бы регистрировать, что происходит со льдом в разную погоду под влиянием различных статических и динамических нагрузок. Исследования вела группа сотрудников: П.П. Кобеко, Ф.И. Марей, Н.М. Рейнов, Н.С. Иванова, Н.И. Шишкин и другие. Эта группа изучила механические свойства ледового покрова: его прочность, вязкость, хрупкость, грузоподъемность, условия пролома, и на их основе разработала правила движения автоколонн по льду. Павел Павлович быстро создал проект такой аппаратуры. Спустя немного времени первая партия приборов была сделана. Они были установлены вдоль дороги по кромке льда. Исследования проходили в темноте, под обстрелом, на ветру в тридцатиградусную стужу. Рейнов Наум Моисеевич – советский учёный–физик и конструктор. В годы Великой Отечественной войны его разработки повысили боевые качества военной техники и боеприпасов. В начале войны он предложил противотанковую гранату новой конструкции, которая была пущена в массовое производство. Во второй половине 1941г. под руководством Н.М. Рейнова были разработаны взрыватели новой конструкции для оснащения противотанковых собак, установка для безопасного поиска и подрыва противопехотных мин на минных полях. Он участвовал в разработке и налаживании массового производства высокочастотного кабеля для радаров. Но особенно важной оказалась разработка в 1942г. прогибографа – прибора, который фиксировал колебания ледового покрова на Ладожском озере. Физики определили, как деформировался ледовый покров на озере под влиянием статических нагрузок разной величины, какие колебания происходили в нем под влиянием ветра и изменений стогно-нагонных уровней воды, рассчитали износ льда на трассах и условия его пролома. Для автоматической записи колебаний льда использовали специальный прибор – прогибограф. Он мог регистрировать колебания льда на временном отрезке от 0,1 секунды до суток. С его помощью удалось определить причину, по которой в первые недели работы «Дороги

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

жизни» ушли под лед около сотни грузовиков: проблема была в резонансе, который возникал при совпадении скорости автомобиля со скоростью ладожской волны подо льдом. Влияние оказывала также отраженная от берега волна и волны, создававшиеся соседними машинами. Так происходило, если полуторка двигалась со скоростью 35 км/ч. Ученые не рекомендовали также вести машины колоннами и предостерегали от обгонов на льду. При движении по параллельным трассам расстояние между грузовиками должно было быть не менее 70–80 м. Помощь науки позволила сократить потери. Последние машины прошли по Ладоге при толщине льда всего 10 см. Ленинградские метеорологи составляли по Ладоге специальный прогноз погоды на зиму 1941-42г., постоянно обновляли справки по режиму озера, составляли подробные карты с обзорами ледовой обстановки и прогнозом ее развития на два и десять дней. Грузоподъемность льда определяли заново несколько раз в месяц, каждые десять дней составляли гидрологические бюллетени с прогнозами о толщине льда: только за первую блокадную зиму она измерялась более 3640 раз.

**Выводы.** Из исследований учёные установили ряд закономерностей: степень деформации льда зависит от скорости движения транспорта - это был главный вывод. Критической оказалась скорость, близкая к 35 км/час. Большое значение имела интерференция волн сотрясения, возникающая при встрече двух машин или при обгоне: сложение амплитуд колебаний вызывало разрушение льда. Особенно опасной становилась ситуация, когда транспорт шел со скоростью близкой к скорости распространения ледовой волны; в этом случае даже одна машина могла вызвать гибельный резонанс. После проведённой работы были даны квалифицированные научные рекомендации по движению на льду Ладожского озера. Учёными было предложено:

- по возможности не нужно везти машины колоннами;
- не делать обгонов на льду;
- если же автомобили движутся по параллельным путям, то расстояние между ними должно быть более 70 - 80 метров;
- кроме того были рассчитаны динамические нагрузки на лёд.

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Благодаря этому удалось определить причину внезапных обрушений льда под движущимися автомобилями и наладить эффективную работу «Дороги жизни». Трассу эксплуатировали до 24 апреля 1942 года.

