

Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики
ФГБОУ ВО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»



Сборник научных трудов

IX Республиканской конференции

молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения

студентов, аспирантов, молодых ученых

строительно-архитектурной отрасли» (24 апреля 2023 г.),

Научных чтений «Актуальные проблемы материаловедения»

(20 апреля 2023 г.)

Том 1: Фундаментальные науки

Макеевка, 2023

Сборник научных трудов IX Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительной отрасли» (24 апреля 2023 г.), Научных чтений «Актуальные проблемы материаловедения» (20 апреля 2023 г.): В 4-х т. Т. 1: Фундаментальные науки. – Макеевка: ФГБОУ ВО «ДонНАСА», 2023. – 402 с.

Сборник содержит 62 научные работы участников IX Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительной отрасли», Научных чтений «Актуальные проблемы материаловедения» (20 апреля 2023 г.).

УДК 5(063)

Печатается по решению Ученого совета ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», протокол №11 от 26.05.2023 г.

Сборник подготовлен по материалам IX Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительной отрасли» (22 апреля 2022 г.), Научных чтений «Актуальные проблемы материаловедения» (20 апреля 2023 г.).

Редакционная коллегия:

- Зайченко Н.М. – ректор академии, д.т.н., профессор;
Нездойминов В.И. – проректор по учебной работе, д.т.н., профессор;
Мущанов 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;
Братчун В.И. – заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов; д.т.н., профессор;
Ковалев И.Н. – и.о. заведующего кафедрой высшей математики, к.ф.-м.н., доцент;
Фролова С.А. – заведующая кафедрой физики и прикладной химии; к.х.н., доцент;
Сельская И.В. – заведующая кафедрой автоматизации и электроснабжения в строительстве, к.х.н., доцент;
Шажко Я.В. – заместитель директора по научной работе ФГБНУ «Институт физики горных процессов», к.т.н.;
Улитин Г.М. – профессор кафедры высшей математики им. В.В. Пака ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», д.т.н., профессор;
Ищенко А.В. – доцент кафедры естествознания и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского», к.х.н., доцент.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»	8
Медведева А.С., Пелешенко В.С., Гиш Т.А. ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ.....	8
Лавренчук Н.В., Руссиян С.А. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДУЭЛЬНОГО БОЯ ТАНКОВ.....	15
Шиленко И.С., Прокопенко Е.В. ИССЛЕДОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА ПРОДАЖ МЕТОДОМ АВС-АНАЛИЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ DEDUCTOR.....	22
Пугачёв М.А., Трещев А.А. МОДЕЛЬ ДИФФУЗИИ ВОДОРОДА В ТИТАНЕ И ПОЛИМЕРЕ НА ПРИМЕРЕ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА	29
Шклярова А.И., Прокопенко Е.В. ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПАКЕТА STADIA ДЛЯ СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ	36
Лукашев Б.В., Прокопенко Е.В. ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА SPSS ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ.....	42
Курочка Р.В., Ковалев И.Н. ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ В ЭКОНОМИКЕ	49
Бобрик А.В., Галибина Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ТОЧЕК НА ЗВЕНЬЯХ ТИПОВЫХ КРИВОШИПНЫХ МЕХАНИЗМОВ	59
Чепурко А.Д., Чудина Е.Ю. ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	65
Володченко А.В., Осипова Л.В. НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА СФЕРЫ S^n	70
Исаченко К.С., Осипова Л.В. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОКУПАЕМОСТИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	76
Бондаренко П.А., Глухов В.А. ДОКАЗАТЕЛЬСТВА НЕКОТОРЫХ СООТНОШЕНИЙ ЗОЛОТОГО СЕЧЕНИЯ	83

Коваленко А.А., Осипова Л.В. ПРИМЕНЕНИЕ ТРИГОНОМЕТРИИ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРИГОНОМЕТРИИ.....	91
Мирошникова С.А., Осипова Л.В. МАТЕМАТИКА В ПРАКТИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ.....	97
Федосеева Я.Р., Осипова Л.В. МАТЕМАТИКА ПРИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ КРЕДИТОВАНИИ	103
Шатохин М.П., Осипова Л.В. КАКИМ ДОЛЖЕН БЫТЬ ДОМ? ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОМФОРТНОСТИ ЖИЛЬЯ.....	109
Борисов Д.В., Сергеев Е.К. ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ СКРЫПНИК.....	115
Передерий Е.А., Галибина Н.А. ГРИГОРИЙ МИХАЙЛОВИЧ ФИХТЕНГОЛЬЦ – ВЕЛИКИЙ МАТЕМАТИК И ПЕДАГОГ	120
Захарова Е.А., Глухов В.А. ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ ВОКРУГ НАС	126
Распорский Д.А., Галибина Н.А. РЕНЕ ДЕКАРТ: БИОГРАФИЯ, ИДЕИ И ВКЛАД В НАУКУ	135
СЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»	141
Постников В.А., Кулишов А.А., Юрасик Г.А., Сорокин Т.А., Сорокина Н.И. ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ ПЕНТАЦЕНА ИЗ ПАРА В ДВУЗОННОМ ТЕПЛОВОМ ПОЛЕ	141
Тестов Д.С., Моржухина С.В., Гашимова В.Р., Моржухин А.М., Моржухина С.В. ФАКТОРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА КАК СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ В ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ СОСТАВАХ	152
Андронов А.М., Трещев А.А. ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ	159
Пугачёв М.А., Трещев А.А. НАВОДОРАЖИВАНИЕ ТРЕХСЛОЙНОЙ КОМПОЗИТНОЙ ПАНЕЛИ С ПРИОБРЕТЕННОЙ РАЗНОСОПРОТИВЛЯЕМОСТЬЮ.	166
Бадекин М.Ю., Ивахненко Н.Н., Самойленко З.А., Пушенко Е.И., Чернявская Н.В., Сычева В.Я. ЭВОЛЮЦИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ	

СТАБИЛЬНОСТИ МЕДИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ	172
Самойлова Е.Э., Лошакова В.М. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛИТЫХ АСФАЛЬТОПОЛИМЕРСЕРОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ТЕХНОЛОГИИ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА.....	179
Пирков Е.Н., Фролова С.А. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕГРЕВА РАСПЛАВОВ НА ВИД КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	185
Еременко Ю.С., Щебетовская Н.В. РАВНОВЕСНАЯ И НЕРАВНОВЕСНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ БЕНЗОЛА, НАФТАЛИНА, ДИФЕНИЛА И АНТРАЦЕНА	194
Притыка А.А., Покинтелица Е.А. ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОГРАММ ПЛАВКОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	200
Пугачёв М.А., Трещев А.А. РАЗРУШАЮЩАЯ КОРРОЗИЯ ВОДОРОДОМ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ. ОБЗОР.....	206
Сухорада Ю.Л., Покинтелица Е.А. ГИДРОФОБИЗАТОРЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	212
Чурилова С.А., Самойлова Е.Э. ФОТОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА АВТОМОБИЛЬНЫМИ ВЫХЛОПАМИ	218
Рамченко В.А., Самойлова Е.Э. ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	226
Бобрик А.В., Соболев О.В. ПЕЩЕРА КРИСТАЛЛОВ.....	234
Жмака М.И., Самойлова Е.Э. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЕЕ ОЧИСТКИ	240
Борисов Д.В., Фролова С.А, КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛА И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ	248
Александрова А.А., Самойлова Е.Э. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА МУСОРА И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ.....	254
Морозюк М.А., Самойлова Е.Э. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ЗАВОДОВ.....	261

Кузичкина К.М., Самойлова Е.Э. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД И СПОСОБЫ ИХ ОЧИСТКИ	267
Цветова А.Э., Самойлова Е.Э. СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРЯНЫХ ТУРБИН.....	274
Чабан Я.В., Самойлова Е.Э. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УПОТРЕБЛЕНИЯ ЧИПСОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА	385
СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ».....	280
Леонов В.А., Малашенко В.В. ВЛИЯНИЕ ЗОН ГИНЬЕ-ПРЕСТОНА НА ДЕФОРМАЦИЮ СОСТАРЕННЫХ СПЛАВОВ	280
Греднев Д.С., Дремов В.В., Фролова С.А. АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ МЕТАЛЛА В КЛИНООБРАЗНОЙ ИЗЛОЖНИЦЕ С УЧЕТОМ КОНВЕКЦИИ И ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОГРЕВЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.	286
Минина О.В., Прохорцов А.В. ОБЗОР НАВИГАЦИОННЫХ МОДУЛЕЙ СПУТНИКОВОЙ ПРИЕМНОЙ АППАРАТУРЫ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	294
Высочина А.С., Малашенко Т.И. МАГНИТОИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	298
Ткачев Д.Р., Покинтелица Е.А. ОБОБЩЕННЫЙ ЗАКОН ТИЦИУСА-БОДЕ, КАК ЗАКОН КВАНТОВАНИЯ ПЛАНЕТАРНЫХ ОРБИТ.....	301
Борисов Д.В., Соболев О.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПОДВЕСКИ.....	306
Лысенко Г.О., Глухова Ж.Л. НЕБОСКРЕБЫ И КОЛЕБАНИЯ	313
Ляшенко Т.А., Малашенко Т.И. ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	320
Клемешова Е.Н., Покинтелица Е.А. АКУСТИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	323
Костровский М.О., Соболев О.В. ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ	327
Колесник Ю.Р., Лошакова В.М. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА ОКСИНИТРИДА АЛЮМИНИЯ (ПРОЗРАЧНЫЙ АЛЮМИНИЙ)	335

Сухорада Е.Л., Покинтелица Е.А. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ.....	340
Павли Д.А., Лошакова В.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТАННОГО ПЛАСТИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	344
Гуреева А.А., Щебетовская Н.В. ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ЧЕЛОВЕКА.....	348
Седакин А.А., Покинтелица Е.А. ВКЛАД СОВЕТСКИХ УЧЕНЫХ-ХИМИКОВ В ПОБЕДУ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ	354
Будко В.С., Самойлова Е.Э. ПРОБЛЕМЫ КУРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИГАРЕТ	360
Шумакова О.С., Щебетовская Н.В. СТАТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА.....	367
Костюк Е.Р., Самойлова Е.Э. ВОЗДЕЙСТВИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	372
Ткачев Д.Р., Покинтелица Е.А. ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА МОРОЖЕНОГО...379	
Чабан Я.В., Самойлова Е.Э. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УПОТРЕБЛЕНИЯ ЧИПСОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА	385
СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»	389
Павли Д.А., Самсоненко С.Н. КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК	389
Заикина А.Г., Волчков А.Н. АВТОМАТИЗАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	398

УДК 621.391

Медведева А.С.,

студ. группы ИБС-с-о-19-1, ФГАОУ ВО «СКФУ»

Пелешенко В.С.,

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

информационной безопасности автоматизированных систем,

ФГАОУ ВО «СКФУ»

Руководитель: к.т.н., доцент Гиш Т.А.,

доцент кафедры информационной безопасности автоматизированных

систем, ФГАОУ ВО «СКФУ»

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ

Аннотация. Статья посвящена исследованию корреляционных характеристик сигналов. В статье проведено вычисление корреляционной функции, интервала корреляции, взаимной корреляционной функции, а также определена связь между корреляционной функцией сигнала с квадратом модуля его спектральной функции.

Ключевые слова: корреляция, корреляционный анализ, сигналы, взаимная корреляционная функция, преобразование Фурье.

Введение. Анализ сигналов, а именно исследование его характеристик, является важной задачей в их обработке. Это помогает отличать сигналы друг от друга, за счет анализа свойств конкретного сигнала. С помощью корреляционного анализа можно выявить связь между сигналами и ее причины, определить факторы, влияющие на поведение сигнала, а также спрогнозировать возможные изменения.

Постановка задачи. Исследование корреляционных характеристик сигналов, отличных по форме.

Основная задача корреляционного анализа – количественная оценка различия сигналов.

Корреляция в общем виде – это степень согласованности каких-либо свойств или процессов. Корреляция наблюдается в том случае, если при изменении одного процесса меняется и другой. Математическая мера корреляции – коэффициент корреляции, который представляет собой произведение сигналов. Коэффициент корреляции может принимать значения от -1 до 1, чем ближе коэффициент к 0, тем меньшая взаимосвязь наблюдается между сигналами.

Корреляционная функция, как количественная характеристика, позволяет получить следующую информацию о сигнале: скорость изменения во времени; степень сходства сигналов; длительность без разложения.

Если сравниваются одинаковые по форме сигналы, то используется автокорреляционная функция, а если разные, то взаимная корреляционная функция.

Автокорреляционная функция – скалярное произведение сигнала на его копию сдвинутую во времени и зависит от коэффициента корреляции.

Взаимная корреляционная функция – скалярное произведение сдвинутых копий разных по форме сигналов.

Корреляционная функция сигнала связана преобразованием Фурье с квадратом модуля спектральной функции, или с энергетическим спектром, сигнала

Проведем исследование корреляционных характеристик на примере пилообразного импульса с высотой 2В и длительностью 4 мс и колоколообразного импульса с высотой 3В и длительностью 2 мс.

С помощью математического определение сигналов $s_1(t)$ и $s_2(t)$ построим их графики (рис.1 и рис.2 соответственно).

Математическое определение сигнала $s_1(t)$:

$$s_1(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } t < 0 \\ \left(A_1 \cdot \frac{t}{T_1} \right), & \text{если } 0 \leq t \leq T_1 \\ 0, & \text{если } t \geq T_1 \end{cases} \quad (1)$$

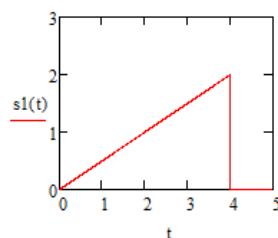


Рис. 1. График сигнала $s_1(t)$

Математическое определение сигнала $s_2(t)$:

$$s_2(t) = A_2 \cdot e^{\left[\frac{-1}{2} \cdot \left(\frac{t}{T_2} \right)^2 \right]} \quad (2)$$

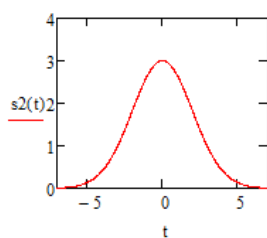


Рис. 2. График сигнала $s_2(t)$

Вычислим корреляционную функцию $R_1(\tau)$ сигнала $s_1(t)$:

$$R_1(\tau) = \int_0^{T_1} s_1(t) \cdot s_1(t - \tau) dt \quad (3)$$

Построим график корреляционной функции $R_1(\tau)$ (рис.3).

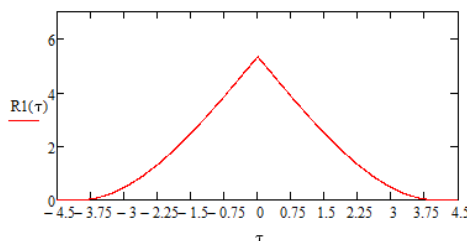


Рис. 3. График корреляционной функции сигнала $s_1(t)$

Из графика, приведенного на рис. 3, получим интервал корреляции сигнала $s_1(t)$, который равен 3,75 мс (ширина от максимальной точки функции до первой точки пересечения с осью абсцисс).

Поскольку сигналы разные по форме, то вычислим взаимную корреляционную функцию $R_{12}(\tau)$ сигналов $s_1(t)$ и $s_2(t)$, построим её график (рис. 4).

Взаимная корреляционная функция $R_{12}(\tau)$ имеет следующий вид:

$$R_{12}(\tau) = \int_0^{T_2} s_1(t) \cdot s_2(t - \tau) dt \quad (4)$$

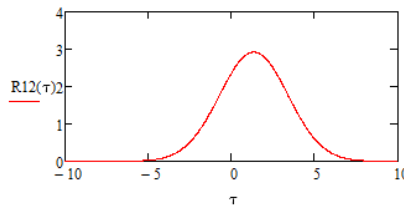


Рис. 4. График взаимной корреляционной функции

Подтвердим связь между преобразованием Фурье корреляционной функцией сигнала $s_1(t)$ с квадратом модуля его спектральной функции:

$$\int_{-\infty}^{\infty} R(\tau) e^{-i2\pi f \tau} d\tau = |S(f)|^2 \quad (5)$$

Определим спектральную функцию сигнала $s_1(t)$:

$$S_1(f) = \int_0^{T_1} s_1(t) \cdot e^{-i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t} dt \quad (6)$$

Найдем квадрат модуля спектральной функции сигнала $s_1(t)$ и построим его энергетический спектр (рис. 5).

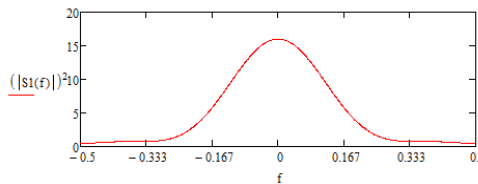


Рис. 5. Энергетический спектр сигнала $s_1(t)$

Найдем прямое преобразование Фурье от корреляционной функции сигнала $s_1(t)$ (рис.7).

$$R(f) = \int_{-T_1}^{T_1} R(\tau) \cdot e^{-i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \tau} dt \quad (7)$$

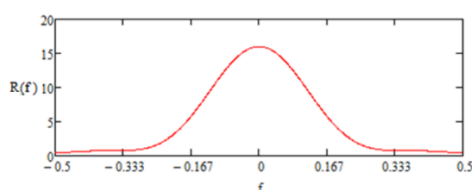


Рис. 7. Прямое преобразование Фурье от корреляционной функции сигнала $s_1(t)$

Если сравнить энергетический спектр сигнала $s_1(t)$ и график функции $R(f)$, получим, что они совпадают, что доказывает, что прямое преобразование Фурье корреляционной функции сигнала действительно совпадает с квадратом модуля спектральной функции, или с энергетическим спектром сигнала.

Выводы. В процессе исследования был проведен анализ корреляционных характеристик сигналов. Была вычислена корреляционная функция, интервал корреляции, взаимная корреляционная функция, а также доказана связь между корреляционной функцией сигнала с квадратом модуля его спектральной функции.

Литература

1. Белоус, И.А. Теория сигналов : учебное пособие / И.А. Белоус, Ю.А. Левашов. – Владивосток : ВГУЭС, 2017. – 100 с.
2. Дахнович, А.А. Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие / А.А. Дахнович. – 100 экз. – Тамбов : ТГТУ, 2009. – 176 с.
3. Сигналы и линейные системы [Электронный ресурс]. – URL: <https://studfile.net/preview/4380625/> (дата обращения: 03.04.2023)
4. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / Ю.Н. Матвеев, К.К. Симончик, А.Ю. Тропченко, М.В. Хитров. – СПб : СПбНИУ ИТМО, 2013. – 166 с.
5. Чернов, Н.Н. Сигналы: формирование, обнаружение и обработка : учебно-методическое пособие / Н.Н. Чернов, А.П. Морозов. – Таганрог : ЮФУ, 2016. – 51 с.

6. Щепетов., А. Г. Основы проектирования приборов и систем : учебное пособие / А. Г. Щепетов.. – Москва : Юрайт, 2023. – 458 с.

7. Correlation-Lecture-V.V.-Leonidov [Электронный ресурс]. – URL: <https://leonidov.su/wp-content/uploads/2020/04/Correlation-Lecture-V.V.-Leonidov.pdf> (дата обращения: 03.04.2023).

Медведева Анна Сергеевна, студентка группы ИБС-с-о-19-1, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет 355009, г. Ставрополь, проспект Кулакова, 2.

e-mail: medvedeva_anna2001@mail.ru.

Пелешенко Виктор Сергеевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой информационной безопасности автоматизированных систем, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, г. Ставрополь, проспект Кулакова, 2.

Научный руководитель:

Гиш Татьяна Александровна, к.т.н., доцент, доцент кафедры информационной безопасности автоматизированных систем, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, г. Ставрополь, проспект Кулакова, 2.

INVESTIGATION OF CORRELATION CHARACTERISTICS OF SIGNALS

Annotation. The article studies the correlation characteristics of signals. The article calculates the correlation function, the correlation interval, and the cross-correlation function, and also determines the relationship between the correlation function of a signal and the square of the modulus of its spectral function.

Keywords: correlation, correlation analysis, signals, cross-correlation function, Fourier transform.

Medvedeva Anna Sergeevna, student of the IBS-s-o-19-1 group, North Caucasus Federal University 355009, Stavropol, Kulakov Avenue, 2.

Peleshenko Viktor Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Information Security of Automated Systems, North Caucasus Federal University, 355009, Stavropol, Kulakov Avenue, 2.

Scientific supervisor:

Gish Tatyana Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Security of Automated Systems, North Caucasus Federal University, 355009, Stavropol, Kulakova Avenue, 2.





УДК 519.21

Лавренчук Н.В.,

студ. группы Мс-22, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

Руководитель: к.т.н., доцент Руссиян С.А.,

доцент кафедры «Высшая математика

им. В.В. Пака», ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДУЭЛЬНОГО БОЯ ТАНКОВ

Аннотация. На базе марковских ветвящихся процессов описана вероятностная модель игры «Танковый бой» и определена оптимальная стратегия для всех её участников.

Ключевые слова: математическое моделирование, марковские ветвящиеся процессы, матрица вероятностей.

Введение. Вероятностная модель – это математическая модель, которая используется для описания случайных явлений и связанных с ними вероятностных закономерностей.

Такая модель позволяет описывать случайные явления в терминах вероятностей, что позволяет более точно предсказывать результаты случайных экспериментов. Вероятностная модель может использоваться для моделирования различных явлений, таких как распределения случайных величин, прогнозирования вероятности наступления событий, риска и т.д.

Вероятностная модель в военной сфере может быть применена для прогнозирования вероятности наступления определенных событий на основе имеющихся данных и исторических трендов. Она может помочь в оценке вероятности успеха определенной военной операции, определении оптимальных путей достижения цели и минимизации потерь, а также для принятия решений в условиях неполной информации.

В данной работе описана вероятностная модель игры «Танковый бой» и определена оптимальная стратегия для всех её участников.

Постановка задачи. На базе марковских ветвящихся процессов построить математическую модель всех возможных сценариев игры «Танковый бой» и определить оптимальную стратегию военных подразделений.

Результаты. Рассмотрим бой двух военных подразделений, каждое из которых состоит из двух танков, причем каждый из них видит оба танка противника. Бой происходит следующим образом. Сначала танки первой группы производят залп по танкам второй группы. После этого уцелевшие танки второй группы проводят залп по танкам первой группы и т. д.

Результаты стрельбы наблюдаются, поэтому по поражённым танкам огонь не ведётся. Вероятность поражения танка первой стороны одним выстрелом P_1 , второй – P_2 .

Обе группы назовём системой. Эта система может быть в разных состояниях: по два танка у каждой стороны, по одному у каждой и т. д. Обозначим условно эти состояния следующим образом: (2,2); (1,1) и т. д., где первая цифра означает число танков у первой стороны, вторая – то же самое у второй.

До начала боя система находится в состоянии (2,2). После залпа первой стороны возможно сохранение состояния (2,2) (оба танка первой стороны промахнулись) или переход её в состояния (2,1) и (2,0). Нетрудно, пользуясь методами теории вероятностей, вычислить вероятности этих переходов:

$$\begin{aligned} P((2,2) \rightarrow (2,2)) &= (1 - P_1)^2; \\ P((2,2) \rightarrow (2,1)) &= 2(1 - P_1)P_1; \\ P((2,2) \rightarrow (2,0)) &= P_1^2. \end{aligned}$$

Переходы из одного состояния в другое удобно изображать графически. На рисунке 1 приведено дерево событий – возможные состояния после первого и второго залпов.

Как видно из схемы (рис. 1), мы имеем дело с ветвящимся процессом, характерным свойством которого является независимость вероятностей перехода из одного состояния в другое от предыдущих переходов. Такие процессы называются марковскими ветвящимися процессами [3, 4].

Марковский ветвящийся процесс (*Markov branching process*) – это модель, которая используется в теории вероятностей и математической статистике для описания эволюции случайной популяции во времени. В нашем случае, каждый элемент популяции будет соответствовать отдельному военному подразделению, состоящему из двух танков, а вероятности порождения новых элементов будут определяться вероятностями поражения танка при выстреле какой-либо стороной.

Матрица вероятностей перехода из одного состояния в другое является основным инструментом для описания марковских ветвящихся процессов. В нашем случае, матрица вероятностей перехода используется для описания вероятности того, что в следующем поколении процесса (например, после первого залпа) каждое состояние системы (2,2) перейдет в одно из возможных состояний (2,2), (2,1) или (2,0).

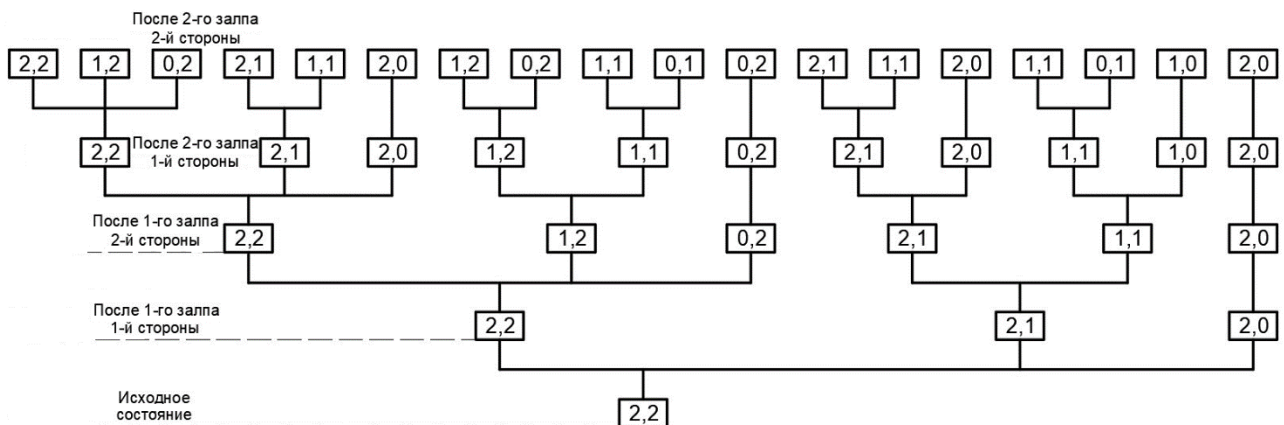


Рис. 1. Дерево событий, характеризующее развитие танкового боя

Формально, матрица вероятностей перехода в марковском ветвящимся процессе определяется как квадратная матрица с неотрицательными элементами $P=(p_{ik})$, где p_{ik} – вероятность перехода системы из состояния E_i в состояние E_k . Сумма элементов каждой строки матрицы вероятностей перехода должна быть

равна единице, так как все возможные состояния системы после очередного залпа в сумме дают единицу.

Для случая залпа первой стороны эта матрица имеет вид, представленный в таблице 1.

Таблица 1. Матрица вероятностей перехода для случая залпа первой стороны

Состояние до залпа	Состояние после залпа							
	(2,2)	(2,1)	(2,0)	(1,2)	(1,1)	(1,0)	(0,2)	(0,1)
(2,2)	$(1-P_1)^2$	$2(1-P_1)P_1$	P_1^2	0	0	0	0	0
(2,1)	0	$(1-P_1)^2$	$2P_1(1-P_1)+P_1^2$	0	0	0	0	0
(2,0)	0	0	1	0	0	0	0	0
(1,2)	0	0	0	$1-P_1$	P_1	0	0	0
(1,1)	0	0	0	0	$1-P_1$	P_1	0	0
(1,0)	0	0	0	0	0	1	0	0
(0,2)	0	0	0	0	0	0	1	0
(0,1)	0	0	0	0	0	0	0	1

Аналогичным образом можно вычислить матрицу вероятностей перехода при залпе второй стороны (табл. 2).

Таблица 2. Матрица вероятностей перехода для случая залпа второй стороны

Состояние до залпа	Состояние после залпа							
	(2,2)	(2,1)	(2,0)	(1,2)	(1,1)	(1,0)	(0,2)	(0,1)
(2,2)	$(1-P_2)^2$	0	0	$2P_2 \cdot (1-P_2)$	0	0	P_2^2	0
(2,1)	0	$1-P_2$	0	0	P_2	0	0	0
(2,0)	0	0	1	0	0	0	0	0
(1,2)	0	0	0	$(1-P_2)^2$	0	0	$2P_2 \cdot (1-P_2)+P_2^2$	0
(1,1)	0	0	0	0	$1-P_2$	0	0	P_2
(1,0)	0	0	0	0	0	1	0	0
(0,2)	0	0	0	0	0	0	1	0
(0,1)	0	0	0	0	0	0	0	1

Пользуясь этими матрицами и изображением марковской цепи (рис. 1), можно рассчитать вероятность любого состояния системы после любого числа залпов.

Пример. Вычислим вероятности состояний системы при условии $P_1 = P_2 = 0,5$ после 1, 2, 3, 4-го этапов боёв (под этапом понимается проведение двух залпов — по одному с каждой стороны).

После первого этапа (залпа):

$$P((2,2)) = (1 - P_1)^2 \cdot (1 - P_2)^2 = 0,5^2 \cdot 0,5^2 = 0,0625;$$

$$P((2,1)) = 2P_1(1 - P_1) \cdot (1 - P_2) = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25;$$

и т.д.

$$P((0,2)) = (1 - P_1)^2 \cdot P_2^2 = 0,25 \cdot 0,25 = 0,0625.$$

После второго этапа (залпа):

$$P((2,2)) = 0,0625 \cdot (1 - P_1)^2 \cdot (1 - P_2)^2 = 0,0625 \cdot 0,5^2 \cdot 0,5^2 \approx 0,004;$$

$$P((2,1)) = 0,0625 \cdot (2 \cdot (1 - P_1) \cdot P_1) \cdot (1 - P_2) + 0,25 \cdot (1 - P_1)^2 \cdot (1 - P_2) \approx 0,046;$$

и т.д.

$$P((0,1)) = 0,125 \cdot P_1 \cdot P_2 + 0,25 \cdot (1 - P_1) \cdot P_2 \approx 0,094.$$

Результаты всех расчётов приведены в таблице 3.

Таблица 3. Матрица вероятностей состояния системы

Состояние	Вероятность состояния системы после залпов с 2-х сторон		
	1-го	2-го	
(2,2)	0,0625	0,004	и т.д.
(2,1)	0,25	0,047	
(2,0)	0,125	0,023	
(1,2)	0,25	0,141	
(1,1)	0,25	0,453	
(1,0)	-	0,125	
(0,2)	0,0625	0,113	
(0,1)	-	0,094	

Анализ таблицы 3 позволяет сделать ряд выводов. Вероятности всех состояний, в которых присутствуют танки обеих сторон, с течением боя быстро убывают и стремятся к нулю. Эти состояния называют несущественными.

Вероятность победы первой стороны (она равна сумме вероятностей состояний (2,0) и (1,0)) равна 0,689, т. е. значительно превосходит вероятность победы второй стороны 0,311, несмотря на то, что исходное число танков и их эффективности одинаковы.

Этот пример показывает большую роль нанесения упреждающего удара. В данном случае упреждение в ударе оказывается эквивалентным более чем двукратному увеличению эффективности.

Вывод. Марковские ветвящиеся процессы могут найти применение в военном деле, например, для прогнозирования численности и состояния военных подразделений.

Представленная вероятностная модель на базе марковских ветвящихся процессов позволяет учитывать все возможные сценарии игры «Танковый бой» и способствует выбору оптимальной стратегии для её участников.

В целом, применение вероятностной модели в военной сфере может помочь оптимизировать решения, минимизировать потери и повысить вероятность успеха военных операций. Однако, необходимо учитывать многочисленные факторы и переменные, которые могут влиять на результаты моделирования. Это обеспечивает надёжность данных для достижения наиболее точных результатов.

Литература

1. Чуев В.Ю. Стохастические модели дуэльного боя двух единиц / В.Ю. Чуев, И.В. Дубограй // Математическое моделирование и численные методы. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – №2(10). – С. 69-84.
2. Зарубин В.С. Особенности математического моделирования технических устройств / В.С. Зарубин, Г.Н. Кувыркин // Математическое моделирование и численные методы. – 2014, № 1. – С. 5–17.

3. Сердюков В. И. Математическая модель однопользовательской компьютерной игры, воспроизводящей дуэльный бой танков / В.И. Сердюков, Н.А. Сердюкова, С.И. Шишкина // Математика и математическое моделирование. – 2020. – №03. – С. 29-42.

3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – Москва: Высшая школа, 1999. – 576 с.

4. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Сов. радио, 1972. – 551 с.

Лавренчук Никита Викторович, студент группы Мс-22, ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: macterme4anikebuy@mail.ru

Научный руководитель:

Руссиян Станислав Анатольевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Высшая математика им. В.В. Пака», ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: st_russ@mail.ru

MATHEMATICAL MODEL OF TANK DUELING

Annotation. On the basis of Markov branching processes, a probabilistic model of the game "Tank battle" is described and the optimal strategy for all its participants is determined.

Keywords: mathematical modeling, Markov branching processes, probability matrix.

Lavrenchuk Nikita Viktorovich, student of the Ms-20 group, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.

Scientific supervisor:

Russijan Stanislav Anatolevich, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics named after V.V. Pak, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.



УДК 622.14, 681.332

Шиленко И.С.,

студ. группы ПМК-19, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

Руководитель: к.т.н., доцент Прокопенко Е.В.,

доцент кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта,

ФГБОУ ВО «ДонНТУ»,

ИССЛЕДОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА ПРОДАЖ МЕТОДОМ АВС-АНАЛИЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ DEDUCTOR

Аннотация. Рассмотрены возможности применения аналитического пакета Deductor для исследования ассортимента продаж мобильных телефонов в супермаркете.

Ключевые слова: АВС-анализ данных, визуализация, аналитический пакет Deductor.

Введение. АВС-анализ – метод, позволяющий классифицировать ресурсы фирмы по степени их важности. Этот анализ является одним из методов рационализации и может применяться в сфере деятельности любого предприятия. В его основе лежит принцип Парето – 20% всех товаров дают 80% оборота. По отношению к АВС-анализу правило Парето может прозвучать так: надёжный контроль 20% позиций позволяет на 80% контролировать систему, будь то запасы сырья и комплектующих, либо продуктовый ряд предприятия и т.п.

Цель АВС анализа – простое, удобное и наглядное ранжирование любых ресурсов с точки зрения их вклада в прибыль или продажи. Благодаря такому ранжированию можно правильно расставить приоритеты деятельности, сфокусировать использование ограниченных ресурсов компании (трудовые,

временные, инвестиции и т.д.), выявить излишнее использование ресурсов и предпринять своевременные корректирующие меры.

АВС-анализ позволяет разделить большой массив данных, исходя из их вклада, на три группы. Это позволяет, во-первых, выделить позиции, которые являются ключевыми. Во-вторых, мы сможем сконцентрироваться на анализе трех групп, вместо большого списка, и работать с позициями в пределах групп сходным образом.

В данной статье рассматривается применение АВС-анализа для исследования ассортимента продаж мобильных телефонов в супермаркете.

Порядок проведения АВС-анализа.

1. Определяем цель анализа.

2. Определяем действия по итогам анализа (что будем делать с полученными результатами?).

3. Выбираем объект анализа (что будем анализировать?) и параметр анализа (по какому признаку будем анализировать?).

Обычно объектами АВС анализа являются поставщики, товарные группы, товарные категории, товарные позиции. В нашем случае объектами являются наименования телефонов. Каждый из этих объектов имеет разное количество прибыли за продажу.

4. Составляем рейтинговый список объектов по убыванию значения параметра.

5. Рассчитываем долю параметра от общей суммы параметров с накопительным итогом. Доля с накопительным итогом высчитывается путём прибавления параметра к сумме предыдущих параметров.

6. Выделяем группы А, В и С: присваиваем значения групп выбранным объектам. Методов выделения групп существует порядка десяти, наиболее применимы из них: эмпирический метод, метод суммы и метод касательных. В эмпирическом методе разделение происходит в классической пропорции 80/15/5. В методе суммы складывается доля объектов и их совокупная доля в результате – таким образом, значение суммы находится в диапазоне от 0 до 200%. Группы

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

выделяют так: группа А – 100%, В – 45%, С – остальное. Достоинства метода – большая гибкость. Самым гибким методом является метод касательных, в котором к кривой ABC проводится касательная, отделяя сначала группу А, а затем С.

На рисунке 1 показано окно сценария с вводом исходных данных.



Наименование телефона	Прибыль
Samsung	1000
Apple	2000
Xiaomi	800
POCO	600
Redmi	1200
LG	1500
Vivo	500
Huawei	1800
OnePlus	900
Google	700
Oppo	1300
Realme	1400
Honor	800
BQ	400

Рис.1. Ввод исходных данных

Следующим этапом реализации алгоритма является нахождение доли каждой марки телефона в общем объеме. Фрагмент окна выполнения показан на рисунке 2.

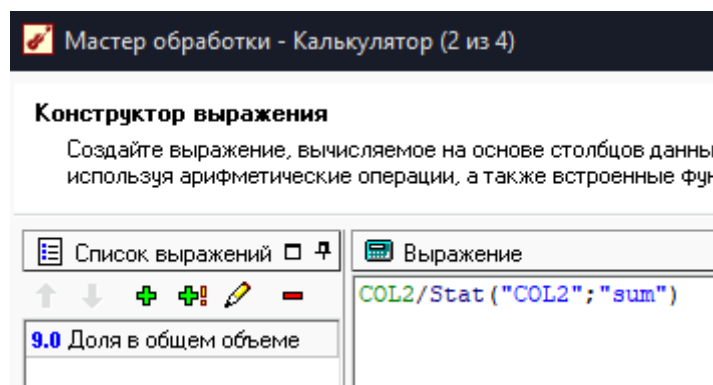


Рис.2. Фрагмент окна для нахождения доли товара

В результате выполнения данного этапа алгоритма заполняется таблица, фрагмент которой показан на рисунке 3.

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

Следующим этапом выполнения анализа является нахождение доли с накопительным итогом. Фрагмент выполнения данного этапа показан на рисунке 4 и рисунке 5.

Наименование телефона	Прибыль	Доля в общем объеме
▶ Samsung	1000	0,0671140939597315
Apple	2000	0,134228187919463
Xiaomi	800	0,0536912751677852
POCO	600	0,0402684563758389
Redmi	1200	0,0805369127516778
LG	1500	0,100671140939597
Vivo	500	0,0335570469798658
Huawei	1800	0,120805369127517
OnePlus	900	0,0604026845637584
Google	700	0,0469798657718121
Oppo	1300	0,087248322147651
Realme	1400	0,0939597315436242
Honor	800	0,0536912751677852
BQ	400	0,0268456375838926

Рис.3. Фрагмент окна для нахождения доли товара

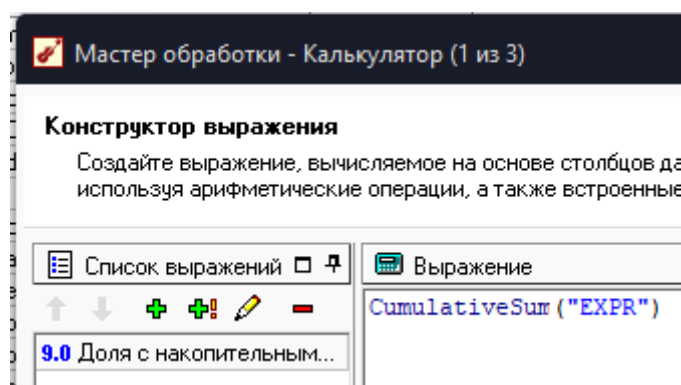


Рис.4. Фрагмент окна визуализатора "Мастер обработки-Калькулятор"

Наименование телефона	Прибыль	Доля в общем объеме	Доля с накопительным итогом
▶ Samsung	1000	0,0671140939597315	0,0671140939597315
Apple	2000	0,134228187919463	0,201342281879195
Xiaomi	800	0,0536912751677852	0,25503355704698
POCO	600	0,0402684563758389	0,295302013422819
Redmi	1200	0,0805369127516778	0,375838926174497
LG	1500	0,100671140939597	0,476510067114094
Vivo	500	0,0335570469798658	0,51006711409396
Huawei	1800	0,120805369127517	0,630872483221476
OnePlus	900	0,0604026845637584	0,691275167785235
Google	700	0,0469798657718121	0,738255033557047
Oppo	1300	0,087248322147651	0,825503355704698
Realme	1400	0,0939597315436242	0,919463087248322
Honor	800	0,0536912751677852	0,973154362416107
BQ	400	0,0268456375838926	1

Рис.5. Фрагмент окна для нахождения доли с накопительным итогом

Следующим этапом анализа является распределение марок телефонов по группам ABC-анализа, руководствуясь следующим правилом:

- Группа А – наиболее значимые в структуре наименования марок телефонов с наибольшей прибылью. С учетом выбранного параметра анализа в данную группу войдут марки телефонов – лидеры продаж, сумма долей с накопительным итогом которых составляет первые 50% в общей сумме продаж;
- Группа В – менее востребованные марки телефонов по степени важности, сумма долей с накопительным итогом которых составляет от 50 до 80% от общей суммы продаж;
- Группа С – наименее важные марки телефонов, которые являются претендентами на исключение из списка продаж. Сумма их долей с накопительным итогом составляет от 80 до 100%. Для реализации данного распределения необходимо:

1. Определить долю объема продаж каждой группы товаров от общего объема продажи всех групп. Рекомендуется результаты расчетов представить в процентах, округляя их в данных единицах измерения до целого числа.

2. Определить долю объема посещаемости по группам с накопительным итогом.

3. Упорядочить группы продаж в порядке убывания по показателю доли с накопительным итогом.

4. Присвоить определенной группе продаж вид группы в соответствии с правилом распределения.

На рисунке 6 показан визуализатор «Мастер обработки-Калькулятор» с построением выражения для итогового ABC-анализа.

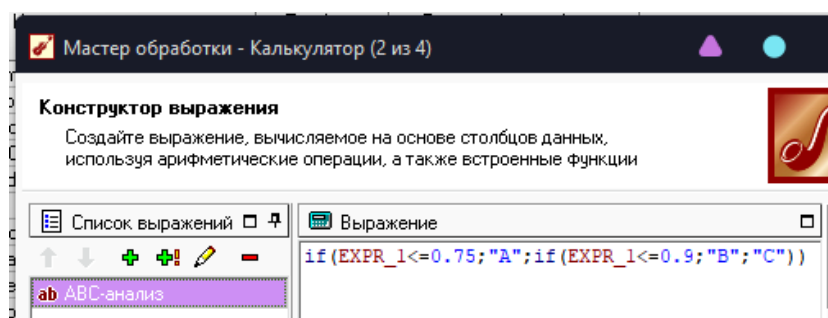


Рис.6. Фрагмент окна визуализатора «Мастер обработки-Калькулятор»

Итоговое распределение по классам А, В,С показано на рисунке 7.

Наименование телефона	Прибыль	Доля в общем объеме	Доля с накопительным итогом	ABC-анализ
▶ Samsung	1000	0,0671140939597315	0,0671140939597315	A
Apple	2000	0,134228187919463	0,201342281879195	A
Xiaomi	800	0,0536912751677852	0,25503355704698	A
POCO	600	0,0402684563758389	0,295302013422819	A
Redmi	1200	0,0805369127516778	0,375838926174497	A
LG	1500	0,100671140939597	0,476510067114094	A
Vivo	500	0,0335570469798658	0,51006711409396	A
Huawei	1800	0,120805369127517	0,630872483221476	A
OnePlus	900	0,0604026845637584	0,691275167785235	A
Google	700	0,0469798657718121	0,738255033557047	A
Oppo	1300	0,087248322147651	0,825503355704698	B
Realme	1400	0,0939597315436242	0,919463087248322	C
Honor	800	0,0536912751677852	0,973154362416107	C
BQ	400	0,0268456375838926	1	C

Рис.7. Итоговый сценарий распределения групп по ABC-анализу

Результаты. В результате применения ABC- анализа можно проследить тенденцию продажи мобильных телефонов. Применение в учебном процессе аналитической платформы DEDUCTOR значительно повысит не только качество преподавания дисциплины, но и качество работы студентов при выполнении индивидуальных заданий.

Выводы. Благодаря ABC-анализу можно понять, какими ресурсами лучше запастись впрок, а какие стоит приобретать непосредственно в момент необходимости, количество каких товаров следует увеличить, а количество каких — уменьшить, на каких поставщиков стоит полагаться, а на каких лучше не надеяться. Иными словами, с его помощью можно вычислить наиболее/наименее прибыльные товары, наиболее/наименее перспективных поставщиков, наиболее/наименее выгодные запасы и т. д.

Литература

1. Пальмов, С. В. Интеллектуальный анализ данных : учебное пособие / С. В. Пальмов. – Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. – 127 с.

2. Замятин, А. В. Интеллектуальный анализ данных : учебное пособие / А. В. Замятин. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2020. – 194 с.

3. Data Science и интеллектуальный анализ данных : учебное пособие / Д. М. Назаров, С. В. Бегичева, Д. Б. Ковтун, А. Д. Назаров. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. – 304 с.

Шиленко Иван Сергеевич, студент группы ПМК-19 ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

Научный руководитель:

Прокопенко Елена Васильевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: prokopenko1515@rambler.ru

RESEARCH OF THE RANGE OF SALES BY ABC-ANALYSIS USING THE DEDUCTOR ANALYTICAL PLATFORM

Annotation. The possibilities of using the Deductor analytical package to study the range of sales of mobile phones in the supermarket are considered.

Keywords: ABC-data analysis, visualization, Deductor analytical package.

Shilenko Ivan Sergeevich, student of the PMK-19 group of the Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.

Scientific supervisor:

Prokopenko Elena Vasilievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Artificial Intelligence, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.



УДК 519.688

Пугачёв М.А.,

аспирант группы аССМиК/01.06.01-12, ФГБОУ ВО «ТулГУ»

Руководитель: д.т.н. профессор Трещев А.А.,

заведующий кафедрой ССМиК ФГБОУ ВО «ТулГУ»

**МОДЕЛЬ ДИФФУЗИИ ВОДОРОДА В ТИТАНЕ И ПОЛИМЕРЕ
НА ПРИМЕРЕ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА**

Аннотация. Статья посвящена расчету находящегося в агрессивной водородной среде композитного материала (КМ). Автор применил математическое моделирование для расчета параметров диффузии и определения влияния температуры и концентрации водорода на скорость процесса в различных материалах. В статье описываются особенности модельного подхода, методы его реализации и полученные результаты. Представленные данные могут быть полезными для разработки новых материалов с улучшенными свойствами и управляемой диффузионной способностью, а также для оптимизации процессов поверхностной обработки и хранения материалов.

Ключевые слова: модель, диффузия, водород, титан, полимер, математическое моделирование, КМ, процесс, скорость диффузии, температура, концентрация.

Введение. Диффузия водорода в различных материалах - важный процесс, который может влиять на механические свойства и поведение материалов в различных условиях эксплуатации. Изучение этого процесса является актуальной задачей для разработки новых материалов и оптимизации производственных процессов. В данной статье мы рассмотрим математическое

моделирование процесса диффузии водорода в титановых и полимерных материалах на примере КМ. Описаны методы моделирования, полученные данные и особенности рассмотренного процесса. Наша работа может быть полезна при проектировании и отборе материалов, а также для оптимизации процессов поверхностной обработки и контроля качества материалов.

Приведенный скрипт создает модель расчета концентрации водорода в разных слоях композита на основе моделей диффузии в титане и полимере, используя начальную концентрацию и коэффициенты диффузии. Затем визуализирует концентрацию водорода в титане и полимере. Далее, он оценивает эффект наводороживания поверхности на механические свойства каждого слоя композита и на прочность и деформации всего композита. Результаты отображаются в виде графиков напряжений и перемещений в зависимости от концентрации водорода на поверхности и приложенной сжимающей нагрузке. В статье показаны основные методы моделирования, для сокращения объема публикации.

```

1 # Константы
2 R = 8.314 # универсальная газовая постоянная, Дж/(моль*К)
3 F = 96485 # постоянная Фарадея, Кл/моль
4 NA = 6.0221409e23 # число Авогадро, моль^-1
5
6 # Параметры водорода
7 m_H = 1.00784 # масса атома водорода, г/моль
8
9 # Параметры окружающей среды
10 p = 1 # давление, МПа
11 T = 300 # температура, К
    
```

Рис.1. Задание констант

Далее, необходимо определить функции для расчета диффузии водорода в каждом слое композитного материала. Рассмотрим сначала диффузию в титане (рис. 2).

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

```
14 import numpy as np
15
16 # Параметры диффузии в титане
17 D0_Ti = 1e-4 # коэффициент диффузии на поверхности, м^2/с
18 b_Ti = 2.86e-10 # параметр взаимодействия
19
20 def diff_Ti(R, T, p_H2):
21     """
22     Функция для расчета концентрации водорода в титане
23
24     :param R: универсальная газовая постоянная, Дж/(моль*К)
25     :param T: температура, К
26     :param p_H2: давление водорода, МПа
27     :return: концентрация водорода в титане, моль/м^3
28     """
29
30     # Расчет констант для диффузионной модели Смита
31     Q = 1.72 * b_Ti * np.sqrt(m_H) * (p/1000) / (T/1000) ** 1.5
32     D = D0_Ti * np.exp(-Q / (R * T))
33     k = b_Ti ** 2 * p / (2 * np.pi * m_H * R * T)
34
35     # Расчет концентрации водорода
36     c_H_Ti = k * p_H2 / D
37
38     return c_H_Ti
```

Рис. 2. Определение функций расчета диффузии водорода в слоях титана

Аналогично определим функцию для расчета диффузии в полимере (рис. 3).

```
41 # Параметры диффузии в полимере
42 D0_Poly = 1e-8 # коэффициент диффузии на поверхности, м^2/с
43 b_Poly = 1.22e-9 # параметр взаимодействия
44
45 def diff_Poly(R, T, p_H2):
46     """
47     Функция для расчета концентрации водорода в полимере
48
49     :param R: универсальная газовая постоянная, Дж/(моль*К)
50     :param T: температура, К
51     :param p_H2: давление водорода, МПа
52     :return: концентрация водорода в полимере, моль/м^3
53     """
54
55     # Расчет констант для диффузионной модели Смита
56     Q = 1.72 * b_Poly * np.sqrt(m_H) * (p/1000) / (T/1000) ** 1.5
57     D = D0_Poly * np.exp(-Q / (R * T))
58     k = b_Poly ** 2 * p / (2 * np.pi * m_H * R * T)
59
60     # Расчет концентрации водорода
61     c_H_Poly = k * p_H2 / D
```

Рис. 3. Определение функций расчета диффузии водорода в полимере

Далее, напишем функцию для расчета концентрации водорода в каждом слое композита при заданных условиях окружающей среды и температуры (рис. 4).

```

66 # Параметры композитного материала
67 d_Ti = 0.01 # толщина слоя титана, м
68 d_Poly = 0.02 # толщина слоя полимера, м
69 V_Ti = d_Ti # объем титана, м^3 (предполагается, что титан занимает всю толщину композита)
70 V_Poly = d_Poly # объем полимера, м^3 (предполагается, что полимер занимает всю толщину композита)
71
72 - def calc_concentration(R, T, p_H2):
73     """
74     Функция для расчета концентрации водорода в каждом слое композитного материала
75
76     :param R: универсальная газовая постоянная, Дж/(моль*К)
77     :param T: температура, К
78     :param p_H2: давление водорода, МПа
79     :return: концентрации водорода в титане и полимере, моль/м^3
80     """
81
82     # Расчет концентрации водорода в титане
83     c_H_Ti = diff_Ti(R, T, p_H2)
84
85     # Расчет концентрации водорода в полимере
86     c_H_Poly = diff_Poly(R, T, p_H2)
87
88     return c_H_Ti, c_H_Poly
    
```

Рис. 4. Функция для расчета концентрации водорода в каждом слое композита при заданных условиях окружающей среды и температуры

Теперь напишем функцию для расчета механических свойств каждого слоя композитного материала в зависимости от концентрации водорода (рис. 5).

```

91 # Параметры механических свойств композитного материала
92 K_Ti_base = 120 # модуль упругости титана без водорода, ГПа
93 K_Poly_base = 4.2 # модуль упругости полимера без водорода, ГПа
94 K_H = -12.5 # зависимость модуля упругости от концентрации водорода, ГПа/(моль/м^3)
95 Sigma_y_Ti_base = 550 # предел текучести титана без водорода, МПа
96 Sigma_y_Poly_base = 40 # предел текучести полимера без водорода, МПа
97 Sigma_y_H = -3.3 # зависимость предела текучести от концентрации водорода, МПа/(моль/м^3)
98
99 - def calc_mechanical_properties(c_H_Ti, c_H_Poly):
100     """
101     Функция для расчета механических свойств каждого слоя композитного материала
102
103     :param c_H_Ti: концентрация водорода в титане, моль/м^3
104     :param c_H_Poly: концентрация водорода в полимере, моль/м^3
105     :return: модуль упругости и предел текучести каждого слоя композитного материала, ГПа и МПа соответственно
106     """
107
108     # Расчет модуля упругости в титане
109     K_Ti = K_Ti_base + K_H * c_H_Ti
110
111     # Расчет модуля упругости в полимере
112     K_Poly = K_Poly_base + K_H * c_H_Poly
113
114     # Расчет предела текучести в титане
115     Sigma_y_Ti = Sigma_y_Ti_base + Sigma_y_H * c_H_Ti
116
117     # Расчет предела текучести в полимере
118     Sigma_y_Poly = Sigma_y_Poly_base + Sigma_y_H * c_H_Poly
119
120     return K_Ti, K_Poly, Sigma_y_Ti, Sigma_y_Poly
    
```

Рис. 5. Функция для расчета механических свойств каждого слоя композитного материала в зависимости от концентрации водорода

Наконец, напишем функцию для расчета свойств всего композита и построения графиков напряжений и перемещений в зависимости от концентрации водорода и приложенной сжимающей нагрузке (рис. 6, 7).

```

123 # Параметры расчета свойств всего композита
124 K_comp_base = 50 # модуль упругости всего композита без водорода, ГПа
125 Sigma_y_comp_base = 300 # предел текучести всего композита без водорода, МПа
126
127 def calc_composite_properties(c_H_Ti, c_H_Poly, F):
128     """
129     Функция для расчета механических свойств всего композитного материала и построения графиков
130
131     :param c_H_Ti: концентрация водорода в титане, моль/м3
132     :param c_H_Poly: концентрация водорода в полимере, моль/м3
133     :param F: приложенная сжимающая нагрузка, МПа
134     :return: модуль упругости и предел текучести всего композитного материала, ГПа и МПа соответственно
135     """
136
137     # Расчет механических свойств в каждом слое композита
138     K_Ti, K_Poly, Sigma_y_Ti, Sigma_y_Poly = calc_mechanical_properties(c_H_Ti, c_H_Poly)
139
140     # Расчет модуля упругости и предела текучести всего композита
141     K_comp = K_Ti * V_Ti / (V_Poly + V_Ti) + K_Poly * V_Poly / (V_Poly + V_Ti)
142     Sigma_y_comp = Sigma_y_Ti * V_Ti / (V_Poly + V_Ti) + Sigma_y_Poly * V_Poly / (V_Poly + V_Ti)
143
144     # Построение графиков
145     c_H = np.linspace(0, 1e-6, 100)
146     F_values = np.linspace(0, 500, 100)
147     K_values = []
148     Sigma_values = []
149     for F in F_values:
150         K_Ti, K_Poly, Sigma_y_Ti, Sigma_y_Poly = calc_mechanical_properties(diff_Ti(R, T, p_H2), diff_Poly(R, T, p_H2))
151         K_comp = K_Ti * V_Ti / (V_Poly + V_Ti) + K_Poly * V_Poly / (V_Poly + V_Ti)
152         Sigma_y_comp = Sigma_y_Ti * V_Ti / (V_Poly + V_Ti) + Sigma_y_Poly * V_Poly / (V_Poly + V_Ti)
153
154         K_values.append(K_comp)
155         Sigma_values.append(Sigma_y_comp)

```

Рис. 6. Функция для расчета свойств всего композита и построения графиков напряжений и перемещений в зависимости от концентрации водорода и приложенной сжимающей нагрузке

```

156
157 # График модуля упругости
158 plt.figure(figsize=(10, 5))
159 plt.plot(c_H, K_comp_base + K_comp * c_H, label='Влияние водорода на модуль упругости', color='blue')
160 plt.plot(c_H, K_comp, label='Результат расчета', color='red')
161 plt.title('Зависимость модуля упругости всего композита от концентрации водорода')
162 plt.xlabel('Концентрация водорода, моль/м3')
163 plt.ylabel('Модуль упругости, ГПа')
164 plt.legend()
165
166 # График предела текучести
167 plt.figure(figsize=(10, 5))
168 plt.plot(c_H, Sigma_y_comp_base + Sigma_y_H * c_H, label='Влияние водорода на предел текучести', color='blue')
169 plt.plot(c_H, Sigma_y_comp, label='Результат расчета', color='red')
170 plt.title('Зависимость предела текучести всего композита от концентрации водорода')
171 plt.xlabel('Концентрация водорода, моль/м3')
172 plt.ylabel('Предел текучести, МПа')
173 plt.legend()
174
175 # График напряжений и перемещений
176 plt.figure(figsize=(10, 5))
177 plt.plot(F_values, K_comp * (V_Ti + V_Poly) / F_values, label='Зависимость напряжения от сжимающей нагрузки', color='blue')
178 plt.plot(F_values, Sigma_y_comp * (V_Ti + V_Poly) / F_values, label='Зависимость перемещения от сжимающей нагрузки', color='red')
179 plt.title('Зависимость напряжений и перемещений всего композита от сжимающей нагрузки')
180 plt.xlabel('Сжимающая нагрузка, МПа')
181 plt.ylabel('Напряжение, перемещение')
182 plt.legend()

```

Рис. 7. Функция для расчета свойств всего композита и построения графиков напряжений и перемещений в зависимости от концентрации водорода и приложенной сжимающей нагрузке

Литература

1. Теория деформирования и прочности материалов с изначальной или наведенной чувствительностью к виду напряженного состояния. Определяющие соотношения / А. А. Трещёв ; Российская акад. архитектуры и строительных наук, Тульский гос. ун-т. – Москва : РААСН ; Тула : ТулГУ, 2016. – 326 с.
2. Thompson M. ANSYS Mechanical APDL for Finite Element Analysis / Mary Kathryn Thompson and John Martin. – Butterworth-Heinemann, 2017. – 466 p.
3. Abaqus/CAE User's Manual by Dassault Systemes [Электронный ресурс]. – URL: <http://abaqusdocs.eait.uq.edu.au/v6.11/index.html> (дата обращения 13.04.2023). – Режим доступа свободный.
4. GT STRUDL User's Manual by Intergraph [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gtstrudl.eu/images/release_guides/cadmgtstrt2020.pdf (дата обращения 13.04.2023). – Режим доступа свободный.
5. SAP2000 User's Manual by Computers and Structures Inc. – Berkeley, California, USA: 1998. – 534 p.
6. Marcus Ph. Modeling and Simulation of Corrosion Processes / edited by Philippe Marcus and Florian B. Mansfeld. – CRC Press Taylor & Francis Group: 2006. – 760 p.

Пугачёв Максим Андреевич, аспирант группы аССМиК/01.06.01-12, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», 300012, Тульская область, Тула, проспект Ленина, 92.

e-mail: MoonglightTSU@yandex.ru

Научный руководитель:

Трещёв Александр Анатольевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ССМиК, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», 300012, Тульская область, Тула, проспект Ленина, 92.

**MATHEMATICAL MODELING OF HYDROGEN DIFFUSION IN
TITANIUM AND POLYMER USING A COMPOSITE MATERIAL AS
EXAMPLE.**

Annotation. The article is devoted to the calculation of a composite material (CM) located in an aggressive hydrogen environment. The author applied mathematical modeling to calculate the diffusion parameters and determine the effect of temperature and hydrogen concentration on the speed of the process in various materials. The article describes the features of the model approach, methods of its implementation and the results obtained. The presented data can be useful for the development of new materials with improved properties and controlled diffusion capacity, as well as for optimizing the processes of surface treatment and storage of materials.

Keywords: model, diffusion, hydrogen, titanium, polymer, mathematical modeling, KM, process, diffusion rate, temperature, concentration.

Pugachev Maxim Andreevich, postgraduate student of the aSSMiK group/01.06.01-12, Tula State University, Tula Region, Tula, Lenin Avenue, 92, 300012.

Scientific supervisor:

Treshchev Alexander Anatolyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the SSMiK Department, Tula State University, 300012, Tula region, Tula, Lenin Avenue, 92.





УДК 622.14, 681.332

Шклярова А.И.,

студ. группы ПМК-19, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

Руководитель: к.т.н., доцент Прокопенко Е.В.,

доцент кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта,

ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПАКЕТА STADIA ДЛЯ СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Аннотация. В настоящей работе рассматриваются основные принципы применения корреляционного анализа для исследования числа рождаемости и численности населения в городе N. Приводятся практические примеры анализа с расчетом коэффициентов корреляции Пирсона с помощью пакета статистического пакет STADIA посредством последовательных вычислительных процедур.

Ключевые слова: пакет STADIA, экспериментальные данные, автоматизированная информационная система, коэффициент корреляции.

Введение. Корреляционный анализ является одним из самых популярных методов обработки данных, однако не всегда он применяется корректно. В связи с этим в статье представлены основные принципы применения корреляционного анализа, расчет коэффициентов корреляции с помощью программного пакета STADIA. Корреляционный анализ определяет степень связи между переменными. Направление корреляционной связи может быть прямое (положительное) или обратное (отрицательное):

- При прямой связи с увеличением значений первого признака увеличиваются значения второго признака, а с уменьшением значений первого признака происходит уменьшение значений второго.

- При обратной связи значения первого признака изменяются под воздействием второго, но в противоположном направлении по сравнению с изменением второго признака.

Сила связи (степень, теснота связи) — степень сопряженности признаков, широта варьирования значений каждого из них при изменении величины другого. Связь считается сильной, когда каждой величине одного признака соответствуют такие величины другого признака, и наоборот, связь называется слабой (менее тесной), если значениям одного признака соответствуют значительные колебания значений второго. Предназначение корреляционного анализа сводится к выявлению наличия зависимости между различными факторами. То есть, определяется, влияет ли уменьшение или увеличение одного показателя на изменение другого.

Если зависимость установлена, то определяется коэффициент корреляции. В отличие от регрессионного анализа, это единственный показатель, который рассчитывает данный метод статистического исследования. Коэффициент корреляции варьируется в диапазоне от +1 до -1. При наличии положительной корреляции увеличение одного показателя способствует увеличению второго. При отрицательной корреляции увеличение одного показателя влечет за собой уменьшение другого. Чем больше модуль коэффициента корреляции, тем заметнее изменение одного показателя отражается на изменении второго. При коэффициенте, равном 0, зависимость между ними отсутствует полностью.

Основные этапы решения. Решение данной задачи состоит из нескольких этапов.

1. *Ввод статистических экспериментальных данных.* Компьютерный ввод экспериментальных данных в объеме 12 чисел соответственно по количеству рождаемости и смертности населения в городе N. В результате процедуры ввода в электронной таблице в столбце x_1 размещаются 12 значений, формирующих переменную x_1 , переменную x_2 и x_3 соответственно. При отсутствии ошибок ввода следует приступить к следующему этапу. Ввод исходных данных показан на рисунке 1.

STADIA 8.0/учебная - ПО по свободной лицензии CC BY-SA 4

Файл Графики=F6 Калькулятор=F7 Преобразования=F8 Статистика

Таблица данных

	Годы	Рождаемос:	Смертност:	x4	x5
1	2010	9,3	12,6		
2	2011	7,4	13,5		
3	2012	6,6	17,4		
4	2013	7,1	17,2		
5	2014	7	15,9		
6	2015	6,6	14,2		
7	2016	7,1	16		
8	2017	8,2	13,4		
9	2018	5,3	15,5		
10	2019	9,1	14,8		
11	2020	8,6	16,8		
12	2021	7,1	19,2		
13					
14					
15					

Рис.1. Ввод исходных данных

2. Проверка распределения экспериментальных данных на нормальность.

Блок статистического анализа в пакете STADIA 6.0 содержит набор процедур, реализующих широко применяемые методы анализа данных и представления результатов.

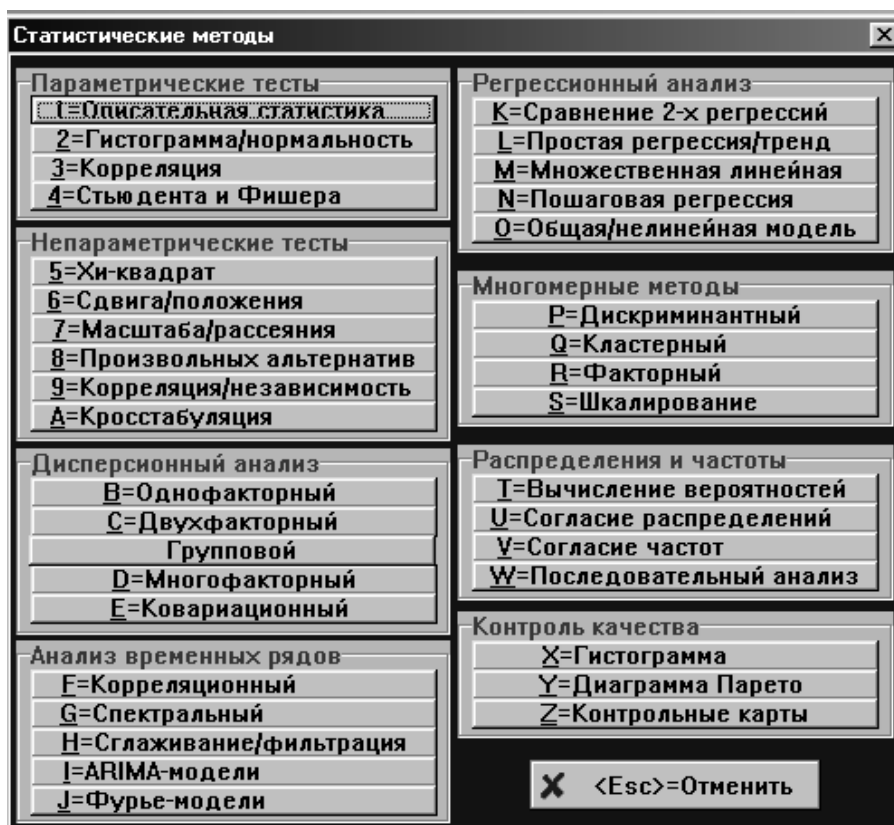


Рис. 2. Меню выбора статистического метода

Чтобы провести статистический анализ, необходимо выполнить ряд последовательных шагов:

1. Ввести данные в электронную таблицу (рис. 1). Обрабатываемые данные должны соответствовать выбранному методу анализа.

2. Вызвать меню статистических методов (рис. 2) нажатием клавиши F9. В этом меню нажмите на кнопку нужного метода.

3. *Уточнение закона распределения.* Чтобы более точно определить закон распределения случайных величин выборки, прибегают к проверке распределения на соответствие конкретному закону. Средствами ППСА STADIA можно выполнить проверку наиболее часто встречающихся в практике законов распределения: нормального, экспоненциального, Релея, Вейбулла, логистического, экстремальных значений, Эрланга, логнормального.

В соответствии с описанным способом проверки стоит выполнить проверку по остальным законам распределения. Практически это расширяет представление о моделируемом ИР и позволяет принять правильное решение о стратегии и тактике моделирования.

4. *Формулирование выводов* выполняется по окончании проверки по всем законам распределения.

На рисунке 3 показано расчетное окно вычисления коэффициента корреляции

```

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ.  файл:
      Корреляционная матрица
      ГОДЫ РОЖДАЕМО
РОЖДАЕМО-0,008733
СМЕРТНОС   0,455  -0,3761

Критическое значение с учетом поправки Бонферрони на множественные сравнения=0,6693
Число значимых коэффициентов=0 (0%)
Критическое значение без поправки Бонферрони=0,425

      Частные корреляции
      ГОДЫ РОЖДАЕМО
РОЖДАЕМО   0,1968
СМЕРТНОС   0,4875  -0,4179

Критическое значение=0,5982
Число значимых коэффициентов=0 (0%)
    
```

Рис.3. Расчетное окно коэффициента корреляции

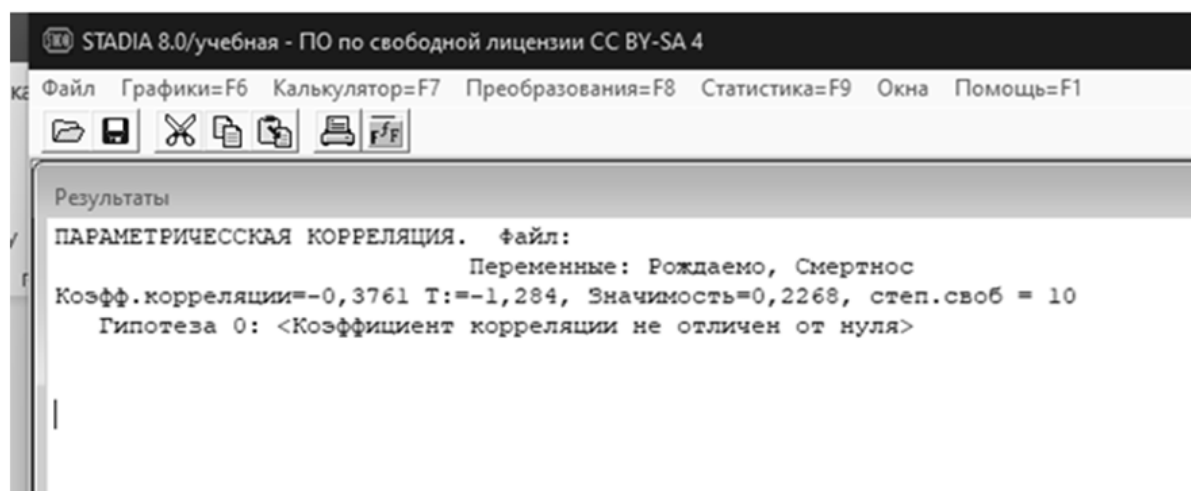


Рис. 4. Подокно «Результаты» с отображением расчетных коэффициентов корреляции

Результаты. Как показывают результаты статистического исследования, коэффициент корреляции равен $-0,3761$, что говорит о том, что переменные имеют не значительную противоположную зависимость. Процент рождаемости и смертности колеблется на одинаково уровне.

Выводы. В данной статье рассмотрены этапы проверки экспериментальных данных по выявлению закона распределения ряда чисел. В работе рассматривался ряд чисел из 24 элементов. В работе показаны этапы вычисления корреляционной зависимости между двумя параметрами: числом рождаемости и числом смертности за период времени 10 лет. Аналогичным образом можно провести расчет корреляции для большого количества параметров. Для детального анализа количество чисел может быть различным.

Литература

1. Щербакова, Ю. В. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие / Ю. В. Щербакова. – 2-е изд. – Саратов : Научная книга, 2019. – 159 с.
2. Коробейникова, И. Ю. Математика. Математическая статистика. Ч. 6 : учебное пособие / И. Ю. Коробейникова, Г. А. Трубецкая. – 2-е изд. – Челябинск, Саратов : Южно-Уральский институт управления и экономики, Ай

Пи Эр Медиа, 2019. – 82 с.

3. Гржибовский, А.М. Корреляционный анализ / А.М. Гржибовский, Т.Н. Унгурияну // Экология человека. – 2014. – № 9. – С. 60–64.

Шклярова Анастасия Игоревна, студентка группы ПМК-19 ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

Научный руководитель:

Прокопенко Елена Васильевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной математики, ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: prokopenko1515@rambler.ru

APPLICATION OF THE STADIA STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIOLOGICAL STUDY OF THE POPULATION

Annotation. This paper discusses the basic principles of using correlation analysis to study the birth rate and population in the city of N. Practical examples of analysis with the calculation of Pearson correlation coefficients using the STADIA statistical package by means of sequential computational procedures are given.

Keywords: STADIA package, experimental data, automated information system, correlation coefficient.

Shklyarova Anastasia Igorevna, student of the PMK-19 group of the Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.

Scientific supervisor:

Prokopenko Elena Vasilievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Artificial Intelligence, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.



УДК 622.14, 681.332

Лукашев Б.В.,

студ. группы КИС-22м, ФГБОУ ВО «ДонАУиГС»

Руководитель: к.т.н., доцент Прокопенко Е.В.,

доцент кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта,

ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА SPSS ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАНЫХ

Аннотация. В настоящей работе рассматриваются основы применения описательных статистик, а также предварительные этапы для вычисления статистических характеристик. Для исследования за основу были взяты данные студентов группы, проведен статистический анализ и по полученным результатам сделан вывод о статистических характеристиках.

Ключевые слова: пакет SPSS, экспериментальные данные, описательная статистика.

Введение. SPSS является самой распространённой программой для обработки статистической информации. Основным достоинством программного комплекса SPSS, как одного из самых существенных достижений в области компьютеризированного анализа данных, является самый широкий охват существующих статистических методов, который удачно сочетается с большим количеством удобных средств визуализации результатов обработки. В статье предлагаемый материал содержит минимально необходимый объем сведений по теории статистического анализа. Основное внимание сконцентрировано на первоначальном использовании отдельных методов, возможностях, которые эти методы предоставляют.

Основные этапы решения. В данной статье была рассмотрена задача сортировки данных по студентам в зависимости от их роста и пола. Для этого в формате SPSS была создана матрица из трех переменных, соответственно обозначающих имя студента, его пол и рост. На рисунках 1,2 и 3 показаны фрагменты окон экрана с вводом информации.

Ввод переменных осуществляется во вкладке **Переменные** в нижней части окна Редактора данных.

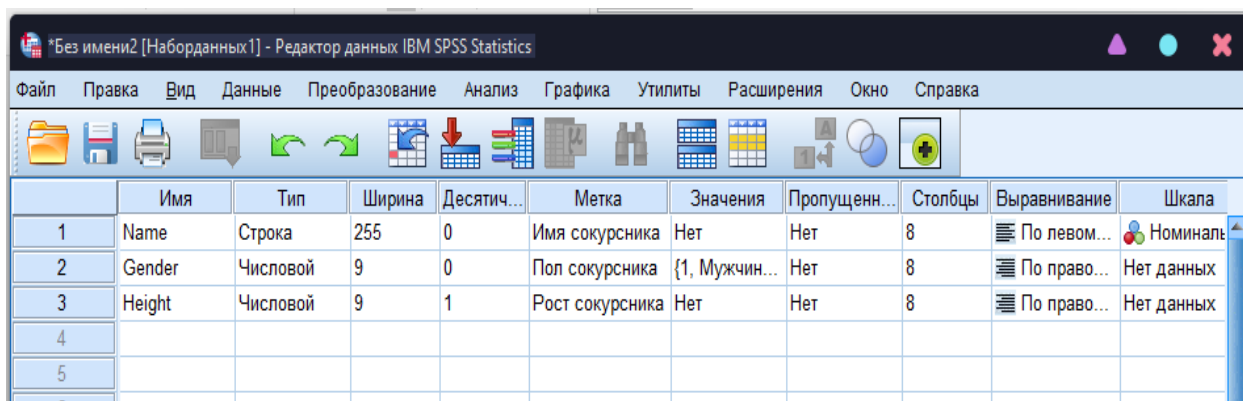


Рис.1. Фрагмент окна формирования переменных

Помимо задания типов переменных, можно задавать описательные метки переменных и метки значений данных.

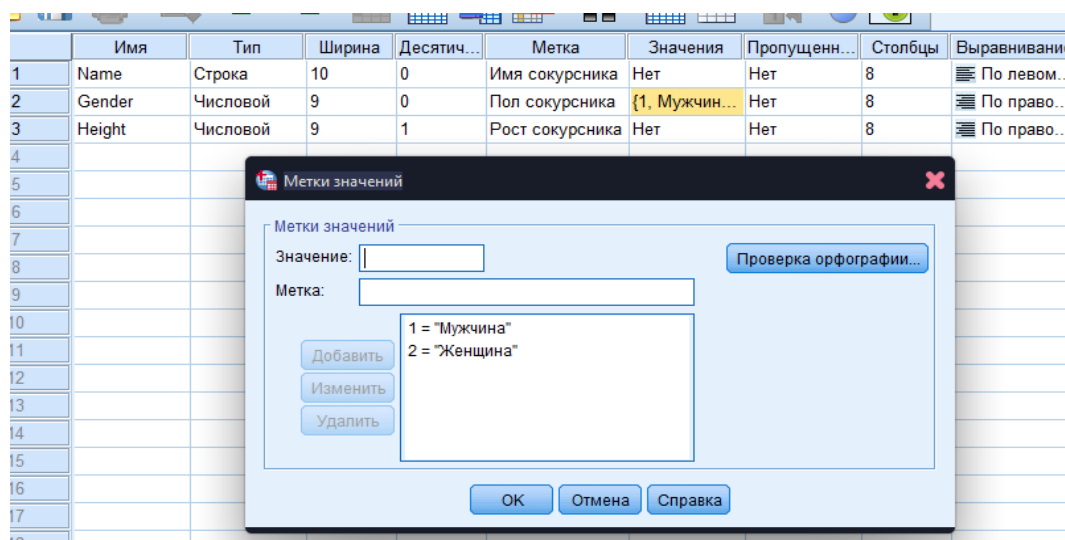


Рис.2. Фрагмент окна настройки переменной Gender (пол)

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

После настройки переменных и заполнения всех полей матрицы происходит ввод исходных данных во вкладке **Данные** в нижней части окна Редактора данных.

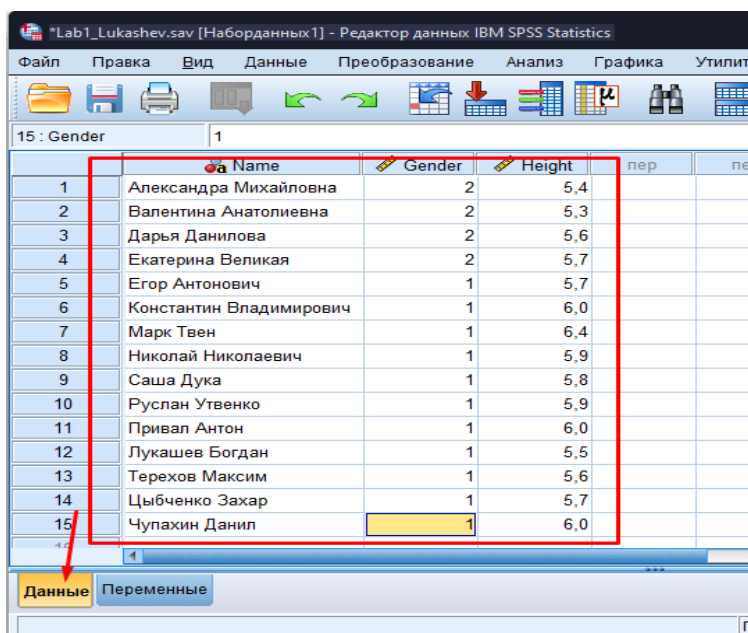


Рис.3. Фрагмент окна окончательного ввода данных

Сохраняем данные в файл. Фрагмент окна сохранения данных показан на рисунке 4.

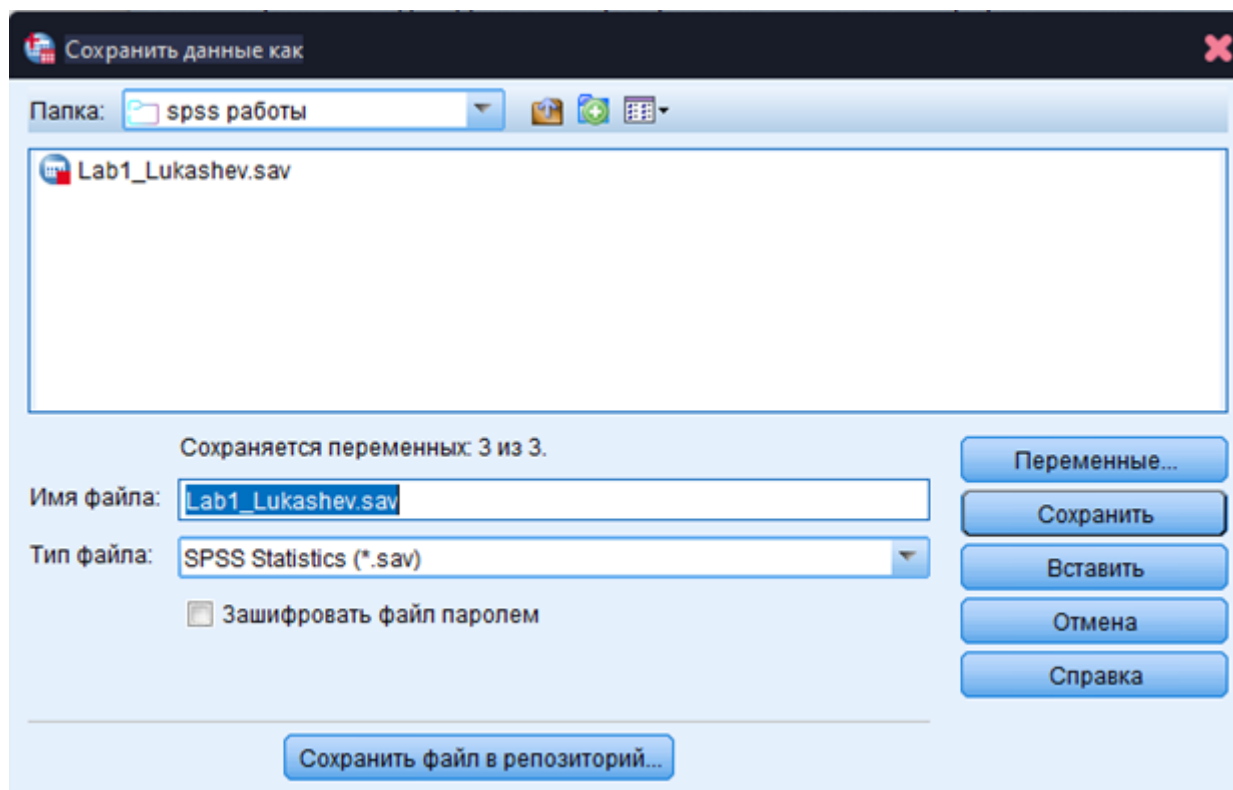


Рис.4. Фрагмент окна записи исходных данных в файл

Следующим этапом задачи является сортировка данных. Для этого необходимо выбрать вкладку «Данные/Сортировать наблюдения».

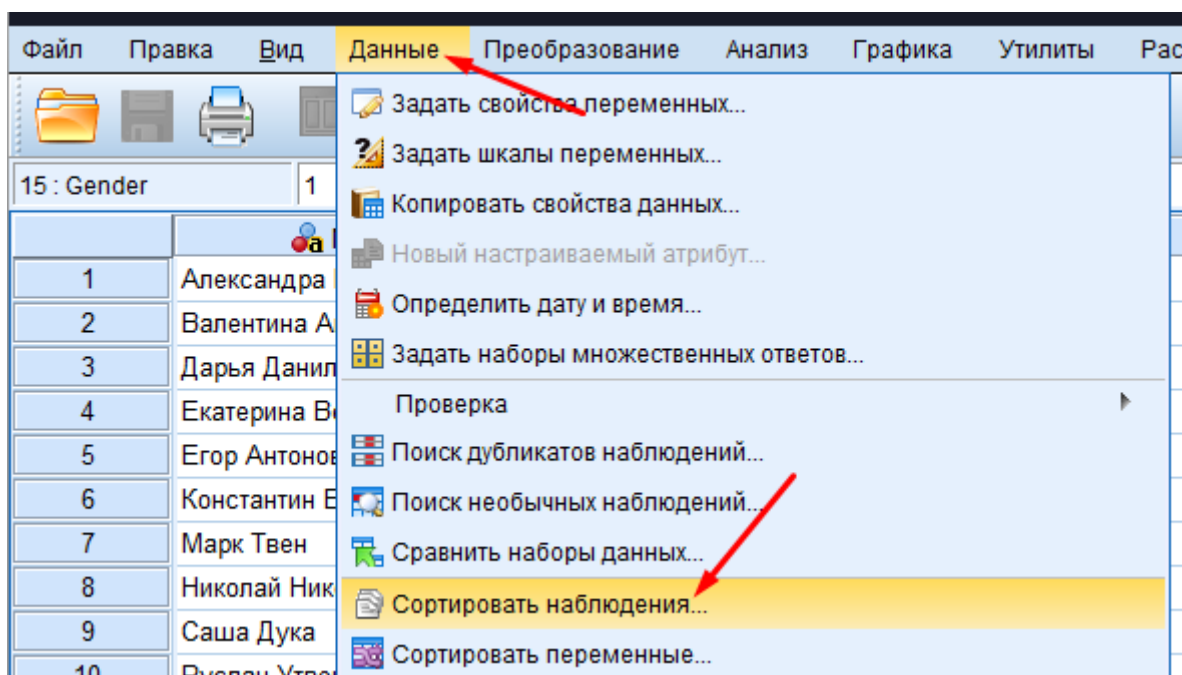


Рис.5. Фрагмент окна сортировки данных

В открывшемся окне с правой стороны выбираем поле, по которому будет производиться сортировка и нажимаем стрелку, чтобы поле переместилось в правую часть, после чего выбираем порядок сортировки и нажимаем «Ок».

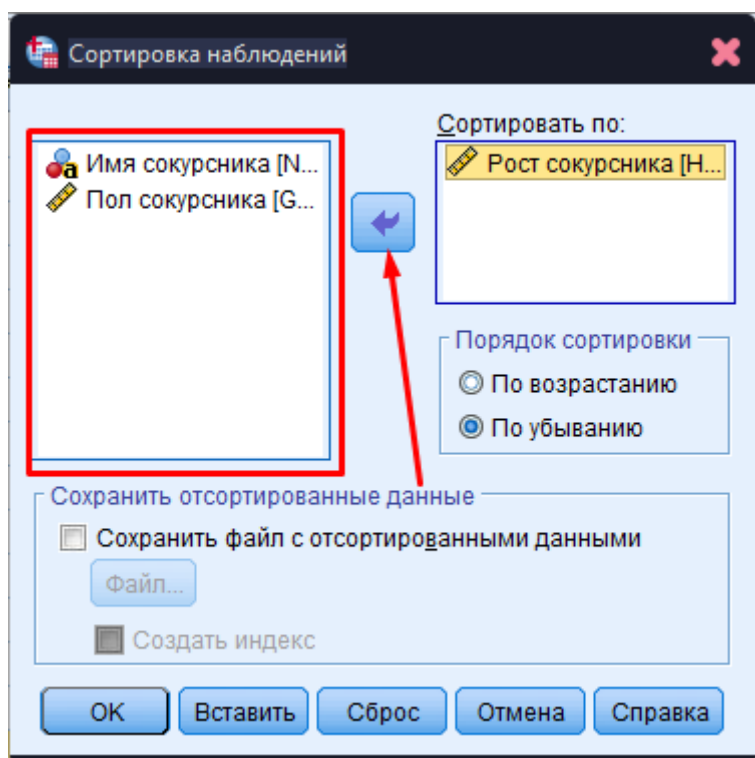


Рис.6. Фрагмент окна сортировки пола студента

В случае успешной сортировки, на экране выдается сформированная таблица с отсортированными данными. Фрагмент такой таблицы представлен на рисунке 7.

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics data editor window. The title bar indicates the file name is *Lab1_Lukashev.sav [Наборданных1] - Редактор данных IBM SPSS Statistics. The menu bar includes options like 'Файл', 'Правка', 'Вид', 'Данные', 'Преобразование', 'Анализ', and 'Гр'. Below the menu is a toolbar with various icons. The main area displays a data grid with the following data:

	Name	Gender	Height
1	Марк Твен	1	6,4
2	Константин Владимирович	1	6,0
3	Привал Антон	1	6,0
4	Чупахин Данил	1	6,0
5	Николай Николаевич	1	5,9
6	Руслан Утвенко	1	5,9
7	Саша Дука	1	5,8
8	Екатерина Великая	2	5,7
9	Егор Антонович	1	5,7
10	Цыбченко Захар	1	5,7
11	Дарья Данилова	2	5,6
12	Терехов Максим	1	5,6
13	Лукашев Богдан	1	5,5
14	Александра Михайловна	2	5,4
15	Валентина Анатолиевна	2	5,3
16			

Рис.7. Фрагмент окна отсортированных данных студентов

Результаты. Как показывают результаты статистического анализа, из 15 респондентов были выделены и отсортированы по росту данные респонденты. Для сортировки данных были использованы статистические функции пакета SPSS.

Выводы. В данной статье рассмотрен процесс сортировки данных с применением пакета SPSS. В работе рассматривался ряд чисел из 15 элементов, представляющих собой респондентов группы студентов. В работе показаны

этапы вычисления данного процесса. Аналогичным образом можно провести такой расчет для большого количества параметров.

Литература

1. Щербакова, Ю. В. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие / Ю. В. Щербакова. – 2-е изд. – Саратов : Научная книга, 2019. – 159 с.
2. Коробейникова, И. Ю. Математика. Математическая статистика. Ч.6 : учебное пособие / И. Ю. Коробейникова, Г. А. Трубецкая. – 2-е изд. – Челябинск, Саратов : Южно-Уральский институт управления и экономики, Ай Пи Эр Медиа, 2019. – 82 с.
3. Гржибовский А.М. Корреляционный анализ / А.М. Гржибовский, Т.Н. Унгурияну // Экология человека. – 2014. – № 9. – С. 60–64.

Лукашев Богдан Владимирович, студент группы КИС-22м ФГБОУ ВО «ДонАУиГС», 83015, ДНР, г. Донецк, ул. Челюскинцев, 163а .

Научный руководитель:

Прокопенко Елена Васильевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной математики ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: prokopenko1515@rambler.ru

APPLICATION OF THE SPSS PACKAGE FOR STATISTICAL DATA ANALYSIS

Annotation. his paper discusses the basics of using descriptive statistics, as well as the preliminary steps for calculating statistical characteristics. For the study, the data of the students of the group were taken as a basis, a statistical analysis was carried out and, based on the results obtained, a conclusion was made about the statistical characteristics.

Keywords: SPSS package, experimental data, descriptive statistics.

Lukashev Bogdan Vladimirovich, student of the KIS-22m group of the State Educational Institution of Higher Education "DonAUiGS", 83015, DNR, Donetsk, Chelyuskintsev str., 163a.

Scientific supervisor:

Prokopenko Elena Vasilievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Artificial Intelligence, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.





УДК 51-7

Курочка Р.В.,
студ. группы ВВ-53, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.ф.-м.н., доцент Ковалев И.Н.,
доцент кафедры высшей математики
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ В ЭКОНОМИКЕ

Аннотация. В работе рассмотрены транспортные задачи закрытого и открытого типов. найдены оптимальные планы методом потенциалов. Указаны другие экономические задачи. которые не имеют ничего общего с транспортировкой грузов, но используют методы решения транспортной задачи. В этом случае матрица тарифов C имеет другой смысл в зависимости от конкретной задачи.

Ключевые слова: опорный план, оптимальный план, метод наименьшей стоимости, метод потенциалов уравнение баланса, матрица тарифов, фиктивный потребитель, цикл перехода, оценки свободных переменных.

Введение. Математические методы в экономике строительства позволяют получать оптимальные решения для многофункциональных производственных задач строительства. Транспортная задача наиболее часто используется при планировании в строительстве.

Постановка задачи. Цель построения транспортной задачи состоит в определении количества продукции, которое следует перевезти из каждого исходного пункта в пункт назначения, чтобы общие расходы были минимальными.

В общем виде транспортную задачу формулируют следующим образом: в пунктах поставок A_1, A_2, \dots, A_n (в дальнейшем будем говорить поставщик) имеется

однородная продукция в количестве $a_1, a_2 \dots a_m$ единиц. Требуется перевезти продукцию в n пунктов потребления $B_1, B_2 \dots B_n$ (далее будем говорить потребитель). В количестве соответственно $b_1, b_2 \dots b_n$. Стоимость перевозки единиц товара (тариф) из пункта A_i в пункт B_j равно C_{ij} .

В зависимости от соотношения между общими запасами и потребностями транспортные задачи бывают открытыми и закрытыми.

Определение. Если в транспортной задаче выполняется условие баланса

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j, \quad (1)$$

т.е. количество продукции поставщиков равно общему спросу потребителей, то задача называется закрытой. Если условие баланса (1) не выполняется, то задача называется открытой.

Требуется найти оптимальный план перевозок, т.е. рассчитать сколько груза должно быть отправлено от каждого поставщика к каждому потребителю. При этом расходы должны быть минимальными.

Неизвестными в данной задаче являются $m \cdot n$ неотрицательных чисел x_{ij} ($i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$) где x_{ij} – количество груза, предназначенное к отправке из пункта A_i в пункт B_j .

Математическая модель транспортной задачи.

$$L = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где L – целевая функция.

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i \quad (i = 1, \dots, m), \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j \quad (j = 1, \dots, n), \quad (4)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n). \quad (5)$$

Рассмотрим решение транспортной задачи для бетонного завода, имеющего 4 цеха по выпуску бутона одной марки. Завод работает в одну смену, цеха производят 20, 20, 40, 45 тонн за смену соответственно. Требуется

определить такой план закрепления поставщиков и потребителей при котором затраты на транспортировку будут минимальными.

Затраты на перевозку 1 тонны продукции задают матрицу C (усл. ед.):

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 3 & 8 \\ 8 & 6 & 2 & 6 \\ 7 & 7 & 3 & 8 \\ 5 & 2 & 4 & 5 \end{pmatrix}.$$

В связи со спецификой продукции транспортная задача должна быть закрытой.

Построим математическую модель задачи.

Пусть x_{ij} – количество продукции, которое перевозится с i -ого цеха до j -ого потребителя ($i, j = 1, 4$). Проверим, является ли задача закрытой:

$$\sum_{i=1}^4 a_i = 20 + 20 + 40 + 45 = 125,$$

$$\sum_{j=1}^4 b_j = 25 + 30 + 40 + 30 = 125,$$

$$\sum_{i=1}^4 a_i = \sum_{j=1}^4 b_j.$$

Уравнение баланса выполнено, следовательно транспортная задача закрытая. Целевая функция имеет вид:

$$L = x_{11} + 3x_{12} + 3x_{13} + 8x_{14} + 8x_{21} + 6x_{22} + 2x_{23} + 6x_{24} + 7x_{31} + 7x_{32} + 3x_{33} + 8x_{34} + 5x_{41} + 2x_{42} + 4x_{43} + 5x_{44} \rightarrow \min, \text{ при условиях:}$$

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 20 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 20 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 40 \\ x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} = 45 \\ x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} = 25 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} = 30 \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} = 40 \\ x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} = 30 \end{cases}$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i, j = 1, 4).$$

Используя метод северо-западного угла, получим первый опорный план:

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

$$X_1 = \begin{pmatrix} 20 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 15 & 0 & 0 \\ 0 & 15 & 25 & 0 \\ 0 & 0 & 15 & 30 \end{pmatrix}.$$

План невырожденный, так как $N=m+n-1=4+4-1=7$. Общие затраты на транспортировку:

$$L_1=20 \cdot 1+5 \cdot 8+15 \cdot 6+15 \cdot 7+25 \cdot 3+15 \cdot 4+30 \cdot 5=540 \text{ (усл. ед.)}.$$

Недостаток метода северо-западного угла состоит в том, что он не учитывает тарифы на транспортировку. Для улучшения полученного плана используем метод наименьшей стоимости, сущность которой состоит в том, чтобы на каждом шаге заполняют клетку с наименьшим тарифом на транспортировку.

В результате получим новый опорный план:

$$X_2 = \begin{pmatrix} 20 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 30 & 0 \\ 0 & 0 & 20 & 20 \\ 5 & 30 & 0 & 10 \end{pmatrix}$$

Этот план невырожденный, число положительных перевозок $N=4+4-1=7$.

Табл. 1

$a_i \backslash b_j$	25	30	40	30
20	1 20	3 —	3 —	8 —
20	8 —	6 —	2 20	6 —
40	7 —	7 —	3 20	8 20
45	5 5	2 30	4 —	5 10

Общие затраты на транспортировку:

$$L=20 \cdot 1+20 \cdot 2+20 \cdot 3+20 \cdot 8+5 \cdot 5+30 \cdot 2+10 \cdot 5=415 \text{ (усл. ед.)}.$$

Таким образом, полученный опорный план X_2 более эффективен, так как стоимость транспортировки $L_2 < L_1$, ($415 < 540$).

Для нахождения оптимального плана $X_{\text{опт}}$ используем метод потенциалов. Его суть заключена в следующей теореме.

Теорема. Для того, чтобы некоторый план X транспортной задачи был оптимальным, необходимо и достаточно, чтобы ему соответствовала система из $m+n$ чисел u_i ($i=1, \dots, m$) и v_j ($j=1, \dots, n$) для которой выполняются условия:

$$v_j - u_i = C_{ij}, \text{ для } x_{ij} > 0,$$

$$v_j - u_i \leq C_{ij}, \text{ для } x_{ij} = 0.$$

Для использования метода потенциалов, возьмем опорный план X_2 , полученный методом наименьшей стоимости. Проверим этот опорный план на оптимальность.

Для заполненных клеток $x_{ij} > 0$ составляем систему уравнение $v_j - u_i = c_{ij}$ для определения потенциалов плана

$$\begin{cases} v_1 - u_1 = 1 \\ v_3 - u_2 = 2 \\ v_3 - u_3 = 3 \\ v_4 - u_3 = 8 \\ v_1 - u_4 = 5 \\ v_2 - u_4 = 2 \\ v_4 - u_4 = 5 \end{cases}$$

Положив $u_1=0$, находим $v_1=1$; $u_2=-6$; $v_2=-2$; $u_3=-7$; $v_3=-4$; $u_4=-4$; $v_4=1$. Составляем таблицу 2.

Вычисляя оценки свободных клеток $\Delta_{ij}=v_j-u_i-c_{ij}$, получаем $\Delta_{24}=1 > 0$, $\Delta_{31}=1 > 0$, значит начальный опорный пункт не оптимален. Применяя метод потенциалов, получим следующий опорный план, который также не будет оптимальным.

Табл. 2

$a_i \backslash b_j$	25	30	40	30	u_i
20	1 20	3 —	3 —	8 —	0
20	8 —	6 —	2 20	6 —	-6
40	7 —	7 —	3 20	8 20	-7
45	5 5	2 30	4 —	5 10	-4
v_j	1	-2	-4	1	

Стоимость перевозок составит:

$$L=20 \cdot 1+20 \cdot 2+20 \cdot 3+5 \cdot 7+15 \cdot 8+30 \cdot 2+15 \cdot 5=410 \text{ (усл. ед.)}.$$

Аналогично, используя ещё раз метод потенциалов, получаем новый опорный план. Стоимость перевозок по полученному опорному плану:

$$L=20 \cdot 1+5 \cdot 2+15 \cdot 6+5 \cdot 7+35 \cdot 3+30 \cdot 2+15 \cdot 5=395 \text{ (усл. ед.)}.$$

Вычисляя оценки свободных клеток, получим что все $\Delta_{ij} \leq 0$, то есть полученный план оптимален:

$$X_{\text{опт}} = \begin{pmatrix} 20 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 15 \\ 5 & 0 & 35 & 0 \\ 0 & 30 & 0 & 15 \end{pmatrix}.$$

Рассмотрим случай открытой транспортной задачи. Если для транспортной задачи уравнение баланса не выполняется:

$$\left(\sum_{i=1}^m a_i \neq \sum_{j=1}^n b_j \right),$$

то такая модель называется открытой. И её необходимо свести к закрытому типу.

В случае, если общие запасы поставщиков превышают спрос потребителей:

$$\left(\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j \right),$$

тогда математическая модель задачи имеет вид:

$$L = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq a_i \quad (i = 1, \dots, m),$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq b_j \quad (j = 1, \dots, n),$$

$$x_{ij} \geq 0.$$

Для решения такой задачи нужно ввести фиктивного $(n + 1)$ -ого потребителя:

$$b_{j+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j.$$

Рассмотрим решение транспортной задачи для 3 строительных объектов, которым необходим отвалный шлак в количестве 240, 40 и 110 т. Имеется 4 цеха с отвальным шлаком за смену могут отправить 90, 190, 40 и 130 т.

Условие баланса не выполняется:

$$\sum_{i=1}^4 a_i = 450, \quad \sum_{j=1}^3 b_j = 390,$$

то есть это открытая транспортная задача. В нашем случае опрос меньше предложения. Для сведения задачи к закрытому виду введем фиктивного потребителя:

$$b_4 = 450 - 390 = 60 \text{ (т)}.$$

Стоимость перевозки возьмем равной наибольшему тарифу 20 усл. ед.

Начальный опорный план построим методом наименьшей стоимости.

Табл. 3

$a_i \backslash b_j$	240	40	110	6
90	7	15	3	20
190	13	8	5	20
40	9	7	20	20
130	8	10	6	20

Первый опорный план вырожденный и поэтому в клетку (2,2) введем нулевую перевозку и будем считать её заполненной. Далее используем метод потенциалов, второй полученный план является оптимальным при этом четвёртый столбец фиктивного потребителя отбрасывается.

$$X_{\text{опт}} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 90 \\ 90 & 40 & 0 \\ 40 & 0 & 0 \\ 110 & 0 & 20 \end{pmatrix}.$$

Минимальные затраты на перевозки:

$$L_{\min} = 3120 \text{ усл. ед.}$$

Выводы. Транспортная задача – одна из наиболее распространённых задач линейного программирования, которые используются при решении экономических задач.

Разработка наиболее рациональных путей транспортирования однородной продукции от поставщика к потребителю только одно из приложений. При решении других экономических задач, которые не имеют ничего общего с перевозкой грузов. В таких случаях величины тарифов c_{ij} имеют различный смысл в зависимости от вида задачи:

1) Оптимальное закрепление за станками операций по обработке деталей. Здесь c_{ij} – продуктивность труда. Решение задачи позволяет сколько

надо времени и для какой операции нужно использовать каждый из станков, чтобы выпустить максимум деталей;

2) Задача о сокращении производства с учетом общих затрат на изготовление и транспортирование продукции.

Литература

1. Ашманов С.А. Линейное программирование – М.: Наука, 1981. – 198 с.
2. Банди Б. Основы линейного программирования Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989. – 176 с.

Курочка Роман Валерьевич, студ. гр. ВВ-53, ФГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

Научный руководитель:

Ковалев Игорь Николаевич, к. ф.-м. н., доцент; доцент кафедры высшей математики, ФГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: i.n.kovalyov@donnasa.ru

APPLICATION OF THE TRANSPORT PROBLEM IN THE ECONOMY

Abstract. The paper considers transport problems of closed and open types. optimal plans are found by the method of potentials. Other economic tasks are indicated. which have nothing to do with the transportation of goods, but use methods to solve the transport problem. In this case, the tariff matrix C has a different meaning depending on the specific task.

Keywords: reference plan, optimal plan, least cost method, potential method, balance equation, tariff matrix, fictitious consumer, transition cycle, estimates of free variables.

Kurochka Roman Valerievich, student of VV-53 group, FSBGI HE «DonNACEA», 286123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Kovalev Igor Nikolaevich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor; Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, FSBGI HE «DonNACEA», 286123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51-7

Бобрик А.В.,
обучающаяся Малой академии строительства и архитектуры
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к. пед. н. Галибина Н.А.,
доцент кафедры высшей математики
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ТОЧЕК НА ЗВЕНЬЯХ ТИПОВЫХ КРИВОШИПНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Аннотация. В статье найдены траектории заданных точек на двух типовых кривошипных механизмах. Обе траектории оказались кривыми второго порядка.

Ключевые слова: кривошипный механизм, траектория, кривая второго порядка, эллипс, гипербола.

Введение. Во всех механизмах присутствуют типовые фрагменты. Одними из таких фрагментов являются кривошпы – рычаги, прикрепленные под прямым углом к вращающемуся валу, посредством которого круговое движение передается валу или принимается от него. В сочетании с шатуном кривошип можно использовать для преобразования кругового движения в возвратно-поступательное движение или наоборот [2].

Самым ранним примером известных машин, сочетавших кривошип с шатуном, является римская Лесопилка Хиераполиса (3-й век нашей эры). Также в древности кривошпы использовали для того, чтобы размалывать зёрна в муку и для изготовления дрелей [1].

Позднее кривошпы стали применять в подъёмных и метательных машинах, а также в насосных сооружениях. Чтобы создать подобные машины и

сооружения, необходимо уметь чётко рассчитать траекторию движения звеньев тех или иных кривошипных механизмов.