### Литература

1. Циганкова С. «Дорога жизни»: 78 лет назад была открыта ледовая дорога в Ленинград [Электронный ресурс] // «Русская газета», 2019. – Режим доступа: <https://rg.ru/2019/11/22/reg-szfo/doroga-zhizni-78-let-nazad-byla-otkryta-ledovaia-doroga-v-leningrad.html> (Дата обращения: 29.03.2020).
2. Боявский Я. «Дорога жизни» через Ладожское озеро в ходе Великой Отечественной войны [Электронный ресурс] // МИА «Россия сегодня», 2016 (дополнено 2020). – Режим доступа: <https://ria.ru/20161122/1481826749.html> (Дата обращения: 26.03.2020).
3. Моисеенко А. Тайна «Дороги жизни» [Электронный ресурс] // «Комсомольская правда», 2006. – Режим доступа: <https://www.donetsk.kp.ru/daily/23727.4/54405/> (Дата обращения: 27.03.2020).



УДК 623.4

Никифорова А.С.,  
студ. гр. ИСТ-19в, ГОУ ВПО «ДонНТУ»  
Руководитель: Савченко Т.А.,  
ст. преподаватель кафедры физики  
ГОУ ВПО «ДонНТУ»

### **ВКЛАД СОВЕТСКИХ ФИЗИКОВ В ВЕЛИКУЮ ПОБЕДУ**

*Аннотация.* Рассмотрен вклад советских ученых, конструкторов, инженеров, которые с первых дней войны были полны решимости отдать все свои знания и силы, весь свой труд и опыт великому делу разгрома фашизма.

*Ключевые слова:* огнестрельное оружие, автомат Калашникова, «Катюша», реактивный снаряд, танки ИС-2, Т-60, Т-37А, Т-34, зенитная пушка, гаубица, миномет, бронестекло.

**Введение.** Когда на рассвете 22 июня 1941 года вооруженные силы фашистской Германии вторглись в пределы Советского Союза, и над Родиной нависла смертельная опасность, весь наш народ поднялся на защиту своего Отечества. Силы и помыслы миллионов людей были направлены к одной общей цели - разгрому врага.

**Постановка задачи.** Великая Отечественная война всколыхнула весь народ, и людей, занимающихся наукой, и, конечно, физиков. Какой бы новый вид вооружения не создавался, он опирался на физические законы: рождалось артиллерийское оружие - приходилось учитывать законы движения тел (снаряда), сопротивление воздуха, расширение газов и деформацию металла; создавались подводные лодки - выступали законы движения тел в жидкостях, учет архимедовой силы; проблемы бомбометания привели к необходимости составления таблиц, позволяющих находить оптимальное время для сброса бомб на цель.

«Все для фронта, все для победы!» - эти слова стали девизом миллионов.

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Основное стрелковое оружие российской пехоты - автомат Калашникова. Разработка начата в 1943г. сержантом Калашниковым в госпитальной палате. Автомат создан «солдатом для солдат», как говорят военные, в 1947 г. Принят АК-47 на вооружение Советской Армии в 1949 г., а старшему сержанту Калашникову была присуждена Сталинская премия. И сейчас АК не потерял своей актуальности: на него могут крепиться подствольный гранатомет ГП-25 или ГП-30, устанавливаться ночные или оптические прицелы и приборы для беззвучной или беспламенной стрельбы.

«Говорит пехота: Чистая работа! Где ударит «Катя», фрицу не пролезть. Воевать охота, - говорит пехота, – Раз у нас такая пушка есть! Влево и направо, бьет врагов на славу. Впереди – горячий бой. Огненную лаву на врагов ораву сыплет «Катя» щедрою рукой». Эти стихи написаны военврачом С. Семиным на фронте в июле 1942 г.