Постановка задачи. Цель статьи – исследовать траекторию двух типовых кривошипных механизмов, один из которых состоит из двух звеньев одинаковой длины (рис. 1), другой – из четырёх (рис. 2).

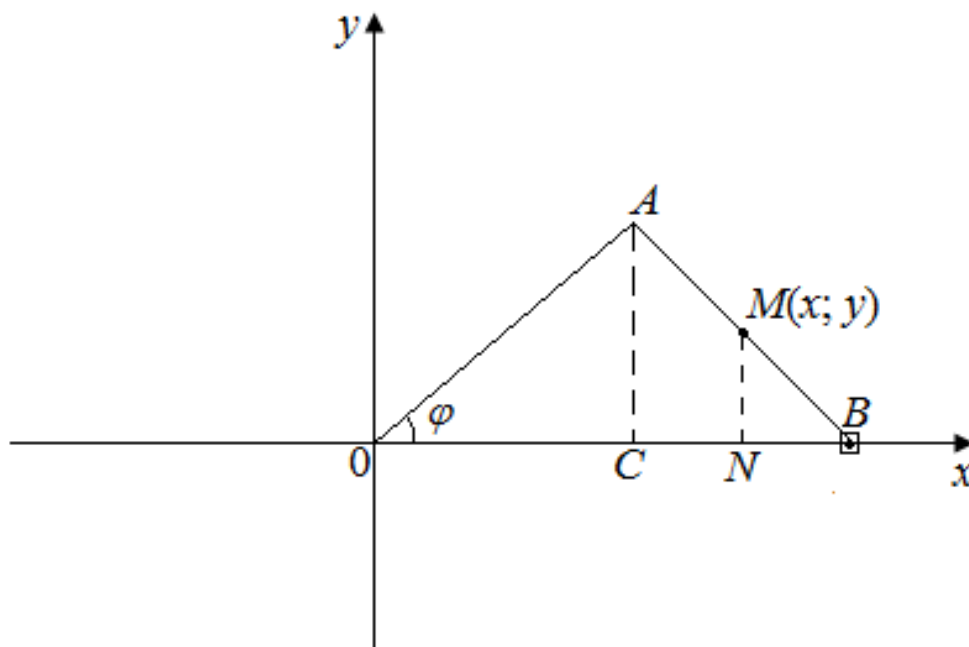


Рис. 1

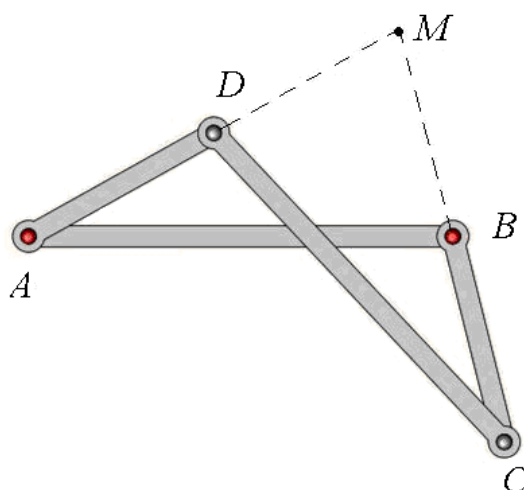


Рис. 2

Результаты. 1) Кривошип OA , изображённый на рисунке 1, вращается с постоянной угловой скоростью ω и приводит в движение ползун B при помощи

шатуна AB , причем $OA = AB = a$. Составим уравнение траектории средней точки M шатуна и определим, что это за кривая.

В выбранной на рисунке 1 системе координат

$$x = ON = OC + CM.$$

Однако

$$OC = OA \cos \varphi ;$$

$$CN = AM \cos \varphi = \frac{1}{2} OA \cos \varphi.$$

Следовательно,

$$x = \frac{3}{2} a \cos \varphi, \quad y = \frac{1}{2} a \sin \varphi.$$

Далее, поскольку угловая скорость кривошипа постоянна, то

$$\varphi = \omega t,$$

следовательно,

$$x = \frac{3}{2} a \cos \omega t, \quad y = \frac{1}{2} a \sin \omega t,$$

где t – время.

Исключив параметр t , получаем уравнение эллипса:

$$\frac{x^2}{9a^2/4} + \frac{y^2}{a^2/4} = 1.$$

2) Теперь рассмотрим кривошипный механизм (антипараллельный кривошип), который состоит из четырех попарно равных звеньев, шарнирно соединенных между собой, как показано на рисунке 2, причем $AB = CD = p$, $AD = BC = q$. Звено AB закреплено неподвижно, а звенья AD и BC вращаются вокруг центров A и B . Определим траекторию движения точки M , являющейся точкой пересечения малых звеньев AD и BC .

Точку пересечения отрезков DC и AB обозначим буквой N , а точку пересечения отрезков NM и DB – буквой K .

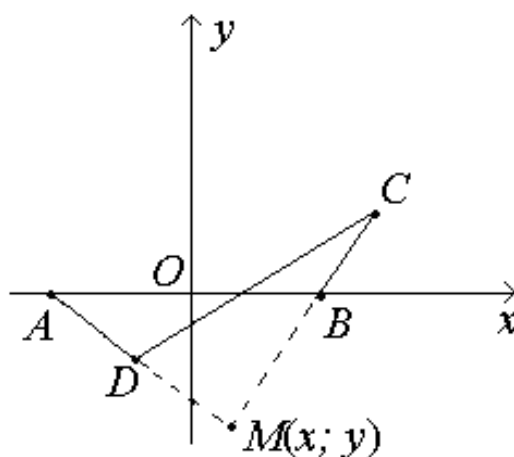


Рис. 3

Для удобства выберем систему координат таким образом, чтобы ось Ox прошла через точки A и B , а ось Oy – через середину отрезка AB , как показано на рисунке 3.

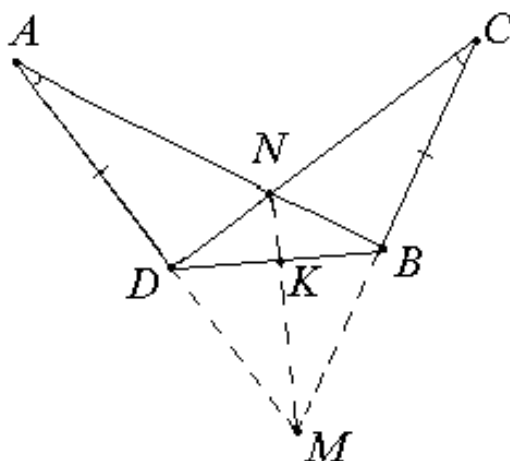


Рис. 4

Сделаем также вспомогательный рисунок 4, на котором изображен случай, когда прямая NM является осью симметрии, образованной кривошипом фигуры. Поскольку по условию задания длина отрезка AB равна p , то в выбранной системе координат точки A и B будут иметь координаты $\left(-\frac{p}{2}, 0\right)$ и $\left(\frac{p}{2}, 0\right)$ соответственно. Модуль разности длин отрезков AM и MB является

постоянной величиной. Действительно, нетрудно доказать, что треугольники ADB и CBD равны, а также равны треугольники DNK и BNK и треугольники MAB и MCD . Тогда $DM = BM$ и имеет место равенство:

$$||AM|-|BM||=||AD|+|DM|-|BM||=|AD|,$$

что по условию равно q . Но множество точек на плоскости, модуль расстояния от которых до точек A и B является постоянной величиной, представляет собой гиперболу с фокусами в этих точках, т.е. в точках с координатами $\left(-\frac{p}{2}, 0\right)$ и $\left(\frac{p}{2}, 0\right)$.

С другой стороны, у гиперболы модуль разности расстояний от произвольной её точки до фокусов равен оси $2a$. Поэтому для нашей задачи $a = q/2$. Вторая полуось находится по формуле:

$$b = \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - \left(\frac{q}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{p^2}{4} - \frac{q^2}{4}} = \sqrt{\frac{p^2 - q^2}{4}} = \frac{\sqrt{p^2 - q^2}}{2}.$$

Подставим значения действительной и мнимой осей в каноническое уравнение гиперболы, получаем:

$$\frac{x^2}{\frac{q^2}{4}} - \frac{y^2}{\frac{p^2 - q^2}{4}} = 1.$$

Выводы. Нами были проанализированы траектории наиболее часто встречающихся кривошипных механизмов. Обе траектории оказались кривыми второго порядка. Представленные задачи актуальны для исследований, связанных с теорией машин и механизмов.

Литература

1. Грабовский, А.А. Кинематика кривошипно-шатунного механизма с двумя коленчатыми валами // Известия МГТУ МАМИ, № 2 (8). – 2009. – С. 56-63.

2. Политехнический: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.Ю. Ишлинский. 4-е изд., репр. М. : «Большая Российская энциклопедия», 1998. – 655 с.

Бобрик Анна Владимировна, обучающаяся Малой академии строительства и архитектуры, ФГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: bobrikcool777@gmail.com

Научный руководитель:

Галибина Надежда Анатольевна, к. пед. н., доцент кафедры высшей математики, ФГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: galibina@donnasa.ru

INVESTIGATION OF THE TRAJECTORIES OF POINTS OF THE LINKS OF TYPICAL CRANK MECHANISMS

Abstract. The trajectories of the given points on two typical crank mechanisms are found. Both trajectories turned out to be curves of the second order.

Keywords: crank mechanism, trajectory, second-order curve, ellipse, hyperbola.

Bobrik Anna Vladimirovna, the pupil of the Small Academy of Civil Engineering and Architecture, FSBGI HE «DonNACEA», 286123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Galibina Nadezhda Anatolievna, Ph.D., Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, FSBGI HE «DonNACEA», 286123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51-7, 519.6, 314.04

Чепурко А.Д.,
обучающийся 11-Б класса
МБОУ «Профильная гимназия №122 г. Донецка»
Руководитель: к. пед. н. Чудина Е.Ю.,
доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. В работе рассмотрена математическая модель демографических процессов аграрного общества и ее программная реализация на языке программирования Pascal.

Ключевые слова: демографические процессы, математическая модель общества, язык программирования Pascal.

Нами была реализована математическая модель и программная симуляция демографического развития общества. Эта программа симулирует демографию аграрного общества, как, например, в средневековом государстве или в одной из развивающихся стран. В симуляции учтены такие факторы, как рождаемость, старение, шанс прожития определенного возраста, наличие или недостаток пищи. Наша модель представляет общество в виде демографических групп определенной численности, каждая группа включает в себя представителей каждого возраста и пола. Для хранения информации о них используется одномерный массив.

Программа отображает на экране возрастно-половую пирамиду и график численности населения во времени. Симулируется процесс производства в сельском хозяйстве, в котором жители производят разное количество пищи в зависимости от возраста и пола (дети и старики в сельском хозяйстве не

задействованы). Заданы вероятности дожития до каждого возраста, характерные для развивающихся стран, а уровень рождаемости зависит от количества пищи и заданного коэффициента фертильности. Исходя из этого вычисляется численность представителей каждой демографической группы.

Нами задан показатель максимальной доступной площади обрабатываемых земель, который, по сути, ограничивает производство пищи. Также мы добавили параметр «засуха», который можно менять вручную или настроить его активацию в случайные промежутки времени. Засуха уменьшает урожайность почвы.

Программа работает с шагом в один месяц. Каждый месяц вычисляется количество собранного урожая, старение и смертность среди каждого возраста, количество родившихся детей. Для вычисления численности людей, перешедших в следующую возрастную группу, используется следующая формула:

$$N_{ij} = N_{(i-1)j} \cdot p_{ij},$$

где p_{ij} – вероятность дожития до следующего возраста для каждой половозрастной группы, i – возраст, $j = 1, 2$ – индекс пола.

Для вычисления количества урожая сначала находится площадь обрабатываемой земли. Используется цикл, в котором суммируется площадь, обработанная каждой демографической группой:

$$S = \sum_{ij} N_{ij} \cdot k_{ij},$$

где N_{ij} – численность каждой половозрастной группы, k_{ij} – коэффициент производительности группы.

Объем полученного урожая вычисляется как:

$$G = S \cdot f,$$

где f – коэффициент плодородности почвы.

Полученный график численности населения для каждого возраста (половозрастная пирамида) изображен на рис. 1.

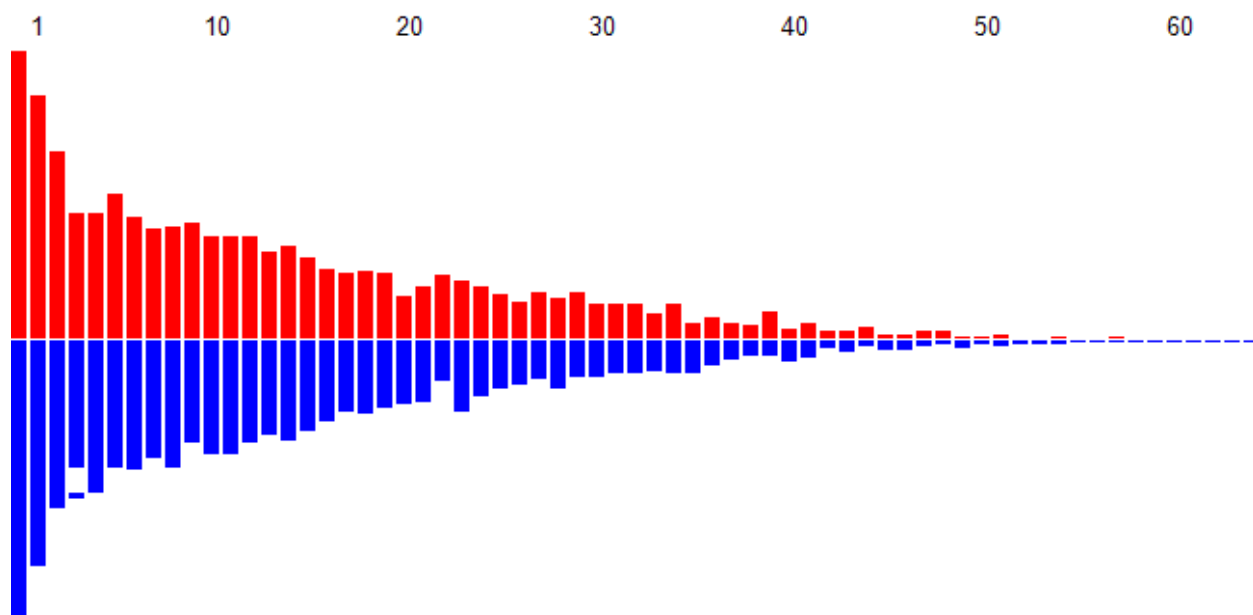


Рис.1. Половозрастная пирамида

Как можно заметить, половозрастная пирамида напоминает таковую у развивающихся стран, то есть представителей более молодого поколения всегда больше, чем более старого. Общая численность населения в зависимости от заданных параметров изображена на рис. 2.



Рис. 2. График зависимости численности населения от времени

Видно, что население в начальный период времени растёт медленно, потом скорость роста увеличивается в геометрической прогрессии, но затем начинает обрабатываться вся доступная земля, и еды хватает уже лишь на поддержание популяции, но не на рост ее численности. Если же сделать ресурсы неограниченными, спустя какое-то время начнётся взрывной рост населения (рис. 3).



Рис. 3. Численность населения при неограниченных ресурсах

В программе заложена возможность «засухи» в случайные моменты времени. В моменты, отмеченные красной чертой, была активирована засуха; в моменты, отмеченные зеленой чертой, засуха прекращалась (рис. 4). Видно, что начался голод, и это привело к довольно резкому падению населения.

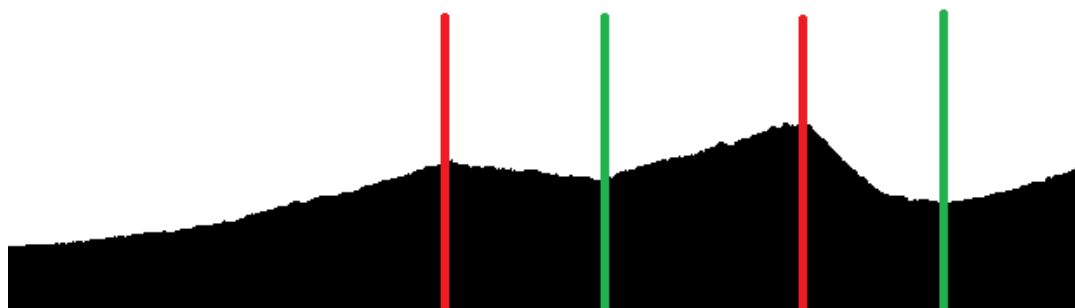


Рис. 4. Численность населения в периоды засухи

В дальнейшем мы будем расширять и дополнять программу, чтобы более точно отражать структуру и развитие обществ. В частности, можно добавить симуляцию промышленности, развития технологий и медицины. Мы планируем добавить также симуляцию эпидемий и засухи. Данная программа может быть использована для анализа демографических процессов или демографического прогнозирования.

Литература

1. Малков С.Ю. Математическое моделирование экономико-демографических процессов в аграрном обществе / С. Ю. Малков. А. В. Сергеев. – Москва: Ин-т прикладной математики, 2004. – 28 с.

2. Романова А.Б. Математическая модель аграрного сообщества / А.Б. Романова, Е.П. Колпак, У.Ю. Андреева, С.Г. Полина, А.А. Шмелева. – Бюллетень науки и практики. – Т. 7, №1. – 2021. – С. 83-92.

Чепурко Аким Дмитриевич, обучающийся МБОУ «Профильная гимназия №122 г. Донецка», 83092, ДНР, г. Донецк, ул. Независимости, 1.

e-mail: akim-chief@ya.ru

Научный руководитель:

Чудина Екатерина Юрьевна, к. пед. н., доцент кафедры высшей математики, ФГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: eka-chudina@ya.ru

SOFTWARE MODELING OF DEMOGRAPHIC PROCESSES

Annotation. The paper considers a mathematical model of demographic processes of an agrarian society and its software implementation in the Pascal programming language.

Keywords: demographic processes, mathematical model of society, Pascal programming language.

Akim Dmitrievich Chepurko, a student of "Profile Gymnasium №122 of Donetsk", 83092, DPR, Donetsk, Independence str., 1.

e-mail: akim-chief@ya.ru

Scientific supervisor:

Ekaterina Yuryevna Chudina, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, the Donbass National Academy of Construction and Architecture, 286123, DNR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: eka-chudina@ya.ru





УДК 51-7

Володченко А.В.,

учащийся «Республиканского архитектурно-
строительного лицея-интерната»

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

Руководитель: Осипова Л.В., учитель математики
высшей категории «Республиканского
архитектурно-строительного лицея-интерната»

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА СФЕРЫ S^n

Аннотация. В данной работе изучены и обобщены особенности сферы S^n как функции многих переменных и ее приложения. Отдельные свойства, как фундаментальные, послужили исходной точкой к обобщению концепции сферы.

Ключевые слова: сфера, окружность, риманово пространство, кривизна сферы, нормаль.

Введение. «Многие исследуемые величины, которые представляют интерес для математиков, зависят не от одного, а от чрезвычайно многих аспектов. Если сама величина и каждый из определяющих ее факторов могут быть охарактеризованы некоторым числом, то указанная зависимость сводится к тому, что упорядоченному набору чисел (x^1, \dots, x^n) , каждое из которых описывает изменения соответствующего аспекта, ставится в соответствие значение $y = f(x^1, \dots, x^n)$ исследуемой величины, которое получается при ее вычислении» [4].

Постановка задачи. Научиться анализировать функции многих переменных так же, как мы исследуем функции одного переменного. Изучить и обобщить некоторые особенности сферы S^n и ее приложения.

Результаты. Исследованы и систематизированы основополагающие характеристики сферы S^n , как риманово пространство, имеющее постоянную кривизну и ее чрезвычайно многообразные дополнения. «Сферы соучаствуют в постройках новейших подпространств или вспомогательных систем на них. Проективные подпространства надо классифицировать как сферу с отождествлёнными полярно обратными позициями; сфера с ручками и дырами используется в концепции ручек» [2].

«Сфера – совокупность S^n значений x евклидова пространства E^{n-1} , которые находятся от определенной точки x_0 (центра сферы) на постоянном расстоянии R (радиус сферы), т. е.

$$S^n = \{x \in E^{n-1} : \rho(x, x_0) = R\}.$$

Сфера S^0 – это две точки, сфера S^1 – это окружность, сферу S^n , если $n > 2$ иногда называют гиперсферой. Площадь сферы S^n (длина, если $n = 1$, поверхность, если $n = 2$) вычисляется по формуле:

$$S^n = \frac{2\pi^{\frac{n+1}{2}}}{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)} R^n.$$

В частности,

$$S^1 = 2\pi R, S^2 = 4\pi R^2, S^3 = 2\pi^2 R^3, S^4 = \frac{8}{3}\pi^2 R^4.$$

Уравнение сферы S^n в декартовых прямоугольных координатах E^{n-1} имеет вид:

$$\sum (x^i - x_0^i)^2 = R^2$$

(здесь $x^i, x_0^i, i = 1, \dots, n = 1$, – координаты x, x_0 соответственно). Т. е. сфера – гиперквадрика, или поверхность второго порядка специального вида» [2].

«Состояние некоторой точки в пространстве относительно сферы обуславливается показателем степени точки. Множественность всех сфер, относительно которых данная точка приобретает идентичную степень, образует сеть сферы. Взаимосвязь всех сфер, относительно которых позиции некоторой

радикальной оси принимает равный показатель степени (разнящийся для разного рода точек), формирует пучок сферы» [3].

Некоторые свойства сферы S^n . С позиции дифференциальной геометрии, сфера S^n – это риманово пространство, которое имеет постоянную (гауссову, при $n = 2$ и риманову, при $n > 2$) кривизну

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

Все геодезические линии сферы замкнуты. Они имеют постоянную длину $2\pi R$ которая равна для всех. Линии сферы называются большими окружностями, они являются окружностями пересечения сферы S^n с двумерными плоскостями, проходящими через центр сферы. Все нормали пересекаются в одной точке, кривизна любого нормального сечения одна и та же и не обуславливается точкой, в которой оно рассматривается, а именно имеет неизменную среднюю кривизну, причём абсолютная средняя кривизна сферы – минимальная среди выпуклых поверхностей равной площади, все точки сферы омбилические.

Некоторые из таких свойств, принятые как основополагающие, послужили исходной точкой для обобщения представления о сфере. Примером может служить, аффинная сфера, которая определяется тем, что все её (аффинные) нормали пересекаются в одной точке. Псевдосфера – поверхность в постоянной гауссовой кривизне (но уже не положительной). Одна из типологий орисферы (предельной сферы) – совокупность точек внутри, которые определяются уравнением также второго порядка:

$$(1 - x^2 - y^2 - z^2) = \text{const}(1 - x\alpha - y\beta - z\gamma)^2.$$

На сферу S^n дважды транзитивно действует ортогональная группа $O(n+1)$ пространства E^{n+1} (2 – транзитивность означает, что для любых двух пар точек, с равными расстояниями, существует вращение – элемент $O(n+1)$, переводящее одну пару в другую); наконец, сфера есть однородное пространство:

$$S^n = O(n+1)/O(n).$$

«Топологическое пространство, гомеоморфное сфере, называется топологической сферой» [5]. Одним из основных здесь является вопрос об условиях того, что некоторое пространство является топологической сферой.

Примеры.

1. «Инвариантная топологическая характеристика сферы S^n , если $n > 2$ не известна. В случае $n = 1$, одномерное многообразие. Для того чтобы континуум был гомеоморфен сфере S^2 , необходимо и достаточно, чтобы он был локально связан, содержал хотя бы одну простую замкнутую линию и чтобы всякая лежащая на нём такая линия разбивала его на две области, имеющие эту линию своей общей границей (теорема Уайлдера)» [3].

2. «Полное односвязное риманово пространство, размерность $n \geq 2$, кривизна K_δ которого для всех касательных двумерных плоскостей, δ – ограничена $\delta > \frac{1}{4}$, т. е. $\delta \leq K_\delta \leq 1$, гомеоморфно S^n (теорема о сфере)» [4].

3. «Односвязное замкнутое гладкое многообразие, (целые) гомологии которого совпадают с гомологиями S^n , если $n \geq 4$ (если $n = 3$ – неизвестно). Если $n = 5, 6$, то оно также гомеоморфно S^n , при $n = 3, 4$ гипотеза остаётся, при $n \geq 7$ диффеоморфизм не имеет места» [4].

Сфера S в метрическом пространстве $(M, \rho) : S = \{x \in M, \rho(x, x_0) = R\}$ определяется аналогичным образом. Однако это множество может быть упорядочено (даже быть пустым) достаточно сложным образом.

Заключение: Выполнения поставленную задачу мы пришли к выводу, что в нормированном пространстве E с нормой $\|x\|$ сферой называется множество точек

$$S = \{x \in E, \|x\| = R\}.$$

Это выпуклая гиперповерхность произвольной бесконечной размерности, которая не обязательно обладает такими свойствами как гладкость, округлость и другими полезными свойствами обычной сферы. Одной из трансформаций, используемых в топологии, является так называемая бесконечномерная сфера,

которая является строгим индуктивным пределом S^x последовательности вложенных сфер:

$$S^1 \subset S^2 \subset \dots$$

Литература

1. Буземан Г., Геометрия геодезических / пер. с англ. М. З. Кайнера; под ред. И. М. Яглома. – Москва: Физматгиз, 1962. – 503 с.
2. Зорич В. А., Математический анализ. Ч.1. – М.: МЦНМО, 2012. – 710 с.
3. Розенфельд Б. А., Многомерные пространства. М.: Наука, 1966. – 668 с.
4. Розенфельд Б. А., Неевклидовы пространства. М.: Наука, 1969. – 548 с.
5. Некоторые свойства сферы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vuzlit.com/897428/nekotorye_svoystva_sfery (дата обращения: 30.03.2023).

Володченко Аркадий Владимирович, обучающийся «Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: julyvolod@gmail.com

Научный руководитель:

Осипова Людмила Владимировна, учитель математики высшей категории «Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: spaike095@gmail.com

SOME PROPERTIES OF THE SPHERE S^n

Annotation: In this paper, the features of the sphere S_n as a function of many variables and its applications are studied and generalized. Individual properties, as fundamental, served as a starting point for the generalization of the concept of the sphere.

Keywords: sphere, circle, Riemannian space, curvature of the sphere, normal.

Volodchenko Arkady Vladimirovich, a student of the "Republican Architectural and Construction Boarding Lyceum" of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Osipova Lyudmila Vladimirovna, teacher of mathematics of the highest category of the "Republican Architecture and Construction Lyceum-Boarding School" Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51-7

Исаченко К.С.,

обучающийся «Республиканского архитектурно-
строительного лицея-интерната»

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

Руководитель: Осипова Л.В., учитель математики
высшей категории «Республиканского

архитектурно-строительного лицея-интерната»

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОКУПАЕМОСТИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Аннотация. Рассмотрена проблема математического и экономического обоснования целесообразности получения высшего образования. Построена инвестиционная модель получения обучающимся высшего образования. Осуществлены расчеты по фактическим данным. Получены практические выводы по рассматриваемой проблеме.

Ключевые слова: Эффективность обучения, кредит, инвестиционная модель, дисконтирование.

Введение. Высшее образование является неотъемлемым этапом на пути достижения карьерного и финансового благополучия. Каждый абитуриент, поступаая в ВУЗ, руководствуется определенными мотивами: желанием получить востребованную профессию, престижем обучения, пожеланиями и наставлениями родителей, или просто следуют примеру друзей. Однако далеко не всегда поступающие сознательно задумываются о целесообразности получения высшего образования. Часто этот выбор интуитивен и иррационален.

Постановка задачи. Рассмотреть проблему целесообразности получения высшего образования, его окупаемости и эффективности для абитуриента. Решение данной проблемы может быть использовано при рассмотрении целесообразности получения кредита на обучение и расчета параметров кредитования. Такую же значимость имеет эта проблема и для коммерческих организаций, которые оплачивают обучение своего сотрудника в ВУЗе и желают оценить эффективность своих вложений.

Результаты. Расчитанные показатели внутренней нормы доходности по годам 1-10 свидетельствуют о выгоде использования кредита, начиная с нормального сценария, где $IRR > 12\%$ ($IRR = 13,6\%$). Таким образом, выпускник ВУЗа за промежуток времени равный 10 годам, имеет более высокую норму доходности, обучаясь 5 лет в ВУЗе и занимаясь столько же трудовой деятельностью, чем величина процентов по кредиту, что свидетельствует о рациональности использования кредита.

В научных исследованиях категория «человеческий капитал» получила широкое распространение. Основой для популяризации этой категории стала работа лауреата Нобелевской премии Г. Беккера «Человеческий капитал», в которой важным является то, что «при вкладывании средств в обучение обучающиеся и их родители ведут себя рационально, взвешивая выгоды и издержки. Их действия можно сравнить с действиями предпринимателей, сопоставляющих ожидаемую предельную норму отдачи от собственных вложений с доходностью альтернативных инвестиций. В зависимости от того, что экономически целесообразнее, принимается решение либо о вкладывании средств в обучение, либо об отказе от него» [1].

На основе разработок Г. Беккера, нами предлагается инвестиционная модель получения высшего образования, которая представляет собой соотношение двух денежных потоков: расходов на учебу (как единовременных, так и текущих) и доходов от учебы (как будущих, так и в настоящее время). Сгруппируем доходы и расходы в процессе обучения следующим образом (таблица 1).

Таблица 1. Классификация индивидуальных доходов и расходов при обучении в ВУЗе

<i>Расходы</i>		<i>Доходы</i>
Расходы в период до поступления	Оплата услуг репетитора по подготовке к вступительным экзаменам и тестированию (PC_t)	Стипендия (учитывается для категории студентов обучающихся на бюджетной основе (SC_t))
	Расходы на платное тестирование (PT_t)	
Текущие расходы	Оплата за обучение студентов, обучающихся на платной основе (PE_t)	Прирост будущей заработной платы, получаемый за счет приобретения профессии (IFS_t). Он определяется как разность между будущей заработной платой (FS_t) и альтернативными издержками (OC_t) в каждом t -ом году
	Расходы на канцелярские товары: тетради, письменные принадлежности, дискеты и т.д. (WM_t)	
	Расходы по приобретению учебной литературы (PL_t)	

Отметим, что в модели не учитываются такие текущие расходы как расходы на проживание, питание, жилье, одежду и т.п., так как эти расходы студент нес бы, даже не обучаясь в ВУЗе. «Так же следует отметить, что прогнозируемая будущая заработная плата различна у всех студентов, поэтому за главный определяющий ее величину фактор в инвестиционной модели следует брать полученную студентом профессию» [3].

Исходя из предложенной классификации, математически обоснуем инвестиционный процесс в рамках получения высшего образования.

Для обоснования целесообразности и оценки эффективности обучения необходимо найти разность предварительно просуммированных доходов и расходов. «Так как процесс инвестирования и извлечения доходов в данном случае растянут на ряд лет, необходимо использовать приведение

разновременных денежных потоков к базовой дате. Для этого используем «стандартный» коэффициент дисконтирования (α_t) который позволяет учесть стоимость капитала во времени (1): $(\alpha_t) = 1/(1+d)^t$, где d – ставка дисконта (средняя ставка банковского процента по долгосрочным депозитам); t – продолжительность прогнозного периода. С учетом (1) и табл. 1, приведенную (дисконтированную) суммарную величину расходов студента на получение высшего образования за период n лет найдем по формуле (2):

$$I = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+d)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{PC_t + PT_t + PE_t + WM_t + PL_t}{(1+d)^t} = PC_0 + PT_0 + \sum_{t=1}^5 \frac{PE_t + WM_t + PL_t}{(1+d)^t} \quad (2),$$

где I – суммарные расходы за период n , I_t – расходы в течение t -го года.

Суммарная величина продисконтированных номинальных доходов от обучения за аналогичный период будет равна (3):

$$P = \sum_{t=1}^n \frac{P_t}{(1+d)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{SC_t + IFSt}{(1+d)^t} = \sum_{t=1}^5 \frac{CS_t}{(1+d)^t} + \sum_{t=6}^n \frac{IFSt}{(1+d)^t} \quad (3),$$

где $IFSt$ – будущая заработная плата в течение t -го года; $IFSt = FS_t - OS_t$; P_t – доходы в течение t -го года» [3].

Исходя из (2) и (3) можно, используя графический метод, найти точку на временной оси, когда разность между расходами и доходами станет равной 0. Точка окупаемости инвестиционного проекта представляет собой год t , в котором величина доходов покрывает величину расходов, т.е. $I=P$. Начиная с этого года, студент, окончивший ВУЗ, начнет получать чистый инвестиционный доход от вложенных в обучение средств. Кроме того, инвестиционная модель позволяет рассчитать ряд стандартных показателей эффективности инвестиционного проекта (NPV), внутреннюю норму доходности (IRR), срок окупаемости (PP), индекс доходности (PI) [2].

С помощью приведенной инвестиционной модели были произведены расчеты по данным, относящимся к получению высшего образования на экономическом факультете «ДонНАСА». Изобразим на рис.1 динамику показателя, характеризующего разницу между накопленными доходами от

обучения и накопленными расходами (инвестициями) на обучение на момент времени n . В рассматриваемых расчетах все стоимостные показатели даны округленно, для удобства расчетов.

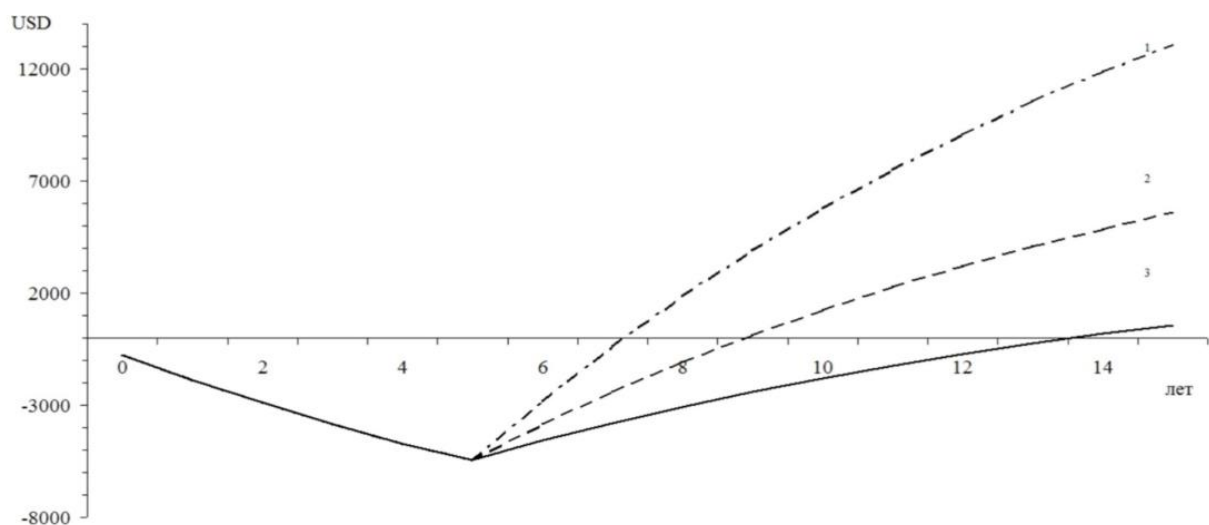


Рис.1. Студент обучается на платной основе на факультете «Экономики, управления и информационных систем в строительстве и недвижимости» по направлению «Менеджмент»: 1 – оптимистический сценарий, 2 – нормальный сценарий; 3 – пессимистичный

Заключение. Как видно из рис. 1, в случае оптимистического сценария, инвестиции в обучение окупаются приблизительно через 8 лет, т.е. на третьем году работы после окончания ВУЗа. В случае нормального или пессимистичного варианта срок окупаемости наступает приблизительно на 10 или 15 году соответственно. Указанные результаты позволяют будущему студенту сделать вывод о целесообразности получения высшего образования и оценить эффективность своих инвестиций.

Литература

1. Автономов В.С. История экономических учений: учебное пособие // В.С. Автономов, О.И. Ананьин, С.А. Афонцев и др. – М., 2003. – С. 286–310.

2. Инфраструктура, инвестиций и экономическая интеграция: перспективы Восточной Европы и России / под общ. ред. П. Вельфенса, Е. Гавриленкова. – М., 2004. – С. 725–728.

3. Живицкая Е.Н. Обучение в высшем учебном заведении как инвестиционный проект (на примере УО «БГУИР») / Е.Н. Живицкая, М.М. Загоровский, В.А. Пархименко. – Доклады БГУИР №6 (36). – Минск, 2008. – С. 116-122.

Исаченко Константин Сергеевич, обучающийся «Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: isachenko07@bk.ru

Научный руководитель:

Осипова Людмила Владимировна, учитель математики высшей категории «Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: spaike095@gmail.com

MATHEMATICAL JUSTIFICATION OF THE PAYBACK OF HIGHER EDUCATION

Annotation: The problem of mathematical and economic justification of the expediency of obtaining higher education is considered. An investment model for students to receive higher education has been built. Calculations have been made based on actual data. Practical conclusions on the problem under consideration are obtained.

Keywords: The effectiveness of training, credit, investment model, discounting.

Isachenko Konstantin Sergeevich, a student of the Republican Architectural and Construction Boarding Lyceum of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Osipova Lyudmila Vladimirovna, teacher of mathematics of the highest category of the "Republican Architecture and Construction Lyceum-Boarding School" Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51-7

Бондаренко П.А.,
студ. гр. ДАС-7А ФГБОУ ВО «ДОННАСА»;
Руководитель: к.ф.-м.н., доцент Глухов В.А.,
доцент кафедры высшей математики
ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

ДОКАЗАТЕЛЬСТВА НЕКОТОРЫХ СООТНОШЕНИЙ ЗОЛОТОГО СЕЧЕНИЯ

Аннотация. В статье приведены доказательства хорошо известных соотношений «золотого сечения» и чисел Фибоначчи.

Ключевые слова: золотое сечение, числа Фибоначчи, цепная дробь, рекуррентная формула.

Золотое сечение – это число, равное отношению длины большего отрезка деления к длине меньшего отрезка деления, при условии, что оно равно отношению длины всего отрезка к длине его большего отрезка. Понятие золотого сечения широко известно, подробно описано и очень часто используется во всех областях естествознания. Целью нашей работы является приведения доказательств утверждений, связанных с золотым сечением, так как в литературе, в большинстве случаев, они приводятся без всяких доказательств. Даже сам вывод формулы золотого сечения встречается не часто.

Начнем с вывода формулы и получения значения золотого сечения. Итак, предположим, имеется некоторый отрезок. Разобьем его на две части. Обозначим через a длину большего отрезка разбиения, а через b длину меньшего отрезка разбиения. Тогда их отношение $\frac{a}{b}$ является золотым сечением, если выполняется условие:

$$\frac{a}{b} = \frac{a+b}{a}.$$

Введем переменную $x = \frac{a}{b}$. Последнее условие примет вид:

$$x = 1 + \frac{1}{x}.$$

Умножим все выражение на x и перенесем все слагаемые в левую часть.

Получим квадратное уравнение.

$$x^2 - x - 1 = 0.$$

Корни этого уравнения равны:

$$x_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2}.$$

Один из этих корней не подходит, так как отрицателен. Остается корень.

$$x = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1.618033 \dots$$

Это и есть золотое сечение, которое обозначают буквой Φ .

Заметим, что если за переменную x принять длину большего отрезка разбиения, то получим коэффициенты пропорциональности для получения большего и меньшего отрезков разбиения:

$$\frac{-1 + \sqrt{5}}{2}, \quad \frac{3 - \sqrt{5}}{2}$$

Как получаются эти числа. Пусть длина отрезка равна 1. Разобьем отрезок в пропорциях золотого сечения, причем x – это большая часть, а $(1 - x)$ – меньшая часть. Тогда можно составить пропорцию

$$\frac{x}{1-x} = \frac{1}{x}.$$

Получаем квадратное уравнение:

$$x^2 + x - 1 = 0.$$

Корни этого квадратного уравнения:

$$x_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{5}}{2}.$$

Подходит только один (положительный корень):

$$x = \frac{-1 + \sqrt{5}}{2}.$$

Это длина большего отрезка разбиения. Длина меньшего отрезка разбиения равна

$$1 - x = 1 - \frac{-1 + \sqrt{5}}{2} = \frac{3 - \sqrt{5}}{2}.$$

Вычислим величину, обратную к золотому сечению

$$\frac{1}{\Phi} = \frac{2}{1 + \sqrt{5}} = \frac{2}{1 + \sqrt{5}} \cdot \frac{\sqrt{5} - 1}{\sqrt{5} - 1} = \frac{2(\sqrt{5} - 1)}{5 - 1} = \frac{-1 + \sqrt{5}}{2}.$$

Заметим, что величина $-\frac{1}{\Phi}$ является вторым корнем характеристического уравнения для нахождения золотого сечения, который мы отбросили.

Докажем несколько формул, связанных с представлением золотого сечения.

1. Величина Φ представляется в виде бесконечной цепной дроби:

$$\Phi = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \dots}}}}$$

В самом деле,

$$\Phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = \frac{2 + (-1 + \sqrt{5})}{2} = \frac{2}{2} + \frac{-1 + \sqrt{5}}{2} = 1 + \frac{-1 + \sqrt{5}}{2}.$$

Последнее слагаемое в этой формуле – это величина, обратная к золотому сечению. Если ее применить, то получаем следующую формулу (на самом деле это соотношение сразу следует из формулы для определения золотого сечения) связи величины золотого сечения с ее обратной величиной:

$$\Phi = 1 + \frac{1}{\Phi}.$$

Это рекуррентное соотношение. Применим к величине Φ , стоящей в правой части, последнюю формулу, получим новое соотношение.

$$\Phi = 1 + \frac{1}{\Phi} = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{\Phi}} = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{\Phi}}}$$

И так далее. Каждый раз, применяя формулу связи величины золотого сечения с ее обратной величиной, будем получать новый элемент цепной дроби.

2. Величина Φ представляется в виде бесконечной цепочки корней:

$$\Phi = \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \dots}}}}$$

Для доказательства воспользуемся следующей формулой

$$\Phi^2 = 1 + \Phi.$$

Эта формула сразу следует из того квадратного уравнения, которое мы составляли для нахождения величины золотого сечения. Так как золотое сечение — это положительное число, из последней формулы находим:

$$\Phi = \sqrt{1 + \Phi}.$$

Это рекуррентное соотношение. Применим к величине Φ , стоящей в правой части последнюю формулу, получим новое соотношение.

$$\Phi = \sqrt{1 + \Phi} = \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \Phi}}}$$

И так далее. Каждый раз, применяя рекуррентную формулу, будем получать новый корень.

3. Золотое сечение – это величина, к которой стремится отношение чисел Фибоначчи.

Для начала поясним, что такое числа Фибоначчи. Последовательность Фибоначчи – это последовательность, у которой каждый последующий член равен сумме двух предыдущих: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34... Т.е. для последовательности чисел Фибоначчи верна следующая рекуррентная формула:

$$F_{n+1} = F_n + F_{n-1}, \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

Утверждается, что

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_{n+1}}{F_n} = \Phi.$$

Приведем не совсем строгое, но наглядное доказательства этого. Применим к числителю рекуррентную формулу чисел Фибоначчи, а числитель разделим почленно, а затем дробь перевернем.

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_{n+1}}{F_n} &= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_n + F_{n-1}}{F_n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{F_{n-1}}{F_n} \right) = 1 + \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{\left(\frac{F_n}{F_{n-1}} \right)} \right) = \\ &= 1 + \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{F_n}{F_{n-1}} \right)}. \end{aligned}$$

Номер n стремится к бесконечности, и к последнему пределу снова можно применить рекуррентную формулу для чисел Фибоначчи.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_{n+1}}{F_n} = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{F_n}{F_{n-1}} \right)}}.$$

В результате получаем такую же цепную дробь, как в случае золотого сечения. Т. е. и золотое сечение, и предел отношения чисел Фибоначчи представимы одной и той же цепной дробью.

Заметим, что доказанное утверждение можно доказать, основываясь на формуле французского математика, механика и астронома Бине.

$$F_n = \frac{\Phi^n - \left(-\frac{1}{\Phi}\right)^n}{\sqrt{5}}.$$

Заметим, что в этой формуле величина $\left(-\frac{1}{\Phi}\right)^n$ стремится к 0, при $n \rightarrow \infty$, это связано с тем, что золотое сечение – это число, большее 1. Следовательно,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_{n+1}}{F_n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\frac{\Phi^{n+1} - \left(-\frac{1}{\Phi}\right)^{n+1}}{\sqrt{5}}}{\frac{\Phi^n - \left(-\frac{1}{\Phi}\right)^n}{\sqrt{5}}} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\Phi^{n+1} - \left(-\frac{1}{\Phi}\right)^{n+1}}{\Phi^n - \left(-\frac{1}{\Phi}\right)^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\Phi^{n+1}}{\Phi^n} = \Phi.$$

Что и требовалось доказать.

4. Разбиения отрезка в пропорции золотого сечения.

Для разбиения отрезка в пропорциях золотого сечения используется следующий алгоритм, который приводится во всех справочниках по золотому сечению.

Предположим, отрезок АВ надо разбить в пропорциях золотого сечения (рис. 1). Из точки В, перпендикулярно отрезку АВ откладывают отрезок ВС, равный половине АВ.

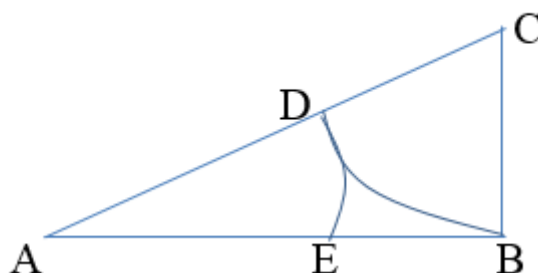


Рис. 1

Получаем прямоугольный треугольник ABC. Из точки С проводим окружность радиуса ВС. Эта окружность пересекает гипотенузу AC в точке D. Из точки А проводим окружность радиуса AD. Эта окружность пересекает катет АВ в точке Е. Точка Е делит отрезок АВ в пропорциях золотого сечения, т. е.

$$\frac{|AE|}{|BE|} = \phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}.$$

Докажем это. Пусть длина отрезка АВ определяется величиной a . т. е. $|AB| = a$. По построению, следует, что $|BC| = \frac{a}{2}$. Длина гипотенузы вычисляется по теореме Пифагора:

$$|AC| = \sqrt{a^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \frac{a\sqrt{5}}{2}.$$

Заметим, что по построению $|DC| = |BC|$ и $|AE| = |AD|$. Поэтому отрезки, на которые делится отрезок В равны.

$$|AE| = |AD| = |AC| - |DC| = \frac{a\sqrt{5}}{2} - \frac{a}{2} = a \frac{-1 + \sqrt{5}}{2};$$

$$|BE| = |AB| - |AE| = a - a \frac{-1 + \sqrt{5}}{2} = a \frac{3 - \sqrt{5}}{2}.$$

Найдем их отношение:

$$\begin{aligned} \frac{|AE|}{|BE|} &= \frac{a \frac{-1 + \sqrt{5}}{2}}{a \frac{3 - \sqrt{5}}{2}} = \frac{-1 + \sqrt{5}}{3 - \sqrt{5}} \cdot \frac{3 + \sqrt{5}}{3 + \sqrt{5}} = \frac{-3 + 3\sqrt{5} - \sqrt{5} + 5}{9 - 5} = \\ &= \frac{2\sqrt{5} + 2}{4} = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = \phi. \end{aligned}$$

Что и требовалось доказать.

Литература

1. Бендукидзе А. Д. Золотое сечение. – Квант». – № 8, 1973. – С. 22-27.
2. Аракелян Г. Б. Математика и история золотого сечения. – М.: Логос: 2014. – 404 с.
3. Mario Livio. The Golden Ratio: The Story of PHI, the World's Most Astonishing Number. – Crown/Archetype, 2008. – 303 с.
4. Мазель Л.А. Опыт исследования золотого сечения в музыкальных построениях в свете общего анализа форм // Музыкальное образование. – 1930. – № 2. – С. 24-33.

Бондаренко Полина Андреевна, студентка группы ДАС-7а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Донецк, ул. Державина, 2.

Научный руководитель:

Глухов Вячеслав Александрович, к.ф.-м.н., доцент; доцент кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: gluva2010@yandex.ru

PROOFS OF SOME GOLDEN RATIO RELATIONS

Annotation. The article provides evidence of the well-known relations of the "golden section" and the Fibonacci numbers.

Keywords: golden ratio, Fibonacci numbers, chain fraction, recurrent formula.

Bondarienko Polina Andreivna, the student of the DAC-7A group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Glukhov Viacheslav Aleksandrovich, Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51-7

Коваленко А.А.,

обучающийся «Республиканского архитектурно-
строительного лицея-интерната»

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

Руководитель: Осипова Л.В., учитель математики
высшей категории «Республиканского

архитектурно-строительного лицея-интерната»

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ПРИМЕНЕНИЕ ТРИГОНОМЕТРИИ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРИГОНОМЕТРИИ

Аннотация. В данной работе обобщается использование свойств тригонометрических функций в различных областях жизни человека и науки. Демонстрируется их практическое применение на примере графика биоритмов.

Ключевые слова: Тригонометрия, функции, колебания, цикл, система, биоритм, биопроцессы.

Введение. Тригонометрия – это раздел математики, в котором изучаются тригонометрические функции и их использование в геометрии. Данный термин впервые появился в 1595 г. как название книги немецкого математика Бартоломеуса Питискуса (1561-1613 гг.), а сама наука ещё в глубокой древности использовалась для расчётов в астрономии, архитектуре и геодезии (науке, исследующей размеры и форму Земли).

Постановка задачи. Обобщить использование тригонометрических функций в различных областях. Изучить применения тригонометрии в науках и сферах деятельности человека. Создать модель физического, эмоционального и

интеллектуального состояния человека в конкретный период. Построить график своего биоритма.

Результаты. В наше время тригонометрия больше не рассматривается как самостоятельная ветвь математики. Данная тема является одной из самых актуальных. Она находит широкое применение в разных разделах математики, и других областях науки, а также тесно связана с деятельностью человека. Имеет теоретическую и практическую значимость.

Тригонометрия или тригонометрические функции используются в астрономии, для расчётов положения небесных объектов, где применяется сферическая тригонометрия. Можно найти ее применение в акустике, в оптике, в анализе финансовых рынков, в статистике, в биологии, в медицинской визуализации, например в компьютерной томографии и ультразвуке, в химии, в сейсмологии, в метеорологии, в океанографии, в архитектуре, в экономике, в компьютерной графике, в кристаллографии и многих других областях. Часто с синусами и косинусами приходится сталкиваться геодезистам. Они имеют специальные инструменты для точного измерения углов. При помощи синусов и косинусов углы можно превратить в длины или координаты точек на земной поверхности.

Ещё одна область, которая невозможна без тригонометрии – это строительство. В процессе строительства зданий, дорог, мостов и других сооружений начинается от изысканий и проектирования. Все измерения в строительстве осуществляются геодезическими инструментами. Тригонометрический уровень определяет разницу высот между несколькими точками земной поверхности.

Тригонометрия в физике. Кроме алгебры, тригонометрия оказывает прямое влияние и воздействие на физику, процессы, повторяющиеся в течение одинаковых промежутков времени. Этот процесс называется колебательным. «Колебательные явления разных физических форм подчиняются общему закону и выражаются одинаковыми уравнениями. Существуют разные виды колебательных явлений, например, механические. Механические колебания, как

и колебательные процессы любой другой физической природы, могут быть свободными и вынужденными. В качестве примеров простой механической колебательной системы могут выступать грузы на пружинах или математические маятники» [1].

Тригонометрия в биологии и медицине. Одним из основных свойств, природы является циклизм большинства процессов, которые происходят в ней. «Биологический ритм – это регулярные изменения в характере и динамике биопроцессов. Основной земной ритм – суточный. Для построения модели биоритмов необходимо ввести дату рождения человека, дату отсчета (день, месяц, год) и длительность прогноза (количество дней). У человека в зависимости от времени суток циклически меняются физиологическое состояние, интеллектуальные возможности и даже настроение. Ученые доказали, что виной тому колебания концентраций гормонов в крови. В последние годы в науке о биоритмах, хронобиологии было сделано многое, чтобы установить механизм возникновения суточных гормональных циклов» [2].

Попробуем смоделировать биоритм человека с периодом физического цикла – 23 дня, периодом эмоционального цикла – 28 дней, периодом интеллектуального цикла – 33 дня.

Разработка модели. «Для построения графика биоритма необходимо рассчитать количество дней, прошедших со дня рождения до дня расчета – первого числа расчетного месяца. Для этого: умножим количество полных прожитых лет на 365 и затем к полученному результату добавим по 1 за каждый прожитый високосный год, а также прибавим количество прожитых дней в году рождения и в расчетном году» [2].

Високосные года, начиная с 1900 года: 1900; 1904; 1908; 1912; 1916; 1920; 1924; 1928; 1932; 1936; 1940; 1944; 1948; 1952; 1956; 1960; 1964; 1968; 1972; 1976; 1980; 1984; 1988; 1992; 1996; 2000; 2004; 2008; 2012; 2016; 2020; 2024; 2028.

«Результат поделим на период биоритма и вычислим остаток от целочисленного деления. Отсчитаем от дня расчета (первое число расчетного

месяца) в прошлое количество дней равное остатку от деления и от полученной даты построим синусоидальную кривую биоритма» [2]. Например, график моего биоритма на 03.04.2023 выглядит так (рис.1).

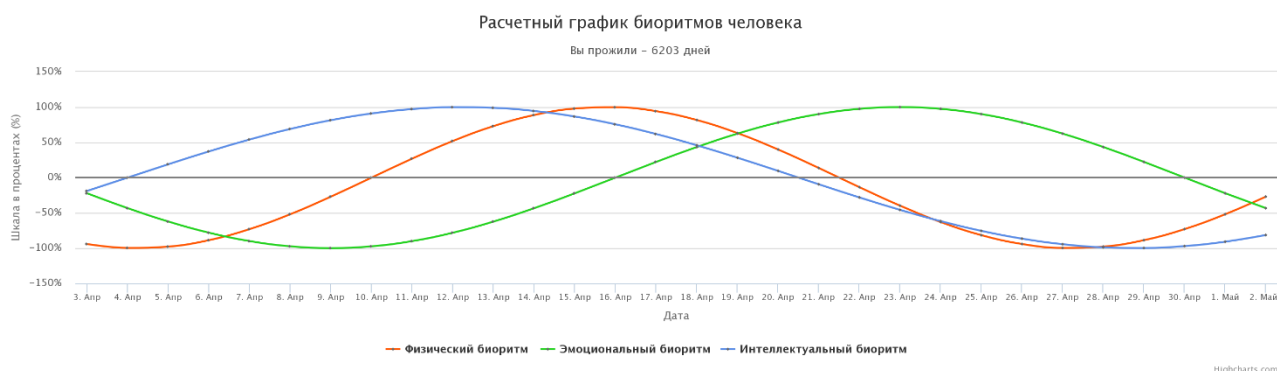


Рис.1. График биоритма А. Коваленко на 03.04.2023

Алгоритм вычисления критических дней также достаточно прост. «Пусть *period* обозначает период биоритма, *div* – операцию целочисленного деления, *max* – день цикла, когда кривая достигает максимума, *min* – день цикла, когда кривая достигает минимума, *nul* – день цикла, когда кривая пересекает ось времени. Выполним вычисления критических дней. Для этого разделим количество прожитых дней на 23 (физический цикл) – и получим число с остатком после целого. Например, если остаток равен 20, это значит, что идет 20-й день физического цикла, то есть вторая половина цикла, неблагоприятная. Таким же образом рассчитаем эмоциональный и интеллектуальный циклы. В году будет примерно шесть дней, когда совпадают начальные фазы двух циклов – это тяжелые дни. И примерно один раз в году все три цикла на нуле – это тоже очень плохой день. Наиболее часто используемой формулой для расчета биоритмов является следующая формула:

$$B = \sin\left(\frac{2\pi(t - f)}{P}\right) \cdot 100\%,$$

где P – фаза биоритма, соответствует длительности периода рассчитываемого биоритма (23, 28 и 33 дня соответственно). B – значение биоритма в заданную дату расчета в процентах), π – константа, принимаемая равной 3.1415926535897932385..., t – период расчета: количество дней от начальной до

конечной даты расчета, f – количество прожитых дней, от даты рождения до начальной даты расчета биоритмов» [2].

Заключение. Мы убедились, что выдвинутая нами гипотеза подтвердилась и тригонометрические функции действительно являются яркими представительницами в окружающем нас мире, а не только линиями в тетради. Они являются замечательными кривыми, которые практически всегда рядом с нами.

Хочется, чтобы данное исследование оказалось не только интересным, но и полезным. А построенный график биоритма может служить наглядностью на уроках математики при изучении этих функций и демонстрации метапредметных связей с другими областями науки.

Литература

1. Виленкин, Н.Я. Функции в природе и технике: Книга для внеклассного чтения IX-XX класс – 2-е изд., исправленное – М: Просвещение, 1985. – 192 с.
2. Лихтенштейн, В.И. Расчет биоритмов человека / В.И. Лихтенштейн, В.В. Конашков, В.Г. Шишкунов. – Учебное электронное текстовое издание Подготовлено кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Научный редактор: доц., канд. техн. наук А.А. Волкова. – ФГАОУ ВПО УрФУ, 2012. – 15 с.
3. Потапов, М.К. Алгебра, тригонометрия и элементарные функции / М.К. Потапов. – М.: Высшая школа, 2014. – 586 с.

Коваленко Александр Александрович, учащийся «Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: sasha.kovalenco.45213@mail.ru

Научный руководитель:

Осипова Людмила Владимировна, учитель математики высшей категории «Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната»

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: spaike095@gmail.com

APPLICATION OF TRIGONOMETRY IN HUMAN LIFE.

AREAS OF APPLICATION OF TRIGONOMETRY.

Annotation: This paper summarizes the use of the properties of trigonometric functions in various fields of human life and science. Their practical application is demonstrated by the example of a biorhythm graph.

Keywords: Trigonometry, functions, oscillations, cycle, system, biorhythm, bioprocess.

Kovalenko Alexander Alexandrovich, a student of the Republican Architectural and Construction Boarding Lyceum of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86120, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Osipova Lyudmila Vladimirovna, teacher of mathematics of the highest category of the Republican Architectural and Construction Boarding Lyceum of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86120, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51-7

Мирошникова С.А.,
обучающаяся «Республиканского архитектурно-
строительного лицея-интерната»
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: Осипова Л.В., учитель математики
высшей категории «Республиканского
архитектурно-строительного лицея-интерната»
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

МАТЕМАТИКА В ПРАКТИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ

Аннотация. Рассмотрены и изучены теоретические основы взаимосвязи математики с другими науками, показано на доступных строительных задачах применение математики на практике, что повлечет за собой повышение интереса к изучению предмета в целом.

Ключевые слова: строительная задача, гибкость панели, эксцентриситет, сопротивление бетона, несущая способность.

Введение. Математика является одним из основных предметов в учебном плане ФГОС. Решение математических задач дает учащимся представление о возможности математики в различных областях человеческой деятельности, в том числе в строительстве.

Очевидно, что в настоящее время, существует особая потребность в строительстве. Разрушенные дома и здания нужно ремонтировать и восстанавливать, растет потребность в новых проектах. И на каждом этапе для выполнения работы необходимо использовать точные данные. Какие области и разделы математики нам необходимо знать, чтобы успешно выполнить все необходимые замеры и расчеты по строительству?

Постановка задачи. Применение математических знаний в области строительства, исследование структуры и характеристик строительных задач. Разработка практических заданий по строительной тематике для 11 класса.

Результаты. При разработке данных задач был сопоставлен материал изученный лицеистами на уровне 11 класса и материал, выходящий за рамки программы, учтены возможные сюжетные линии. Все задания, содержащиеся в разработанных задачах, связаны определенным сюжетом, с постановкой учебной цели. Разработанные задачи соответствует всем необходимым требованиям и могут быть применены в ходе обучения лицеистов одиннадцатого класса по математике.

Приведем две из задач.

Задача 1. «Проверить прочность межквартирной бетонной стеновой панели, изготовленной вертикально (в кассете), из бетона на пористых заполнителях на 1 м которой действует нагрузка со случайным эксцентриситетом. Толщина панели 280 мм, высота панели 3,3 м, класс бетона – В 15, марка плотности 1600 ($E_b = 1700$ МПа), полная нагрузка 930 кН, длительная часть – 660 кН» [2;3].

Решение.

Расчет выполняем на действие продольной силы $N = 930$ кН, приложенной со случайным эксцентриситетом e_A , определяемым согласно СНиП по следующим данным:

$$\frac{N}{30} = \frac{280}{30} = 9,33 \text{ мм} < 10 \text{ мм},$$

$$\frac{N}{600} = \frac{3300}{600} = 5,5 \text{ мм} < 10 \text{ мм}.$$

Минимальный эксцентриситет принимается равным 10 мм.

Закрепление панелей сверху и снизу принимаем шарнирным, следовательно – расчетная длина $l_0 = H = 3,3$ м.

Гибкость панели: $\lambda = \frac{l_0}{H} = \frac{3,3}{0,28} = 11,7 > 4$, поэтому расчет производим с учетом прогиба.

Определяем коэффициент φ_e , принимая $\beta = 1$, т.к. эксцентриситет не зависит от характера нагрузок. Можно принять, что

$$\frac{M_{1e}}{M} = \frac{N_e}{N} = \frac{660}{930} = 0,7, \text{ тогда}$$

$$\varphi_e = 1 + \beta \frac{M_{1e}}{M} = 1 + 1 * 0,736 = 1,736.$$

Так как нагрузки непродолжительного действия отсутствуют, расчетное сопротивление бетона принимаем с учетом коэффициентов $\gamma_{b2} = 0,9$, $\gamma_{b3} = 0,85$. Тогда

$$R_b = 11,5 * 0,9 * 0,85 = 8,8 \text{ Мпа.}$$

Коэффициент

$$\delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 * R_b = 0,5 - 0,01 * 20,63 - 0,01 * 8,8 = 0,206.$$

Принимаем $\delta_e = \delta_{e,\min} = 0,206$.

Определяем критическую силу, принимая площадь сечения:

$$A = 160 * 1000 = 160000 \text{ мм}^2,$$

$$N_{кр} = \frac{0,533 * E_b * A}{\varphi_e * \frac{l_0}{h}} * \left(\frac{0,11}{0,1 * \delta_e} + 0,1 \right) = 196222,087 \text{ Н} = 1962,22 \text{ кН.}$$

Отсюда коэффициент:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{кр}}} = \frac{1}{1 - \frac{930}{1962,22}} = 1,851.$$

Проверим прочность панели:

$$R_b * A_b = R_b * A \left(\frac{1 - 2l_0 * r}{h} \right) = 8,8 * 160000 * \left(\frac{1 - 2 * 10 * 1,851}{160} \right) = 1082752 \text{ Н} = \\ = 1082,75 \text{ кН} > N = 930 \text{ кН.}$$

Следовательно, несущая способность не обеспечена.

Задача 2. «Рассчитать сплошной дощатый настил из древесины сосны 2 сорта под рулонную кровлю. Условия эксплуатации Б-II, постоянная нагрузка $q_n = 0,65 \text{ кН/м}^2$, расчетная $q = 0,85 \text{ кН/м}^2$, временная нормативная $p_n = 1 \text{ кН/м}^2$, временная расчетная $p = 1,6 \text{ кН/м}^2$. Толщина доски $h = 36 \text{ мм}$, здание II класса ответственности, шаг стропил $1,5 \text{ м}$ » [2; 3].

Решение.

Определяем нагрузку для первого сочетания (собственный вес и снег) с учетом класса ответственности.

$$q_n = (q_n + p_n) \cdot \gamma_n = (0,65 + 1) \cdot 0,95 = 1,57 \text{ кН/м}^2,$$

$$q = (q + p) \cdot \gamma_n = (0,85 + 1,6) \cdot 0,95 = 2,33 \text{ кН/м}^2.$$

Изгибающий момент при первом сочетании нагрузок при шаге стропил 1,5 м:

$$M = \frac{q \cdot l_0^2}{8} = \frac{2,33 \cdot 1,5^2}{8} = 0,66 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Изгибающий момент при втором сочетании нагрузок (собственный вес и монтажная сосредоточенность):

$$M' = 0,07 \cdot q_{св} \cdot l^2 + 0,207 \cdot P \cdot l = 0,07 \cdot 0,85 \cdot 1,5^2 + 0,207 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 0,39 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

К расчету принимаем второе сочетание нагрузок с большим изгибающим моментом. Определяем момент сопротивления сечения для условной полосы шириной 1 м.

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{100 \cdot 3,6^2}{6} = 216 \text{ см}^3.$$

Проверяем прочность сечения:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{66}{216} = 0,3 \text{ кН/см}^2 < R_u = 8,5 \text{ МПа} = 0,85 \text{ кН/см}^2.$$

Вывод: прочность настила обеспечена.

Вычисляем момент инерции сечения:

$$W = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{100 \cdot 3,6^3}{12} = 388,8 \text{ см}^4.$$

Проверяем жесткость:

$$f = \frac{2,13 \cdot q \cdot l_0^4}{384 \cdot EJ} = \frac{2,13 \cdot 1,57 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5^4}{384 \cdot 10^4 \cdot 388,3 \cdot 10^{-8}} = 0,0011 \text{ м} < f_{\text{пред}} = \frac{l}{500} = \frac{1,5}{500} = 0,003 \text{ м}.$$

Вывод: жесткость настила обеспечена.

Заключение. В результате выполнения практических заданий по данной тематике был создан определенный реальный продукт, который можно публично представить и оценить. «Решение задач по строительной линии не только развивает познавательные навыки учащихся лица, не только повышает

интерес к процессу обучения, но и позволяет ввести их в проблемную ситуацию и, в зависимости от представленного сюжета, раскрывает связи между математикой и всеми областями человеческой деятельности» [1].

Литература

1. Шмелев Г.Н. Деревянные конструкции. Примеры расчета элементов. Учебно-методическое пособие. / Шмелев Г.Н., Дымолазов М.А. – Казань: 2018. – 95 с.

2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций. Докипедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.dokipedia.ru/document/5177969?pid=579&scroll_to=53a16a9ebc58731829472664 (дата обращения: 21.03.2023).

3. Электронная библиотека студентов. Расчет параметров материалов и конструкций из древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=703715> (дата обращения: 05.04.2023).

Мирошникова София Андреевна, обучающаяся «Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: sofiya_mir@list.ru

Научный руководитель:

Осипова Людмила Владимировна, учитель математики высшей категории «Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: spaike095@gmail.com

MATHEMATICS IN PRACTICAL CONSTRUCTION TASKS

Annotation. The theoretical foundations of the relationship of mathematics with other sciences are considered and studied, the application of mathematics in practice is shown on the available construction tasks, which will entail an increase in interest in the study of the subject as a whole.

Keywords: construction task, panel flexibility, eccentricity, concrete resistance, bearing capacity.

Miroshnikova Sofia Andreevna, a student of the "Republican Architectural and Construction Boarding Lyceum" of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86120, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Osipova Lyudmila Vladimirovna, teacher of mathematics of the highest category of the "Republican Architecture and Construction Lyceum-Boarding School" of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86120, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51-7

Федосеева Я.Р.,

обучающаяся «Республиканского архитектурно-
строительного лицея-интерната»

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

Руководитель: Осипова Л.В., учитель математики
высшей категории «Республиканского архитектурно-
строительного лицея-интерната» ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

МАТЕМАТИКА ПРИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ КРЕДИТОВАНИИ

Аннотация. В данной работе рассмотрен актуарный метод расчёта по сложной процентной ставке, который предполагает последовательное начисление процентов на фактические суммы долга. Представлено практическое применение актуарного метода расчета по кредиту.

Ключевые слова: кредит, проценты, актуарный метод расчета.

Введение. «Кредит является объективной категорией, составной частью товарно-денежных отношений, а его необходимость вызвана существованием именно товарно-денежных отношений» [2]. Роль кредита в различных фазах экономического цикла не одинакова. В условиях экономического подъема, достаточной экономической стабильности кредит выступает фактором роста. Актуальность работы заключается в том, что, «несмотря на существующий в настоящий момент финансовый кризис, потребительское кредитование будет и дальше развиваться поступательными темпами, так как проблема роста доходов населения является насущной всегда, а значит, кредит и в дальнейшем будет рассматриваться как возможность приобретения необходимых товаров. При этом населению следует знать основы методов погашения кредита, так как они существенным образом влияют на размер кредитных платежей» [1].

Постановка задачи. Изучить теоретические основы потребительского кредита, и объективную возможность практического применения методов погашения кредита с целью определения наиболее выгодного для заемщика в плане условий погашения кредита.

Результаты. Рассмотренный пример наглядно демонстрирует практическое применение актуарного метода погашения потребительского кредита. Актуарный прием расчета обладает большим преимуществом перед аннуитетным платежом, где самое главное – меньшая стоимость кредита.

«Актуарный метод предполагает последовательное начисление процентов на фактические суммы долга. Частичный платеж идет в первую очередь на погашение процентов, начисленных на дату платежа. Если величина платежа превышает сумму начисленных процентов, то разница идет на погашение основной суммы долга. непогашенный остаток долга служит базой для начисления процентов за следующий период и т.д. Если же частичный платеж меньше начисленных процентов, то никакие зачеты в сумме долга не делаются. Такое поступление приплюсовывается к следующему платежу» [2].

Процесс выплат и поступлений представляет собой сбалансированность финансовой операции. Сбалансированная операция имеет замкнутый контур, т.е. последняя выплата полностью покрывает остаток задолженности, что демонстрирует рисунок 1.

Графическое изображение процесса погашения задолженности содержит следующие величины:

P_0 – начальная сумма долга;

$S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ – наращенные по сложной процентной ставке и суммы долга;

$R_1, R_2, R_3, R_4, \dots, R_n$ – выплаты, покрывающие указанные проценты и часть основной суммы долга;

$P_1, P_2, P_3, P_4, \dots, 0$ – оставшиеся суммы долга после выплат;

$n_1, n_2, n_3, n_4, \dots, n_k$ – моменты выплат.

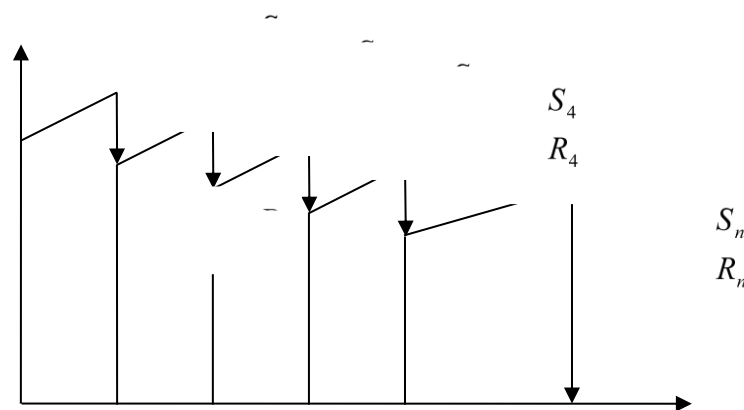


Рис.1. Процесс погашения задолженности актуарным методом

Согласно рис. 1, с экономической точки зрения, «графическое изображение контура соответствует финансовой операции для сложной процентной ставки, в которой взяли кредит P_0 на срок n и проценты начисляются на невыплаченный остаток по ставке i за период. К моменту n_1 проценты на сумму P_0 составляют $P_0 \cdot \frac{i}{100}$. Очевидно, что величина R_1 должна быть больше $P_0 \cdot \frac{i}{100}$, иначе невыплаченная часть долга не будет уменьшаться. Разность $R_1 - P_0 \cdot \frac{i}{100}$ идёт на погашение основной суммы долга» [1].

Невыплаченный остаток в начале второго года (после первой выплаты) станет равен:

$$P_1 = S_1 - R_1 = P_0 \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{n_1} - R_1.$$

Проценты на него к концу второго периода составляют:

$$\left(P_0 \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{n_1} - R_1\right) \cdot \frac{i}{100}.$$

Невыплаченный остаток после второй выплаты уменьшится на величину

$$R_2 - \left(P_0 \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{n_1} - R_1\right) \cdot \frac{i}{100}$$

и станет равен:

$$P_2 = S_2 - R_2 = \left(P_0 \left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_1} - R_1 \right) \left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_2 - n_1} - R_2.$$

Проценты на него к концу третьего периода составляют:

$$\left(\left(P_0 \left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_1} - R_1 \right) \left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_2 - n_1} - R_2 \right) \cdot \frac{i}{100}.$$

Невыплаченный остаток после третьей выплаты станет равен:

$$P_3 = S_3 - R_3 = \left(\left(P_0 \left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_1} - R_1 \right) \left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_2 - n_1} - R_2 \right) \left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_3 - n_2} - R_3 \text{ и т.д.}$$

В конце последнего n -го года невыплаченный остаток (после раскрытия скобок в выражении за $n-1$ -й период) станет равен:

$$\begin{aligned} & S_{n_k} - R_{n_k} = \\ & = P_0 \left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_k} - \left(R_1 \left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_k - n_1} + R_2 \left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_k - n_2} + R_3 \left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_k - n_3} + \dots + R_{n_k} \right) = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Из полученной формулы следует, что наращенная сумма долга равна сумме частичных платежей, наращенных к концу срока. Разделив правую и левую части выражения на $\left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_k}$, получаем равенство (2):

$$P_0 - \left(\frac{R_1}{\left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_1}} + \frac{R_2}{\left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_2}} + \frac{R_3}{\left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_3}} + \dots + \frac{R_k}{\left(1 + \frac{i}{100} \right)^{n_k}} \right) = 0.$$

Выводы. В ходе исследования мы пришли к выводу, что актуарный способ обладает большим количеством преимуществ перед аннуитетным платежом, самое главное из которых – меньшая стоимость кредита. Вместе с тем определенную часть заемщиков заинтересует аннуитетный способ погашения кредита, и они также получают ряд преимуществ, отличных от актуарного способа. То есть выбор способа погашения напрямую зависит от желания заёмщика.

Литература

1. Бауэрс Н. Актуарная математика / Н. Бауэрс, Х. Гербер, Н. Джонс, С. Несбитт, Дж. Хикман. – М.: Янус-К, 2001. – 656 с.

2. Рябикин В. И. Страхование и актуарные расчеты: учебник / В.И. Рябикин, С. Н. Тихомиров, В.Н. Баскаков; под ред. В. И. Рябикина, Н.П. Тихомирова. - – М.: Экономистъ, 2006. – 459 с.

Федосеева Ярина Ростиславовна, обучающаяся «Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: jarina896@gmail.com

Научный руководитель:

Осипова Людмила Владимировна, учитель математики высшей категории «Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: spaike095@gmail.com

MATHEMATICS IN CONSUMER LENDING

Annotation. In this paper the actuarial method of calculation at a complex interest rate is considered, which involves the sequential accrual of interest on the actual amounts of debt. The practical application of the actuarial method of calculating the loan is presented.

Keywords: credit, interest, actuarial method of calculation.

Fedoseeva Yarina Rostislavovna, student of the «Republican architectural and construction lyceum-boarding school» FSBGI HE «DonNACEA», 286123, DPR, Makeyevka, Derzhavina str., 2.

Scientific supervisor:

Osipova Lyudmila Vladimirovna, teacher of mathematics of the highest category of the «Republican Architecture and Construction Lyceum-Boarding School» FSBGI HE «DonNACEA», 286123, DPR, Makeyevka, Derzhavina str., 2.





УДК 51-7

Шатохин М.П.,

обучающийся «Республиканского архитектурно-
строительного лицея-интерната»

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Руководитель: Осипова Л.В., учитель математики
высшей категории «Республиканского

архитектурно-строительного лицея-интерната»

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

КАКИМ ДОЛЖЕН БЫТЬ ДОМ? ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОМФОРТНОСТИ ЖИЛЬЯ

Аннотация. В данной работе исследованы несколько видов жилых помещений разных геометрических форм и размеров. Вычислены коэффициенты комфортности для каждого жилища. Выявлено жилье наиболее комфортной для проживания формы, с точки зрения соотношения объема жилого пространства и его поверхности.

Ключевые слова: коэффициент комфортности, изоперический коэффициент, жилье, объем, площадь.

Введение. Место, где человек проводит большую часть своей жизни – это его жилье. Оно имеет определенную геометрическую форму и присущие ему свойства. Каким должен быть дом? Данный вопрос является краеугольным камнем в начале проектирования и строительства. И речь идет не о выборе типа фундамента или стройматериалов. Речь идет о концепции, понимании самой идеи создания жилья комфортной для проживания формы. Тогда зададимся вопросом, есть ли способ определить лучший из вариантов? Попробуем ответить на этот вопрос с точки зрения геометрии.

Постановка задачи. Выяснить, жилье какой формы наиболее удобно и комфортно для проживания с точки зрения соотношения объема жилого пространства и его поверхности путем исследования нескольких видов жилья. Рассчитать коэффициент комфортности для каждого вида. Сделать выводы.

Результаты. У всех жилищ разной формы различный изоперический коэффициент комфортности, и, существует дом, который имеет наилучший изоперический коэффициент. Дом – сфера дает самый большой коэффициент комфортности. Дом-сфера комфортен для проживания.

Для всех людей представление дома значительно обширнее, чем просто сооружение под кровлей, с дверями и окнами. Это твоя личная вселенная. Все стремятся к достаточно высокому качеству жизни, которое обуславливается комфортностью условий, гарантирующих жизнеспособность индивидуума. И не последнее требование в этом энергосбережение. Одним из вариантов сэкономить тепло рассматривается оснащение жилья наименьшей потерей тепла через его поверхность. Можно значительно сократить габариты дома, но человеку нужно в достатке жилого пространства, чтобы ощущать себя комфортно. Следовательно, возникает вопрос: «Как достичь совмещения оптимально возможного объема жилого пространства при минимальной площади поверхности, через которую может уходить тепло?» [3]. Это отмечает значимость избранной нами проблематики.

Расчет коэффициента комфортности жилья. Существует взаимосвязь между комфортом нашего жилья и его геометрическими свойствами такими как объем и площадь поверхности. Математики вывели формулу для расчета коэффициента комфортности жилища:

$$K = \frac{36 \Pi V^2}{S^3},$$

где V – объем жилища (это может быть даже ваша комната) и S – его полная поверхность [2].

Весьма комфортабельными считаются жилища с показателем $k=1$. Сопоставления конфигурации, объема и площади поверхности подчиняются

закономерности, которая сказывается на степени комфорта [3]. Это можно показать практически. Вычислим коэффициент комфортности для жилья с всевозможными геометрическими конфигурациями.

Здание в форме куба:

1) Найдем объем куба: $V = a^3$

2) Найдем площадь полной поверхности: $S = 6 a^2$

3) Найдем коэффициент комфортности:

$$k = (36\pi(a^3)^2) / ([6a]^2)^3 = (36\pi a^6) / (216a^6) = \pi/6;$$

$k = 0,52 < 1 \Rightarrow$ жилье в форме куба небольшой комфортности.

Здание в форме прямоугольного параллелепипеда: $a=8$ м; $b=4$ м; $c=5$ м.

1) Найдем объем прямоугольного параллелепипеда: $V = a \cdot b \cdot c = 160$ (м³)

2) Найдём площадь полной поверхности: $S_{п.п.} = 2 S_{осн} + S_{б.п} = 184$ (м²)

3) Найдем коэффициент комфортности $k < 1$, \Rightarrow жилье в форме прямоугольного параллелепипеда небольшой комфортности.

Здание правильной четырехугольной пирамидальной формы: $a=8$ м; $h=6$ м.

1) Найдем площадь основания: $S_{осн.} = a^2 = 64$ (м²).

2) Найдем площадь боковой поверхности: $S_{б.п.} \approx 115$ (м²).

3) Найдем площадь полной поверхности: $S_{п.п.} = S_{осн.} + S_{б.п.} \approx 179$ (м²).

4) Найдем объём: $V = 1/3 \cdot S_{осн.} \cdot h = 128$ (м³).

5) Найдем коэффициент комфортности:

$k < 1$, \Rightarrow коэффициент далек от 1, жилье не комфортное.

Жилье конической формы. Чум. ($h = 4$ м; $r = 3$ м) Форма конуса делает жилище устойчивым при метелях и сильных ветрах, снег с него легко скатывается. Интересно, как чувствует себя человек в доме конусообразной формы с точки зрения комфортности?

1) Найдем объем конуса: $V = 1/3\pi r^2 h \approx 12,56$ (м³).

2) Найдем площадь полной поверхности: $S_{п.п.} = \pi r^2 + \pi r l \approx 75,36$ (м²).

3) Найдем коэффициент комфортности:

$k < 1$, \Rightarrow коэффициент далек от 1, жилье не комфортное.

Дом Константина Мельникова в Москве. Дизайнер разъясняет, что выбрал цилиндрическую конфигурацию потому, что «в таком пространстве без прямых углов полезная площадь гораздо больше, чем в обычном здании» [1].
Рассчитаем индекс благоустроенности в цилиндрическом доме при $h=3$ м; $r=2$ м.

$$S_{\text{п.п.}} = 2\pi R(R+H) = 2\pi \cdot 2(2+3) = 20\pi \approx 62,8 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$V = S_{\text{осн.}} \cdot h = \pi R^2 \cdot h = 12\pi \approx 37,68 \text{ (м}^3\text{)}; k < 1,$$

но пока это наибольший из рассчитанных коэффициентов.

Рассмотрим несколько примеров расчета коэффициентов комфорта для комбинированного жилья.

Здание в виде прямоугольного параллелепипеда в сочетании с усеченной пирамидой: $a=6$ м; $b=5$ м; $c=8$ м; $a_1=3$ м; $b_1=2$ м; $h=3$ м.

Найдём объём и площадь поверхности параллелепипеда:

$$V_1 = abc = 240 \text{ (м}^3\text{)}, \quad S_1 = 6 \cdot 5 + 6 \cdot 8 \cdot 2 + 8 \cdot 5 \cdot 2 = 203 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Найдём объём и площадь полной поверхности усечённой пирамиды:

$$V_2 = h \cdot (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}) / 3 = 42 \text{ (м}^3\text{)},$$

$$S_{\text{п.п.}} = S_{\text{бок.}} + S_{\text{осн.}} = 55,2 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Найдём объём и полную поверхность комбинации тел:

$$V = V_1 + V_2 = 282 \text{ (м}^3\text{)}; \quad S = 258,2 \text{ (м}^2\text{)}; \quad K = 36\pi v^2 \sqrt{S^3} = 0,45 < 1.$$

Коэффициент комфортности низкий, жилье не комфортно.

Жилье полусфера в конфигурации с цилиндром: $h=5$ м; $R=2$ м.

$$1) V_{\text{ц.}} = \pi R^2 h = 251,2 \text{ (м}^3\text{)},$$

$$2) V_{\text{полусфера}} = \frac{2}{3}\pi R^3 = 133,973 \text{ (м}^3\text{)}; \quad V_{\text{тела}} = 385,17 \text{ (м}^3\text{)}.$$

$$3) S_{\text{ц.}} = 2\pi R h + \pi R^2 = 175,84 \text{ (м}^2\text{)}; \quad S_{\text{полусферы}} = 4\pi R^2 = 100,48 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{\text{тела}} = 276,32 \text{ (м}^2\text{)} \quad K = 36\pi v^2 \sqrt{S^3} = 0,7949 < 1$$

Это наибольший из полученных коэффициентов.

Современное строительство предлагает дома сферической и полусферической формы.

$$S_{\text{сферы}} = 4\pi R^2, \quad V = (4\pi R^3) / 3.$$

Результаты комфортности жилья представлены в таблице 1.

Таблица 1. Таблица коэффициентов комфортности жилья

№п/п	Вид жилья	Коэффициент комфортности
1	Куб	0,52
2	Прямоугольный параллелепипед	0,45216
3	Пирамида	0,335
4	Конус	0,375
5	Цилиндр	0,648
6	Комбинированное: усеченная пирамида и прямоугольный параллелепипед	0,45
7	Комбинированное: полусфера и цилиндр	0,79
8	Сфера	1

Выводы. Гипотеза о том, что дома в форме сферы являются наиболее комфортными, подтвердилась. Сферические формы лучше всего справляются с ветровой и снеговой нагрузкой. Форма сферы сама по себе энергоэффективна и, более того, практически бесшовна, что сводит к минимуму потери и снижает стоимость системы отопления. Легкость и прочность сферы так же делает ее пригодной для строительства в сейсмоопасных районах. Очевидно, что в ближайшем будущем преимущества сферы будут использоваться в архитектуре, и новые города будут строиться с домами – сферами и полусферами в комбинации с цилиндрами. Округлые формы уже стали тенденцией в автомобильной промышленности и дизайне интерьеров, а вскоре будут реализованы и в жилой архитектуре.

Литература

1. Гнеденко Б.В. Математика в современном мире. – М.: Просвещение, 2005. – 177 с.
2. Гуляницкий Н. Ф. Архитектура гражданских и промышленных зданий в пяти томах. Том I. История архитектуры. – М.: Строиздат.1984. – 335 с.
3. Форма комфорта. Авторская платформа [Электронный ресурс]. – URL: <https://pandia.ru/text/80/632/43365.php> (дата обращения: 05.04.2023).

Шатохин Максим Павлович, обучающийся «Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: maksshatokhin2006@gmail.com

Научный руководитель:

Осипова Людмила Владимировна, учитель математики высшей категории «Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: spaike095@gmail.com

WHAT SHOULD THE HOUSE BE LIKE? DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF HOUSING COMFORT

Annotation: In this paper, several types of residential premises of different geometric shapes and sizes are studied. The coefficients of comfort for each dwelling are calculated. The housing of the most comfortable form for living has been revealed, in terms of the ratio of the volume of living space and its surface.

Keywords: comfort coefficient, isoperic coefficient, housing, volume, area.

Shatokhin Maxim Pavlovich, a student of the "Republican Architectural and Construction Boarding Lyceum" of Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Osipova Lyudmila Vladimirovna, teacher of mathematics of the highest category of the "Republican Architecture and Construction Lyceum-Boarding School" Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51(091)

Борисов Д.В.,

студ. группы ААХ-28б, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

Руководитель: к.ф.-м.н. Сергеев Е.К.,

доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ СКРЫПНИК

Аннотация. Рассмотрена жизнь, достижения и заслуги советского математика, работавшего в г. Донецк.

Ключевые слова: Игорь Владимирович Скрыпник, донецкий математик, деятель науки.

Введение. Игорь Владимирович Скрыпник (1940-2005) – украинский и советский математик. Академик-секретарь отделения математики НАН Украины, член-корреспондент АН УССР (1979), член Академии наук НАН Украины (1985), доктор Львовского университета (2003), доктор физико-математических наук (1972), заслуженный деятель науки и техники Украины (1998), директор Института прикладной математики и механики НАНУ.

Биография. После окончания средней школы в 1959 году поступил на механико-математический факультет Львовского государственного университета. Университетский курс освоил за 3 года, после окончания ЛГУ в 1962 году поступил в аспирантуру на кафедру дифференциальных уравнений. Руководителем И. В. Скрыпника был академик Я. Б. Лопатинский.

В 1965 году, ещё до окончания срока обучения в аспирантуре, И.В. Скрыпник защитил диссертацию на тему «А-гармоничные формы на римановых пространствах».

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

В 1965-1967 годах работал ассистентом, старшим преподавателем доцентом львовского университета. В 1967 году переехал в Донецк, где в то время работал его учитель Я. Лопатинский.

С 1967 года И. В. Скрыпник работал в Институте прикладной математики и механики АН УССР в должности старшего научного сотрудника. С 1975 по 1977 год – заместитель директора по научной работе, а с сентября 1977 года — директор Института прикладной математики и механики АН УССР. Руководил Институтом на протяжении более чем четверть века.

В 1972 году защитил докторскую диссертацию на тему «Нелинейные эллиптические уравнения высшего порядка».

В 1979 году И. В. Скрыпник был избран членом-корреспондентом АН УССР, 1985 г. – действительным членом Академии наук НАН Украины.

И. В. Скрыпник был ответственным редактором сборника «Нелинейные Граничные задачи» и «Украинского математического бюллетеня», членом редакционных коллегий многих отечественных и зарубежных журналов, к 2001 году председателем Украинского математического общества. Работал заместителем председателя Донецкого научного центра.



Рис. 1. Игорь Владимирович Скрыпник

Научная деятельность. В своих трудах И. В. Скрыпник развил топологические методы исследований нелинейных эллиптических граничных

задач для уравнений высших порядков, создал методы построения асимптотического разложения решений нелинейных эллиптических и параболических задач Дирихле в мелко перфорированных областях, получил значительные результаты в теории вырождения эллиптико-параболических систем.

Автор работ по вопросам нелинейного анализа и дифференциальных уравнений, основатель донецкой математической школы по этим проблемам, ведущий специалист в мире в области усреднения нелинейных эллиптических и параболических уравнений.

Академиком И. В. Скрыпником опубликовано около 170 научных работ, среди которых 5 монографий.

Педагогическая деятельность. Научную работу И. В. Скрыпник сочетал с активной педагогической деятельностью в Донецком национальном университете, в Национальном техническом университете «КПИ», где возглавлял кафедры дифференциальных уравнений и математической физики.

Воспитал ряд известных учеников, в том числе трёх докторов и 20 кандидатов наук. И. В. Скрыпник приложил много усилий к формированию Донецкой и, в целом, Украинской математической школы по теории нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Сегодня эта школа является ведущей на Украине и стоит в ряду ведущих мировых школ в этой области математики.

Был организатором и научным руководителем многих международных конференций. Возглавлял Экспертный Совет Высшей аттестационной комиссии Украины, был членом Комитета по Государственным премиям Украины.

Награды и премии:

- Орден князя Ярослава Мудрого V степени (2003 г.)
- Орден Дружбы народов (1986 г.).
- Заслуженный деятель науки и техники Украины (1998 г.).
- Государственная премия УССР в области науки и техники (1989).

- Премия имени М. В. Остроградского – за выдающиеся научные работы в области математики (1972 г.).
- Премия имени Н. М. Крылова (1992 г.).
- Премия имени Н. Н. Боголюбова (2000 г.).

Выводы. Таким образом, мы с вами вновь всё больше и больше узнаём людей, которые жили до нас и какой вклад в науку они совершили. Так же и Игорь Владимирович Скрыпник внёс свой вклад в развитие математики.

Литература

1. И.В. Скрыпник. Энциклопедия Руниверсалис, материал из Руниверсалис [Электронный ресурс]. – URL: https://руни.рф/index.php/Скрыпник,_Игорь_Владимирович (дата обращения 13.04.2023). – Режим доступа свободный.

2. И.В. Скрыпник. Материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Скрыпник,_Игорь_Владимирович (дата обращения 13.04.2023). – Режим доступа свободный.

Борисов Денис Владимирович, студент группы ААХ-28б, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: borisov.d.v-aah-28b@donnasa.ru

Научный руководитель:

Сергеев Евгений Константинович, к.ф.-м.н., доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: e.k.sergeev@donnasa.ru

IGOR VLADIMIROVICH SKRYPNIK

Annotation. The life, achievements and merits of a Soviet mathematician who worked in Donetsk are considered.

Keywords: Igor Vladimirovich Skrypnik, mathematician, scientist.

Borisov Denis Vladimirovich, student of the ААН-28b group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Sergeyev Evgeny Konstantinovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51(091)

Передерий Е.А.,
обучающаяся Малой академии строительства и архитектуры
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к. пед. н. Галибина Н.А.,
доцент кафедры высшей математики
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ГРИГОРИЙ МИХАЙЛОВИЧ ФИХТЕНГОЛЬЦ – ВЕЛИКИЙ МАТЕМАТИК И ПЕДАГОГ

Аннотация. В статье представлена биография известного русского и советского учёного-математика и педагога, Григория Михайловича Фихтенгольца. Г.М. Фихтенголец является автором курса по математическому анализу в 3-х томах, который считается наилучшим среди студентов математических факультетов, а также основателем ленинградской школы теории функций вещественной переменной.

Ключевые слова: учёный, педагог, математический анализ, теория функций вещественной переменной.

Введение. Григорий Михайлович Фихтенголец – известный учёный-математик, профессор, создатель ленинградской школы теории функций вещественной переменной и функционального анализа. Более сорока лет преподавал в ленинградских вузах. Большой заслугой учёного является его курс теории функций вещественной переменной, примыкающих к нему спецкурсов и курса математического анализа, который он, постоянно совершенствуя, читал более 30 лет в Ленинградском университете. Выдающуюся роль в математическом образовании в СССР и воспитании нескольких поколений математиков, преподавателей математики высшей и средней школы, инженеров,

специалистов в различных областях науки и техники сыграли созданные Фихтенгольцем учебники: «Математика для инженеров», «Курс дифференциального и интегрального исчисления», «Основы математического анализа». Григорий Михайлович стоял у истоков реформы преподавания математики в средней школе и был одним из инициаторов проведения математических олимпиад для школьников.

Постановка задачи. Цель статьи – исследовать биографию Г.М. Фихтенгольца, раскрыть его вклад в науку и в методику обучения математическим дисциплинам.

Результаты. Григорий Михайлович Фихтенголец родился 27 мая (8 июня) 1888 г. в Одессе в семье служащего городской станции Юго-западных железных дорог мещанина Абрама-Мойше Ицкова-Берова Фихтенгольца и его жены Берты-Брухи. С 1896 по 1905 гг. Григорий учился в Одесской Ришельевской гимназии, окончив её с золотой медалью. Педагоги в аттестате зрелости отметили высокие способности юноши к гуманитарным дисциплинам.

После окончания гимназии Григорий поступает на математическое отделение физико-математического факультета Императорского Новороссийского университета (ИНУ) и обучается там в 1905 по 1911 гг. К сожалению, что из-за русско-японской войны оба семестра 1905 года и осенний семестр 1906 года учебный процесс в университете был приостановлен. Поэтому Фихтенголец приступил к занятиям только в осеннем семестре 1906 года, а введенное в октябре 1905 года военное положение сохранилось до осени 1909 года.

Фихтенголец прослушал все математические курсы и спецкурсы, преподававшиеся в годы его учебы в ИНУ. Следует отметить исключительно сильный состав преподавателей и оригинальность читаемых курсов. Так, на юного Григория большое впечатление произвёл курс «Введение в анализ» С. О. Шатуновского, которые мастерски мог понятно объяснять сложнейшие места и глубокие идеи. Лекции педагога были всегда тщательно спланированы и вместе с тем были в высшей степени оживлены и проникнуты энтузиазмом.

Фихтенгольц закончил университет с дипломом 1-й степени.

С 1911 по 1913 гг. Фихтенгольц преподаёт в гимназии М.М. Иглицкого, первой в Российской империи еврейской гимназии, после окончания выпускники имели право поступать в высшие учебные заведения. Математику в гимназии также читали и его преподаватели: И. В. Слешинский, В. Ф. Каган, С. О. Шатуновский и др. В эти же годы Фихтенгольц также преподавал в Коммерческом училище Х. И. Гохмана, первого в Российской империи еврея – доктора механики. Ни Х. И. Гохман, ни В. Ф. Каган, ни С. О. Шатуновский профессорского звания до революции не получили, были приват-доцентами, т. е. внештатными университетскими преподавателями, читающими лекции за плату. Неустойчивое финансовое положение приват-доцентов заставляло их искать дополнительные средства к существованию. Это были преподавание в гимназиях и издательство книг. В. Ф. Каган и С. О. Шатуновский привлекли своего Григория к сотрудничеству в основанном ими научном издательстве «Mathesis» (1904-1925 гг.), которое было лучшим российским научно-просветительским издательством первой четверти XX века. Фихтенгольц занимается редактированием и переводами книг.

В 1913 г. Фихтенгольц переезжает в Санкт-Петербург. В 1915 году он успешно сдаёт магистерские экзамены в Петроградском университете, а в 1918 году там же защищает магистерскую диссертацию «Теория простых определенных интегралов, зависящих от параметра».

Фихтенгольц преподавал во многих учебных заведениях, в частности, Петроградском электротехническом институте императора Александра III, Институте инженеров путей сообщения, Педагогическом институте им. А. И. Герцена, Ленинградском (Петроградском) университете и др.

С 1918 года до самой смерти, Фихтенгольц преподаёт в Ленинградском (Петроградском) университете как преподаватель с 1918 по 1919 годы, как профессор с 1919 по 1933 годы на математическом отделении физико-математического факультета. В 1931 году становится ответственным

методистом – руководителем сектора математики и механики, с 1931 по 1933 год заведует кафедрой теории функций вещественной переменной.

С 1933 по 1953 год заведует на математико-механическом факультете кафедрой математического анализа, будучи профессором этой же кафедры с 1953 по 1959 год. Большой популярностью пользовались его публичные лекции по истории математического анализа.

В 1935 г. Фихтенгольцу была присуждена ученая степень доктора наук без защиты диссертации.

Григорий Михайлович любил педагогический труд во всех его формах и старался большую часть своих сил отдавать воспитанию молодежи. Он был одним из организаторов советского Педагогического института, много работал со школьниками, читал для них лекции, руководил в 30-е годы процессом разработки школьных программ. Именно Григорий Михайлович был в 1934 году инициатором первой в СССР математической олимпиады.

Путь в науку для многих одарённых студентов начинался в студенческих математических кружках, а также на семинаре по функциональному анализу, которым руководил Фихтенголец. Наиболее известными его учениками были Н. А. Лебедев, С. Л. Соболев, Л. В. Канторович, И. П. Натансон и др.



Рис. 1. Григорий Михайлович Фихтенголец

В годы войны ЛГУ был эвакуирован в Саратов. Кроме преподавания в университете, в 1942-1943 гг. Фихтенголец заведовал кафедрой математики

Саратовского института механизации сельского хозяйства (ныне – Саратовский аграрный университет им. Н.И. Вавилова), составлял таблицы и производил вычисления для оборонной промышленности.

Наибольшую славу Григорию Михайловичу принес курс анализа, который он читал в Университете более 30 лет. Также как в РФ, так и за её пределами широко известны книги Фихтенгольца, написанные на основе этого курса. Трехтомный «Курс дифференциального и интегрального исчисления» представляет собой блестяще написанную энциклопедию математического анализа.

Григорий Михайлович был прекрасным педагогом и талантливым оратором. Каждая его лекция была педагогическим шедевром, а классная доска к концу занятия выглядела как произведение искусства. Но за этой легкостью и блеском скрывался огромный труд педагога. Даже после сорока лет он продолжал уделять большое количество времени подготовке к лекциям, тщательно продумывая каждое слово.

Весом и научный вклад Фихтенгольца. Григорий Михайлович получил большое количество значимых научных результатов области математического и функционального анализа. Умер Григорий Михайлович в 1959 году.

Выводы. Г.М. Фихтенголец оставил великое наследие как учёный-математик и педагог, а учебные издания Фихтенгольца до сих пор считаются студентами наилучшими. Изучение его биографии важно для сохранения и передачи уникального педагогического и исследовательского опыта.

Литература

1. Демидов, С.С. Г.М. Фихтенголец и преподавание математического анализа в России в первой половине XX века / С.С. Демидов, С.С. Петрова // Чебышевский сб. – 2019. – Т. 20. – Вып. 3. – С. 437-452.
2. Бородин, А.И. Биографический словарь деятелей в области математики / А.И. Бородин, А.С. Бугай. – Киев, 1979. – 496 с.

Передерий Екатерина Алексеевна, обучающаяся Малой академии строительства и архитектуры, ФГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: katerinaperederii97@mail.ru

Научный руководитель:

Галибина Надежда Анатольевна, к. пед. н., доцент кафедры высшей математики, ФГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: galibina@donnasa.ru

GRIGORY MIKHAILOVICH FICHTENHOLZ – A GREAT MATHEMATICIAN AND EDUCATOR

Abstract. The biography of the famous Russian and Soviet mathematician and teacher, Grigory Mikhailovich Fichtenholz is presented. G.M. Fichtenholz is the author of a course on mathematical analysis in 3 volumes, which is considered the best among students of mathematical faculties, as well as the founder of the Leningrad school of the theory of functions of a real variable.

Keywords: scientist, teacher, mathematical analysis, theory of functions of a real variable.

Perederiy Ekaterina Alekseevna, the pupil of the Small Academy of Civil Engineering and Architecture, FSBGI HE «DonNACEA», 286123, DPR, Makeyevka, Derzhavina str., 2.

Scientific supervisor:

Galibina Nadezhda Anatolievna, Ph.D., Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, FSBGI HE «DonNACEA», 286123, DPR, Makeyevka, Derzhavina str., 2.





УДК 51(071), 72.01

Захарова Е.А.,

студ. гр. ДАС-7Б ФГБОУ ВО «ДонНАСА»;

Руководитель: к.ф.-м.н., доцент Глухов В.А.,

доцент кафедры высшей математики

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ ВОКРУГ НАС

Аннотация. Приведены многочисленные примеры наличия пропорций золотого сечения в явлениях, как природы, так и в рукотворных творениях человека.

Ключевые слова: золотое сечение, профессор Цейзинг, Портрет Моны Лизы, статуя Дорифора, Венера Милосская, Исаакиевский собор.

Золотое сечение – это универсальное проявление структурной гармонии. Оно встречается в природе, науке, искусстве – во всем, с чем может соприкоснуться человек. Золотой прямоугольник (то есть прямоугольник, стороны которых относятся в «золотом» соотношении) обладает многими необычными свойствами (рис. 1).

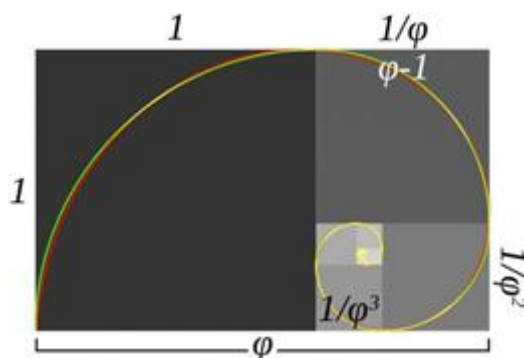


Рис. 1

Отрезав от золотого прямоугольника квадрат, сторона которого равна меньшей стороне прямоугольника, мы снова получим золотой прямоугольник

меньших размеров. Продолжая отрезать квадраты, мы будем получать все меньшие и меньшие золотые прямоугольники (рис. 2).



Рис. 2

Золотая спираль лежит в основе всех процессов, происходящих во вселенной, и даже спиральные галактики закручены по логарифмическим спиральям.

Совместная работа ботаников и математиков пролила свет на удивительные явления природы. Изучая конструкции раковин моллюсков, ученые обратили внимание на целесообразность форм и поверхностей раковин: внутренняя поверхность гладкая, наружная – рифленая. Наружные ребра увеличивают жесткость раковины и, таким образом, повышают ее прочность. Форма раковин поражает своим совершенством и экономичностью средств, затраченных на ее создание. Идея спирали в раковинах выражена не приближенно, а в совершенной геометрической форме, в удивительно красивой, «отточенной» конструкции. У большинства улиток, которые обладают раковинами, она растет в форме логарифмической спирали, которая точно соответствует «золотой пропорции» (рис. 3).



Рис. 3

Большой интерес представляет исследование форм птичьих яиц. Их всевозможные формы колеблются между двумя крайними типами: один из них может быть вписан в прямоугольник золотого сечения, другой – в прямоугольник с модулем 1,272... (корень золотой пропорции). Такие формы птичьих яиц не являются случайными, поскольку в настоящее время установлено, что форме яиц, описываемых отношением золотого сечения, отвечают более высокие прочностные характеристики оболочки яйца (рис. 4).

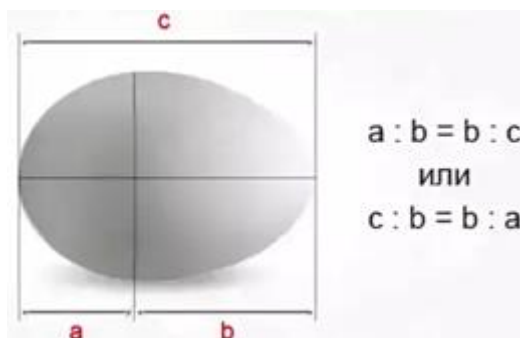


Рис. 4

В конце 19 века немецкий профессор Цейзинг опубликовал свой труд «Эстетические исследования» (рис. 5). Он объявил в нем пропорцию золотого сечения универсальной для всех явлений природы и искусства.



Рис. 5

Цейзинг проделал колоссальную работу. Он измерил около двух тысяч человеческих тел и пришел к выводу, что золотое сечение выражает средний статистический закон (рис. 6). Деление тела точкой пупа – важнейший показатель золотого сечения. Пропорции мужского тела колеблются в пределах среднего отношения $13 : 8 = 1,625$ и несколько ближе подходят к золотому

сечению, чем пропорции женского тела, в отношении которого среднее значение пропорции выражается в соотношении $8:5 = 1,6$.