«Катюши» – реактивные артиллерийские установки, выпускающие реактивные снаряды. Впервые вступили в бой 14 июля 1941г. в Белоруссии (под Оршей) под командой капитана Флерова. У г. Орши установлен памятник, на котором застыла могучая «катюша», как символ постоянной готовности к ратному подвигу во имя свободы и независимости. Созданию оружия предшествовала работа группы ученых и конструкторов: Н.И. Тихомирова, В.А. Артемьева, Б.С. Петропавловского, Г.Э. Лангемака, И.Т. Клейменова и др. Для совершенствования оружия было создано конструкторское бюро во главе с В.П. Барминым.

Оружие это было относительно простое, состоящее из направляющих рельсов и устройства их наведения. Ракета представляла собой сварной цилиндр, поделённый на три отсека - боевую часть, топливную и реактивное сопло. Вес боеголовки – 22 кг. Дальность – 8,5 км. Оружие было неточным, но очень эффективным при массированном применении. Немаловажен был и эмоциональный эффект: во время залпа все ракеты выпускались практически одновременно – за несколько секунд территорию в районе цели буквально перепаживали реактивные снаряды.

Применение реактивного двигателя исключало необходимость изготовления специальных стволов из высококачественной стали, экономия которой в условиях массового производства вооружения приобретала очень важное значение. Сравнительно небольшой вес и простота устройства направляющих полозьев для

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

пуска реактивных снарядов обеспечивали их монтаж на автомобильных шасси повышенной проходимости, тракторах, танках, а также кораблях и даже на самолетах. Это обеспечивало высокую мобильность реактивной артиллерии.

ИС-2 - советский тяжёлый танк периода Великой Отечественной войны, был создан в 1943г. под руководством инженера Ж.Я. Котина. Аббревиатура ИС означает «Иосиф Сталин». Для ИС-2 был сконструирован ряд новых компактных агрегатов: планетарный механизм поворота башни, более совершенная силовая передача; толщина брони была 90-120 мм, развиваемая скорость – до 52 км/ч. Танк ИС-2 имел мощное вооружение: пушку 122 мм калибра и 4 пулемета. На базе этого танка в 1944г. был создан ряд тяжелых самоходных артиллерийских установок, появление которых на полях сражения похоронило надежды гитлеровских захватчиков на техническое превосходство их танков «пантер» и «тигров».

Т-60 – советский лёгкий танк периода войны. Разработан в августе 1941 г. под руководством Н.А. Астрова. Всего было выпущено 5920 лёгких танков Т-60. Небольшое число уцелевших в боях Т-60 использовалось как танки-разведчики, тягачи, учебные машины вплоть до конца войны. Т-37А – советский малый плавающий танк, первый танк в мире с технологией «амфибия». Они предназначались для выполнения задач связи, разведки и боевого охранения частей на марше, а также непосредственной поддержки пехоты на поле боя.

Огнемётный танк ОТ-130 создан в 1937 г. конструкторским коллективом завода им. К.Е. Ворошилова (Ленинград). В башне вместо пушки установлен огнемёт и один пулемет. Дальность огнемётания 35-50м. Огнемётное оборудование установлено в боевом отделении (два резервуара для огнесмеси общей ёмкостью 400л). Запаса огнесмеси хватало на 40 выстрелов. Использовались как танки для непосредственной поддержки пехоты при прорыве позиций противника. Огнемётные танки ОТ-130 использовались в боях на реке Халхин-Гол.

Т-34 – самый массовый средний танк Второй мировой войны. Т-34 является до сих пор легендарной, наводящей страх на врагов, машиной. При его создании советским конструкторам удалось найти оптимальное соотношение между основными боевыми, эксплуатационными и технологическими характеристиками.

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

И.В. Сталин сказал: «Успех войны решается не только авиацией. Для успеха войны исключительно ценным родом войск является артиллерия. Я хотел бы, чтобы наша артиллерия показала, что она является первоклассной».