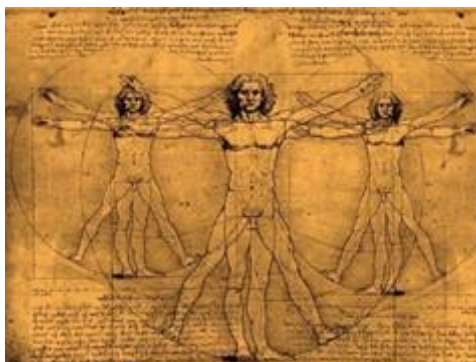


Рис. 6

Золотое сечение в искусстве. Золотое сечение в искусстве встречается во многих произведениях мировой архитектуры, дизайна и живописи. Портрет Моны Лизы Леонардо Да Винчи привлекает тем, что композиция рисунка построена на «золотых треугольниках», точнее на треугольниках, являющихся кусками правильного звездчатого пятиугольника (рис. 7). Зрачок левого глаза, через который проходит вертикальная ось полотна, находится на пересечении двух биссектрис верхнего золотого треугольника, которые с одной стороны, делят пополам углы при основании золотого треугольника, а с другой стороны, в точках пересечения с бедрами золотого треугольника делят их в пропорции Золотого сечения.



Рис. 7

Одним из высших достижений классического греческого искусства может служить статуя Дорифора, созданная Поликтетом в V веке до н. э. Эта статуя считается наилучшим примером для анализа пропорций идеального человеческого тела, установленных античными греческими скульпторами, и напрямую связана с золотым сечением (рис. 8).



Рис. 8

Венера Милосская, статуя богини Афродиты, является одним из лучших памятников греческого скульптурного искусства – также построена на пропорциях золотого сечения (рис. 9).



Рис. 9

Золотое сечение в архитектуре. Многие древние здания, которые сохранились до наших времен, подтверждают мнение, что они были построены по правилам идеальной пропорции. Яркий представитель золотого сечения из древней Греции – Парфенон, который возведен в 5 веке до нашей эры. Если взять отношение его высоты к ширине, получится практически идеальное число

0,618... (рис. 10). Ученые определили, что для абсолютного золотого числа нужно отнять от высоты 14 см и прибавить их к ширине. Учитывая строение сооружения, очень похоже, что это было сделано древними архитекторами Иктином и Калликратом намеренно, поскольку фасад немного сужается в верхней части и отклоняется от золотого прямоугольника. Но общие пропорции золотого сечения соблюдены.

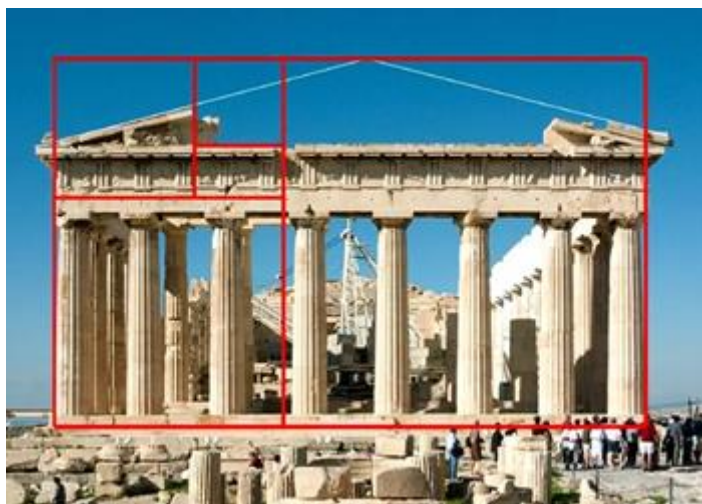


Рис. 10

Прекрасным памятником истории архитектуры средневековья является собор Парижской Богоматери или Нотр-Дам-де-Пари, который также построен по принципу золотого сечения (рис. 11).



Рис. 11

Выдающееся здание МГУ на Воробьевых горах было построено в послевоенное время. В те годы это было самое высокое строение, состоящее из

пяти композиционных групп, которые венчает центральная башня. Здесь чётко прослеживается треугольник с прямым углом, гипотенуза которого захватывает пристройки и проходит через угол здания (рис. 12).

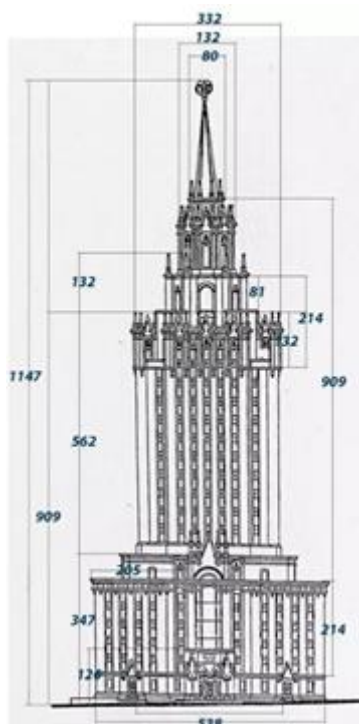


Рис. 12

Примером золотого сечения является Исаакиевский собор (рис. 13). В первую очередь можно проанализировать его ширину, равную 400 единицам:

- при делении числа 400 на значение золотого сечения получим приблизительно 248;
- при дальнейшем делении $248/1,618=153$;
- основная часть собора вписывается в золотой прямоугольник, длинная сторона которого равна 400, ширина – 248.

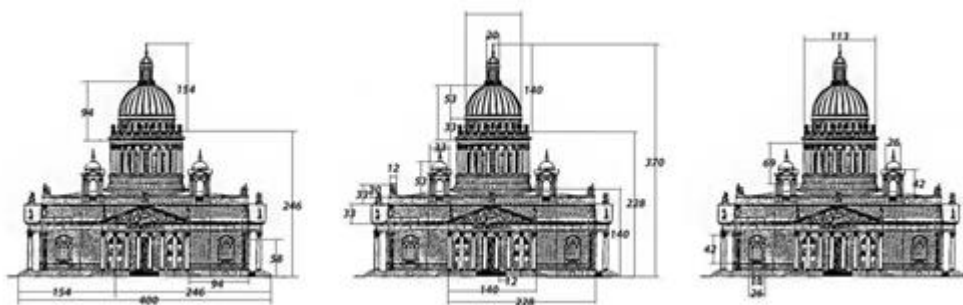


Рис. 13

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА»

По высоте здания золотое сечение можно видеть у купола, благодаря этому внешнее восприятие памятника архитектуры становится гармоничным.

Дом Советов был возведен по проекту архитектора Троцкого в 1941 году, основной акцент выполняют портик по центру с 14 колоннами и скульптурный ансамбль (рис. 14). По обе стороны расположены два корпуса высотой в 5 этажей. Длина здания – 1472 единицы, если разделить его на значение $\phi = 1,618\dots$, получим размерный ряд:

$$1472, 909, 562, 347, 214, 132, 81, 50.$$

К ним относятся высота входа, всего сооружения, различных элементов. Золотой прямоугольный треугольник идеально вписывается в центр здания, его вершина совпадает с вершиной Дома Советов, а гипотенуза заканчивается в конце бокового крыла. Если построить равнобедренный золотой треугольник, его грани будут проходить через точки в верхней части основного входа.

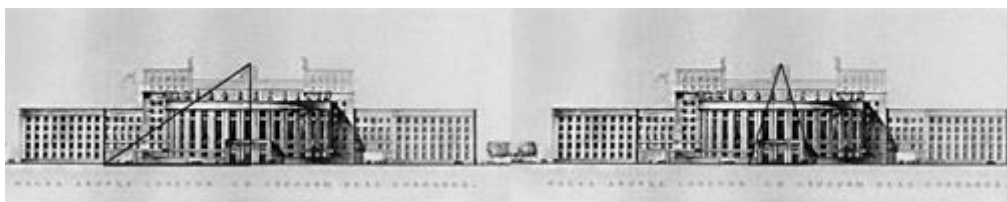


Рис. 14

Заключение. Современная математика использует золотое сечение и числа Фибоначчи при описании фракталов – фигур, которые проявляют самоподобие. Знание о числе ϕ играет важную роль в изучении хаоса и изменяющихся систем. Оно помогает понять, как природа развивается и самоорганизуется.

Также числа Фибоначчи полезны при решении некоторых сложных задач. Например, с помощью этих чисел советский математик Юрий Матияевич доказал, что не существует универсального алгоритма решения уравнений с как минимум двумя неизвестными.

Литература

1. Аракелян Г. Б. Математика и история золотого сечения. – М.: Логос: 2014. – 404 с.

2. Mario Livio. The Golden Ratio: The Story of Φ , the World's Most Astonishing Number. – Crown/Archetype, 2008. – 303 с.

3. Мазель Л.А. Опыт исследования золотого сечения в музыкальных построениях в свете общего анализа форм // Музыкальное образование. – 1930. – № 2. – С. 24-33.

Захарова Елизавета Андреевна, студентка группы ДАС-7б, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Донецк, ул. Державина, 2.

e-mail: zaharova.e.a-das-7b@donnasa.ru

Научный руководитель:

Глухов Вячеслав Александрович, к.ф.-м.н., доцент; доцент кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Донецк, ул. Державина, 2.

e-mail: gluva2010@yandex.ru

THE GOLDEN RATIO IS ALL AROUND US

Annotation. Numerous examples of the presence of proportions of the golden section in the phenomena of both nature and man-made creations of man are given.

Keywords: golden section, Professor Zeising, Portrait of Mona Lisa, statue of Doriphorus, Venus of Milo, St. Isaac's Cathedral.

Zakharova Elizaveta Andreivna, the student of the DAC-7B group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Glukhov Viacheslav Aleksandrovich, Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 51(091)

Распорский Д.А.,
студ. группы ПМ29-а, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к. пед. н. Галибина Н.А.,
доцент кафедры высшей математики
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

РЕНЕ ДЕКАРТ: БИОГРАФИЯ, ИДЕИ И ВКЛАД В НАУКУ

Аннотация. В статье представлена биография известного французского философа, механика и математика Рене Декарта, создавшего аналитическую геометрию и современную алгебраическую символику.

Ключевые слова: учёный, математик, философ, метод Декарта.

Введение. Рене Декарта знают многие со школьной скамьи благодаря придуманной им прямоугольной (декартовой) системе координат. Также Декарт был известным учёным-философом, механиком, математиком, физиком, физиологом и естествоиспытателем.

Постановка задачи. Цель статьи – изучить биографию Рене Декарта, проанализировать его идеи и раскрыть его вклад в науку.

Результаты. Рене Декарт родился 31 марта 1596 года во Франции. Отец мальчика – Иоахим Декарт, принадлежал к обедневшему дворянскому роду. Он состоял в парламенте, занимая должность судьи бретонского Высшего суда городка Ренн. Дома он бывал только шесть месяцев в году, остальное время находился на службе. Мама Рене – Жанна Брошар – была дочерью наместника короля в провинции. Благодаря своему дворянскому происхождению, мальчик получил хорошее образование.

Рене был младшим их 3-х сыновей. Когда ему исполнился год, мама его умерла, и воспитанием Рене и его двух братьев занялась бабушка по материнской

линии. С раннего детства мальчик отличался повышенной любознательностью и пытливым умом, но физически он был очень слаб.

В 1606 году Рене был отправлен в иезуитскую коллегию Ла Флэш. Все ученики подчинялись строгим правилам этого учреждения, и только для Декарта делали некоторые поблажки. В частности, он мог дольше спать, нежели другие ученики. Тем не менее, Декарт за годы обучения в коллегии разочаровался в искренности философских авторитетов и возненавидел схоластическую философию на всю оставшуюся жизнь.

Окончив коллегию, Рене принимает решение продолжить обучение в университете Пуатье и получает там степень бакалавра права.

Потом юноша ещё некоторое время живет в столице, а в 1617 году записывается в армию. Он сражается в Голландии, где в те годы бушевала революция, потом их часть перебрасывают в Прагу. Во время пребывания в Голландии Декарт знакомится с физиком Исаака Бекмана, что впоследствии повлияет на него как на учёного.

Далее юноша возвращается в Париж, выдвинув революционные идеи, так не понравившиеся иезуитам. Опасаясь их преследования, Рене уезжает в Голландию и остаётся в этой стране на двадцать лет. Всю свою жизнь Декарт будет страдать от гонений и нападок церкви, которая отвергала его прогрессивные идеи, никак не соответствующие уровню развития тогдашней науки.

Ещё в 1619 году Декарт окончательно принимает решение заниматься наукой. В двадцатом году семнадцатого века знакомится с математиком Мерсенном, который оказал на ученого значительное влияние. В 1637 году выходит знаменитая работа Рене Декарта «Рассуждение о методе», опубликованная на французском языке. Именно с этой публикации начиналась новоевропейская философия.

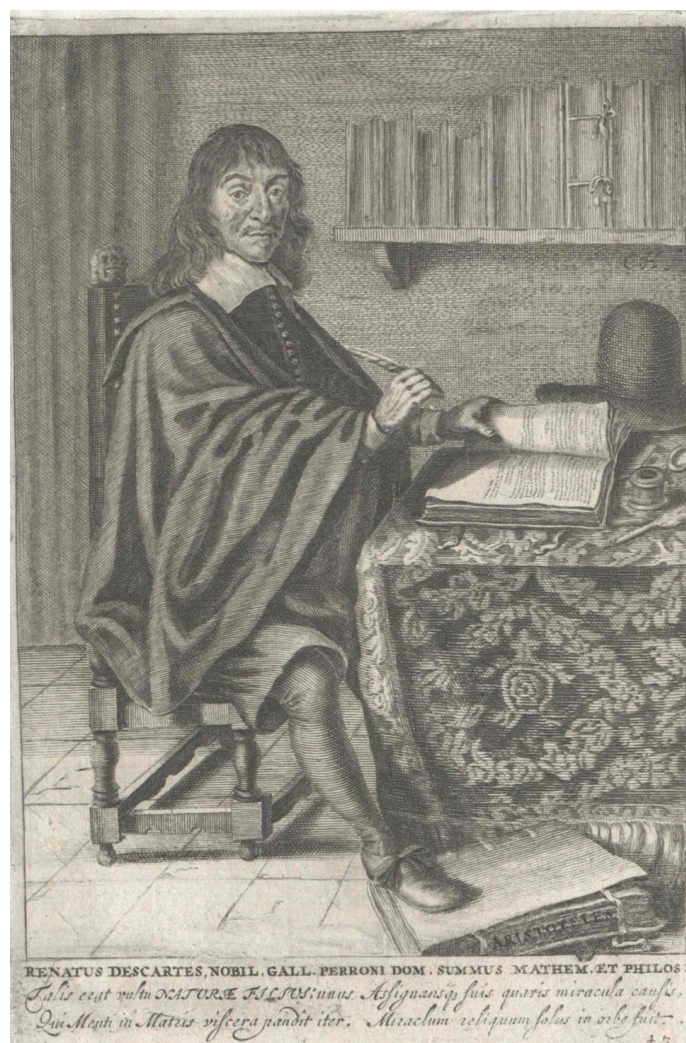


Рис. 1. Рене Декарт

Книга «Рассуждение о методе» состояла из нескольких приложений. В одном приложении Декарт излагал аналитическую геометрию, во втором знакомил с правилами работы оптических явлений и приборов. Главным достижением Рене стало изложение закона о преломлении света, который до него никто не мог сформулировать.

Отметим, что именно Рене Декарт впервые ввёл показатель степени, которым пользуются и в настоящее время. Также учёному принадлежит идея ставить черту над числом, из которого извлекают корень.

Декарт предложил обозначать постоянные величины первыми буквами латинского алфавита, а переменные – последними. Учёный также разработал каноническую форму уравнений, используемую и сейчас.

Это всем известная форма: $f(x) = 0$.

Но самое известное изобретение Рене Декарта, за что он и стал так популярен, это прямоугольная система координат, сыгравшую важную роль в совершенствовании двух точных наук – физики и математики. Благодаря этой системе координат стало возможным описывать геометрические свойства кривых, поверхностей и тел, используя алгебраический аппарат, а также появилась возможность более подробной и точной трактовки отрицательных чисел. Декарту также принадлежит идея введения понятий «мнимые отрицательные корни» и «сопряжённые комплексные числа».

Во второй половине 17 века все математики использовали в своих трудах новаторские идеи Декарта. Так, научные труды Ньютона, Эйлера и других ученых строились на работах Рене в области геометрии, алгебры, физики, оптики.

Декарт также вывел свой метод поиска истины, получивший название «метод Декарта», заключающийся в следующих постулатах:

1. Вначале нужно использовать самое очевидное, не вызывающее никаких сомнений. Именно с того, чему нет противоположностей.

2. Любую проблему необходимо разделить на много мелких составляющих. Их должно быть ровно столько, чтобы найти продуктивное решение этой проблемы.

3. Вначале нужно использовать самое простое, а потом продвигаться к более трудному.

4. После завершения каждого этапа нужно побить итог, перепроверить, правильно ли составлены умозаключения, чтобы после завершения исследования получить полную уверенность в объективности результата.

Долгие годы Декарта преследовали за его взгляды на науку. В 1649 году, по приглашению шведской королевы Кристины, ученый поселяется в Стокгольме. Их переписка длилась много лет, Кристина восторгалась его гениальностью, и в свою очередь заверила, что в Стокгольме он может жить спокойно. Однако насладиться спокойствием столичной жизни Декарту не удалось. Буквально сразу после переезда он сильно простудился, заболел

пневмонией и скончался 11 февраля 1650 года. Однако некоторые исследователи биографии Декарта полагают, что смерть вызвало не воспаление лёгких, а яд, который учёному подсыпали агенты католической церкви. Пасторы не могли допустить, что вольнодумец находится в непосредственном контакте со шведской королевой, на которую у них были свои планы. Однако никаких доказательств того, что Декарт был отравлен, не найдено.

Выводы. Безусловно, новаторские идеи и концепции Рене Декарта значительно повлияли не только на математику, но и на развитие науки в целом. Используемые Декартом правила стали яркой демонстрацией отказа от устаревших догм, благодаря чему наука в том виде, в котором она существует сейчас.

Литература

2. Бородин, А.И. Биографический словарь деятелей в области математики / А.И. Бородин, А.С. Бугай. – Киев, 1979. – 496 с.

3. Фишер, К. Г.М. Декарт, его жизнь, сочинения и учение / пер. с нем. под ред. Н. Полилова. – СПб. : Д.Е. Жуковского, 1906. – 460 с.

3. Фролова, Е. А. Декарт и некоторые аспекты концепций человека в средневековой арабской философии // Сравнительная философия. – М., 2000. – С. 229-244.

Распорский Денис Александрович, студент группы ПМ29-а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: rasporskiy.d.a-pm-29a@donnasa.ru

Научный руководитель:

Галибина Надежда Анатольевна, к. пед. н., доцент кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: galibina@donnasa.ru

**RENE DESCARTES: BIOGRAPHY, IDEAS AND CONTRIBUTION TO
SCIENCE**

Abstract. The biography of the famous French philosopher, mechanic and mathematician Rene Descartes, who created analytical geometry and modern algebraic symbolism is presented.

Keywords: scientist, mathematician, philosopher, Descartes method.

Rasporskiy Denis Aleksandrovich, the student of the PM-29a group, FSBGI HE «DonNACEA», 286123, DPR, Makeyevka, Derzhavina str., 2.

Scientific supervisor:

Galibina Nadezhda Anatolievna, Ph.D., Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, FSBGI HE «DonNACEA», 286123, DPR, Makeyevka, Derzhavina str., 2.



УДК 649.07

К. х. н., доцент Постников В. А.,
с. н. с. лаборатории процессов кристаллизации;
к. ф.-м. н. Кулишов А. А.,
м. н. с. лаборатории процессов кристаллизации;
Юрасик Г. А.,
аспирант, м. н. с. лаборатории рентгеновских методов анализа и
синхротронного излучения;
Сорокин Т.А.,
аспирант, м. н. с. лаборатории рентгеновских методов анализа и
синхротронного излучения;
к. х. н. Сорокина Н.И.,
в. н. с. лаборатории рентгеновских методов анализа и синхротронного
излучения;
Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова, г. Москва

**ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ ПЕНТАЦЕНА ИЗ
ПАРА В ДВУЗОННОМ ТЕПЛОВОМ ПОЛЕ**

Аннотация. В работе представлены результаты по выращиванию кристаллов пентацена (Pc) сантиметрового масштаба методом парового физического транспорта в горизонтальной печи с двумя температурными зонам. Установлено, что интенсивные процессы роста кристаллов имеют место в переходных областях с различными температурными режимами, а в области со слабо изменяющейся температурой рост кристаллов практически не наблюдается.

Ключевые слова: пентацен, метод парового физического транспорта, ростовые установки, монокристалл.

Введение. Пентацен является одним из наиболее известных органических полупроводниковых соединений, кристаллы которого характеризуются хорошими электрическими свойствами. Благодаря этому множество исследований посвящено разработке оптоэлектронных устройств на основе кристаллов Рс. Вообще, пентацен уверенно занимает свое достойное место в органической электронике и не теряет своей популярности среди исследовательских групп как удобный для отработки исследовательских методик материал [1], модельный объект [2], а также основной или легирующий компонент в разработке оптоэлектронных устройств [3–6].

Пластинчатые кристаллы пентацена сантиметрового масштаба являются удобными объектами для исследования анизотропии электрических свойств [7]. Наиболее доступным и сравнительно легко реализуемым способом получения крупных монокристаллов пентацена является рост по методу парового физического транспорта (ПФТ) [8]. Однако, в целом, методы выращивания из пара кристаллов Рс сантиметрового масштаба с заданной морфологией на сегодняшний день ещё плохо развиты, и исследования в данном направлении представляют интерес для решения фундаментальных и прикладных задач органической электроники.

Варианты ростовых установок с несколькими температурными зонами, формирующими ступенчатый профиль теплового поля для выращивания органических кристаллов в условиях ПФТ в литературе встречаются значительно реже, чем установки в классическом исполнении с градиентным тепловым полем [8, 9]. Применение двузонной ростовой системы позволяет более четко задавать температурное поле внутри ростовой трубки, что является преимуществом перед классическим градиентным способом. Однако закономерности кристаллизации органических соединений в специфических условиях двузонного теплового поля в настоящее время ещё мало изучены. Целью настоящей работы является исследование роста кристаллов пентацена

сантиметрового масштаба в условиях парового физического транспорта в ростовой печи с двумя температурными зонами.

Экспериментальная часть. Для ростовых исследований был использован коммерческий пентацен (99.995%, SigmaAldrich) без предварительной очистки. В качестве инертного газа-носителя в процессе роста кристаллов использовали смесь аргона с 5% водорода (99.9999%). Контроль расхода газа-носителя осуществлялся с помощью контроллера – расходомера EL-FLOW Prestige FG-200CV (Bronkhorst, Нидерланды). Во всех опытах расход газа-носителя был 0.5 л/ч. Исследования по росту кристаллов были проведены в ростовой печи с двумя тепловыми зонами: 1 – горячая зона для возгонки вещества; 2 – холодная зона для осаждения и роста кристаллов. Для каждой зоны была использована отдельная печь сопротивления с независимым управлением по температуре. Внутренний диаметр ростовых кварцевых трубок в обоих подходах составлял 19 мм. Длительность ростового периода во всех опытах составляла 72 часа. Кристаллы осаждались как на открытую поверхность кварцевой трубы, так и на алюминиевую фольгу, используемую в качестве подложки. Морфологию поверхности и толщину кристаллов исследовали с помощью конфокального микроскопа LEXT OLS 3100 (Olympus, Япония) и атомно-силового микроскопа (АСМ) NtegraPrima (NT-MDT, Россия) в контактном режиме. Методом монокристалльной рентгеновской дифракции исследована структура темно-синих пластинчатых монокристаллов. Интенсивность дифракционных отражений от монокристаллов (размером не более 0.3 мм) измерялись при температурах 293 и 85 К на рентгеновском дифрактометре XtaLABSynergy R, DW system, HyPix-Arc 150.

Результаты и обсуждения. В экспериментах по выращиванию кристаллов пентацена температура горячей зоны T_1 была постоянна – 290 °С, а температуру холодной зоны T_2 изменяли в интервале от 220÷250 °С с шагом в 10 градусов от опыта к опыту. Интенсивный рост кристаллов происходит на границах смены теплового режима (рис. 1а). На участке перехода между горячей и холодной зонами формировались наиболее крупные плоские кристаллы темно-синего

цвета (область I, рис. 1 а, б). Рост кристаллов внутри холодной зоны (2) не наблюдался (рис. 1а).

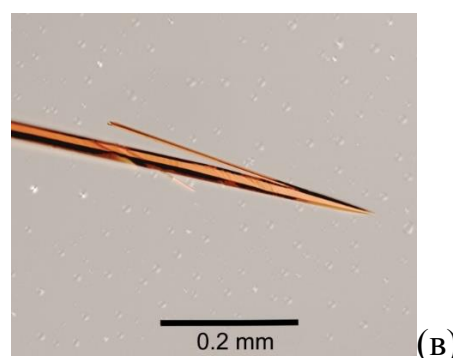
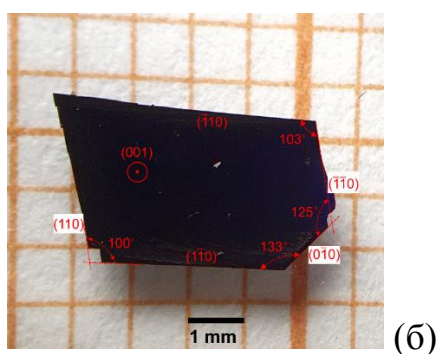
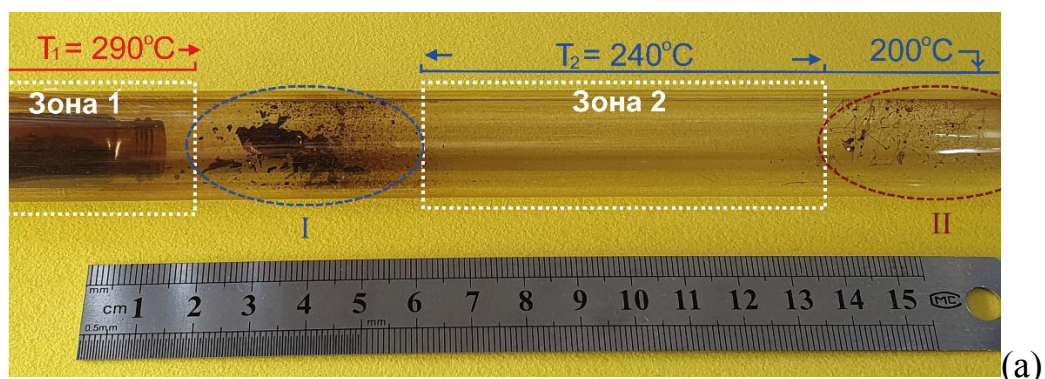


Рис. 1. Кристаллы, выращенные в двузонном температурном поле:
 (а) расположение источника вещества и областей преимущественного осаждения темно-синих пластинчатых (I) и игольчатых золотистых (II) кристаллов; (б) изображение пластинчатого кристалла пентацена, с указанием углов между боковыми гранями и индексов боковых граней; (в) увеличенное изображение игольчатого золотистого кристалла из области (II).

С изменением температуры холодной зоны отмечается изменение формы и толщины кристаллов (рис. 2). Наиболее крупный плоский темно-синий кристалл пентацена шириною более 1 см и толщиной около 65 мкм выращен при температуре холодной зоны $T_2 = 220 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 2). При увеличении температуры T_2 в среднем длина кристалла уменьшается, при этом боковые стороны приобретают более четкое ограничение (рис. 2, $T_2 = 230 \text{ }^\circ\text{C}$). При температурах $T_2 = 240 \div 250 \text{ }^\circ\text{C}$ наблюдалось удлинение формы кристаллов и увеличение их толщины до 250 мкм. В целом, с увеличением температуры холодной зоны за

одинаковый период роста средняя толщина наиболее крупных образцов кристаллов в опыте увеличивалась линейно.

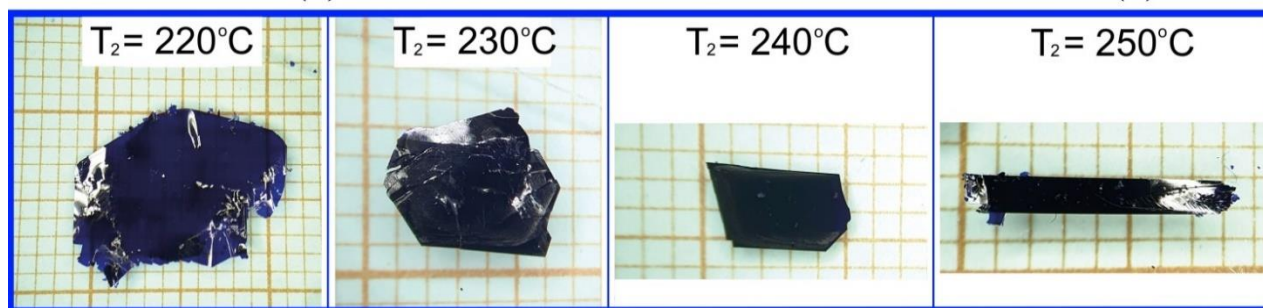
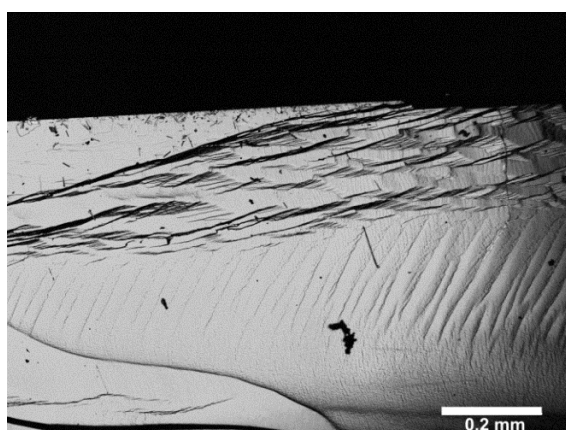


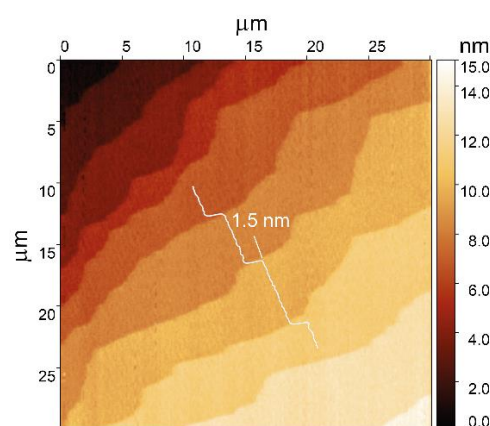
Рис. 2. Монокристаллы пентацена на миллиметровой бумаге, выращенные при различных температурах холодной зоны ($T_1=290\text{ }^\circ\text{C}$).

Справа от холодной зоны формировалась колония золотистых игольчатых кристаллов (рис. 1а, область II). Длина наиболее крупных игл превышала 10 мм. На боковой поверхности игольчатых кристаллов характерно наличие огранки (рис. 1в).

У плоских кристаллов пентацена небольших размеров ($d < 1\text{ мм}$) зачастую отмечается наличие гладкой поверхностной морфологии у развитой грани. Однако для крупных кристаллов сантиметрового масштаба развитая грань в основном более грубая и характеризуется наличием множества макроступеней и неоднородностей (рис. 3а).



(а)



(б)

Рис. 3. (а) Конфокальное изображение поверхности крупного кристалла пентацена; (б) топографическое АСМ изображение гладкого участка поверхности пластинчатого кристалла.

В некоторых случаях на развитой грани крупных кристаллов Рс наблюдались области с гладкой поверхностной морфологией. В качестве примера на рис. 3б представлено АСМ изображение участка поверхности одного из таких кристаллов, на котором, по всей видимости, наблюдаются элементарные ступени роста, соответствующие толщине монослоя в ориентации, параллельной развитой грани кристалла. Высота ступени в пределах области изображения $\sim 1.5 \pm 0.1$ нм, что приблизительно соответствует толщине монослоя, ориентированного параллельно плоскости (001) [10, 11].

Основные кристаллографические параметры, данные эксперимента и результаты уточнения строения пластинчатого темно-синего монокристалла пентацена при температурах 293 К и 85 К приведены в таблице 1. При понижении температуры структурный фазовый переход в исследуемом образце не выявлен.

Таблица 1. Кристаллографические характеристики, данные экспериментов и результаты уточнения структуры кристаллов пентацена.

Т, К	Сингония Пр. гр. <i>Z</i>	<i>a</i> , Å <i>b</i> , Å <i>c</i> , Å	α , ° β , ° γ , °	V_0 , Å ³ <i>D</i> , г/см ³ <i>h</i> ₀₀₁ , Å	<i>l_n</i> , Å	θ , ϕ , град
293	Триклинная	6.2638(1)	76.479	684.56(3)	13.9	68.0
	<i>P</i> $\bar{1}$	7.7731(2)	87.658	1.3504		124.9
	2	14.5258(3)	84.691	14.1		
85	Триклинная	6.2818(1)	76.958	668.39(2)	13.9	67.4
	<i>P</i> $\bar{1}$	7.6478(1)	88.278	1.383		125.6
	2	14.3514(2)	84.339	14.0		

Примечания. *h*₀₀₁ – межплоскостное расстояние для семейства плоскостей (001); *D* – рентгенографическая плотность кристаллов; *l_n* – длина молекулы; θ – угол наклона молекул к плоскости монослоя (001); ϕ – угол «паркетно-елочной» укладки молекул внутри монослоя (001).

Уточненные параметры элементарной ячейки темно-синих пластинчатых кристаллов пентацена (I) в наших условиях хорошо согласуется с результатами низкотемпературных исследований, представленных в работах [12, 13]. Вид

элементарной ячейки кристалла пентацена и плоская конформационная структура молекулы в кристалле приведены на рис. 4а и б соответственно. Относительно плоскости (001) длинная ось молекулы наклонена под углом $\theta = 68^\circ$. Толщина монослоя в ориентации плоскости (001) $h_{001} \approx 1.4$ нм, что согласуется с данными АСМ (рис. 3б). Угол «паркетно-елочной» укладки молекул внутри монослоев в ориентации плоскости (001) $\varphi = 125^\circ$ определяется как угол между плоскостями (5 12 15) и $(\bar{1}0\ 24\ 15)$ (рис. 4с).

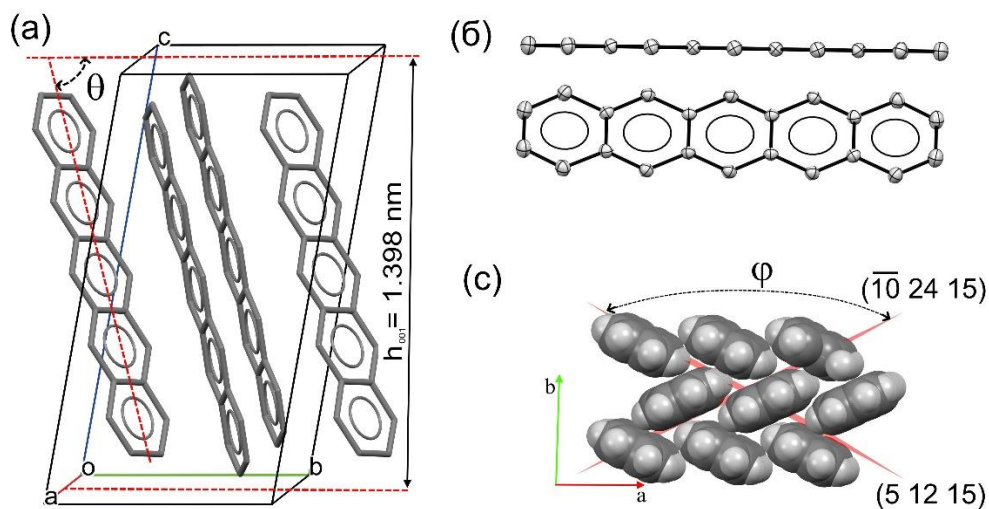


Рис. 4. Кристаллическая структура пентацена при 85 К: (а) вид элементарной ячейки; (б) плоская конформационная структура молекулы в ORTEP-представлении (тепловые эллипсоиды с вероятностью 50%); (с) упаковка молекул внутри монослоя в ориентации плоскости (001).

Заключение. Таким образом, использование двузонной ростовой установки позволяет получать кристаллы пентацена сантиметрового размера. Установлено, что путем изменения температуры холодной зоны можно влиять на морфологию плоских кристаллов пентацена, получая индивиды либо равномерно широкие и тонкие, либо удлиненные и более толстые. Используя данный подход можно получать полупроводниковые кристаллы пентацена значительных размеров, которые в дальнейшем могут служить платформой для разработки оптоэлектронных устройств со сложной многоуровневой архитектурой. Методом монокристалльной рентгеновской дифракции при 85 и 293 К уточнено строение плоских темно-синих кристаллов пентацена в

триклинной системе с пр.гр. P1̄. Исследования структуры и спектрально-люминесцентных свойств золотистых игольчатых кристаллов, соосаждающихся в процессе роста с темно-синими пластинчатыми кристаллами пентацена в настоящее время находятся на завершающей стадии.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках выполнения работ по Гос. заданию ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН с использованием научного оборудования ЦКП «Структурная диагностика материалов».

Литература

1. Shen X., Wang Y., Li J., Chen Y., Wang Z., Wang W., Huang L., Chi L. Performances of Pentacene OFETs Deposited by Arbitrary Mounting Angle Vacuum Evaporator // *Front. Mater.* 2020. – Vol. 7. – DOI: 10.3389/fmats.2020.00245.
2. Ruiz R., Choudhary D., Nickel B., Toccoli T., Chang K.C., Mayer A.C., Clancy P., Blakely J.M., Headrick R.L., Iannotta S., Malliaras G.G. Pentacene thin film growth // *Chem. Mater.* 2004. – Vol. 16, № 23. – P. 4497–4508. – DOI: 10.1021/cm049563q.
3. Wang H., Li F., Gao B., Xie Z., Liu S., Wang C., Hu D., Shen F., Xu Y., Shang H., Chen Q., Yuguang M., Sun H. Doped organic crystals with high efficiency, color-tunable emission toward laser application // *Cryst. Growth Des.* 2009. – Vol. 9, № 11. – P. 4945–4950. – DOI: 10.1021/cg9007125.
4. Fan C.L., Lin W.C., Chang H.S., Lin Y.Z., Huang B.R. Effects of the F4TCNQ-doped pentacene interlayers on performance improvement of top-contact pentacene-based organic thin-film transistors // *Materials (Basel)*. 2016. – Vol. 9, №1. – P. 46. – DOI: 10.3390/ma9010046.
5. Kabakchiev A., Kuhnke K., Lutz T., Kern K. Electroluminescence from Individual Pentacene Nanocrystals // *ChemPhysChem*. 2010. – Vol. 11, №16. – P. 3412–3416. – DOI: 10.1002/cphc.201000531.
6. Zhao Y., Wang L., Chen X., Zhang B., Shen F., Song H., Wang H. A high-mobility, high-luminescence and low-Threshold pentacene-doped cyano-substituted

distyrylbenzene crystal // *J. Mater. Chem. C*. 2019. – Vol. 7, №43. – P. 13447–13453. – DOI: 10.1039/c9tc03958a.

7. Lee J.Y., Roth S., Park Y.W. Anisotropic field effect mobility in single crystal pentacene // *Appl. Phys. Lett.* 2006. – Vol. 88, № 25. – P. 252106. – DOI: 10.1063/1.2216400.

8. Laudise R., Kloc C., Simpkins P.G., Siegrist T. Physical vapor growth of organic semiconductors // *J. Cryst. Growth*. 1998. – Vol. 187, № 3–4. – P. 449–454. – DOI: 10.1016/S0022-0248(98)00034-7.

9. Postnikov V.A., Sorokina N.I., Lyasnikova M.S., Kulishov A.A., Voloshin A.E., Borshchev O.V., Surin N.M., Svidchenko E.A., Ponomarenko S.A. Large area free-standing single crystalline films of p-quinquephenyl: Growth, structure and photoluminescence properties // *Crystals*. 2020. – Vol. 10, № 5. – P. 363. – DOI: 10.3390/cryst10050363.

10. Campbell R.B., Robertson J.M., Trotter J. The crystal structure of hexacene, and a revision of the crystallographic data for tetracene // *Acta Crystallogr.* 1962. – Vol. 15, № 3. – P. 289. – DOI: 10.1107/s0365110x62000699.

11. Schiefer S., Huth M., Dobrinevski A., Nickel B. Determination of the crystal structure of substrate-induced pentacene polymorphs in fiber structured thin films // *J. Am. Chem. Soc.* 2007. – Vol. 129, № 34. – P. 10316–10317. – DOI: 10.1021/ja0730516.

12. Haas S., Batlogg B., Besnard C., Schiltz M., Kloc C., Siegrist T. Large uniaxial negative thermal expansion in pentacene due to steric hindrance // *Phys. Rev. B – Condens. Matter Mater. Phys.* 2007. – Vol. 76, № 20. – P. 1–5. – DOI: 10.1103/PhysRevB.76.205203.

13. Yanase T., Tanoguchi H., Sakai N., Jin M., Yamane I., Kato M., Ito H., Nagahama T., Shimada T. Single Crystal Growth of π -Conjugated Large Molecules without Solubilizing Alkyl Chains via the Naphthalene Flux Method // *Cryst. Growth Des.* 2021. – Vol. 21, № 8. – DOI: 10.1021/acs.cgd.1c00538.

Постников Валерий Анатольевич, к. х. н., доцент; с. н. с. лаборатории процессов кристаллизации, Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова, 119333, Москва, Ленинский просп., 59.

e-mail: postva@yandex.ru

Кулишов Артем Андреевич, к. ф.-м. н.; м. н. с. лаборатории процессов кристаллизации, Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова, 119333, г. Москва, Ленинский просп., 59.

e-mail: postva@yandex.ru

Юрасик Георгий Анатольевич, м. н. с. лаборатории процессов кристаллизации; Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова, 119333, г. Москва, Ленинский просп., 59.

e-mail: postva@yandex.ru

Сорокин Тимофей Андреевич, аспирант, м. н. с. лаборатории рентгеновских методов анализа и синхротронного излучения; Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова, 119333, г. Москва, Ленинский просп., 59.

e-mail: postva@yandex.ru

Сорокина Наталья Ивановна, к.х.н.; в. н. с. лаборатории рентгеновских методов анализа и синхротронного излучения, Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова, 119333, г. Москва, Ленинский просп., 59.

e-mail: postva@yandex.ru

FEATURES OF GROWING PENTACENE CRYSTALS FROM STEAM IN A TWO-ZONE THERMAL FIELD

Annotation. The paper presents the results on the cultivation of pentacene (Pc) crystals on a centimeter scale by the method of steam physical transport in a horizontal furnace with two temperature zones. It has been established that intensive crystal growth processes take place in transition regions with different temperature regimes, and crystal growth is practically not observed in the region with a slightly varying temperature.

Keywords: pentacene, method of steam physical transport, growth plants, single crystal.

Postnikov Valery Anatolyevich, Ph.D., Associate Professor; senior researcher of Laboratory of crystallization processes, Institute of Crystallography named after A.V. Shubnikov, 119333, Moscow, Lenin avenue, 59.

Kulishov Artem Andreevich, Ph.D.; junior researcher of Laboratory of crystallization processes, Institute of Crystallography named after A.V. Shubnikov, 119333, Moscow, Lenin avenue, 59.

Yurasik Georgy Anatolyevich, junior researcher of Laboratory of crystallization processes; Institute of Crystallography named after A.V. Shubnikov, 119333, Moscow, Lenin avenue, 59.

Sorokin Timofey Andreevich, PhD student, junior researcher of Laboratory of X-ray Analysis Methods and Synchrotron Radiation; Institute of Crystallography named after A.V. Shubnikov, 119333, Moscow, Lenin avenue, 59.

Sorokina Natalia Ivanovna, Ph.D.; leading researcher of Laboratory of X-ray Methods of Analysis and synchrotron Radiation, Institute of Crystallography named after A.V. Shubnikov, 119333, Moscow, Lenin avenue, 59.





УДК 536.7

Тестов Д.С., Моржухина С.В., Гашимова В.Р., Моржухин А.М.,
аспиранты 4-го года кафедры химии, новых технологий и материалов,
ФГБОУ ВО «Университет «Дубна», г. Дубна
Руководитель: к.х.н., доцент Моржухина С.В.,
доцент кафедры химии, новых технологий и материалов
ФГБОУ ВО «Университет «Дубна», г. Дубна

**ФАКТОРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА КАК СПОСОБ
ОПТИМИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ
КОМПОНЕНТОВ В ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ СОСТАВАХ**

Аннотация. Изучены физико-химические свойства теплоаккумулирующего состава на основе гексагидрата нитрата цинка с разным содержанием зародышеобразующей и загущающей добавок. На основании полученных экспериментальных данных проведено факторное планирование эксперимента и рассчитано оптимальное количество добавок для получения материала с оптимальным коэффициентом теплопередачи и теплоемкостью твердой фазы.

Ключевые слова: теплоаккумулирующие материалы, факторное планирование эксперимента, гексагидрат нитрата цинка.

Введение. Использование $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ в качестве теплоаккумулирующего материала без дополнительных компонентов затруднено из-за высокого переохлаждения вещества, достигающего 9 °С. В связи с этим возникает необходимость добавления зародышеобразующих и загущающих компонентов, в качестве которых к нитрату цинку предлагается добавить $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, а в качестве загущающей добавки карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ). Одновременно важно сохранить, и, при

возможности, повысить определенные физико-химические характеристики, такие как теплоемкость жидкой фазы C_p и коэффициент теплопередачи h , которые в работе [1] указаны, как одни из наиболее важных параметров при исследовании ТАМ на основе кристаллогидратов. Для повышения этих характеристик добавляются различные добавки углерода. В данной работе в качестве такой добавки используется сажа, предварительно гидрофилизованная. Но избыточное или недостаточное содержание добавок может привести к тому, что приготовленный ТАМ будет иметь либо низкие характеристики, либо высокую, либо теплоемкость жидкой фазы C_p , либо коэффициент теплопередачи h .

Постановка задачи. Требуется определить, какое оптимальное количество добавок, выраженное в массовых процентах относительно смеси $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ и $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, требуется добавить для приготовления ТАМ с оптимизированными характеристиками теплоемкости жидкой фазы C_p и коэффициента теплопередачи h .

Для определения оптимального количества добавок используется метод факторного планирования эксперимента (ПФЭ). В таблице 1 представлены интервалы варьирования факторов, выставленные с учетом того, что слишком высокое содержание добавок приведет к ухудшению физико-химических параметров ТАМ.

Таким образом общую формулу ТАМ можно написать как:

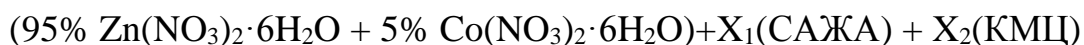


Таблица 1. Интервалы варьирования факторов, выраженное в натуральных величинах

	C_p , Дж/(г*К)		h , Вт/(м ² *К)	
	X_1 – содержание сажи, %	X_2 – содержание КМЦ, %	X_1	X_2
min	1	1	1	1
X_0	2	1,5	2	1,5
max	3	2	3	2

Результаты. В таблице 2 а и 2б приведены результаты измерения ТАМ методом температурной истории (ТИ) в двух повторностях. Расчеты физико-химических параметров: теплота кристаллизации $\Delta H_{кр}$, теплоемкости жидкой фазы C_p , коэффициента теплопередачи h рассчитаны с помощью автоматизированного программного комплекса АПК ТИ и построена таблица факторного планирования для двухфакторного эксперимента.

Таблица 2а. Результаты измерения ТАМ методом температурной истории – 1 повторность.

№ образца	САЖА	КМЦ		$T_{кр}$, °С	Δt , °С	h , $\frac{Вт}{(м^2 * К)}$	$\Delta H_{кр}$, $\frac{Дж}{(г * К)}$	C_p , (60 С) $\frac{Дж}{г * К}$	t , мин
	X ₁	X ₂	X ₁ X ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆
1	-	-	+	32.9	1,3	1,10	137	4,8	79
2	+	-	-	32.6	1,9	1,29	143	3.6	90
3	-	+	-	31.2	2.0	0,83	111	3,1	88
4	+	+	+	31.4	1,6	1,52	96	3.3	0

Таблица 2б. Результаты измерения ТАМ методом температурной истории – 2 повторность.

№ образца	САЖА	КМЦ		$T_{кр}$, °С	Δt , °С	h , $\frac{Вт}{(м^2 * К)}$	$\Delta H_{кр}$, $\frac{Дж}{(г * К)}$	C_p , (60 С) $\frac{Дж}{г * К}$	t , мин
	X ₁	X ₂	X ₁ X ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆
1	-	-	+	32.7	2.3	1.09	178	4.2	116
2	+	-	-	32.6	3.0	1.31	167	3.9	115
3	-	+	-	31.2	2.0	0.88	107	3.7	90
4	+	+	+	31.2	2.0	1.61	115	3.6	96

В таблице 3 представлены результаты планирования эксперимента. Факторное планирование проводилось независимо для каждого отклика. По

результатам расчетов определена система регрессионных уравнений, представленных в кодированном виде.

Для определения адекватности регрессионных уравнений рассчитаны дисперсии адекватности $S_{ад}^2$ и воспроизводимости S_B^2 , а также определен коэффициент Фишера, который оказался меньше табличного, что свидетельствует об адекватности регрессионных моделей. Важным является включение в регрессионное уравнения коэффициента a_{12} , который определяет силу влияния совместного фактора x_1x_2 . Включения данного фактора необходимо, так как на определенных интервалах варьирования линейность модели не подтверждена и на отклики может оказывать существенное влияние совместное изменение факторов. Для коэффициента теплопередачи данное предположение подтверждается, так как коэффициент a_{12} является значимым коэффициентом уравнения регрессии.

Таблица 3. Результаты факторного планирования эксперимента.

	C_p	h
a_0	3,74675	1,204
a_1	-0,16475	0,23
a_2	-0,35325	-0,0055
a_{12}	-	0,126
$S_B^2 = \frac{\sum_j \sum_i^{n_j} (y_{ij} - \bar{y}_j)^2}{\sum_{j=1}^N n_j - N}$	0,112727	0,001268
$\Delta a = 2,776 * \frac{\sqrt{S_B^2}}{\sqrt{N * n}}$	0,3295	0,034
$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2}{N - l}$	0,2738	0,000242
$F = \frac{S_{ад}^2}{S_B^2}$	$2,429 < 5,59 F_{табл}$	$0,19 < 5,59 F_{табл}$
Кодированное уравнение регрессии	$Y_5 = 3,747 - 0,35325x_2$	$Y_3 = 1,204 + 0,23x_1 + 0,126x_1x_2$

Для определения натуральных значений факторов x_1 , x_2 , выраженных в новых переменных z_1 и z_2 соответственно, требуется перевести кодированные уравнения регрессии в натуральную величину. Используемые для этого формулы пересчета:

$$x_1 = \frac{z_1 - x_0}{\Delta x}, \quad (1)$$

$$x_2 = \frac{z_2 - x_0}{\Delta x}, \quad (2)$$

где Δx – интервал варьирования факторов. Пересчитанные в натуральную форму уравнения:

$$Y_3 = 1,5 - 0,148z_1 - 0,504z_2 + 0,252z_1z_2, \quad (3)$$

$$Y_5 = 4,8065 - 0,7065z_2. \quad (4)$$

Для определения оптимального соотношения добавок по уравнению (3) найдены частные производные по переменным z_1 и z_2 , равные 2 и 0,587 % соответственно.

$$\frac{dy}{dz_1} = 0,148 + 0,252z_2 = 0,$$

$$\frac{dy}{dz_2} = -0,504 + 0,252z_1 = 0.$$

Выводы. По результатам ПФЭ определено оптимальное соотношение компонентов, при которых достигается одновременно высокое значение коэффициента теплопередачи h и теплоемкость жидкой фазы C_p . Нарушение количественного содержания данных компонентов приведет к снижению теплопередачи из-за увеличенной вязкости, вызванной либо переизбытком КМЦ, либо переизбытком сажи. Во втором случае одновременно увеличится теплоемкость, однако, это приведет к более длительному нагреву ТАМ, что повлечет за собой больший расход энергии, затрачиваемой на нагрев материала.

Литература

1. Тестов Д.С. Методологические основы оценки эффективности теплового аккумулятора, работающего на фазопереходных теплоаккумулирующих материалах / Д.С. Тестов, С.В. Моржухина,

А.М. Моржухин, В.Р. Гашимова, А.Л. Гасиев // Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). 2023. – №1. – С. 77-105.

Тестов Дмитрий Сергеевич, аспирант кафедры химии, новых технологий и материалов, ФГБОУ ВО «Университет «Дубна», 141982, г. Дубна, ул. Университетская, 19.

e-mail: dima13-19942@yandex.ru

Гашимова Валерия Руслановна, аспирант кафедры химии, новых технологий и материалов, ФГБОУ ВО «Университет «Дубна», 141982, г. Дубна, ул. Университетская, 19.

e-mail: lera.gashimova@yandex.ru

Моржухин Артем Маркович, аспирант кафедры химии, новых технологий и материалов, ФГБОУ ВО «Университет «Дубна», 141982, г. Дубна, ул. Университетская, 19.

e-mail: morzhukhin92@yandex.ru

Научный руководитель:

Моржухина Светлана Владимировна, к.х.н., доцент, заведующий кафедры химии, новых технологий и материалов, ФГБОУ ВО «Университет «Дубна», 141982, г. Дубна, ул. Университетская, 19.

e-mail: msv@uni-dubna.ru

FACTOR PLANNING OF THE EXPERIMENT AS A WAY TO OPTIMIZE THE QUANTITATIVE CONTENT OF COMPONENTS IN THE HEAT STORAGE MATERIALS

Annotation. The physicochemical properties of a heat storage materials based on zinc nitrate hexahydrate with different contents of nucleating agents and thickening additives have been studied. Based on the experimental data obtained, the factor planning of the experiment was carried out and the optimal amount of additives was calculated to obtain a material with the optimal heat transfer coefficient and heat capacity of the solid phase.

Keywords: heat storage materials, factorial design of the experiment, zinc nitrate hexahydrate.

Testov Dmitriy Sergeevich, Ph.D. student, Senior Lecturer of the Chemistry Department, Dubna State University Education: Dubna State University.

Gashimova Valeriia Ruslanovna, Ph.D. student, Senior Lecturer of the Chemistry Department, Dubna State University Education: Dubna State University.

Morzhukhin Artem Markovich, Ph.D. student, Senior Lecturer of the Chemistry Department, Dubna State University Education: Dubna State University.

Scientific supervisor:

Morzhukhina Svetlana Vladimirovna, Ph.D. in Chemistry, Assistant Professor at the Heat of the Chemistry Department, Dubna State University.





УДК 69.059.324.3

Андронов А.М.,
аспирант гр. 01.06.01-ССМиК, ФГБОУ ВО «ТулГУ»
Руководитель: д.т.н., профессор Трещев А.А.,
зав. каф. ССМиК ФГБОУ ВО «ТулГУ»

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Данная работа посвящена проблеме усиления металлических конструкций композитными материалами. В большинстве случаев применение данных материалов опирается на иностранные нормативные акты и экспериментальные данные, так как в России практически отсутствуют работы, посвященные проблеме усиления металлических конструкций композитными материалами. Приведенные в списке литературы зарубежные публикации могут стать основой для проведения экспериментов и разработки сводов правил и рекомендаций по применению композитов для усиления строительных конструкций.

Ключевые слова: усиление, композиты, армопластиковые сетки, углеволокно, металлические конструкции, нормативные документы.

Введение. Усиление строительных конструкций необходимо в результате реконструкции, технического перевооружения объектов и вследствие выявленного экспертизой физического износа, вызванного эксплуатационными факторами и сверхнормативными воздействиями [2], которые приводят к снижению несущей способности элементов конструкций и к снижению их долговечности. Усиление конструкций невозможно проводить без тщательного визуального обследования существующего сооружения или его наиболее ответственных узлов [1, 2]. Проведение диагностики необходимо для

определения фактических геометрических и физических параметров конструкций.

Для усиления металлических конструкций используется идентичный для железобетонных способ – увеличение поперечного сечения, а также обетонирование металлических конструкций, устройство дополнительных связей, ребер и распорок. Для прикрепления применяются сварные или болтовые соединения. Существенные достоинства данного метода имеют и свои недостатки, такие как увеличение веса конструкции, технологическая трудоемкость и сложность монтажа, что приводит к временному ограничению технологических процессов производства, а также к нарушению режима эксплуатации сооружения во время проведения работ по усилению, в частности, при усилении конструкций объектов транспортной инфраструктуры.

Анализ опубликованной литературы показал, что количество исследований, в которых рассматривается вопрос усиления металлических конструкций композитными материалами довольно ограниченны [4-6] из-за малого количества экспериментов, результаты которых не всегда стабильны. Поведение конструкций, усиленных композитными материалами, относительно широко описываются в зарубежных источниках [7-10]. В качестве методики расчета используется получивший широкое распространение в мире метод частных коэффициентов, а также метод предельных состояний. Также нет каких-либо положений по технологии и контролю качества производства работ при усилении конструкций этими материалами.

Главными достоинствами композитных материалов являются высокие упруго-прочностные характеристики, малый вес, устойчивость к коррозии, технологичность, стойкость и выносливость к воздействию внешних агрессивных сред. Немаловажными преимуществами композитов являются легкость транспортировки и изготовления конструкций необходимых габаритов уже на месте выполнения работ по усилению, а также возможность усиления пластин и оболочек различной кривизны.

Механические свойства композитных материалов зависят от типа и химического состава применяемых волокон; их ориентации и распределения в поперечном сечении полосы, а также соотношения волокон и полимер-отвердителя в полимерном пакете. Механические характеристики, применяемых в строительстве волокон приведены в табл. 1 [3]. Приведенные в таблице типы сеток имеют линейную диаграмму деформирования (рис.1), поэтому для моделирования поведения армопластиков используется закон Гука с учетом того, что композиты обычно являются ортотропными материалами. Армирование полимерными материалами в ряде случаев не имеют альтернативы даже несмотря на их высокую дороговизну. К примеру, углеволокно по характеристикам прочности и сопротивлению усталости в разы превосходит сталь, поэтому решение об усилении стержневых растягиваемых и изгибаемых элементов конструкций композитными материалами должно быть экономически обосновано.

Наиболее распространенным и дешевым в строительстве композитным материалом считаются стеклопластики. Главный недостаток стеклопластиков – большая плотность и низкий модуль упругости. Близкие им по происхождению базальтовые волокна имеют схожие, но сильно нестабильные механические свойства.

Углеродные волокна были созданы в качестве замены стеклянных волокон, но уже с увеличенными прочностными характеристиками. В зависимости от режима термообработки и структуры исходного сырья, конечное волокно имеет различную структуру и механические свойства. Углеродные волокна непрерывно совершенствуются, повышается их прочность и жесткость, увеличивается ассортимент и, что немаловажно - себестоимость. Один из перспективных путей снижения цены таких волокон – использование нефтяных осев в качестве исходного сырья. Углеродные волокна и композиты из таких материалов имеют глубокий черный цвет и хорошо проводят электричество, что также расширит области их применения.

Таблица 1. Механические характеристики волокон композитных материалов

Тип волокон	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости $E \cdot 10^6$ Па	Степень удлинения, %	Плотность, т/м ³
Углерод высокопрочный	3400 – 3900	200 – 250	1,5 – 2,5	1,75 – 1,95
Углерод высокомодульный	2900 – 4000	300 – 700	0,45 – 1,2	1,75 – 1,95
Арамид высокопрочный	3500	75	4,6	1,4
Стекловолокно	21 – 88	30 – 48	2,0 – 5,3	2,5-2,7

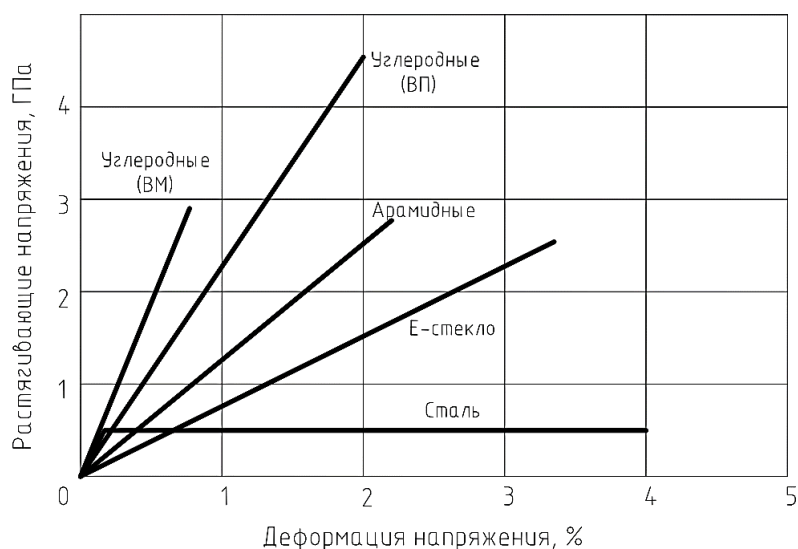


Рисунок 1. Диаграмма деформирования σ - ϵ для композиционных материалов

При использовании сеток из армопластиков необходимо учитывать остаточную несущую способность и жесткость усиливаемых элементов. Предварительное напряжение элементов внешнего армирования значительно повышает его эффективность и сферы его применения.

Композитные материалы имеют огромный потенциал в качестве усиления не только для железобетонных, но и металлических конструкций. Россия входит в четверку мировых лидеров в области производства композитных материалов, и в условиях жесткой санкционной политики стран, для которых производились

эти материалы на экспорт, пренебрегать их использованием опрометчиво. Первым шагом к широкому применению композитных материалов станет создание нормативной базы по усилению металлических конструкций полимерными материалами.

Литература

1. Шилин А.А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами / А.А. Шилин, В.А. Пшеничный, Д.В. Картузов. – М., 2007. – 184 с.

2. Гроздов В.Т. Реконструкция зданий и сооружений, техническое обследование, испытание и усиление строительных конструкций / В.Т. Гроздов, В.Н. Татаренко. – СПб., 2004.

3. Наумова Г.А. Расчет трубопроводных конструкций с эксплуатационными повреждениями / Г.А. Наумова, И.Г. Овчинников, С.В. Снарский. – Волгоград: Научное издание. ВолгГАСУ, 2009. – 184 с.

4. Чернявский В.Л. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами / В.Л. Чернявский, Ю.Г. Хаютин, Е.З. Аксельрод, Н.В. Клевцов, Н.В. Фаткуллин. – М. 2006. – 60 с.

5. Бокарев С.А. Инновационные методы усиления конструкций мостов / С.А. Бокарев, А.А. Иванов, Д.Н. Смердов, А.Н. Яшнов, П.Д. Жильцов, П.Е. Максименков. СибГУПС и ООО Главгросстрой. – Новосибирск, 2008. – 38 с.

6. Залесов А.С. Рекомендации по расчету усиления железобетонных конструкций системой внешнего армирования из полимерных композитов FibARM / А.С. Залесов, С.А. Зенин, А.А. Пащанин, О.В. Кудинов. – М.: НИИЖБ, 2012. – 29 с.

7. Al-Saidy, A.H, Klaiber, F.W. and Wipf, T.J. (2004), “Repair of Steel Composite Beams with Carbon Fiber-Reinforced Polymer Plates,” ASCE Journal of Composites for Construction. №8. – Pp. 163-172.

8. Angus, C.C. “Study of the Tensile Strength of CFRP/Steel Double Lap Joints,” Proceedings of the 4th International Conference on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures / C.C. Angus, J.J. Cheng, C.H. Yam. – Calgary, Canada. – 2004.

9. De Bruyne, N.A. (1944), “The Strength of Glued Joints”, Aircraft Engineering. – №16. – Pp. 115-118, 140.

10. Frauenberger, A., Liu, X., Meyyappan, L., Mata, J., Gupta, T., Silva, P.F., Dagli, C.H., Pottinger, H.J., Nanni, A. and Marianos, W.N. Jr. (2003), “FRP Repair and Health Monitoring of Railroad Steel Bridges”, CIES Report 03-44, University of Missouri, Rolla.

Андронов Антон Максимович, аспирант группы 01.06.01, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», 300012, г. Тула, пр. Ленина, 95.

e-mail: Double.A98@yandex.ru.

Научный руководитель:

Трещев Александр Анатольевич, д.т.н., профессор, зав. каф. ССМиК, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», 300012, г. Тула, пр. Ленина, 95.

e-mail: taa58@yandex.ru

APPLICATION OF COMPOSITE MATERIALS FOR STRENGTHENING METAL STRUCTURES

Annotation. This work is devoted to the problem of strengthening metal structures with composite materials. In most cases, the use of these materials is based on foreign regulations and experimental data, since in Russia there are practically no works devoted to the problem of strengthening metal structures with composite materials. The foreign publications cited in the list of literature can become the basis for conducting experiments and developing sets of rules and recommendations for the use of composites to strengthen building structures.

Key words: reinforcement, composites, reinforced plastic meshes, carbon fiber, metal structures, regulatory documents.

Andronov Anton Maksimovich, postgraduate student of the group 01.06.01, Tula State University, 300012, Tula, Lenin Ave., 95.

e-mail: Double.A98@yandex.ru.

Scientific supervisor:

Treschev Alexander Anatolyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. cafe SSMiK, Tula State University, 300012, Tula, Lenin Ave., 95.

e-mail: taa58@yandex.ru





УДК 66.017

Пугачёв М.А.,

аспирант группы аССМиК/01.06.01-12, ФГБОУ ВО «ТулГУ»

Руководитель: д.т.н. профессор, Трещев А.А.,

заведующий кафедрой ССМиК ФГБОУ ВО «ТулГУ»

НАВОДОРАЖИВАНИЕ ТРЕХСЛОЙНОЙ КОМПОЗИТНОЙ ПАНЕЛИ С ПРИОБРЕТЕННОЙ РАЗНОСОПРОТИВЛЯЕМОСТЬЮ.

Аннотация. В статье описывается процесс повышения разностойчивости композитных панелей, а также представлены актуальные расчетные комплексы для этой задачи. Представленные данные могут быть полезными для разработки новых методов повышения разностойчивости композитных материалов и оптимизации их производства.

Ключевые слова: композитные материалы, водородная коррозия, приобретенная разностойчивость.

Постановка задачи. Трехслойные композитные материалы – это современные материалы, используемые в различных индустриальных и научных областях, которые обладают высокой прочностью, легким весом и устойчивостью к коррозии. Такие материалы состоят из трех слоев, которые обычно являются стекловолокном, углеволокном или другими волокнами, встраиваемыми в матрицу из полимера или металла. Каждый слой выполняет определенную функцию, что позволяет получить лучшие свойства материала.

Одна из существенных проблем при использовании композитных материалов заключается в повреждении их поверхности в результате механических или химических воздействий. Это может привести к разрушению связующего материала и обусловить потерю прочности материала. Решением

этой проблемы является включение восстанавливающих композитных частиц в материалы, которые разрушаются при контакте с внешней средой и вновь восстанавливают повреждения.

Увеличение разносопротивляемости композитов до требуемого уровня является ещё одной проблемой, которой занимаются ученые. В данной области проводится много исследований, изучающих соотношение между составом материала, структурой и свойствами. Одним из исследователей, занимающихся этой темой, является Александр Анатольевич Трещев из Тульского государственного университета. Он разработал теорию, объясняющую зависимость разносопротивляемости композитов от структуры и состава.

Таким образом, трехслойные композитные материалы с приобретенной разносопротивляемостью исследуются и разрабатываются для использования в различных областях, требующих высокой прочности и долговечности материалов. Теория Александра Анатольевича Трещева может быть полезна для уточнения параметров материалов и оптимизации их свойств для конкретного применения.

Теория Александра Анатольевича Трещева – это теория, объясняющая зависимость разносопротивляемости композитов от их структуры и состава. Он утверждает, что различные физические и химические процессы, происходящие на поверхности композитных материалов, играют важную роль в формировании сопротивления между слоями.

Основная идея теории заключается в том, что разносопротивляемость композитов зависит от количества связующих сил внутри материала, которые являются результатом взаимодействия между различными слоями и компонентами материала. Таким образом, чем больше связующих сил, тем выше разносопротивляемость материала.

Также Трещев учитывает влияние микроструктуры материала на его свойства, и выделяет три основных типа микроструктуры, которые влияют на разносопротивляемость композитов: изотропную, анизотропную и псевдоизотропную. При этом микроструктура может быть изменена

технологическим путем, что в свою очередь влечет за собой изменение свойств материала.

Таким образом, теория Александра Анатольевича Трещева рассматривает сложные физические процессы, происходящие в структуре композитных материалов, и представляет собой важный шаг в понимании и оптимизации свойств данных материалов.

Как ведет себя композитный материал при различных концентрациях водорода. Поведение композитного материала при наличии водорода зависит от типа материала и его структуры. Некоторые композитные материалы могут быть чувствительны к воздействию водорода, в то время как другие могут иметь меньшую чувствительность.

При наличии высокой концентрации водорода композитные материалы могут испытывать следующие эффекты:

- Крекинг – это механизм разрушения связующего материала под действием водорода, который может привести к разлому композитного материала. Это часто происходит в металлических композитах.
- Разрыхление – водород может вызвать тепловыделение при взаимодействии с композитным материалом. Этот процесс может вызывать разжижение материала и уменьшение его прочности.
- Повышенная вязкость – в случае, если взаимодействие с водородом происходит на микроуровне, то может происходить изменение свойств полимерного связующего, в результате чего повышается его вязкость и это может привести к нарушению поверхности композита.

Таким образом, поведение композитных материалов при различных концентрациях водорода может быть различным и зависит от типа материала и его структуры. В целом, контроль концентрации водорода является важным фактором для обеспечения долговечности композитных материалов в промышленных и научных областях.

В каких расчетных комплексах можно исследовать влияние водорода в разных концентрациях на модель? В каких расчетных комплексах можно

исследовать влияние водорода в разных концентрациях на конструкцию и вычислить перемещения и деформации?

Расчетные комплексы, которые позволяют исследовать влияние водорода на конструкцию, называются программными комплексами для моделирования процессов механического воздействия и деформации материалов. Такие комплексы используются для анализа поведения материалов под воздействием различных нагрузок, а также для прогнозирования возможных деформаций и перемещений конструкций.

Среди расчетных комплексов можно отметить следующие программы:

- ANSYS (англ. Analysis System) – это мощный инструмент для моделирования и анализа различных физических явлений, включая деформации конструкций и процессы коррозии. В ANSYS доступны различные материалы и элементы конструкций, что позволяет более точно и реалистично моделировать различные условия. ANSYS также имеет множество модулей для моделирования и анализа воздействия химических веществ, таких как водород.

- Abaqus – это мощный расчетный комплекс, который используется для моделирования взаимодействия материалов при сложных воздействиях. Он является универсальным инструментом для анализа различных задач, включая процессы коррозии конструкций. Abaqus также предоставляет возможность исследовать влияние водорода в различных концентрациях на материалы и деформации конструкции.

- COMSOL Multiphysics – это расчетный комплекс, который используется для моделирования многих физических явлений, включая механику, электромагнетизм и теплообмен. Он позволяет проводить анализ и оценку сопротивления материалов коррозии, а также изучать влияние различных факторов на поведение конструкции, включая влияние концентрации водорода.

- GT STRUDL – это программный комплекс, который используется для расчета конструкций и включает в себя различные средства расчета, такие как линейные и нелинейные анализы, расчет динамических нагрузок и другие.

Он также позволяет проводить расчеты коррозионного воздействия на конструкции и оценивать влияние водорода на эти конструкции.

- SAP2000 – это программа для анализа и моделирования конструкций с помощью метода конечных элементов. Она также позволяет проводить анализ статических и динамических нагрузок, а также исследовать воздействие различных химических веществ, включая водород.

- Все вышеперечисленные расчетные комплексы являются эффективными инструментами для исследования влияния водорода на конструкцию и вычисления различных параметров деформаций и перемещений. Однако для каждой конкретной задачи может потребоваться выбирать соответствующий программный комплекс в зависимости от целей и задач исследования.

Литература

1. Теория деформирования и прочности материалов с изначальной или наведенной чувствительностью к виду напряженного состояния. Определяющие соотношения / А. А. Трещёв ; Российская акад. архитектуры и строительных наук, Тульский гос. ун-т. – Москва : РААСН ; Тула : ТулГУ, 2016. – 326 с.

2. Brian P. Diffusion and Trapping of Hydrogen in Materials / edited by Brian P. Somerday, P. Sofronis and Frank A. Garner [Электронный ресурс]. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11663-015-0325-y> (дата обращения 13.04.2023). – Режим доступа свободный.

3. Michihiko Nagumo. Fundamentals of Hydrogen Embrittlement / Michihiko Nagumo and Joseph R. Pickens. – Springer, 2016. – 266 p.

4. Zoltan Paal. Hydrogen Effects in Catalysis: Fundamentals and Practical Applications / edited by Zoltan Paal, Khaled S. Hammouda and Jerzy Haber. – Boca Raton, Imprint: CRC Press:1987. – 784 p.

Пугачёв Максим Андреевич, аспирант группы аССМиК/01.06.01-12, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», 300012, Тульская область, Тула, проспект Ленина, 92.

e-mail: MoonlightTSU@yandex.ru

Научный руководитель:

Трещёв Александр Анатольевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ССМиК, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», 300012, Тульская область, Тула, проспект Ленина, 92.

INDUCTION OF DIFFUSION BONDING IN THREE-LAYER COMPOSITE PANELS WITH ACQUIRED RESISTIVITY.

Annotation. The paper describes the process of increasing the wear resistance of composite panels, and also presents current calculation complexes for this task. The presented data may be useful for the development of new methods for increasing the resistance to corrosion of composite materials and optimizing their production.

Keywords: composite materials, hydrogen corrosion, acquired wear resistance.

Pugachev Maxim Andreevich, postgraduate student of the aSSMiK group/01.06.01-12, Tula State University, Tula Region, Tula, Lenin Avenue, 92, 300012.

Scientific supervisor:

Treshchev Alexander Anatolyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the SSMiK Department, Tula State University, 300012, Tula region, Tula, Lenin Avenue, 92.





УДК 539:21:539:24

Бадекин М.Ю.,
старший преподаватель кафедры теоретической физики и нанотехнологий
ФГБОУ ВО «ДонГУ»,
к.ф.-м.н., доцент Ивахненко Н.Н.,
старший научный сотрудник, ФГБНУ «ДонФТИ им. А.А. Галкина»
д.ф.-м.н. Самойленко З.А.,
ведущий научный сотрудник ФГБНУ «ДонФТИ им. А.А. Галкина»
Пушенко Е.И.,
ведущий инженер ФГБНУ «ДонФТИ им. А.А. Галкина»
Чернявская Н.В.,
инженер ФГБНУ «ДонФТИ им. А.А. Галкина»
Сычева В.Я.,
ведущий инженер ФГБНУ «ДонФТИ им. А.А. Галкина»

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ МЕДИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Аннотация. Исследована термическая стабильность меди при нагревании до различных температур. Обнаружено, что после комбинированной обработки формируется наиболее стабильная структура, характеризующаяся рекристаллизацией в меди, начинающейся при температуре 180°С.

Ключевые слова: медь, интенсивная пластическая деформация, термическая стабильность, микроструктура.

Введение. В конце 20 века в материаловедении стало развиваться стратегически новое направление – наноструктурные материалы и нанотехнологии. Интенсивные исследования проводили в области наноструктурных конструкционных материалов. Наибольшее количество информации можно найти о титане и его сплавах, как материале для медицины

[1], микроэлектронике [2, 3], об алюминии и его сплавах [4], как о перспективном материале для авиации. Есть публикации о стали, магниевых сплавах и о меди [5]. Наиболее исследованными являются такие методы обработки, как кручение под давлением и равноканальное угловое прессование.

Постановка задачи. Целью данной работы является изучение влияния термической обработки на структуру меди. Исследовали образцы меди марки М1, химический состав которых соответствовал ГОСТу 859-2011. Образцы представляли собой полосы, полученные после прокатки. Прокатку проводили в 4 режимах: на гладкой бочке, с продольными, поперечными и комбинированными проточками [6].

Для проведения испытаний на термическую стабильность образцы подвергали нагреву до различных температур: 50, 100, 150, 180, 200 и 250°C. Длительность нагрева составляла 120 мин. Изучение структуры проводили на микроскопе Neophot 21 при различных увеличениях.

Результаты. Были получены фотографии микроструктуры меди М1 (рис. 1) деформированной путем прокатки валками различной конфигурации и подвергнутой нагреванию в печи в течение 120 мин до различных температур. На рис.1 буквами а, б, в, г, отмечены образцы, которые подвергались: прокатки на гладких валках, прокатки на валках с продольными проточками, прокатки на валках с поперечными проточками и прокатки на валках с комбинированными проточками соответственно.

Из 32 фотографий микроструктуры на рис. 1 сформировано 8 рядов. В первом ряду размещены микрофотографии образцов без отпуска, во втором температура отпуска составила 50°C, в третьем была увеличена до 100°C, в четвертом 150°C, в пятом 180°C в шестом 200°C в седьмом и восьмом 250°C.

При этом фотографии в рядах с 1 по 7 сфотографированы при увеличении в 100 раз, а ряд 8 при увеличении в 1000 раз.

Из полученных фотографий видно, что 1 и 2 ряды фотографий практически не отличаются друг от друга. То есть выдержка в печи при температуре 50°C в течение 120 минут не приводит к заметным изменениям в структуре.

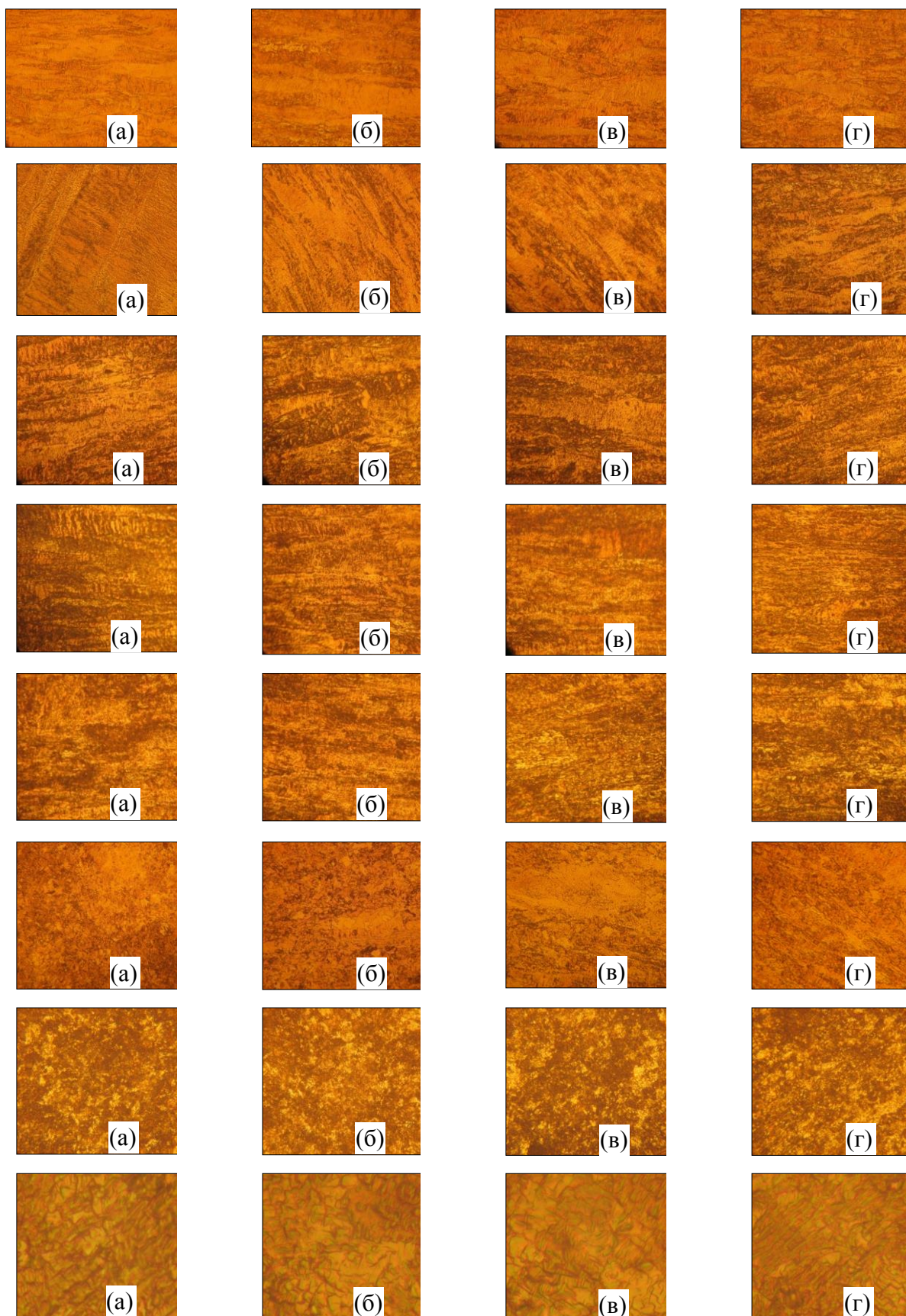


Рис. 1. Фотографии микроструктуры деформированных и отожжённых образцов меди М1 при разных температурах

На фотографии 3 ряда (а) заметны маленькие участки рекристаллизованных зерен. На фотографиях б), в) и г) также они маленького размера, что говорит о рекристаллизации после деформации под влиянием температуры. Возможно, это результат процессов, произошедших по время деформации.

В ряду номер 4 на фото (а) видим, что количество рекристаллизованных областей увеличивается. На фото б) и в) видно, что появляются дробные рекристаллизованные участки, при этом заметно, что более интенсивная рекристаллизация проходит после третьего вида обработки. На фото г) не замечено изменений в структуре.

В ряду 5 на фото (а) видно, что рекристаллизация принимает массовый характер. На фото (б) видим, что количество рекристаллизованных областей увеличивается, а на (в) – происходит интенсивная рекристаллизация. На фото (г) появляются отдельные рекристаллизованные участки, то есть при температуре 180°C начинается рекристаллизация меди, подвергнутой комбинированной прокатке.

В ряду 6 (а) видно, что рекристаллизация материала практически завершилась, (б) и (в) – рекристаллизация проходит в большем объеме материала, (г) – увеличивается количество рекристаллизованных областей.

В ряду 7 рекристаллизация полностью произошла во всех образцах.

В ряду 8 каждое рекристаллизованное зерно разбито на блоки и субзерна. На фото (в) и (г) сохраняется текстура свойств прокатки. После комбинированной прокатки размер текстуры и блоков минимальный.

Анализируя тенденцию изменения микроструктуры, можно утверждать, что традиционная прокатка образует наиболее термически стабильную структуру. Образцы, прокатанные на валках с продольными или с поперечными проточками, занимают среднее положение по показателю стабильности. Наиболее стабильным получается материал после комбинированной прокатки.

Выводы. Исследование термической стабильности меди после различных схем деформации показало, что наиболее стабильной является структура,

полученная после комбинированной обработки. Таким образом, данный материал обладает минимальной энергией, т.е. в процессе деформации произошла динамическая релаксация напряжений. Рекристаллизация меди после комбинированной прокатки начинается только при температуре 180°C, в то время как в образцах, после прокатки с продольными и поперечными проточками она начинается при 150°C, а после традиционной прокатки – при 100°C.

Авторы приносят благодарность д.ф.-м.н., проф. Пашинской Е.Г. за помощь в проведении экспериментов и обсуждении результатов.

Литература

1. Пашинская, Е.Г. Физико-механические основы измельчения структуры при комбинированной пластической деформации / Е.Г. Пашинская. – Д.: Вебер, 2009. – 352 с.

2. Игнатенко П.И. Структура и свойства нитридных пленок, полученных реактивным распылением мишеней алюминия и титана / П.И. Игнатенко, Н. А. Василенко, М. Ю. Бадекин // Металлофизика и новейшие технологии. – 2003. – Т. 25. – С. 89-97.

3. Игнатенко П.И. Фазовый состав, кинетика нарастания и свойства нитридных покрытий молибдена, вольфрама и титана, полученных методом реактивного распыления / П.И. Игнатенко, Н.А. Кляхина, М.Ю. Бадекин // Материаловедение. 2004. – № 8(89). – С.36-43.

4. Самойленко, З.А. Разномасштабные структурные изменения атомного порядка в интенсивно-деформированном техническом алюминии / З.А. Самойленко, Н.Н. Ивахненко, Е.И. Пушенко, Е.Г. Пашинская, В.Н. Варюхин. – ФТТ, 2016. – Т. 58. – № 2. – С. 217-224.

5. Самойленко, З.А. Влияние винтовой экструзии на атомный порядок строительной стали / З.А. Самойленко, Н.Н. Ивахненко, Е.И. Пушенко, Е.Г. Пашинская, В.Н. Варюхин, А.В. Завдовев. – ЖТФ, 2013. – Т. 83. – № 7. – С. 82-86.

6. Самойленко, З.А. Разнообразие беспорядка и разномасштабного порядка при вариациях интенсивной деформации меди / З.А. Самойленко,

Н.Н. Ивахненко, Е.И. Пушенко, Е.Г. Пашинская, В.Н. Варюхин. – ФТТ, 2015. – Т. 57. – № 1. – С. 82-90.

Бадекин Максим Юрьевич, старший преподаватель кафедры теоретической физики и нанотехнологий ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 283001, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Университетская, 24.

е-mail: korund2002@list.ru

Ивахненко Наталья Николаевна, к.ф.-м.н., доцент, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», 283114, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72.

е-mail: yulduz19.77@mail.ru

Самойленко Зинаида Андреевна, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», 283114, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72.

е-mail: z_samoilenko2021@mail.ru

Пушенко Екатерина Ивановна, ведущий инженер, ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», 283114, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72.

е-mail: e_pushhenko2021@mail.ru

Чернявская Наталья Викторовна, инженер, ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», 283114, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72.

е-mail: nchevskaya2021@mail.ru

Сычева Валентина Яковлевна, ведущий инженер, ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», 283114, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72.

е-mail: vyasichova2023@mail.ru

EVOLUTION OF THE THERMAL STABILITY OF COPPER UNDER SEVERE PLASTIC DEFORMATION

Abstract. The thermal stability of copper upon heating to various temperatures has been studied. It was found that after the combined treatment, the most stable structure is formed, characterized by recrystallization in copper, starting at a temperature of 180°C.

Keywords: copper, severe plastic deformation, thermal stability, microstructure.

Badekin Maksim Yuryevich, Senior Lecturer of the Department of Theoretical Physics and Nanotechnologies, Donetsk State University, 283001, Donetsk People's Republic, Donetsk, Universitetskaya str., 24.

Ivakhnenko Natalya Nikolaevna, PhD, Associate Professor, Senior Researcher, Donetsk Institute of Physics and Technology A.A. Galkin, 283114, Donetsk People's Republic, Donetsk, R. Luxembourg str., 72.

Samoylenko Zinaida Andreevna, Grand PhD in Physics and Mathematics, Leading Researcher, Donetsk Institute of Physics and Technology named after A.A. Galkin, 283114, Donetsk People's Republic, Donetsk, R. Luxembourg str., 72.

Pushenko Ekaterina Ivanovna, Leading Engineer, Donetsk Institute of Physics and Technology named after A.A. Galkin, 283114, Donetsk People's Republic, Donetsk, R. Luxembourg str., 72.

Chernyavskaya Natalya Viktorovna, Engineer, Donetsk Institute of Physics and Technology named after A.A. Galkin, 283114, Donetsk People's Republic, Donetsk, R. Luxembourg str., 72.

Sycheva Valentina Yakovlevna Leading Engineer, Donetsk Institute of Physics and Technology named after A.A. Galkin, 283114, Donetsk People's Republic, Donetsk, R. Luxembourg str., 72.





УДК 678.686

К.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,
доцент кафедры «Физика и прикладная химия»,
Лошакова В.М.,
ассистент кафедры «Физика и прикладная химия»
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛИТЫХ АСФАЛЬТОПОЛИМЕРСЕРОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ТЕХНОЛОГИИ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА

Аннотация. В статье представлены асфальтополимерсеро-бетонные смеси в качестве материалов для текущего ремонта, явления и процессы, происходящие в диапазоне температур $-40^{\circ}\text{C} \dots 130^{\circ}\text{C}$, изученные с помощью дифференциально-сканирующей калориметрией [4,5].

Ключевые слова: битумополимерсерное вяжущее, термограмма, литые асфальтополимерсеро-бетоны.

Введение. Для поддержания покрытий автомобильных дорог в эксплуатационном состоянии на уровне нормативных требований необходимы ремонтные материалы и технологии, которые позволяют провести текущий ремонт оперативно, качественно, долговечно, круглогодично.

Таким требованиям удовлетворяют литые асфальтополимерсеро-бетонные смеси. Использование их в качестве материалов для текущего ремонта позволяет: провести ремонт при температуре окружающей среды до -10°C ; обеспечить хорошую адгезию ремонтного материала к стенкам и дну выбоины; исключить операцию уплотнения; возобновить движение по отремонтированному участку сразу после остывания смеси; увеличить срок эксплуатации отремонтированных участков в 3-4 раза [1-3].

Постановка задачи. Проанализировать термограммы, полученные при нагреве асфальтополимерсерного вяжущего вещества – матрицы асфальтополимерсеробетона методом дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) с использованием модели 912 в составе термоаналитического комплекса Du Pont 9900.

Результаты. В данном исследовании методом ДСК фиксировали различные температурные переходы по скачку теплоемкости (теплового потока). Навеска помещалась в открытую алюминиевую чашку; скорость нагрева и охлаждения 20 К/мин. При этом наблюдали изменение теплового потока в рабочей ячейке (чашка с исследуемой системой) по сравнению с контрольной (пустая чашка), отнесенного к 1 г навески (W , Вт/г). По характеру термограммы судили о процессах, происходящих при нагреве исследуемых систем. Прибор калибровали по индию (99,9%), теплота плавления 28,4 Дж/г; экстраполированная температура начала плавления $T_e = 156,6^\circ\text{C}$. Битум перед исследованием кондиционировали при 60°C в течение 20 часов. Минеральный порошок высушивали при 105°C в термошкафу до постоянной массы. Подготовленные к работе объекты исследования хранили в эксикаторе над безводным хлористым кальцием.

Как следует из термограмм, приведенных на рис.1-4, явления и процессы, происходящие как в битумополимерсерном вяжущем, так и в битумополимерсерном вяжущем веществе идентичны, особенно при первом нагреве (рис. 1 и рис. 3).

До температур $38,11^\circ\text{C}$ (рис.3) и $49,87^\circ\text{C}$ (рис. 1) наблюдаются температурные переходы в области температур $-32,13^\circ\text{C}$, $0,66^\circ\text{C}$ и $38,11^\circ\text{C}$ (рис.3) и $-34,45^\circ\text{C}$, $-4,33^\circ\text{C}$, $25,59^\circ\text{C}$, $49,87^\circ\text{C}$ (рис. 1), которые можно интерпретировать как размораживание молекулярной подвижности отдельных структур элементов модифицированного вяжущего с температурами стеклования, которые определены вышеуказанными температурами.

Характер эндотерм свидетельствует о весьма широком наборе структурных элементов, составляющих модифицированные комплексной добавкой нефтяные дорожные битумы.

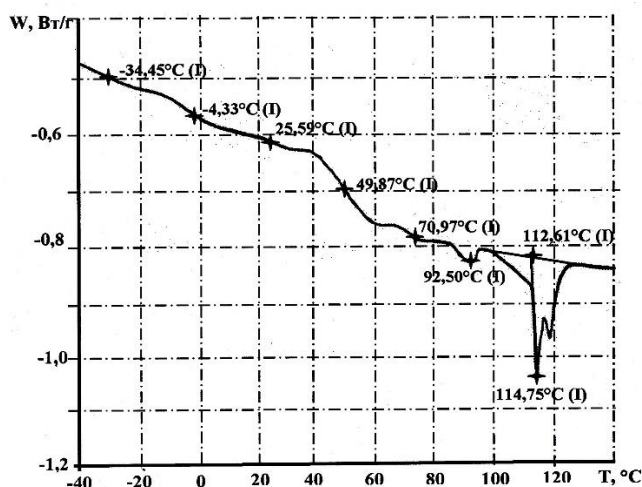


Рисунок 1. Зависимость теплового потока W от температуры T при нагреве битумополимерсерного вяжущего состава в массовых частях компонентов: битум нефтяной дорожный П25=59 град. – 100; бутадиенметилстирольный каучук СКМС-30 – 2; техническая сера – 30.

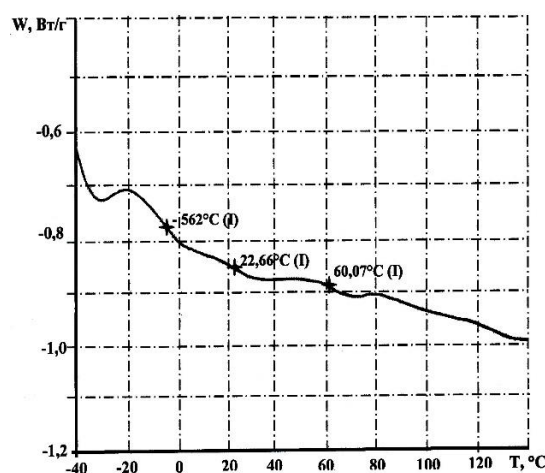


Рисунок 2. Зависимость теплового потока W от температуры T при повторном нагреве битумополимерсерного вяжущего вещества состава в массовых частях компонентов: битум нефтяной дорожный П25= 59 град.– 100; бутадиенметилстирольный каучук СКМС-30 – 2; техническая сера – 30.

В дальнейшем, в диапазоне температур 60,74-92,50°C идет полное растворение до молекулярного уровня бутадиенметилстирольного каучука. При температурах 108,65-114,75°C происходит плавление технической серы, происходит полимеризация циклооктасульфана в зигзаобразные бирадикальные цепи. При этом, низшие устойчивые молекулы серы S_2 , S_3 , S_4 характеризуются высокой реакционной способностью, обусловленной существованием их в виде бирадикалов или диполей [3]. Именно бирадикалы серы до 10% вступают в химическую реакцию с битумом с образованием связей сера-углерод. Образуются полярные ароматические соединения, причем наиболее вероятной структурой являются полисульфиды.

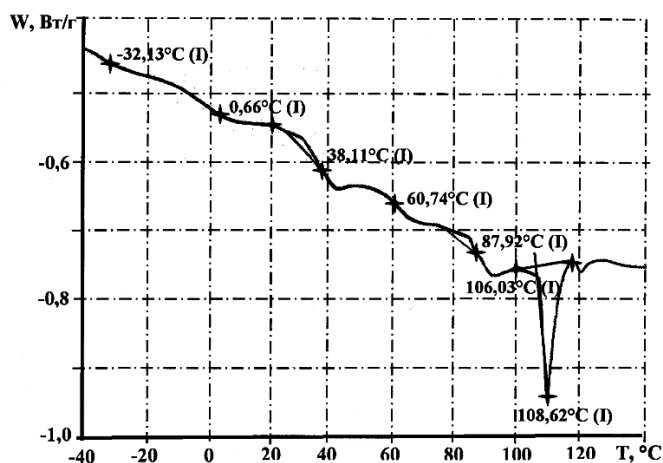


Рисунок 3. Зависимость теплового потока W от температуры T при нагреве асфальтобитумополимерсерного вяжущего вещества состава в массовых частях компонентов: битум нефтяной дорожный П25= 59 град. – 100; бутадиенметилстирольный каучук СКМС-30 – 2; техническая сера – 30; известняковый минеральный порошок, активированный 2% СКМС-30 – 60.

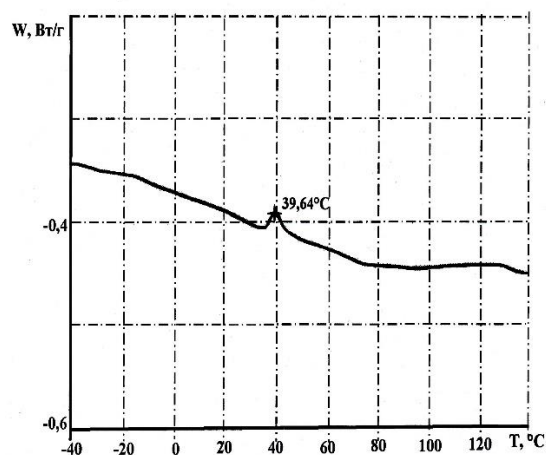


Рисунок 4. Зависимость теплового потока W от температуры T , при нагреве известнякового минерального порошка, активированного 2% СКМС-30.

В диапазоне температур до 140 °С отсутствуют химические реакции, как на поверхности механоактивированного СКМС-30 известнякового минерального порошка (рис. 4), так и в битумополимерсерном вяжущем веществе (рис. 3). В то же время механоактивация поверхности известнякового минерального порошка раствором бутадиенметилстирольного каучука приводит к максимальному сродству с битумополимерсерным вяжущим, что обеспечивает полное смачивание модифицированным органическим вяжущим (коэффициент растекания битумополимерсерного вяжущего на поверхности механоактивированного минерального порошка стремится к нулю). Происходит максимальное сближение молекулярных свойств битумополимерсерного вяжущего и олеофильной поверхности минерального порошка (расстояние между контактирующими фазами мене $5 \cdot 10^{-10}$ м), на котором проявляются все виды межмолекулярных взаимодействий.

При повторном нагреве наблюдаются менее четкие эндоэффекты размораживания структурных элементов изучаемых систем (рис. 2).

Комплексное модифицирование микроструктуры приводит к тому, что литые асфальтополимерсеробетоны характеризуются повышенным сопротивлением сдвигу при высоких положительных температурах (условная жесткость по Маршаллу при 60°C 23,1КН), повышенной плотностью, коэффициентом водостойкости при длительном водонасыщении (90 суток), $K_{\text{вд}}=0,78$, коэффициентом морозостойкости после 100 циклов попеременного замораживания-оттаивания $F=0,72$, коэффициентом теплового старения после 1200 часов при прогреве в климатической камере ИП-1 при температуре 75°C и ультрафиолетовом облучении $K_{\text{ст}}=1,27$.

Выводы. Установлено, что битумополимерсерные вяжущие являются системами с широким молекулярномассовым распределением компонентов. Характерно, что при температурах 108-115°C происходит плавление технической серы и усиление межмолекулярного взаимодействия на поверхности раздела фаз «пластифицированные надмолекулярные образования бутадиевметилстирольного каучука – техническая сера», что приводит к формированию структурированного битумополимерсерного вяжущего, что и определяет свойства литого асфальтополимерсеробетона.

Литература

1. Производство асфальтобетонных смесей [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.doroznik.ru/> (дата обращения 17.04.2023).
2. Скрыльник, А.П. Литой асфальтобетон с добавками полимеров / А.П. Скрыльник, Л.Б. Гезенцевей. – Труды Союздорнии. Полимерные материалы в строительстве покрытий автомобильных дорог, М.: 1981. – С. 61-64.
3. ВСН 60-97 Инструкция по устройству и ремонту дорожных покрытий с применением литого асфальтобетона 1997-07-22 00;00;00.
4. Бернштейн, В.А. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физико-химии полимеров / В.А. Бернштейн, В.М. Егоров. – Л.: Химия, 1990. – 256 с.

5. ASTM D 3418 - 99 Стандартный метод определения температурных переходов в полимерах с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии.

Самойлова Елена Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru

Лошакова Валентина Михайловна, ассистент кафедры «Физика и прикладная химия» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: v.m.loshakova@donnasa.ru

STUDY OF THE PROPERTIES OF CAST ASPHALT-POLYMER-SULFUR CONCRETE MIXTURES AND TECHNOLOGY OF PATCHING

Annotation. The article presents asphalt-polymer-sulphur-concrete mixtures as materials for maintenance, phenomena and processes occurring in the temperature range $-40^{\circ}\text{C} \dots 130^{\circ}\text{C}$, studied using differential scanning calorimetry [4,5].

Key words: bitumen polymer sulfur binder, thermogram, cast asphalt polymer sulfur concrete.

Samojlova Helen, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru

Loshakova Valentina, assistant of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 544:546

Пирков Е.Н.,
студ. группы ААХ-28а, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.х.н., доцент Фролова С.А.,
зав. кафедрой физики и прикладной химии,
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕГРЕВА РАСПЛАВОВ НА ВИД КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Аннотация. В работе методами циклического термического анализа изучены условия перехода от квазиравновесной кристаллизации (КРК) к неравновесно-взрывной (НРВК) для целого ряда легкоплавких металлов и сплавов в одинаковых условиях эксперимента. Установлено, что переходы КРК ↔ НРВК зависят от соответствующих критических перегревов расплавов. Результаты работы трактуются с точки зрения кластерно-коагуляционной модели кристаллизации

Ключевые слова: термический анализ, термограмма, кристаллизация, олово, висмут, галлий, сурьма, свинец, сплавы, перегрев, переохлаждение.

Введение. В литературе [1-10] имеются многочисленные сведения о влиянии различных факторов на кристаллизацию олова, висмута, галлия, индия, свинца и других легкоплавких металлов. При этом приводятся самые разнообразные и противоречивые сведения по переохлаждаемости в зависимости от перегрева расплава, времени изотермической выдержки в перегретом и переохлаждённом состояниях, скорости охлаждения, массы образцов, примесей, внешних воздействий. Это связано с тем, что в этих работах применялись разные методы и методики, ставились локальные задачи. Ввиду этого встаёт вопрос о систематическом и последовательном изучении влияния

термической предыстории расплавов на их кристаллизацию в одних и тех же условиях эксперимента. Для этого нами был разработан и запатентован способ циклического термического анализа (ЦТА) [11].

Суть метода ЦТА заключается в непрерывной записи температуры в заданном температурном интервале при циклическом нагревании и охлаждении. При этом нижняя температурная граница термоциклов поддерживается одинаковой, а верхняя систематически повышается (либо понижается) от цикла к циклу. Заданный температурный интервал термоциклирования включает тот или иной фазовый переход.

Методика эксперимента. Эксперименты проводили методом термического анализа (ТА) в координатах температура T – время τ по методике [1]. Испытывали Bi, Ga, Pb, Sn, Sb и эвтектические сплавы в системах Pb-Sn (39 масс.% Pb + 61 масс.% Sn), Ga-Sn (96,3 масс.% Ga + 13,7 масс.% Sn) марки ОСЧ. Для анализа переохлаждений необходимо было проведение экспериментов на разных металлах в одних и тех же условиях:

- исследование масс образцов не менее 0,5 г;
- использование скоростей охлаждения в пределах $\sim 5,3$ - $5,5$ К/мин;
- перегрев расплава выше температуры плавления от нуля до 100 градусов;
- использование одних и тех же алундовых тиглей, хромель-копелевых (ХК) термопар и др.

Эвтектические сплавы готовили сплавлением компонентов Pb-Sn и Ga-Sn соответствующего состава общей массой по 0,5 г. При сплавлении компоненты нагревали в алундовом тигле на 100 К выше температуры плавления Sn (в системе Ga-Sn) или Pb (в системе Pb-Sn), и перемешивали до полного растворения. Термоциклирование всех образцов проводилось в т.н. «безградиентной» печи сопротивления, специально сконструированной для метода ЦТА. Печь с образцом эвтектического сплава Ga-Sn находилась в холодильной камере «Веко» с температурой 249 К. Скорости нагревания и охлаждения образцов с печью в холодильной камере также поддерживали в

пределах 5,3-5,5 К/мин. Температуру измеряли с помощью цифрового термометра UT325 с выходом на персональный компьютер. Погрешность измерения температуры составляла $\sim 0,1$ К. Достоверность результатов подтверждалась их воспроизводимостью на основании многократного термоциклирования.

Результаты исследования. На рис. 1 приведена серия термоциклов нагревания и охлаждения олова и сурьмы массами по 0,5 г со скоростями нагревания и охлаждения $\sim 5,3-5,5$ К/мин.