В начале 1942г. вооружение нашей армии пополнилось новым мощным орудием – 76-мм пушкой, созданной конструкторским бюро под руководством В.Г. Грабина и ставшей самой массовой пушкой Великой Отечественной войны. Это орудие оказалось маневренным, удобным в эксплуатации, приспособленным для ведения более эффективного огня по танкам и признано одним из самых гениальных конструкций в истории ствольной артиллерии. Заслуга Грабина в том, что он 76-мм пушку ЗИС-3 со скоростью снаряда 680 м/с сумел сделать весом всего 1180 кг. В 1943г. для борьбы с живой силой и огневыми средствами пехоты противника была разработана 76-мм полковая пушка, стрелявшая снарядом, имевшим начальную скорость 262 м/с и летевшим на 4,2 км. Но с появлением у немцев тяжелых танков потребовалось создание более мощных и маневренных артиллерийских систем – 57-мм противотанковой пушки, ствол которой почти на метр длиннее, чем у 76-мм пушки. Вследствие большой длины ствола и большого относительного веса заряда снаряд 57-мм пушки вылетал со скоростью 700 м/с и пробивал броню до 120-150 мм.

С 1943 г. в войска начали поступать 152-мм гаубицы, ставшие незаменимым средством прорыва вражеской обороны и борьбы с авиацией. Создание новой 152-мм гаубицы было поручено конструкторскому бюро во главе с Ф.Ф. Петровым. Интересно, что на проектирование, изготовление пяти опытных образцов и испытание их стрельбой было затрачено всего 18 дней.

На протяжении всей войны для борьбы со штурмовиками, истребителями-бомбардировщиками и пикирующими бомбардировщиками использовались 37-мм автоматическая зенитная пушка (61-К), 85-мм автоматическая зенитная пушка (52-К) и др., разработанные под непосредственным руководством конструктора, лауреата Сталинской премии М. Н. Логинова.

В 1942-1943 годах под руководством профессора И.И. Китайгородского была решена сложнейшая научно-техническая задача - разработан рецепт получения бронестекла, прочность которого в 25 раз превосходила прочность обычного стекла.



## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

На его основе удалось создать прозрачную пуленепробиваемую броню для кабин самолетов. Наши летчики получили возможность более безопасного обзора пространства во время боя.

Ученые Государственного оптического института под руководством С.И. Вавилова и Института точной механики и оптики провели ряд исследований, которые способствовали обеспечению нашей армии, авиации и флота первоклассными оптическими приборами – дальномерами, стереотрубами, биноклями, перископами, прицелами.

**Выводы.** Советские ученые и физики исполнили свой патриотический долг помощи фронту. Суммировать вклад отечественной физики и техники в дело Победы над Германией помогает высказывание академика С.И. Вавилова: «Советская техническая физика ... с честью выдержала суровые испытания войны. Следы этой физики всюду: на самолете, танке, на подводной лодке и линкоре, в артиллерии, в руках нашего радиста, дальномерщика, в ухищрениях маскировки. Дальновидное объединение теоретических высот с конкретными техническими заданиями, неуклонно проводившееся в советских физических институтах, в полной мере оправдало себя в пережитые грозные годы». Пока существует государство, необходимо укреплять его мощь. Поэтому учёные разных областей науки продолжают свою работу в этом направлении. Лучшие конструкторы всего мира трудятся над созданием военной техники, которая вбирает в себя новейшие высокие технологии, достижения физики, химии и биологии.

### Литература

1. Игорь Вячеславович Булгаков. Оружие Второй мировой войны: военная техника и стрелковое вооружение. – Владис, 2012. – 512 с.
2. Алексей Александрович Быстров. Танки.1916-1945: Иллюстрированная энциклопедия. – ОЛМА Медиа Групп, 2002. – 222 с.



Научное издание

Сборник научных трудов

VI Республиканской конференции

молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения  
студентов, аспирантов, молодых ученых  
строительно-архитектурной отрасли» (17 апреля 2020 г.)

Том 1: Фундаментальные науки

*Авторы научных статей несут ответственность за оригинальность  
текстов, а также достоверность изложенных фактов и положений.*

Ответственный за выпуск: к. пед. н. Чудина Е.Ю.,  
доцент кафедры высшей математики и информатики.

Компьютерная верстка: Чудина Е.Ю.