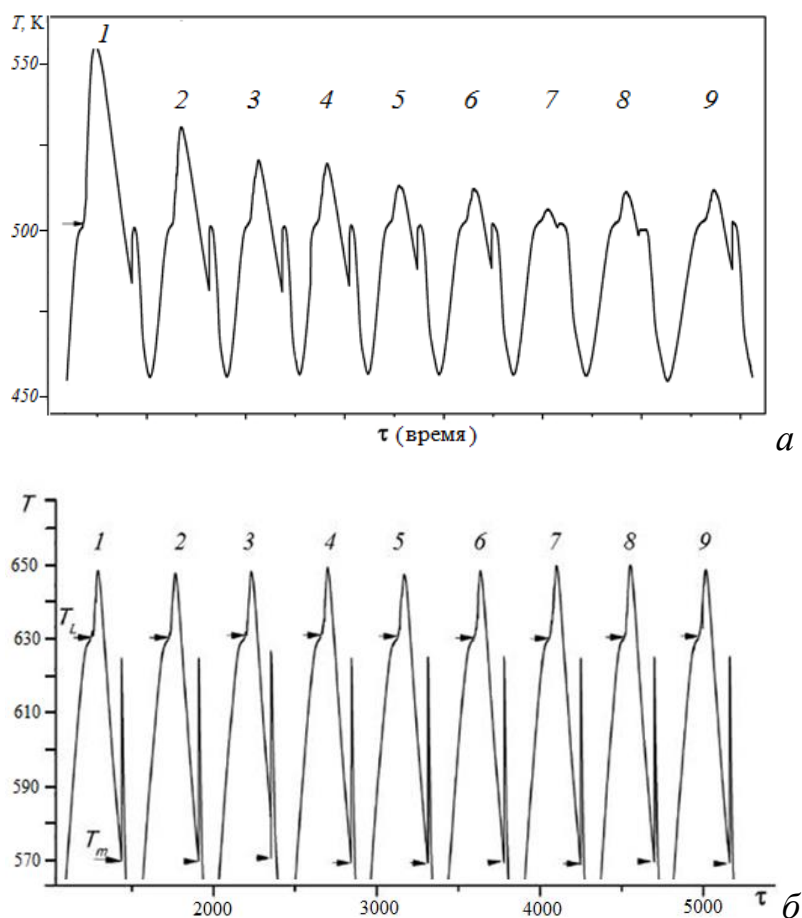


Рис. 1. Последовательные термоциклы нагревания и охлаждения олова (а) и сурьмы (б) массами по 0,5 г

Из этого рисунка можно сделать несколько выводов:

— устойчиво от цикла к циклу фиксируются температуры плавления элементов (505 К – для Sn, 903,6 К – Sb);

- наблюдается переход от неравновесной кристаллизации (НРВК) с переохлаждением ΔT^- относительно температуры плавления к квазиравновесной кристаллизации (КРК) с практическим отсутствием переохлаждения по мере понижения температуры предварительного прогрева расплава (кривые 1-7) и обратный переход от КРК к НРВК по мере повышения температуры предварительного прогрева жидкой фазы (циклы 7-9) (рис.1,*a*);
- кристаллизация из переохлаждённого состояния на начальной стадии неизменно носит взрывной характер.

Переход от КРК к НРВК наблюдался и на других металлах и сплавах, таких как Bi, Ga, Pb и эвтектических сплавах Sn-Bi, Sn-Ga. На рис. 2 приведены три последовательные термограммы для висмута массой 1,0 г по мере понижения перегрева. Из термограмм приведённых на рис.1-2, можно отметить постоянство переохлаждений и увеличение длин плато плавления и кристаллизации при увеличении массы образцов.

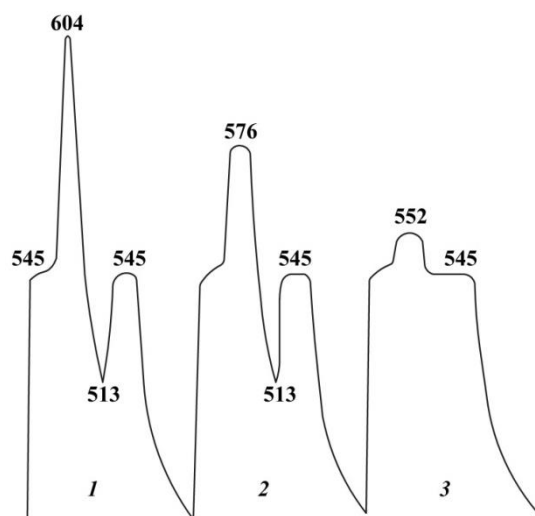


Рис. 2. Термоциклы нагревания и охлаждения висмута

На рис. 3 приведены некоторые термограммы, характеризующие наличие хороших переохлаждений и взрывной характер кристаллизации у Ga (*a*), Pb (*б*), эвтектические сплавы Pb-Sn (*в*), Ga-Sn (*г*).

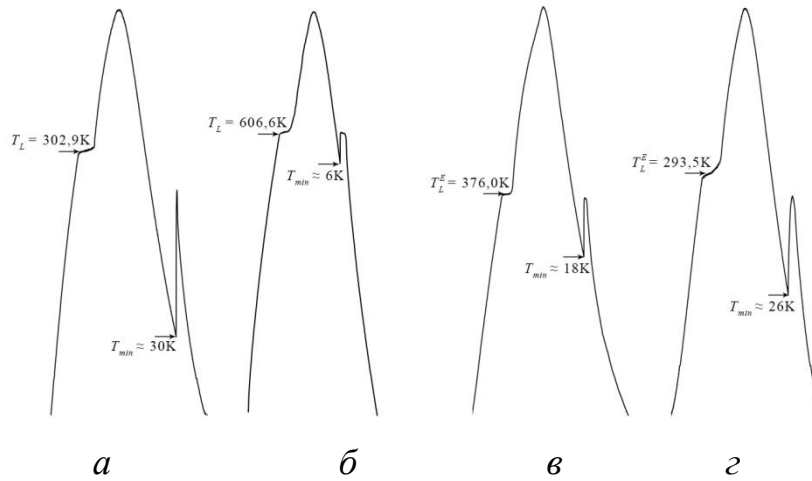


Рис.3. Термограммы Ga (а), Pb (б), эвтектические сплавы 39 масс.% Pb + Sn (в) и 96,3 масс.% Ga + Sn (г) массами по 0,5 г, характеризующие наличие переохлаждений и взрывную кристаллизацию

На примере Sn, Вi и Ga покажем характер зависимости переохлаждений ΔT^- от перегревов на обобщающем графике (рис. 4). Из рисунка видно, что дальнейший перегрев расплава до 100 градусов не влияет на среднее переохлаждение.

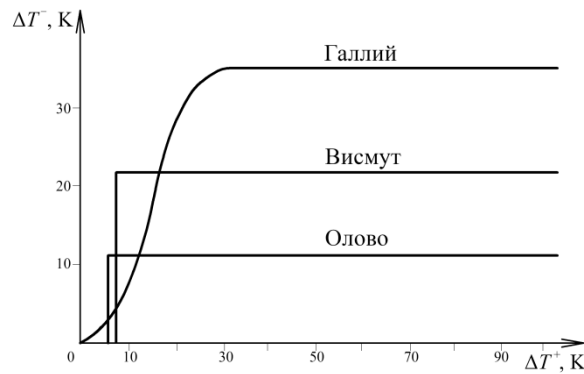


Рис. 4. Зависимость средних переохлаждений от перегрева расплавов галлия, висмута, олова

Для олова эта зависимость описывается функцией Хэвисайда:

$$\Delta T^- = \langle \Delta T_{np}^{Sn} \rangle \Theta(\Delta T^+ - \Delta T_K^+), \quad (1)$$

$$\text{где } \Theta = \begin{cases} 1, \Delta T^+ > \Delta T_K^+, \\ 0, \Delta T^+ \leq \Delta T_K^+, \end{cases} \quad \Delta T_K^+ = 5 \text{ К}, \quad \Delta T_{np}^{Sn} = 10 \text{ К}.$$

В уравнении (1) величина ΔT_K^+ означает «критический» перегрев расплава олова, после которого скачкообразно меняется характер кристаллизации от КРК к НРВК. После охлаждения перегретого расплава от величины ΔT_K^+ и выше наблюдается кристаллизация типа НРВК с переохлаждением, а при недогреве расплава до ΔT_K^+ и последующем охлаждении – кристаллизация типа РК без переохлаждения [12].

Для висмута эта зависимость описывается уравнением:

$$\Delta T^- = \langle \Delta T_{np}^{Bi} \rangle \Theta (\Delta T^+ - \Delta T_K^+), \quad (2)$$

где $\Theta = \begin{cases} 1, \Delta T^+ > \Delta T_K^+, \\ 0, \Delta T^+ \leq \Delta T_K^+, \end{cases} \quad \Delta T_K^+ = 6 \text{ К}, \quad \Delta T_{np}^{Bi} = 20 \text{ К}.$

Для галлия эта зависимость описывается уравнением:

$$\Delta T_L^- = \frac{\Delta T_{np}^{Ga}}{1 + \exp(-a(\Delta T^+ - b))}, \quad (3)$$

где $\Delta T_{np}^{Ga} = 34 \text{ К}, a = 0,36 \text{ К}^{-1}, b = 8 \text{ К}.$

Результаты работы можно объяснить на основании взаимосвязи структуры жидкой и твердой фаз. Данные рентгеноструктурного анализа [13, 14] свидетельствуют о том, что сразу после плавления в расплаве в небольшой области выше температуры плавления сохраняются кристаллоподобные кластеры. При охлаждении такого расплава кристаллизация происходит как бы на собственных затравках (кластерах). Поэтому она протекает квазиравновесно с практическим отсутствием переохлаждений. При перегреве расплава кластеры разрушаются, и жидкость теряет элементы наследственности. В результате охлаждения подобного расплава в нём начинается обратный процесс образования вначале кластеров, а ниже температуры плавления и зародышей кристаллов в течение определённого инкубационного периода. Если концентрация кластеров-зародышей достигает максимального значения, между ними происходит реакция коагуляции с быстрым выделением теплоты кристаллизации, что приводит к т.н. взрывной кристаллизации, а температура при этом резко поднимается вверх (см. термограммы на рис. 1-3).

Заключение. На основании исследования процессов плавления и кристаллизации некоторых легкоплавких металлов и сплавов методом циклического термического анализа установлен эффект перехода от квазиравновесной кристаллизации (КРК), происходящей практически без переохлаждения, к неравновесно-взрывной (НРВК) из переохлаждённого состояния. Показано, что этот эффект связан с термической предысторией жидкой фазы, а именно с температурой предварительного нагрева. Подчёркнуто, что это явление имеет место не только для чистых металлов, но и для сплавов. Переход от КРК к НРВК убедительно продемонстрирован соответствующими термограммами плавкости.

Литература

1. Александров В.Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных расплавов и аморфных сред. – Донецк: Донбасс, 2011. – 591 с.
2. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных расплавов и растворов: Сборник избранных трудов. – Часть 2 [под общ. ред. проф. В.Д. Александрова]. – Донецк: Донбасс, 2018. – 413 с.
3. Данилов В.И. Строеие и кристаллизация жидкости. – Киев: АН УССР, 1956. – 424с.
4. Кидяров Б.И. Кинетика образования кристаллов из жидкой фазы. – Новосибирск: СО АН СССР, 1979. – 132 с.
5. Tourret D., Gandin Ch.-A., Volkman T., Herlach D.M.. Multiple non-equilibrium phase transformations: Modeling versus electro-magnetic levitation experiment. // Acta Materialia. – No. 59, 2011. – P. 4665-4677.
6. Herlach D.M., Lengsdorf R., Reutzel S., Galenko P., Hartmann H., Gandin C.A., Mosbah S., Garcia-Escorial A., Henein H. Non-Equilibrium Solidification, Modeling for Microstructure Engineering of Industrial Alloys (NEQUISOL). // JASMA : Journal of the Japan Society of Microgravity Application. – No. 25(3), 2008. – P. 437-442.

7. Паунд Г.М. Зарождение кристаллов при затвердевании металлов // Жидкие металлы и их затвердевание. – М.: ГНТИ лит-ры по черной и цв. мет. 1962. – С. 107-125.

8. Брехаря Г.П. Влияние скорости охлаждения на переохлаждения металлов и сплавов и структурообразование. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Днепропетровск: Днепр-ий гос. универсистет, 1976. – 166 с.

9. Требухов А.А. Исследование физико-химических свойств системы галлий-олово / А.А. Требухов, Р.К. Сармурзина, Д.В. Сокольский // Журнал физической химии. 1985. – №8. – С. 2065-2067.

10. Lin S., Yeh C., Xie W., Liu Y., Yoshimura M. Ab initio-aided CALPHAD thermodynamic modeling of the Sn-Pb binary system under current stressing [Электронный ресурс] // Scientific Reports, 2013. №3/2731. doi: 10.1038/srep02731.

11. Патент 83721 (Україна). Спосіб сумісного циклічного та диференційного термічного аналізу / Фролова С.О., Прокоф'єв С.В., Александров В.Д., Постніков В.А. Опубліковано: 11.08.2008.

12. Александров В.Д. Влияние термовременной обработки жидкой фазы на кристаллизацию сплавов в системе Sn-Bi / В.Д. Александров, С.А. Фролова // Расплавы. – 2003. №3. – С. 14-21.

13. Скрышевский А.Ф. Структурный анализ жидкостей и аморфных тел. – М.: Высшая школа, 1980. – 328 с.

14. Татарина Л.И. Структура твердых аморфных и жидких веществ. – М.: Наука, 1983. – 149 с.

Пирков Егор Николаевич, студент группы ААХ-28а ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: pirkov.e.n-aah-28a@donnasa.ru

Научный руководитель:

Фролова Светлана Александровна, к.х.н., доцент, зав. кафедрой физики и прикладной химии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: s.a.frolova@donnasa.ru

EFFECT OF OVERHEATING OF MELTS ON THE TYPE OF CRYSTALLIZATION OF METALS AND ALLOYS

Annotation. In this paper, the conditions for the transition from quasi-equilibrium crystallization (QEC) to non-equilibrium-explosive (NEEC) for a number of low-melting metals and alloys under the same experimental conditions are studied using the methods of cyclic thermal analysis. It is established that the QEC ↔ NEEC transitions depend on the corresponding critical overheating of the melts. The work results are interpreted from the point of the cluster-coagulation crystallization model view.

Keywords: thermal analysis, thermogram, crystallization, tin, bismuth, gallium, antimony, lead, alloys, overheating, supercooling.

Pirkov Yegor Nikolayevich, student of the CCE-28a group of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Frolova Svetlana Aleksandrovna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor; Head of «Physics and applied chemistry» Department of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 532.7

Еременко Ю.С.,
студ. группы АД-28б, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.х.н., доцент Щебетовская Н.В.,
доцент кафедры физики и прикладной
химии ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

РАВНОВЕСНАЯ И НЕРАВНОВЕСНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ БЕНЗОЛА, НАФТАЛИНА, ДИФЕНИЛА И АНТРАЦЕНА

Аннотация. В работе методом циклического термического анализа изучили равновесную и неравновесную кристаллизацию бензола, нафталина, дифенила и антрацена.

Ключевые слова: бензол, нафталин, дифенил, антрацен, кристаллизация, переохлаждения.

Введение. В работе ставилась цель изучить кинетику кристаллизации индивидуальных ароматических углеводородов, включая сам бензол и многоядерные ароматические углеводороды с конденсированными (нафталин, антрацен) и с неконденсированными (дифенил) ядрами, и сопоставить результаты друг с другом.

Основная часть. Методом циклического термического анализа (ЦТА) изучены процессы плавления и кристаллизации таких низкомолекулярных органических соединений, как бензол, нафталин, дифенил и антрацен [1]. При этом было установлено, что в зависимости от перегрева ΔT^+ жидкого жидкой фазы относительно температуры плавления и дальнейшего охлаждения имеют место два вида кристаллизации: квазиравновесная (КРК), если этот перегрев был слабый и составлял $\Delta T_k^+ \leq 4-5^\circ$, и неравновесно-взрывная (НРВК) после прогрева расплава выше температуры плавления более, чем на 5° .

Для сравнения средних переохлаждений у бензола, дифенила, нафталина и антрацена, полученных в одинаковых условиях эксперимента, на рис. 1 приведены обобщающие графики зависимости предкристаллизационных переохлаждений ΔT^- от перегревов ΔT^+ расплавов бензола, дифенила, нафталина и антрацена массами по 2 г при скоростях охлаждения $\sim 0,09$ К/с. На каждом образце проводили свыше двух десятков термоциклов нагревания – охлаждения.

Из рис. 1 видно, что критические перегревы ΔT_k^+ , после которых меняется характер кристаллизации КРК \leftrightarrow НРВК, для бензола составляли $4 \div 4,5^\circ$, а средние переохлаждения $\langle \Delta T^- \rangle \approx 7^\circ$ [1], для дифенила и нафталина $\Delta T_k^+ \approx 5^\circ$, $\langle \Delta T^- \rangle \approx 10^\circ$, антрацена $\Delta T_k^+ \approx 5^\circ$, а $\langle \Delta T^- \rangle \approx 2^\circ$.

Математическую зависимость $\Delta T^- = f(\Delta T^+)$ при переходе от одного типа кристаллизации (КРК) без переохлаждения к другому типу (НРВК) с соответствующим переохлаждением можно записать в виде

$$\Delta T^- = \langle \Delta T^- \rangle \Theta f(\Delta T^+ - \Delta T_k^+), \quad (1)$$

где $\Theta = \begin{cases} 0, \Delta T^+ < \Delta T_k^+ \\ 1, \Delta T^+ \geq \Delta T_k^+ \end{cases}$ – функция Хевисайда.

В частности, для образцов, исследованных выше, эту зависимость можно представить следующим образом: для бензола $\Delta T^- = 7,1\Theta(\Delta T^+ - 4,5^\circ)$, для нафталина и дифенила $\Delta T^- = 10,2\Theta(\Delta T^+ - 5^\circ)$, для антрацена $\Delta T^- = 2,3\Theta(\Delta T^+ - 5^\circ)$.

Из рис. 1 видно, что дальнейший перегрев расплавов выше ΔT_k^+ практически не влияет на средние значения переохлаждений. Истинное значение ΔT^- на основании 20 измерений ($n = 20$) в интервале предварительных прогревов от ΔT_k^+ до $\Delta T^+ \approx 30^\circ$ при доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ вычисляли по формуле

$$\Delta T^- = \langle \Delta T^- \rangle \pm t_\alpha \sqrt{\frac{S}{n(n-1)}}, \quad (2)$$

где t_α – коэффициент Стьюдента, $S = \sum (\langle \Delta T^- \rangle - \Delta T_i^-)^2$.

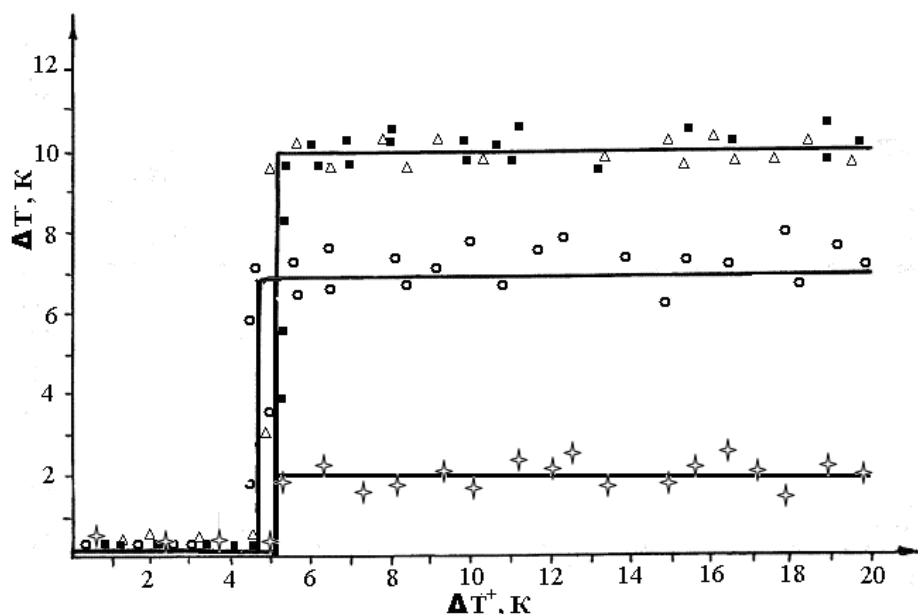


Рис. 1. Зависимость переохлаждения ΔT^- от перегрева ΔT^+ для нафталина (Δ), дифенила (\blacksquare), бензола (\circ), антрацена (\blacklozenge) массами 2 г

Вычисления показали, что истинные значения ΔT^- по формуле (2) оказались в пределах следующих доверительных интервалов: для бензола $\Delta T^- = 7,1^\circ \pm 1,2^\circ$, нафталина $-10,2^\circ \pm 0,7^\circ$, дифенила $-10,2^\circ \pm 0,6^\circ$, антрацена $-2,3^\circ \pm 1,1^\circ$.

На следующем этапе изучали влияние массы m образцов на средние переохлаждения нафталина, дифенила и антрацена при одинаковых скоростях охлаждения (0,08-0,10 К/с). Образцы имели следующие массы: 0,1; 0,45; 1,0 и 2,0 г. Результаты зависимости ΔT^- от m представлены на рис. 2. Видна общая тенденция к небольшому увеличению переохлаждения бензола, дифенила и нафталина примерно на 2 градуса при уменьшении массы образца в 20 раз, и более существенное увеличение $\langle \Delta T^- \rangle$ для антрацена (от 2,0 до $\sim 8^\circ$).

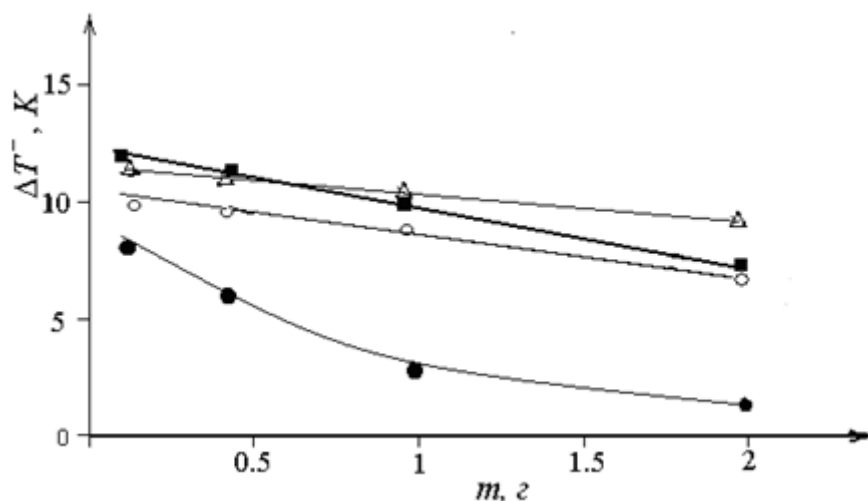


Рис. 2. График зависимости переохлаждения ΔT^- от массы образца m :
 ● – для антрацена, Δ – нафталина, ○ – бензола [1], ■ – дифенила

В дальнейшем изучалось влияние изотермической выдержки жидких фаз нафталина и дифенила в области перегрева (рис. 3, термограммы I и II) и в области переохлажденного состояния (термограммы III-IV) на величину переохлаждения ΔT^- .

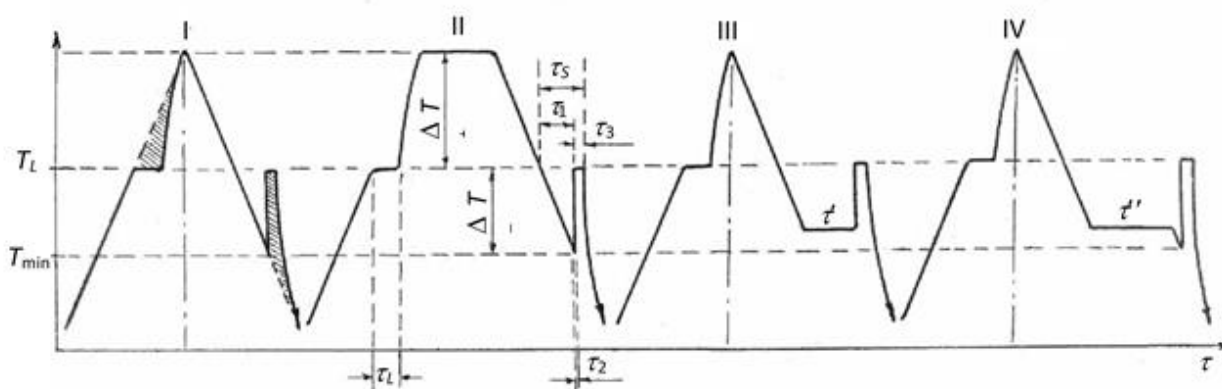


Рис. 3. Схематические термограммы для нафталина и дифенила с кристаллизацией типа НРВК и особенности кристаллизации расплавов после соответствующих изотермических выдержек. Термограммы читать слева направо

Из рис. 3 видно, что при одинаковом прогреве расплавов независимо от времени изотермической выдержки расплавов (термограммы I и II) характер кристаллизации с переохлаждением не изменяется. При изотермической выдержке расплавов в области переохлаждений в одном случае (для нафталина

– термограмма III) происходила самопроизвольная кристаллизация, а в другом (для дифенила – термограмма IV) подобная кристаллизация не наступала в течение нескольких часов. Кристаллизацию в данном случае можно было стимулировать лишь дальнейшим понижением температуры до некоторой минимальной температуры T_{\min} .

Выводы. Скачкообразный переход от КРК к НРВК в зависимости от величины прогрева жидкой фазы для исследованных веществ можно объяснить с позиции кластерно-коагуляционной модели кристаллизации [1], учитывающей анизотропию связей в кристаллах, строение молекул, структурные перестройки молекул в жидком состоянии и др. При плавлении в первую очередь разрушаются слабые ван-дер-ваальсовы связи, однако для плоских молекул C_6H_6 , $C_{12}H_{10}$, $C_{10}H_8$, $C_{14}H_{10}$ вблизи температуры плавления T_L имеются пространственные затруднения относительно осей, лежащих в плоскости молекулы. Поэтому сразу после плавления в расплаве сохраняются кристаллоподобные кластеры. О сходстве ближнего порядка и взаимного расположения, например, бензола и нафталина свидетельствуют данные рентгеноструктурного анализа [2]. Поэтому при охлаждении слабо прогретого расплава связи быстро восстанавливаются, а кристаллизация носит квазиравновесный характер как бы на собственных кластерах – затравках. При этом переохлаждения практически отсутствуют ($\Delta T^- \approx 0$). При перегреве расплава выше T_k^+ степень разупорядоченности молекул достигает такого предела, после которого процесс затвердевания должен происходить спустя некоторый инкубационный период для перестройки разупорядоченных молекул в упорядоченную кристаллическую решетку.

Литература

1. Александров В.Д. Термодинамика и кинетика кристаллизации низкомолекулярных органических веществ: монография / В.Д. Александров, В.А. Постников, Н.В. Щебетовская, Е.А. Покинтелица; ГОУ ВПО «ДонНАСА». – Донецк: Донбасс, 2020. – 422 с.

2. Уббелодде А.Р. Расплавленное состояние вещества / А.Р. Уббелодде – М.: Металлургия, 1982. – 376 с.

Еременко Юлия Сергеевна, студентка группы АД-28б, ФГБУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: eremenko.yu.s-ad-28b@donnasa.ru

Научный руководитель:

Щебетовская Наталья Витальевна, к.х.н., доцент; доцент кафедры физики и физического материаловедения ФГБУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: n.v.shchebetovskaya@donnasa.ru

EQUILIBRIUM AND NONEQUILIBRIUM CRYSTALLIZATION OF BENZENE, NAPHTHALENE, DIPHENYL AND ANTHRACENE

Annotation. In this work, the equilibrium and nonequilibrium crystallization of benzene, naphthalene, diphenyl, and anthracene was studied by the method of cyclic thermal analysis.

Keywords: benzene, naphthalene, diphenyl, anthracene, crystallization, overcooling.

Eremenko Yulia Sergeevna, student of the CR-28b group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 86123, Makeyevka, Derjavina str.,2.

Scientific supervisor:

Shchebetovskaya Nataliya Vitalevna, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 86123, Makeyevka, Derjavina str.,2.



УДК 541.1

Притыка А.А.,
студ. группы АД-27а, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.т.н. Покинтелица Е.А.,
доцент кафедры «Физика и
прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОГРАММ ПЛАВКОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

Аннотация. В работе показано, что на основании различных термограмм нагревания и охлаждения можно рассчитать различные параметры зародышеобразования и массовой кристаллизации расплавов.

Ключевые слова: плавление, кристаллизация, переохлаждение, инкубационный период, зародышеобразование, докристаллизация.

Введение. Термическая предыстория включает в себя перегрев расплава относительно температуры плавления, изотермическую выдержку расплавов, скорость охлаждения и т.д. В литературе имеются многочисленные экспериментальные исследования, указывающие на то, что термическая предыстория расплавов существенно влияет на кинетические параметры кристаллизации, предкристаллизационные переохлаждения, тип кристаллизации, структуру и свойства твердой фазы [1-4] и др.

Постановка задачи. Установить, как по термограммам плавкости индивидуальных веществ можно определить кинетические и термодинамические характеристики кристаллизации.

Результаты. Многочисленные экспериментальные исследования [5] показывают, что в зависимости от величины перегрева расплава и дальнейшего охлаждения фиксируются разные типы кристаллизации. В качестве примера

рассмотрим три схематических термоцикла нагрева и охлаждения при плавлении и кристаллизации вещества (рис. 1).

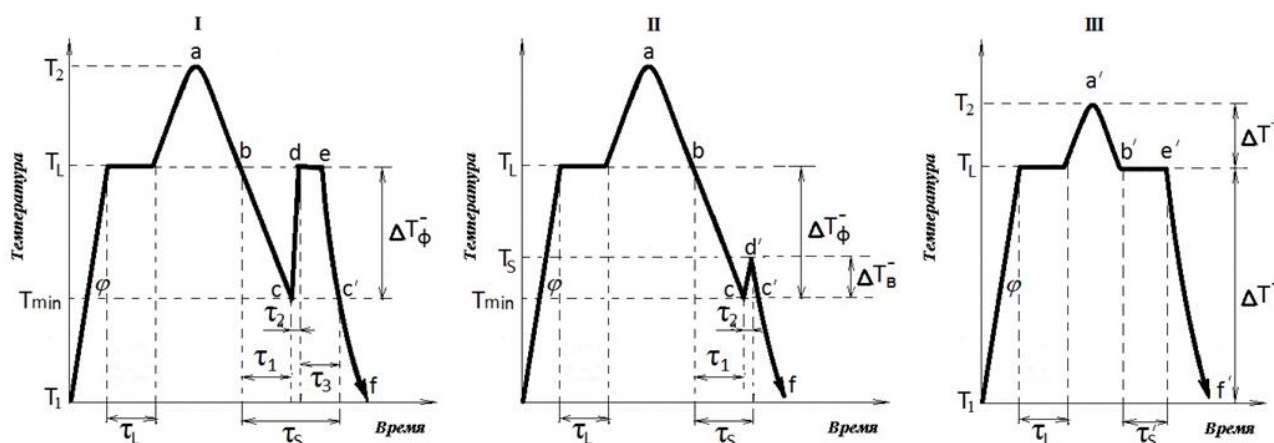


Рис. 1. Схематические термограммы плавкости, характеризующие неравновесную (I, II) и квазиравновесную (III) кристаллизации.

Термоцикл I является обобщенным примером неравновесно-взрывной кристаллизации (НРВК) с последующей изотермической докристаллизацией при T_L . Здесь затвердевание расплава начинается с образования кристаллических зародышей за инкубационный период τ_1 . Если концентрация кластеров и зародышей при температуре T_{min} достигает максимума, то между ними начинается реакция коагуляции, происходящая за время τ_2 . При этом температура быстро поднимается от T_{min} до температуры плавления T_L на величину переохлаждения $\Delta T^- = T_L - T_{min}$. За данный промежуток времени затвердевает часть расплава β . Остальная часть $1 - \beta$ докристаллизуется за время τ_3 .

Термоцикл II является обобщенным примером неравновесной кристаллизации, происходящей при температуре T_S ниже температуры плавления T_L .

Термоцикл III - обобщенный пример квазиравновесной кристаллизации (КРК), происходящей практически без переохлаждения ($\Delta T^- = 0$). Эти термоциклы служат источником для определения различных кинетических параметров зародышеобразования и массовой кристаллизации.

По термограммам плавкости индивидуальных веществ можно определить следующие кинетические и термодинамические характеристики кристаллизации [3]:

– скорость массовой кристаллизации ν_s

$$\text{при КРК: } \nu_s = \frac{m}{\tau_s}, \text{ при НРВК: } \nu_s = \frac{m}{\tau_s};$$

– температурная скорость ϖ взрывной кристаллизации $\varpi = \frac{\Delta T_{\phi}^-}{\tau_2}$;

– доля α всех зародышей в переохлажденном расплаве, образовавшихся за время τ_1 $\alpha = \frac{\tau_1}{\tau_s}$;

– доля β расплава, затвердевшего в объеме V_x (массой m_x) за время τ_2

$\beta = \frac{m_x}{m} = \frac{c_p^L \cdot \Delta T_{\phi}^-}{\Delta H_L}$, где c_p^L – удельная теплоемкость жидкой фазы, ΔH_L – энтальпия плавления.

Значение β вычисляется из уравнения теплового баланса $Q_1 \approx Q_2$, где $Q_1 = m_x \Delta H_L$ – теплота фазового перехода при кристаллизации части вещества массой m_x за время τ_2 , приведшая к прогреву $Q_2 = c_p^L m \Delta T_{\phi}^-$ всего вещества массой m на величину ΔT_{ϕ}^- . Учтено, что скорость теплоотвода на два-три порядка меньше скорости выделения теплоты при взрывной кристаллизации.

– константа k скорости коагуляции зародышей $k = \frac{1}{\tau_2} \ln \frac{\alpha}{\beta}$.

К процессу коагуляции зародышей применена формальная кинетика гомогенных односторонних реакций. Учитывая быстрый характер этой реакции, ее можно приближенно считать реакцией первого порядка, подчиняющейся уравнению $\beta = \alpha \exp(-k\tau_2)$, где α – начальная концентрация зародышей во всем образце, β – концентрация зародышей в объеме V_x , убывающая за время τ_2 за счет их коагуляции и образования сплошной твердой фазы долей β в том же объеме.

– незатвердевшая часть γ образца за время $\tau_1 + \tau_2$: $\gamma = \frac{\tau_3}{\tau_s}$.

Этот параметр определяется по отношению промежутков времени τ_3 при НРВК и τ_S' при КРК (по длинам плато) для одного и того же образца при прочих равных условиях эксперимента;

– затвердевшая часть $1-\gamma$.

Учитывается как затвердевшая доля β зародышей в объеме V_x , так и зародышей в оставшейся части расплава;

– доля δ зародышей, не задействованных в коагуляции (т.е. доля зародышей в объеме $V-V_x$) $\delta = \alpha - \beta$;

– скорость ν_3 изотермического дозатвердевания при НРВК $\nu_3 = \frac{m(1-\alpha)}{\tau_3}$;

– константы Z скорости кристаллизации

$$\text{при КРК} \quad Z_1 = \frac{1}{\tau_S'} \ln \frac{\rho_S}{\rho_L}, \quad \text{при НРВК} \quad Z_2 = \frac{1}{\tau_3} \ln \frac{\rho_S}{\rho_L},$$

где ρ_S , ρ_L – плотности твердой и жидкой фаз;

– критический размер l_k зародыша кубической формы

$$l_k = 4\sigma_L T_L / \rho_S \Delta H_L \Delta T_\phi^- ,$$

где σ_L – межфазная поверхностная энергия на границе расплав – кристалл;

– работа A_k образования зародыша размером l_k

$$A_k = 32\sigma_L^3 T_L^2 / \rho_S^2 \Delta H_L^2 (\Delta T_\phi^-)^2 ;$$

– работа A'_k , приходящаяся на одну элементарную ячейку

$$A'_k = \frac{A_k}{N_{яч}},$$

где $N_{яч} = \frac{l_k^3}{V_{яч}}$ – число элементарных ячеек $N_{яч}$ в зародышах, l_k^3 – объем зародыша,

$V_{яч} = a \cdot b \cdot c \cdot \sin \beta$ – объем ячейки, a , b , c , β – параметры моноклинной решетки;

– скорость зародышеобразования I во всем объеме при НРВК

$$I = \frac{1}{V} \frac{N_{зар}}{\tau_S} = \frac{1}{V} \frac{V}{\tau_S V_{зар}} = \frac{1}{\tau_S l_k^3},$$

где V – объем тела.

Вывод. Следует отметить, что без использования термограмм плавкости невозможен качественный и количественный анализ процессов, происходящих на той или иной стадии кристаллизации.

Литература

1. Данилов, В.И. Структура и кристаллизация жидкости / В.И. Данилов. – К.: АН УССР, 1956. – 424 с.
2. Александров, В.Д. Исследование кинетики реального зародышеобразования при кристаллизации переохлажденного расплава и аморфной среды: дисс. ... доктора хим. наук: 02.00.04 / В.Д. Александров. – Донецк, 1992. – 299 с.
3. Александров, В.Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных расплавов и аморфных сред / В.Д. Александров. – Донецк: Донбасс, 2011. – 591 с.
4. Кидяров, Б.И. Кинетика образования кристаллов из жидкой фазы / Б.И. Кидяров. – Новосибирск: Наука, 1979. – 79 с.
5. Термодинамика и кинетика кристаллизации низкомолекулярных органических веществ / В.Д. Александров, В.А. Постников, Н.В. Щebetовская, Е.А. Покинтелица. – ГОУ ВПО «ДонНАСА». Донецк: Донбасс, 2020. – 422 с.

Притыка Анна Андреевна, студентка группы АД-27а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: prityka.a.a-ad-27a@donnasa.ru.

Научный руководитель:

Покинтелица Елена Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru.

**STUDY OF THERMOGRAMS OF FUSIBILITY
INDIVIDUAL SUBSTANCES**

Annotation. It is shown that on the basis of various thermograms of heating and cooling, various parameters of nucleation and mass crystallization of melts can be calculated.

Keywords: melting, crystallization, supercooling, incubation period, nucleation, pre-crystallization.

Prityka Anna Andreevna, student of the AR-27a group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Pokintelitsa Elena Anatolyevna, Candidate of tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeyevka, Derzhavin str, 2.





УДК 66.017

Пугачёв М.А.,

аспирант группы аССМиК/01.06.01-12, ФГБОУ ВО «ТулГУ»

Руководитель: д.т.н. профессор Трещев А.А.,

заведующий кафедрой ССМиК ФГБОУ ВО «ТулГУ»

РАЗРУШАЮЩАЯ КОРРОЗИЯ ВОДОРОДОМ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ. ОБЗОР

Аннотация. В статье проведен обзор проблем, посвященных разрушительной коррозии водородом титановых сплавов, а также описаны основные причины коррозионной стойкости титановых сплавов и методы защиты.

Ключевые слова: водородная коррозия, наводораживание, диффузия.

Введение. Коррозия водородом титановых сплавов – это серьезная проблема в инженерии и промышленности, которая может привести к катастрофическим последствиям. В данной статье мы исследуем причины коррозии водородом, ее механизмы и последствия для титановых сплавов. Мы также рассмотрим методы предотвращения коррозии водородом, которые можно использовать для уменьшения риска повреждения механизмов из титановых сплавов. Ключевой фактор в предотвращении коррозии водородом является правильный выбор материала и тщательное проектирование системы. Если закономерности коррозии водородом не будут учтены, то может произойти разрушение системы, приводящее к негативным последствиям.

Постановка задачи. Задача данной статьи состоит в обзоре различных исследований и данных, связанных с проблемой разрушительной коррозии водородом титановых сплавов. В статье рассматриваются основные механизмы коррозии титановых сплавов под воздействием водорода, а также представлены

примеры проявления данного процесса. Важной составляющей статьи является описание методов защиты от разрушительной коррозии водородом. Цель статьи – дать возможность исследователям, специалистам и научным работникам получить обзор и лучшее понимание проблемы разрушительной коррозии водородом при использовании титановых сплавов и найти возможные решения данной проблемы.

Чем опасна водородная коррозия? Водородная коррозия может быть опасной по многим причинам. Во-первых, она может привести к ухудшению механических свойств титановых сплавов, таких как прочность и текучесть, что может вызвать отказ оборудования, систем и механизмов. Это может привести к несчастным случаям, если техника используется в критических условиях, как, например, в авиации, космической технике или в атомной энергетике.

Во-вторых, водород может вызвать разрушение поверхностного слоя титанового сплава, что может привести к дальнейшей коррозии и деградации оборудования. Причина этого заключается в том, что водород, образующийся в результате электрохимических реакций между сплавом и водой, проникает вглубь металла и образует пустоты и трещины.

Наконец, водородная коррозия также может привести к увеличению расходов на ремонт и замену оборудования, что сказывается на экономическом аспекте. Поэтому, для предотвращения водородной коррозии необходимо уделять большое внимание выбору материалов и продумывать тщательное проектирование систем, а также проводить регулярную проверку состояния оборудования с целью своевременного выявления возможных проблем.

Как предотвратить данный эффект? Предотвращение водородной коррозии в титановых сплавах обычно основывается на методах, которые исключают или снижают количество водорода в металле. Рассмотрим несколько способов предотвращения этого эффекта:

- Использование сплавов с меньшим содержанием водорода – это меньше подвержено коррозии водородом и обеспечивает большую прочность и стойкость к разрушению.

- Избегайте использования титановых сплавов в высокотемпературных условиях, где внутренние напряжения на поверхности металла становятся крайне высокими.

- Разработка и использование эффективных методов дегазации сплавов, которые позволяют удалить из них водород до начала эксплуатации.

- Разработка методов мониторинга уровня водорода в титановых сплавах, что позволит следить за состоянием металла и принимать меры предосторожности на ранней стадии.

- Предотвращение острых перепадов температуры или проблем в системе хранения, которые могут стимулировать коррозию водородом.

Так же усиление локальных мест конструкции может снизить вероятность возникновения водородной коррозии за счет повышения прочности и устойчивости металла к разрушению. Однако это не является единственным или самым эффективным способом предотвращения водородной коррозии.

Усиление локальных мест не способствует уменьшению концентрации водорода в металле и не предотвращает его диффузию. Водород может по-прежнему попадать в металл через поверхность и распространяться на глубину структуры, вызывая коррозию.

Однако усиление локальных мест может быть полезным дополнением к комплексу мер по предотвращению водородной коррозии, так как это может улучшить общую прочность и стойкость к разрушению конструкции. Кроме того, усиление локальных мест может помочь предотвратить механические повреждения, которые могут привести к повышенной чувствительности металла к коррозии водородом.

Какие меры применяются при проектировании:

- Выбор сплавов, устойчивых к коррозии водородом. Такие сплавы обладают повышенной стойкостью к коррозии водородом и могут успешно работать в условиях, когда другие материалы могут испытывать проблемы.

- Предотвращение контакта металла с водород-содержащими средами. Контакт с водой, маслами, газами и другими средами, содержащими

водород, может привести к водородной коррозии. Чтобы избежать этого, можно использовать различные методы, например, установка барьеров или изоляция конструкций от контакта с водород-содержащими средами.

- Регулярная проверка конструкций на наличие признаков коррозии водородом. Это позволяет обнаружить проблемы в самых ранних стадиях и принять меры для их устранения.

При расчете конструкций учитываются следующие факторы:

- Вероятность возникновения коррозии водородом в предполагаемых условиях эксплуатации

- Стойкость материала к воздействию водорода

- Возможность восстановления механических свойств материала после воздействия водорода

- Наличие проблем, которые могут привести к образованию водорода в количестве, достаточном для вызова разрушения.

Таким образом, при проектировании и расчете конструкций учитываются различные меры по предотвращению водородной коррозии. Важно выбирать правильный материал и применять все необходимые меры для обеспечения максимальной стойкости и долговечности конструкции.

Примеры последствий разрушений в результате водородной коррозии. Разрушения, вызванные водородной коррозией, могут иметь различный характер и последствия, в зависимости от типа и масштаба конструкции. Некоторые примеры, где водородная коррозия может привести к серьезным последствиям:

- Авиационная и космическая техника: водородная коррозия может привести к разрыву металлических деталей, таких как крылья, шасси, конструкции для крепления двигателей, что может привести к аварии.

- Буровые установки: водородная коррозия может привести к разрушению трубопроводов и других металлических деталей, что может повлечь за собой аварии или утечку нефти или газа.

- Автомобильная промышленность: водородная коррозия может привести к разрушению крепежных элементов, подвижных частей и других металлических деталей, что может привести к аварии или неисправности.
- Судостроение: водородная коррозия может привести к ухудшению металлических деталей судов, таких как корпус и другие конструкции, что может привести к аварии или потере внутреннего давления судна.
- Строительство: водородная коррозия может привести к разрушению металлических конструкций, которые несут значительные нагрузки, таких как мосты, здания, склады и другие.

Таким образом, водородная коррозия может стать причиной серьезных последствий, которые могут привести к авариям, потере жизней, ущербу имуществу и нечеткости общей системы. Поэтому очень важно учитывать риски, которые связаны с водородной коррозией, и принимать все необходимые меры для ее предотвращения.

Литература

1. Гумеров К.М. Стресс-коррозия – один из источников опасности на высоконагруженных подземных стальных трубопроводах, изолированных пленочными материалами / К.М. Гумеров и др. // Нефтепромысловое дело. – 2005. – № 4. – С. 42-46.
2. Сурков Ю.П. Диагностика промышленных разрушений. Анализ причин разрушения и механизмов повреждаемости магистральных газопроводов из стали 17ГС / Ю.П. Сурков и др. // Физико-химическая механика материалов. – 1989. – № 5. – С. 95-97.
3. Хижняков В.И. Влияние доставки кислорода на коррозию и электрохимическую защиту подземных стальных трубопроводов: дис. ... канд. техн. н. / В.И. Хижняков. – М., 1984. – С. 52.
4. Bernard H. Causes of underground corrosion // Pland Eng. – 1982. – 36. – №8. – Pp. 67-68.

Пугачёв Максим Андреевич, аспирант группы аССМиК/01.06.01-12, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», 300012, Тульская область, Тула, проспект Ленина, 92.

e-mail: MoonlightTSU@yandex.ru

Научный руководитель:

Трещёв Александр Анатольевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ССМиК, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», 300012, Тульская область, Тула, проспект Ленина, 92.

HYDROGEN-INDUCED CRACKING OF TITANIUM ALLOYS:

A REVIEW

Annotation. The paper reviews the problems of destructive hydrogen corrosion of titanium alloys, and describes the main causes of corrosion resistance of titanium alloys and methods of protection.

Keywords: hydrogen corrosion, hydrogenation, diffusion.

Pugachev Maxim Andreevich, postgraduate student of the aSSMiK group/01.06.01-12, Tula State University, Tula Region, Tula, Lenin Avenue, 92, 300012.

Scientific supervisor:

Treshchev Alexander Anatolyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the SSMiK Department, Tula State University, 300012, Tula region, Tula, Lenin Avenue, 92.





УДК 66.022.34

Сухорада Ю.Л.,
студ. группы ЭУН-76, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,
доцент кафедры «Физика и
прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ГИДРОФОБИЗАТОРЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В статье привлекается внимание к необходимости более широкого использования в строительстве гидрофобизаторов с целью повышения долговечности железобетонных и кирпичных строительных конструкций, снижения их теплопроводности, предотвращения образования наледи и сосулек, улучшения показателей санитарно-гигиенических свойств в жилищах, сокращения затрат на обслуживание построек.

Ключевые слова: гидрофобизация, защита поверхностей конструкций, кремнийорганические гидрофобизаторы.

Введение. В современных городах вода, которая содержится в почве или атмосфере, насыщена различными веществами: аммиаком, оксидами углерода, серы, азота, фосфора, хлора и др. Они разрушают строительные материалы, взаимодействуя с их компонентами. В свою очередь бетон, мрамор, силикатный кирпич и похожие материалы, содержащие нерастворимый кальцит CaCO_3 , который, соединяясь с водой и углекислым газом, образует растворимый гидрокарбонат кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, который легко вымывается из материала, образуя высолы (солевой налёт). Это приводит к увеличению пор, снижает прочность конструкции, ухудшает её внешний вид.

В градостроительстве часто возникает необходимость защитить строение от влаги без изменения внешнего вида ограждающих конструкций. Это возможно сделать с помощью специальных составов – гидрофобизаторов.

Гидрофобизаторы – это вещества, которые придают материалам гидрофобные (водоотталкивающие) свойства. Поверхность, обработанная данным составом, практически не смачивается водой. Вода в капилляры не втягивается и для её проникновения внутрь материала необходимо приложить известное давление.

Постановка задачи. Обосновать необходимость применения гидрофобных добавок в процессе, изучив их достоинства и недостатки.

Результаты. Рассмотрены основные методы гидрофобизации.

1. Объемный метод гидрофобизации представляет собой введение гидрофобизирующих растворов совместно с водой затворения на начальных стадиях производства. Другой метод заключается в принудительной пропитке сформированных строительных изделий. Последний метод осуществляется посредством закачивая под давлением раствора в просверленные отверстия.

Вышеуказанный метод очень эффективен. Гидрофобизирующее вещество равномерно распределяется по всему изделию и увеличивает физические характеристики конечного изделия. Например, в процессе гидрофобизации ячеистого бетона, плотность которого составляет 850 кг/м^3 , водопоглощение данного бетона через 48 часов снижается примерно в 10 раз. При укладке данного бетона повышается его 20 удобоукладываемость и пористость бетонных смесей. Водоцементное соотношение при этом снижается.

При изготовлении бетона особую роль играет точная дозировка добавок. Так, при избытке гидрофобизирующих добавок прочность бетона может замедлить свой рост. Содержание вышеуказанных веществ в процентном соотношении в строительных смесях различно. Ввод 0,05-0,15% гидрофобизирующих веществ в бетонные растворы считается оптимальным. В штукатурных растворах оптимальным значением является 2-5% от массы сухой смеси. Правда, при этом методе есть свои недостатки. Например, на

гидрофобизированной поверхности, строительные растворы на основе воды удерживаются плохо. Минеральная вата также подвергается объемной гидрофобизации для повышения ее теплоизоляционных свойств. В процессе изготовления гипсокартонных листов, силиконовые гидрофобизаторы добавляют в производственную смесь с целью уменьшения водопоглощения готовых изделий. Это особенно важно при использовании данных листов в зданиях и помещениях с повышенной влажностью.

2. Поверхностная гидрофобизация. При этом методе лицевую поверхность обрабатывают разбавленным в соответствии с указанием производителя концентратом. В настоящее время используют несколько методов нанесения гидрофобизатора, которые выбирают исходя из специфических характеристик обрабатываемого материала. Среди этих методов наиболее выделяются такие методы, как: окунание, нанесение кистью, полив и распыление. Перед началом обработки поверхность материала тщательно высушивают и очищают от пыли и грязи. Гидрофобизация материала должна проходить при температуре окружающего воздуха не ниже 8° С. Раствор гидрофобизатора необходимо наносить равномерно, сверху вниз, избегая пропусков и подтеков. Не стоит обрабатывать материал гидрофобизатором после дождя.

Главным недостатком такого метода следует отметить то, что материал необходимо высушить после нанесения. Если температура окружающего воздуха составляет 17-22 °С, поверхность материала приобретает гидрофобные свойства по прошествии 24 часов после нанесения. В свою очередь вышеуказанный процесс можно ускорить. Для этого необходимо однократно нагреть поверхность материала до температуры 100-1300С в течение 30 мин. Кроме того, велик риск нарушения верхнего слоя в процессе транспортировки или монтажа. На гидрофобизированную поверхность возможно нанесение вододисперсионных красок, которые, в следствии наличия в них поверхностно-активных веществ, имеют высокую способность к адгезии, по причине того, что в их состав входят поверхностно-активные вещества. Поверхностная

гидрофобизация активно используется при обработке фасадов в строящихся и готовых домах, реставрации исторических памятников и на других объектах.

По химическому составу гидрофобизаторы бывают следующими:

1. На водной основе (используются для неглубокого проникновения в основание – около 10 мм. Они очень просты и безопасны в эксплуатации);
2. Силиконовые средства (продукция на их базе востребована за счет прочности покрытия).

Также можно выделить продукцию на основе органического растворителя, уровень проникновения которого достигает 35 мм, а также гидрофобизаторы, изменяющие внешний вид основания. Основным преимуществом такой продукции является способность состава усиливать базовый цвет поверхности, а также создание эффекта «мокрого камня». Существует продукция, которой присущи свойства не только облагораживать цвета и оттенки, но и задавать свой цвет, поскольку она в своем составе уже имеет красящие пигменты. Такая продукция популярна для применения в работе с гипсовыми конструкциями, изготовленными своими руками.

В работе с гидрофобизаторами можно выделить преимущества и недостатки данной современной технологии.

Плюсы:

- после нанесения раствора основа становится более устойчивой к воздействию осадков;
- удается дольше сохранить первоначальный внешний вид конструкций;
- предотвращает размножение микроорганизмов, способствующих появлению плесени и грибков;
- сохраняется паропроницаемость;
- увеличивается срок службы материала;
- не возникает трудностей с нанесением раствора.
- фасад, дорожная плитка, кирпичные постройки и заборы намного быстрее высыхают после дождя;

- способ позволяет избавиться от образования наледей, которые часто приводят к травмам.

Минусы: из-за недобросовестных производителей существуют риски выпуска некачественных консистенций, которые не оправдывают ожиданий покупателей, а также составы с эффективными свойствами стоят достаточно дорого.

Вывод. Исходя из вышеперечисленных особенностей, можно сделать вывод о том, что благодаря современным технологиям появилась возможность применения высокоэффективных средств, которые благотворно влияют на качество строительных материалов, увеличивая некоторые показатели, что, в свою очередь, положительно сказывается на долговечности конструкций.

Литература

1. Воронков, М.Г. Водоотталкивающие покрытия в строительстве / М.Г. Воронков, Н.В. Шорохов. – Рига: Изд-во АН СССР, 1963. – 190 с.
2. Пащенко, А.А. Кремнеорганические защитные покрытия / А.А. Пащенко, М.Г. Воронков. – Киев: Техника, 1969. – 252 с.
3. Александровский, С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций / С.В. Александровский. – М.: РААСН, 2004. – 332 с.
4. Бабков, В.В. Структурообразование и разрушение цементных бетонов / В.В. Бабков, В.Н. Мохов, С.М. Капитонов, П.Г. Комохов. – Уфа: ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2002. – 376 с.

Сухорада Юлия Леонидовна, студентка группы ЭУН-7б, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: suhorada.yu.l-eun-7b@donnasa.ru

Научный руководитель:

Покинтелица Елена Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru.

HYDROPHOBIZERS IN CONSTRUCTION

Annotation. The article draws attention to the need for wider use of hydrophobizers in construction in order to increase the durability of reinforced concrete and brick building structures, reduce their thermal conductivity, prevent the formation of ice and icicles, improve the indicators of sanitary and hygienic properties in dwellings, reduce the cost of maintenance of buildings.

Keywords: hydrophobization, protection of structural surfaces, organosilicon hydrophobizers.

Sukhorada Yulia Leonidovna, student of the BME-7b group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Pokintelitsa Elena Anatolyevna, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 678.686

Чурилова С.А.,

студентка гр. ГК – 12а ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

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

доцент кафедры «Физика и прикладная химия» и

кафедры «Техносферная безопасность»

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ФОТОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА АВТОМОБИЛЬНЫМИ ВЫХЛОПАМИ

Аннотация. В статье дана оценка вклада автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха формальдегидом, проведён расчёт мощности выбросов формальдегида с учётом количества единиц автотранспорта ранжированных по видам двигателей внутреннего сгорания. Приведены фотохимические реакции, которые вызывают изменение концентрации примесей в атмосферном воздухе.

Ключевые слова: загрязнение, автотранспорт, вредные вещества, формальдегид, фотохимические реакции

Введение. В последние десятилетия, в связи с быстрым развитием автомобильного транспорта, существенным образом заострились проблемы влияния его на окружающую среду. Большую долю в загрязнении атмосферы составляют выбросы вредных веществ от автомобилей. В настоящее время на долю автомобильного транспорта приходится больше половины всех вредных выбросов в окружающую среду, которые являются главным источником загрязнения атмосферы, особенно в крупных городах.

Если в начале 70-х годов часть загрязнений, внесенных автомобильным транспортом в атмосферный воздух, составляла 10-13%, то в данное время эта величина достигла 50-60% и продолжает расти [1].

Постановка задачи. Проанализировать проблемы неблагоприятного влияния автотранспорта на окружающую природную среду.

Главной причиной неблагоприятного влияния автотранспорта на окружающую природную среду остается низкий технический уровень эксплуатируемых автомобилей и отсутствие системы нейтрализации отработанных газов.

Отходящие газы двигателей внутреннего сгорания содержат сложную смесь, которая насчитывает более 200 соединений. В основном это газообразные вещества и небольшое количество твердых частиц, которые находятся во взвешенном состоянии. Газовая смесь состоит из инертных газов, которые проходят через камеру сгорания без перемен, продуктов сгорания и несгоревшего окислителя. Твердые частицы - продукты дегидрирования топлива, металлы, а также вещества, что содержатся в топливе и не могут сгореть. По химическим свойствам, характеру влияния на организм человека вещества (отходящие газы), разделяют на нетоксичные (N_2 , O_2 , CO_2 , H_2O , H_2) и токсичные (CO , C_mH_n , H_2S , альдегиды и др.). Основными представителями альдегидов, которые поступают в атмосферный воздух с выбросами автомобилей, является формальдегид и акролеин. Уровень загрязнения воздуха формальдегидом близ автотрасс довольно высокий [2].

Количество органических соединений отработанных газов зависит от многих факторов. Среди них главными являются: тип двигателя и его техническое состояние, режим работы и состав топлива. Степень выгорания углеводородов определяется, в значительной мере, соотношением топлива и воздуха в горючей смеси. Бензиновые двигатели с искровым зажиганием работают при соотношении топливо – воздух, близко к стехиометрическому, тогда как двигатели компрессионного типа работают при избытке воздуха. Условия сгорания топлива в них отличаются, что приводит к расхождениям в составе компонентов отработанных газов. Бензиновые двигатели выбрасывают больше несгоревших углеводородов и продуктов их неполного окисления (углерода и альдегидов), чем дизеля [2].

Результаты. Для оценки вклада автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха формальдегидом, был проведен анализ транспортных потоков на пересечении улицы Челюскинцев и проспекта Богдана Хмельницкого. С учётом количества единиц автотранспорта ранжированных по видам двигателей внутреннего сгорания был проведён расчёт мощности выбросов формальдегида. По программе ЭОЛ+ произведён расчёт рассеивания выбросов формальдегида, который показал, что наибольшая концентрация составила 0,057 ПДК, т.е. вклад автотранспорта в формирование концентрации формальдегида составляет 5%.

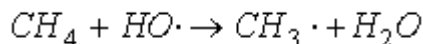
Фотохимические реакции.

Первый от поверхности Земли слой атмосферы является неравновесной химически активной системой. В ней непрерывно идут процессы, которые вызывают изменение концентрации примесей в атмосферном воздухе.

Основной задачей атмосферной химии является описание глобальных балансов присутствующих в атмосфере химических соединений. Особенности баланса данного компонента сказываются на его пространственном распределении, определяют значимость его вноса в радиационный режим и тем самым в динамику атмосферы, влияют на санитарно-гигиенические характеристики воздуха и т.д.

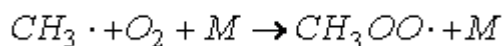
Углеводороды, которые выделяются поверхностными источниками, попадая в атмосферу, включаются в реакции, конечным относительно стабильным продуктом которых является оксид углерода. Простейшей из углеводородов - метан отличается маленькой реакционной способностью и, имеет большое среднее время пребывания в атмосфере. Поэтому для него ощутимым стоком из тропосферы служит диффузия в стратосферу. Химические преобразования, которые происходят с метаном в тропосфере и стратосфере, вообще подобные, но начальные стадии фотохимического окисления на разных высотах отличаются. В верхней стратосфере происходит фотолиз под действием ультрафиолетового света с длиной волны менее 160 нм. В средних пластах стратосферы окисление начинается, вероятно, при взаимодействии с

метастабильным синглетным кислородом. В нижней стратосфере и в тропосфере, куда не проникает коротковолновая радиация Солнца и где маленькая концентрация атомов кислорода, основным процессом является атака гидроксильным радикалом:

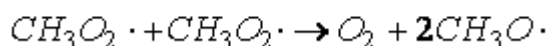
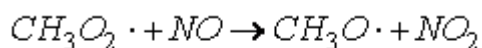


Предложение о ведущей роли этих частиц в инициировании реакции окисления углеводородов было сделано в работах, авторы которых позднее предложили механизм деструкции метана в атмосфере.

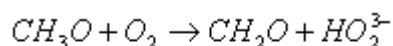
Радикал, который образовался на первой стадии – метильный, при столкновении с молекулой кислорода дает другую неустойчивую частицу – метилпероксидный радикал:



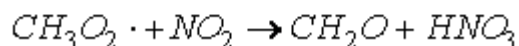
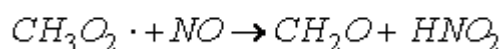
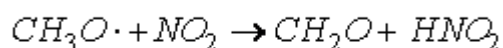
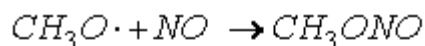
Процесс этот может идти по двум альтернативным направлениям



Атака метоксильным радикалом кислорода приводит к молекуле формальдегида:



Иногда в число возможных промежуточных стадий входят также реакции метоксильного и метилпероксидного радикалов с NO и NO₂:



Исходя из этого видно, что формальдегид является вторичным продуктом фотохимического смога.

Особый тип загрязнения городской атмосферы, впервые отмеченный в 1944 г. в г. Лос-Анджелесе, получил название «фотохимического смога». В отличие от общеизвестного «лондонского смога» – густого тумана с примесью

частиц сажи и оксидов серы, – фотохимический смог возникает под действием солнечного света, чаще всего в условиях стойкой стратификации атмосферы, при низкой влажности воздуха. Признаком возникновения смога служит появление голубоватой дымки и вследствие этого ухудшения видимости. Наблюдается сильное раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и глаз. Сохранение смоговой ситуации в течение продолжительного времени приводит к повышению заболеваемости и смертности среди населения. В особенности сильно смог влияет на детей и лица пожилого возраста. Он делает вредное влияние и на растительность, вызывая увядание и гибель листвы. К более отдаленным следствиям относятся коррозия металлов, разрушения резины и сооружений [3].

Основными химическими соединениями, ответственными за свойства смога, служат озон и пероксиацетилнитрат. Именно эти соединения прибавляют фотохимическому смогу окислительный характер [3].

Выводы. Формальдегид, в основном является вторичной примесью, образованной в процессе реакции углеводородов в атмосфере. В ряде случаев его образованию способствует наличие в атмосфере высоких концентраций оксида азота, а также высокой интенсивности солнечной радиации, при которой усиливаются реакции образования формальдегида из неметановых углеводородов. Поэтому высокие концентрации формальдегида не обязательно связаны с выбросами этого вещества, но могут создаваться вследствие общего очень высокого загрязнения атмосферного воздуха города [2-4].

Прогнозирование концентраций формальдегида.

Выраженный сезонный цикл графиков годового хода концентраций формальдегида приводит к мнению о сезонных факторах, которые обуславливают колебание концентраций. Можно сделать вывод, что в значительной мере на образование формальдегида влияет температура воздуха, осадки же наоборот вымывают его из атмосферного воздуха, причем твердые осадки в большей степени оказывают содействие его вымыванию, чем жидкие, так как имеют большую сорбирующую поверхность.

Согласно сделанным выводам возможно проведение регрессионного анализа зависимости концентрации формальдегида от метеопараметров. Сущностью регрессионного анализа является установление функциональной зависимости концентраций формальдегида от разных метеорологических параметров.

Используя данные стационарных постов по методу множественной регрессии, можно определить функциональные зависимости и сделать прогноз концентраций формальдегида по городу Донецку с использованием пакета программ статистической обработки STATISTICA. В качестве предикторов будут приняты такие параметры - абсолютная влажность, температура воздуха, скорость ветра, количество осадков, высота слоя перемешивания и комплексный показатель МУЗ [3].

Кроме регрессионного анализа, возможно прогнозирование будущих концентраций формальдегида по теории временных рядов. Построение зависимости концентраций формальдегида от времени даёт возможность прогноза будущих концентраций без предварительного измерения метеопараметров.

Литература

1. Сердюк, А. И. Химия биосферы: учебное пособие для студентов направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» / А. И. Сердюк, Ю. А. Ташкинов. – Макеевка: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2022. – 96 с.
2. Студенок, А. Г. Химия окружающей среды. – В 3 частях. Ч. 1 : учебное пособие / А. Г. Студенок, Г. А. Студенок. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 99 с.
3. Арефьева, О.А. Проблемы загрязнения атмосферы. Экологический мониторинг и нормы воздействия отраслей промышленности: учебное пособие / О. А. Арефьева, Н. А. Политаева, О. В. Рябова [и др.]. – Саратов: Саратовский

государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2020. – 72 с.

4. Покровская, Е. Н. Физическая химия. Химия атмосферы: учебное пособие / Е. Н. Покровская, Т. Г. Бельцова. – Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015. – 109 с.

Чурилова София Алексеевна, студентка гр. ГК – 12а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: churilova.s.a-gk-12a@donnasa.ru

Самойлова Елена Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и Прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru

PHOTOCHEMICAL REACTIONS IN CASE OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION BY AUTOMOBILE EXHAUST

Annotation. The article assesses the contribution of vehicles to atmospheric air pollution with formaldehyde, calculates the power of formaldehyde emissions taking into account the number of vehicles ranked by types of internal combustion engines. Photochemical reactions that cause a change in the concentration of impurities in the atmospheric air are given.

Keywords: pollution, motor transport, harmful substances, formaldehyde, photochemical reactions.

Churilova Sofia, student of gr. GC – 12a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Samojlova Helen, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.





УДК 678.686

Рамченко В.А.,

студент гр. ИЗОС – 4а ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

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

доцент кафедры «Физика и прикладная химия» и

кафедры «Техносферная безопасность»

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Аннотация. Рассмотрена проблема загрязнения почвы тяжелыми металлами, а также их воздействие на почвенные микроорганизмы. Дана характеристика предприятий – поставщиков отходов, обогащенных металлами (предприятия по выплавке и переработки цветных металлов, металлургических производств, заводов по переработке руд и пр.).

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, загрязняющие вещества, окружающая среда, токсичность, концентрация, отходы

Введение. Серьезной экологической проблемой за последнее столетие стало интенсивное развитие промышленности и транспортного комплекса, представляющих собой наиболее мощные источники загрязнения биосферы вредными ингредиентами. Среди неорганических ксенобиотиков антропогенного происхождения к наиболее опасным и прогрессивно развивающимся в природной среде относятся металлы. Интенсивное промышленное и сельскохозяйственное использование природных ресурсов вызвало существенные изменения биохимических циклов большинства из них [1].

При современных условиях развития производства важное значение имеет познание механизмов и закономерностей распределения тяжелых металлов в

окружающей среде. Это обстоятельство определяет необходимость проведения постоянного мониторинга за поступлением тяжелых металлов в экосистемы.

Постановка задачи. Рассмотреть и проанализировать проблему загрязнения почвы тяжелыми металлами, а также их воздействие на почвенные микроорганизмы.

Тяжелые металлы (ТМ) уже сейчас занимают второе место по степени опасности, уступая пестицидам и значительно опережая такие широко известные загрязнители, как двуокись углерода и серы. В перспективе они могут стать более опасными, чем отходы атомных электростанций и твердые отходы. Загрязнение ТМ связано с их широким использованием в промышленном производстве. В связи с несовершенными системами очистки ТМ попадают в окружающую среду, в том числе и в почву, загрязняя и отравляя ее. ТМ относятся к особым загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах [1].

Почва является основной средой, в которую попадают ТМ, в том числе из атмосферы и водной среды. Она же служит источником вторичного загрязнения приземного воздуха и вод, попадающих из нее в Мировой океан. Из почвы ТМ усваиваются растениями, которые затем попадают в пищу.

В работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей природной среды и экологического мониторинга, на сегодняшний день к тяжелым металлам относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 40 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. По классификации Н. Реймерса (1990), тяжелыми следует считать металлы с плотностью более 8 г/см³. При этом немаловажную роль в категорировании тяжелых металлов играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомагнификации. Практически все металлы, попадающие под это определение (за исключением свинца, ртути, кадмия и висмута, биологическая роль которых на настоящий момент не ясна),

активно участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов [1].

Самыми мощными поставщиками отходов, обогащенных металлами, являются предприятия по выплавке цветных металлов (алюминиевые, глиноземные, медно-цинковые, свинцово-плавильные, никелевые, титаномагниевого, ртутные и др.), а также по переработке цветных металлов (радиотехнические, электротехнические, приборостроительные, гальванические и пр.).

В пыли металлургических производств, заводов по переработке руд концентрация Pb, Zn, Bi, Sn может быть повышена по сравнению с литосферой на несколько порядков (до 10–12), концентрация Cd, V, Sb – в десятки тысяч раз, Cd, Mo, Pb, Sn, Zn, Bi, Ag – в сотни раз. Отходы предприятий цветной металлургии, заводов лакокрасочной промышленности и железобетонных конструкций обогащены ртутью. В пыли машиностроительных заводов повышена концентрация W, Cd, Pb (табл. 1) [2-3].

Таблица 1. Основные техногенные источники тяжелых металлов

Источники тяжелых металлов	Элементы
Цветная металлургия	Pb, Zn, Cu, Hg, Mn, Sb, W, Co, Cd
Черная металлургия	Ni, Mn, Pb, Cu, Zn, W, Co
Энергетика	As, Sb, Se
Нефтяная промышленность	Pb, Cu, Ni, Zn, Mn
Сжигание угля	Sb, As, Cd, Cr, Mo
Сжигание нефти	As, Pb, Cd

Пахотные почвы загрязняются такими элементами как Hg, As, Pb, Cu, Sn, Bi, которые попадают в почву в составе ядохимикатов, биоцидов, стимуляторов роста растений, структурообразователей. Нетрадиционные удобрения, изготавливаемые из различных отходов, часто содержат большой набор

загрязняющих веществ с высокими концентрациями. Из традиционных минеральных удобрений фосфорные удобрения содержат примеси Mn, Zn, Ni, Cr, Pb, Cu, Cd.

Почвы представляют собой гетерогенные смеси различных органических и органоминеральных субстанций, глинистых минералов, оксидов Fe, Al, Mn и других твердых компонентов, а также разнообразных растворимых веществ. Поэтому механизмы связывания тяжелых металлов в почвах многообразны и меняются в зависимости от состава почв, их реакционной способности и окислительно-восстановительных условий. Таким образом, элементы могут образовывать различные соединения в зависимости от того, с каким компонентом почвы они связаны и каковы площади реагирующих поверхностей фаз, от наличия внешних и внутренних позиций в кристаллической структуре с различными энергиями связи.

Химические элементы не только поступают в почву и накапливаются в ней, но и выносятся из нее за счет миграции с поверхностными водами, грунтовыми водами, за счет потребления растениями. Некоторые элементы переходят из почвы в атмосферный воздух. Однако механизмы, приводящие к уменьшению концентрации элемента в почве, практически не изменяют исходной концентрации элемента в почве. Если поступление химического элемента в почву выше интенсивности его выноса из почвы, то концентрация этого элемента возрастает во времени. В то же время, с увеличением концентрации элемента в почве увеличивается и скорость его выноса. В конечном итоге скорости внесения элемента в почву и выноса его из почвы становятся равными и наступает состояние стационарного равновесия.

Основным механизмом выноса тяжелых металлов из почвы является сток с поверхностными водами в составе почвенных частиц и в растворимой форме. На песчаных почвах и на почвах ровного рельефа вынос может быть связан с вертикальной миграцией в составе фильтрующих вод [1].

Результаты. *Хром.* Хром является важным элементом питания растений. Снижение его подвижности в почвах может приводить к дефициту в растениях.

Легкорастворимый в почвах Cr^{+6} токсичен для растений и животных. Хром отличается широким разнообразием состояний окисления и способностью формировать комплексные анионные и катионные ионы ($\text{Cr}(\text{OH})_2^+$, CrO_4^{2-} , CrO_3^-). В природных соединениях преобладает хром в степени окисления +3 (хромовые соединения) и +6 (хроматы). Большая часть Cr^{3+} присутствует в хромате FeCr_2O_4 или других минералах шпинелевого ряда, в которых он замещает железо и алюминий [4].

Поведение хрома зависит от pH и окислительно-восстановительного потенциала почв. Важным моментом в поведении элемента, с которым связана доступность хрома для растений, является легкость, с которой растворимый Cr^{+6} при нормальных почвенных условиях переходит в нерастворимый Cr^{3+} . В результате окисляющей способности соединений марганца в почвах может наблюдаться окисление Cr^{3+} [4].

Свинец. Естественное содержание свинца в почвах колеблется от 3 до 189 мг/кг. Свинец присутствует в виде Pb^{2+} . При выветривании сульфиды свинца медленно окисляются. Среди тяжелых металлов свинец наименее подвижен. При высоких pH он осаждается в почве в виде гидроксида, фосфата, карбоната. Эти же условия способствуют образованию Pb-органических комплексов.

Уровни содержаний, при котором элемент становится токсичным, колеблются в пределах 100-500 мг/кг. Свинцовые загрязнения от предприятий цветной металлургии представлены минеральными формами, от выхлопных газов автотранспорта – галогенидных солей. Содержащие свинец частицы выхлопных газов неустойчивы и легко превращаются в оксиды, карбонаты, сульфаты. Загрязнение почв свинцом носит необратимый характер, поэтому накопление микроэлемента в верхнем горизонте почв будет идти даже в условиях его небольшого поступления.

Накопление свинца в верхнем горизонте почв имеет большое экологическое значение, так как он сильно воздействует на биологическую активность почв и почвенную биоту. Его высокие концентрации могут

тормозить микробиологические процессы особенно в почвах с низким значением катионообменной емкости [4].

Цинк. Цинк может находиться в почве в виде оксосульфатов, карбонатов, фосфатов, силикатов, оксидов и гидроксидов. Эти неорганические соединения метастабильны в хорошо дренируемых сельскохозяйственных угодьях.

Растворимость цинка повышается в кислых почвах, а также при комплексообразовании с низкомолекулярными органическими лигандами. Восстанавливающие условия могут уменьшать растворимость у цинка из-за образования нерастворимого ZnS.

Фитотоксичность цинка обычно проявляется при контакте корней растения с избыточным по цинку раствором в почве. Транспорт цинка через почву происходит посредством обмена и диффузии, причем последний процесс доминирует в почвах с низким содержанием цинка. Обменный транспорт более значителен в высокоцинковых почвах, в которых концентрации растворимого цинка сравнительно стабильны.

Мобильность цинка в почвах повышается в присутствии хелатообразователей (природных или синтетических). Увеличение концентрации растворимого цинка, вызванное образованием растворимых хелатов, компенсирует понижение мобильности, обусловленное увеличением размера молекулы. Концентрации цинка в тканях растений, его общее поглощение и симптомы токсичности положительно коррелируют с концентрацией цинка в растворе, омывающем корни растения [4].

Выводы. Почва является экологическим узлом связей биосферы, в котором наиболее интенсивно протекает взаимодействие живой и неживой материи. На почве замыкаются процессы обмена веществ между земной корой, гидросферой, атмосферой, обитающими на суше организмами, важное место среди которых занимают почвенные микроорганизмы.

Аккумулирующиеся в почве ТМ извлекаются из нее растениями и по трофическим цепям в возрастающих концентрациях поступают в организм животных.

Литература

1. Шишкина, Д.Ю. Тяжёлые металлы в почвах: монография / Д.Ю. Шишкина. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. – 97 с.
2. Алексеенко, В.А. Металлы в окружающей среде. Оценка эколого-геохимических изменений: сборник задач / В.А. Алексеенко, А.В. Суворинов, Е.В. Власова. – Москва: Логос, 2012. – 216 с.
3. Горбов, С.Н. Тяжелые металлы и радионуклиды в почвах Ростовской агломерации: монография / С.Н. Горбов, О.С. Безуглова. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. – 124 с.
4. Михайленко, А.В. Тяжелые металлы в компонентах ландшафта Азовского моря: монография / А.В. Михайленко, Ю.А. Федоров, И.В. Доценко. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018. – 214 с.

Рамченко Виталий Александрович, студент группы ИЗОС -4 а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: ramchenko.v.a.- izos-4@donnasa.ru

Научный руководитель:

Самойлова Елена Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и Прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru

CONSEQUENCES OF SOIL POLLUTION WITH HEAVY METALS

Annotation. The problem of soil contamination with heavy metals, as well as their impact on soil microorganisms, is considered. The characteristics of enterprises -

suppliers of waste enriched with metals (enterprises for the smelting and processing of non-ferrous metals, metallurgical industries, ore processing plants, etc.) are given.

Keywords: heavy metals, soil, pollutants, environment, toxicity, concentration, waste

Ramchenko Vitaliy, student of the group IZOS -4a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: ramchenko.v.a.-izos-4@donnasa.ru

Scientific supervisor:

Samojlova Helen, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru





УДК 548-5

Бобрик А.В.,
обучающаяся Малой академии строительства и архитектуры
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.х.н., доцент Соболев О.В.,
доцент кафедры физики и прикладной химии
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ПЕЩЕРА КРИСТАЛЛОВ

Аннотация. Рассмотрен механизм образования кристаллов селенита в Пещере кристаллов, который представляет огромный научный интерес. Постоянные исследования и анализ получаемых данных предоставляют геологам грандиозное поле для изучения. «Многомиллионная закупорка пещер» дает возможность ученым не только предположить, но и воочию увидеть, этапы развития земной коры.

Ключевые слова: кристалл, гипс, селенит, рост, пещера.

Введение. Согласно сложившимся в минералогии, геологии и кристаллографии представлениям, совокупность процессов, приведших к формированию конкретного кристаллического объекта, включает несколько стадий. Первые, начальные стадии, охватывают процессы до образования устойчивого кристаллического зародыша, а последующие связаны с увеличением размеров образовавшегося кристалла, т.е. его рост.

В данной работе приведены примеры образования кристаллов селенита в Пещере кристаллов, расположенной около города Найка, штат Чиуауа (Мексика).

Результаты. Пещера была обнаружена в 2000 году. В поисках новых перспективных месторождений железной руды шахтеры неожиданно

натолкнулись на необычное зрелище: целая пещера была заполнена массивными молочно-белыми гипсовыми кристаллами. Длина некоторых кристаллов достигала 11 метров при ширине 1 метр – намного больше, чем известные до этого гипсовые кристаллы, образовавшиеся в естественных условиях или выращенные искусственно.



Рис. 1. Пещера кристаллов (исп. Cueva de los Cristales) [1]

Пещера кристаллов расположена на глубине 290 метров под землей, местность около нее богата свинцовыми, цинковыми и серебряными рудами. С момента открытия пещеры подземный «кристаллизатор» привлекал внимание ученых со всего света, которые приезжали, чтобы не только полюбоваться на редкое зрелище, но и выяснить причины образования таких больших и правильных кристаллов. Изучение механизма их образования представляет не только теоретический интерес, но и поможет разработать способы защиты кристаллов от разрушения, чтобы сохранить эту красоту для будущих поколений.

Предполагается, что образование кристаллов началось около 26 миллионов лет назад, когда в результате вулканической активности магма вышла на поверхность в районе расположения современного города Найка. Выход магмы способствовал формированию горы и накоплению в подгорных известковых пещерах горячей и насыщенной минералами воды. Вулканическая активность привела к смещению элементов земной коры, и

пещера с водой, насыщенной минеральными веществами, лишилась контакта с другими подземными резервуарами, оказавшись «запечатанной». Вода содержала большое количество малорастворимого сульфата кальция, который, в зависимости от условий, может образовывать несколько минералов.

В Пещере кристаллов он превратился в одну из форм гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – прозрачную и бесцветную его разновидность, известную как селенит.

У каждого минерала есть своя область условий, в которых он сохраняет устойчивость, изменение же условий способствует превращению одного минерала в другой. Так, минерал на основе безводного сульфата кальция (CaSO_4) – ангидрида, который более устойчив в горячей воде и может осаждаться при температуре 58°C ; гипс же формируется при охлаждении концентрированного раствора сульфата кальция до 56°C .

Для гипса характерна слоистая кристаллическая структура, образующаяся в результате чередования формульных единиц сульфата кальция и бимолекулярных слоев воды.

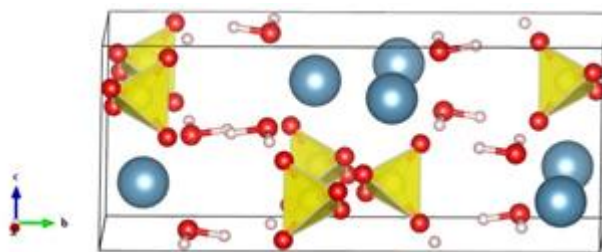


Рис. 2. Кристаллическая структура гипса: синий – кальций, желтый – сера, красный – кислород, розовый – водород [2]

Первоначально в воде, подогреваемой магмой, началось формирование осадочных отложений ангидрита. Затем, спустя тысячи лет, когда температура воды в пещерах опустилась ниже 58°C , началось растворение ангидрита, которое сопровождалось образованием центров кристаллизации и последующим ростом кристаллов гипса. Растворявшийся ангидрит поддерживал подземный раствор достаточным количеством сульфата кальция, чтобы обеспечить его

легкую пересыщенность, создавая идеальные условия для медленного роста кристаллов гипса. Если раствор, в котором идет кристаллизация, слишком перенасыщен (такое, например, может произойти при резком понижении температуры), образуется много центров кристаллизации, что приводит к быстрому росту небольших по размеру кристаллов. Медленная кристаллизация дает большие кристаллы, быстрая – много небольших по размеру, это верно и при образовании кристаллов в лаборатории, и в естественных условиях. То есть огромные кристаллы сформировались в пещере именно потому, что концентрация сульфата кальция в растворе в момент роста кристаллов гипса была лишь незначительно выше концентрации насыщенного раствора.

Исследователи даже смогли оценить, с какой скоростью проходил рост кристаллов в Пещере кристаллов при температурном интервале между 54 и 58°C. Для этого они погружали фрагмент гипсового кристалла из этой пещеры в перенасыщенные при разных температурах растворы сульфата кальция и измеряли скорость осаждения новых слоев на «маточный» кристалл. Оказалось, что при температуре водного раствора сульфата кальция 55°C (наиболее вероятная температура при образовании мегакристаллов) кристаллы гипса росли так медленно, что за двести лет толщина кристалла увеличивалась всего лишь на толщину бумажного листа, а одного метра в поперечнике, кристаллы достигали при такой температуре примерно за миллион лет [3].

Выводы. Согласно проведенным последним компьютерным моделированиям и математической обработке, в шахтовом комплексе Naica, где и была найдена эта пещера, ждут своего часа еще несколько подобных камер. Если верить разработанной теории генетических механизмов образования подобных кристаллов, то весьма возможно, что в когда-то активных тектонических регионах нашей планеты есть такие же пещеры-залы с уникальными кристаллами.

Литература

1. Пещера кристаллов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 10.03.2023).
2. Crystallography365. Blogging a Crystal Structure a day in 2014 [Электронный ресурс] – Режим доступа: crystallography365.wordpress.com (дата обращения: 12.02.2023).
3. Аркадий Курамшин. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://elementy.ru/kartinka_dnya/835/Peshchera_kristallov (дата обращения: 12.04.2023).

Бобрик Анна Владимировна, обучающаяся 11 класса Республиканского архитектурно-строительного лицея-интерната при ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Российская Федерация, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

е-mail: cluck@mail.ru.

Научный руководитель:

Соболь Оксана Викторовна, к.х.н., доцент, доцент кафедры физики и прикладной химии, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Российская Федерация, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

е-mail: cluck@mail.ru.

THE CAVE OF CRYSTALS

Annotation. The mechanism of formation of selenite crystals in the Cave of Crystals, which is of great scientific interest, is considered. Constant research and analysis of the obtained data provides geologists with a grandiose field for study. The "Multimillion-dollar blockage of caves" makes it possible for scientists not only to assume, but also to see firsthand, the stages of development of the earth's crust.

Keywords: crystal, gypsum, selenite, height, cave.

СЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Bobrik Anna, student of the 11th grade of the Republican Architectural and Construction Boarding School at "Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture", 286123, Russian Federation, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: cluck@mail.ru.

Scientific supervisor:

Sobol Oksana, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor, Department of Physics and Applied Chemistry, FBEI HE "Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture" 286123, Russian Federation, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: cluck@mail.ru.





УДК 678.686

Жмака М.И.,
студентка гр. ИЗОС-4а, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,
доцент кафедры «Физика и прикладная химия» и
кафедры «Техносферная безопасность»
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЕЕ ОЧИСТКИ

Аннотация. Рассмотрены и проанализированы структура и состав почвы, перспективные методы биологической очистки, связанные с выращиванием определенных видов растений или с подготовкой и внесением специально отобранных микроорганизмов.

Ключевые слова: деградация почвы, биологические методы, окружающая среда, литосфера, антропогенное воздействие, микроорганизмы

Введение. Проблема очистки почвы от различного рода загрязнений является достаточно острой и актуальной для нашей страны. Как известно, почва представляет собой верхний плодородный слой земной литосферы, состоящий из верхнего, среднего и нижнего слоев. Загрязнение почвенных слоев на связано с содержанием в ней различных веществ, радионуклидов и патогенных микроорганизмов в повышенных количествах. Прогресс в решении проблемы загрязнения почвы связан с дальнейшим внедрением и развитием существующих сегодня физических, химических и биологических методов очистки почвы.

Постановка задачи. Рассмотреть и проанализировать наиболее перспективные методы биологической очистки, связанные с выращиванием

определенных видов растений или с подготовкой и внесением специально отобранных микроорганизмов.

Современное общество всё чаще сталкивается с возрастающим загрязнением окружающей среды и негативными последствиями, которые им вызываются. Наряду с другими составляющими окружающей среды с серьезным антропогенным воздействием сталкивается почва. В результате загрязнения происходит деградация почвы, снижается урожайность, оказывается прямое токсичное воздействие на растения и микроорганизмы или косвенное загрязнение окружающей среды в результате вымывания из почвы загрязнителей водой. Для очистки почвы от загрязнений разрабатываются и модернизируются различные методы и технологии, основанные на физическом, химическом и биологическом воздействии на почву и содержащиеся в ней загрязнители. При этом важным требованием является не только эффективность, но и экологическая безопасность очистки, чтобы избежать вторичного загрязнения. Физические методы очистки заключаются в использовании электрического тока для электрохимической и электрокинетической очистки в форме электролиза, электрокоагуляции, электрохимического окисления, электрофореза, электроосмоса и др. Однако данные методы отличаются высокой стоимостью [1]. Химические методы очистки связаны с промывкой почвы растворами реагентов с последующей рекультивацией. Недостатками данных методов является длительность и большое количество образующихся сточных вод.

Почва состоит из минеральной части, включающей глинистые вещества, песок, минеральные соли и др., и органической части, состоящей из остатков органического происхождения и гумуса. В составе почвы также выделяют жидкую часть, являющуюся водным раствором минеральных и органических веществ.

Немаловажную роль в загрязнении почвы играет и круговорот воды, загрязнителей, в природе, оседание загрязнителей из атмосферы и размножение патогенной микрофлоры в результате загрязнений.

С развитием различных технологий и отраслей промышленности, а также с ростом населения загрязнение почвы повышается, появляются новые соединения, которые раньше не попадали в почву, но на сегодняшний день оказываются в числе ее загрязнителей и наносят почве ущерб. В связи с этим со временем растут масштабы загрязнения почвенного покрова. Загрязнение почвенных слоев на территории России, как и в других странах, связано с содержанием в ней различных веществ, радионуклидов и патогенных микроорганизмов в повышенных количествах [3].

Загрязнение приводит к деградации почвы, ее подкислению, снижению урожайности, повышению ее токсичности и потере полезных веществ. Загрязнение почвы негативно сказывается не только на растениях и животных, но и на здоровье людей, как взрослых, так и детей, у которых иммунитет окончательно не сформирован, и они более подвержены воздействию загрязнителей.

Почва, как и другие составляющие окружающей среды, имеет способность к самовосстановлению, однако это длительный процесс и для больших объемов загрязнений малоэффективен. Тем не менее одним из методов очистки почвы, который можно отнести к естественным биологическим является самоочищение почвы при условии прекращения новых загрязнений за счет утилизации отходов и отказа от свалок. Повысить эффективность самоочищения можно путем удаления верхнего, наиболее загрязненного, слоя почвы [4].

Результаты. В данной работе рассмотрены отдельно биологические методы очистки, которые нередко используются после физических и химических методов для окончательного восстановления показателей почвенного покрова. Биологические методы очистки можно объединить под названием биоремедиация, которая подразумевает очистку почвы в процессе жизнедеятельности растений, микроорганизмов, грибов и в ряде случаев других живых организмов, например, дождевых червей.

Одним из распространенных направлений биоремедиации является фиторемедиация, которая, как следует из названия, подразумевает

использование потенциала растений по разложению, иммобилизации или извлечению загрязнителей из почвы.

Фитоэкстракция. Для очистки почвы наиболее часто используется фитоэкстракция, которая представляет выращивание растений-гипераккумуляторов с целью накопления загрязнителей в организме растений. Этот метод с использованием растений из семейства Крестоцветных (Cruciferae) или Капустных (Brassicaceae), в частности, ярутки сизовой (Nocca caerulescens), а также таких растений, как амарант (*Amaranthus cantatu*) и львиный зев (*Antirrhinum majus*), достаточно эффективен для извлечения тяжелых металлов, в частности меди, цинка, никеля, кадмия, кобальта, свинца, марганца, хрома и их соединений. Для повышения эффективности необходимо обеспечить несколько циклов роста растений на очищаемой территории.

После фитоэкстракции растения собирают и сжигают, а пепел утилизируют. Вторым распространенным направлением является биоремедиация с использованием микроорганизмов, для обеспечения которой в почву вносят высокие концентрации специально отобранных микроорганизмов, например, *seudomonas aeruginosa*-12-P или *Pseudomonas citronelollis*-48-Y, или их консорциумов, например, ассоциации штаммов *Rhodococcus* 1418 и *Rhodococcus* 1715. Эта группа методов достаточно эффективна при очистке почвы от нефтепродуктов и нефти [5].

Методы очистки внесением культур. Методы внесения культур микроорганизмов применяются в тех случаях, когда необходимая аборигенная микрофлора отсутствует. Они могут применяться при массивном и аварийном загрязнении, в сложных условиях, при отсутствии развитого естественного биоценоза. Достоинством этих методов является их селективность и возможность выведения штаммов микроорганизмов, разрушающих сложные токсичные соединения. Однако их эффективность не всегда бывает одинаково высока, поскольку многие культуры «работают» лишь в относительно узком диапазоне условий. За рубежом довольно широко для локальной очистки сильнозагрязненных почв и других материалов используется весьма

эффективная, но дорогостоящая технология «биовосстановления». Суть этой технологии сводится к тому, что загрязненный материал загружается в биореактор, оборудованный паровой экстракцией, трубопроводами для подвода кислорода (или воздуха), питательных веществ и системами контроля pH и температуры [6-7].

Технология применения биопрепаратов для очистки, в частности почвы, предусматривает одновременное внесение в почву микробиологических препаратов и минеральных компонентов, необходимых для питания микроорганизмов, в основном азота и фосфора, которые вносятся в виде минеральных удобрений.

Внесение микроорганизмов в почвы и породы эффективно и при очистке их от тяжелых металлов, радионуклидов, сульфатов. [8].

Методы биопоглощения загрязнителей. Эти методы основаны на способности различных организмов, прежде всего растений, поглощать всевозможные токсичные компоненты из почв и грунтов, накапливать их в своих тканях и тем самым очищать почвы. После этого растения выкашиваются и перерабатываются с целью концентрирования и утилизации накопившихся в них загрязнителей. Недостатком метода биопоглощения является необходимость последующей утилизации загрязнителей в тех или иных биопоглопителях. [7-9].

Кроме того, концентраторами тяжелых металлов являются лишайники, мхи и некоторые другие низшие растения. Имеются данные по поглощению растениями и радионуклидов. При этом подбираются такие культуры растений, которые интенсивно поглощают с помощью корневой системы долгоживущие радиоактивные изотопы и тем самым очищают корнеобитаемый слой почвы. Затем урожай скашивается и сжигается, радиоактивная зола концентрируется и складывается [9,10].

В лабораторных опытах показано достоверное снижение содержания остаточной нефти и уменьшение токсичности загрязнения через три месяца в почве с начальным нефтесодержанием 5 и 10%. В водоемах ртуть и полихлорированные бифенилы накапливаются в рыбах, для очистки водоемов

требуется последующее извлечение этих организмов, что делает этот метод неэффективным [10].

Таким образом, методы биопоглощения загрязнителей весьма многочисленны и обладают специфическими преимуществами перед другими способами, в частности селективностью.

Выводы. Исходя из проделанной работы можно сделать выводы, что загрязнение почвы является важной и актуальной проблемой, для решения которой существует три группы методов, дополняющих друг друга. Биологические методы будут малоэффективны против больших концентраций загрязнений и отличаются длительностью, однако на заключительных стадиях очистки или при малых концентрациях загрязнителей они наиболее эффективны за счет экологической безопасности и длительного эффекта очищения и восстановления показателей почвы.

Литература

1. Королев, В.А. Очистка и восстановление геологической среды: Учебное пособие для вузов / В.А. Королев – М.: Сампринт, 2019. – 430 с.
2. Юнусова, Д.М. Основные направления по использованию растений-гипераккумуляторов тяжелых металлов в фиторемедиации почв. / Д.М. Юнусова, Н.Г. Курамшина, С.П. Андреа // В сборнике: Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2019). Материалы XV Международной научно-технической конференции; – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2019. – С. 93-100.
3. Другов, Ю. С. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: практическое руководство / Ю. С. Другов, А. А. Родин. – 5-е изд. – Москва: Лаборатория знаний, 2020. – 260 с.
4. Биологический метод защиты растений: курс лекций. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – 52 с.

5. Ладонин, Д. В. Формы соединений тяжелых металлов в техногенно-загрязненных почвах / Д. В. Ладонин. – Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2019. – 312 с.
6. Другов, Ю. С. Мониторинг органических загрязнений природной среды. 500 методик: практическое руководство / Ю. С. Другов, А. А. Родин. – 5-е изд. – Москва: Лаборатория знаний, 2020. – 854 с.
7. Рассадина, Е. В. Биодиагностика и индикация почв: учебное пособие / Е. В. Рассадина, Е. Г. Климентова. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 157 с.
8. Мотузова, Г. В. Экологический мониторинг почв: учебник / Г.В. Мотузова, О. С. Безуглова. — Москва: Академический Проект, 2020. – 236 с.
9. Каллас, Е. В. Мелиорация засоленных почв и методы их изучения: учебно-методическое пособие / Е. В. Каллас, Т. А. Марон. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. – 137 с.
10. Горбов, С. Н. Тяжелые металлы и радионуклиды в почвах Ростовской агломерации: монография / С. Н. Горбов, О. С. Безуглова. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. – 124 с.

Жмака Мария Ивановна, студентка группы ИЗОС -4 а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: zmaka.m.i.-izos-4@donnasa.ru

Научный руководитель:

Самойлова Елена Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и Прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru

SOIL POLLUTION AND BIOLOGICAL METHODS OF ITS CLEANING

Annotation. The structure and composition of the soil, promising methods of biological treatment associated with the cultivation of certain plant species or with the preparation and introduction of specially selected microorganisms are considered and analyzed.

Keywords: soil degradation, biological methods, environment, lithosphere, anthropogenic impact, microorganisms

Zhmaka Maria, student of the group IZOS -4 a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: zmaka.m.i.-izos-4@donnasa.ru

Scientific supervisor:

Samojlova Helen, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru





УДК 541.138.2

Борисов Д.В.,
студ. группы ААХ-28б, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.х.н., доцент Фролова С.А.,
зав. кафедрой физики и прикладной химии,
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛА И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ

Аннотация. Рассмотрены химическая и электрохимическая коррозии и методы защиты металлов от коррозии.

Ключевые слова: металл, коррозия, химическая коррозия, электрохимическая коррозия, кортеновская сталь.

Введение. Коррозия является причиной ухудшения механических свойств и внешнего вида изделий, приводит к значительным потерям изделий из металлов, в частности из железа.

Ржавчина представляет собой рыхлый бурый налёт, который возникает на различных железных изделиях при их хранении во влажном воздухе. Ржавчина не имеет определённого состава, но её условно записывают в виде гидроксида железа (III).

Коррозия металлов или ржавление в химии – это явление, которое возникает из-за взаимодействия металлической пластинки с веществами окружающей среды (кислородом воздуха или кислотами, с которыми может реагировать металлическое изделие).

Коррозия – это самопроизвольное разрушение элементов, чаще всего металлов, под действием химического или физико-химического влияния окружающей среды. Иными словами, из-за химического воздействия железом

начинает ржаветь. Это весьма сложный процесс, который состоит из несколько этапов.

Некоторые металлы, даже активные, покрываются плотной оксидной пленкой при коррозии. Это одна из их характерных черт. Оксидная пленка не дает окислителям проникнуть в более глубокий слой и поэтому защищает металл от коррозии. Алюминий обычно устойчив при контакте с воздухом и водой, даже горячей. Тем не менее, если поверхность алюминия покрыть ртутью, то образуется амальгама. Она разрушает оксидную пленку, и алюминий начинает быстро превращаться в белые хлопья мета-гидроксида алюминия.

Химическая коррозия – это процесс разрушения металла, который связан с реакцией между металлом и коррозионной средой. Химическая коррозия протекает без воздействия электрического тока, и в результате этой реакции металлы окисляются.

Этот вид коррозии можно разделить на два подвида:

- газовая коррозия – металл корродирует под воздействием различных газов при высоких температурах;
- коррозия в жидкостях – неэлектролитах. Из них более распространенной считают газовую коррозию. Она протекает во время прямого контакта твердого тела с активным газом воздуха.

Чаще всего это кислород. В результате на поверхности тела образуется пленка продуктов химической реакции между веществом и газом. Дальше эта пленка мешает контакту корродирующего материала с газом. При высоких температурах газовая коррозия развивается интенсивно. Возникшая при этом пленка называется окалиной, которая со временем становится толще. Важную роль в процессе коррозии играет состав газовой среды. Но для каждого металла он индивидуален и изменяется с переменной температур.



Рис. 1

Электрохимическая коррозия – это разрушение металла, которое протекает при его взаимодействии с окружающей средой электролита.

Этот вид коррозии считают наиболее распространенным. Самым важным происхождением электрохимической коррозии является то, что металл неустойчив в окружающей среде с точки зрения термодинамики. Вот несколько ярких примеров этой реакции: ржавчина в трубопроводе, на обшивке днища морского судна и на различных металлоконструкциях в атмосфере. В механизме электрохимической коррозии обычно выделяют два направления: гомогенное и гетерогенное. Разберем их подробнее в таблице ниже.

Табл. 1

Гомогенный механизм электрохимической коррозии	Гетерогенный механизм электрохимической коррозии
Поверхность металла рассматривается как однородный слой	У твердых металлов поверхность неоднородна из-за структуры сплава, в которых атомы по-разному расположены в кристаллической решетке
Растворение металла происходит из-за термодинамической возможности для катодного или анодного процессов	Неоднородность можно наблюдать при наличии в сплаве каких-либо включений
Скорость, с которой протекает электрохимическая коррозия, зависит от времени протекания процесса	

Методы защиты металлов. От коррозии можно и нужно защищаться. Чтобы уберечь металлы от этой реакции, их покрывают защитными материалами, обрабатывают электрохимическими методами, шлифованием и т.д. Рассмотрим все эти способы подробнее.

Способ № 1. Защитные покрытия. Для защиты от коррозии металлические изделия покрывают другим металлом, т. е. производят никелирование, хромирование, цинкование, лужение и т. д. Еще один вариант защиты — покрыть поверхность металла специальными лаками, красками, эмалями.

Способ № 2. Легирование. Легирование – это введение добавок, которые образуют защитный слой на поверхности металла. Например, при легировании железа хромом и никелем получают нержавеющую сталь.

Способ № 3. Протекторная защита. Протекторная защита – это способ уберечь металл от коррозии, при котором металлическое изделие соединяют с более активным металлом. Этот второй металл в итоге и разрушается в первую очередь.

Способ № 4. Электрохимическая защита. Чтобы защитить металлы от электрохимической коррозии, нейтрализуют ток, который возникает при ней. Это делают с помощью постоянного тока, который пропускают в обратном направлении.

Кортеновская сталь. Разработчики составили его из двух слогов: cor (corrosion) – ржавление и ten (tensile) – прочность на разрыв. И действительно, ржавчина не разрушает металл, а упрочняет его. И при этом обходится кортен дешевле нержавеющей стали.

Следует иметь в виду, что изначально металл не имеет защитного покрытия. Пatina появляется лишь в процессе эксплуатации, и очень важно, чтобы сухая погода сменялась влажной и наоборот. Поэтому в устойчиво жарком климате приходится специально смачивать изделие. А в чрезмерно сыром и это не поможет. Как ни странно, слой ржавчины может не образовываться вообще, поэтому приходится использовать специальные средства.

Для контролируемого создания оксидной пленки разработаны три состава Linea COR. Act-COR запускает процесс коррозии, bp-COR останавливает его, а bz-COR защищает патину от механических повреждений.

С первым и третьим препаратами все ясно, а вот второй вызывает вопросы. Зачем останавливать процесс коррозии, если он идет на благо кортеновской стали? Дело в том, что искусственно запущенное ржавление может пойти слишком далеко, и это приведет к разрушению металла. Если патина не держится на поверхности, а стекает с нее рыжими потеками, настало время вмешаться.

Литература

1. Федосова Н.Л. Анतिकоррозионная защита металлов. – Иваново, 2009. – 187 с.
2. Родников С.Н. Вопросы металловедения в гальванотехнике и коррозии: Учебное пособие / С.Н. Родников, В. А. Лихачев, С.В. Шишкина, В.М. Кондратов. – Горький: изд. ГГУ, 1989. – 104 с.
3. Герасименко А.А. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений. Справочник. Под ред. А.А. Герасименко. – Том 2. – М.: Машиностроение, 1987.– 784 с.

Борисов Денис Владимирович, студент группы ААХ-28б, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: borisov.d.v-aah-28b@donnasa.ru

Фролова Светлана Александровна, к.х.н., доцент, зав. кафедрой физики и прикладной химии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: s.a.frolova@donnasa.ru

METAL CORROSION AND PROTECTION METHODS

Annotation. Chemical and electrochemical corrosion and methods of protection of metals from corrosion are considered.

Keywords: metal, corrosion, chemical corrosion, electrochemical corrosion, Corten steel.

Borisov Denis Vladimirovich, student of the CCE-28a group of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Frolova Svetlana Aleksandrovna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor; Head of «Physics and applied chemistry» Department of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 678.686

Александрова А.А.,

студентка гр. ИЗОС-4а, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

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

доцент кафедры «Физика и Прикладная химия» и

кафедры «Техносферная безопасность»

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА МУСОРА И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Аннотация. Рассмотрена и проанализирована проблема утилизации бытового мусора. Представлена классификация основных типов бытового мусора, а также способы утилизации, переработки твердых бытовых отходов (ТБО).

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, обезвреживание, полигоны, утилизация, вторичная переработка, рециклинг

Введение. Проблема утилизации бытового мусора на сегодняшний день является одной из наиболее острых проблем в мире. С увеличением числа населения земли растет и количество образующегося мусора. Неконтролируемое накопление отходов способно привести нас к глобальной катастрофе. Сейчас только лишь в России насчитывается несколько десятков тысяч переполненных мусорных свалок. Только внедрение программы по вторичной переработке и утилизации отходов сможет решить эту актуальную проблему. Проблема полного уничтожения или частичной утилизации бытовых отходов — актуальна, прежде всего, с точки зрения отрицательного воздействия на окружающую среду.

Постановка задачи. Рассмотреть и проанализировать проблему утилизации бытового мусора.

Результаты. В данной работе дана характеристика отходов, их классификация, переработка и утилизация ТБО.

Отходы можно классифицировать как по происхождению: бытовые, промышленные, сельскохозяйственные и т.д., так и по свойствам. Самое известное разделение по свойствам, принятое в законодательствах большинства стран – это деление на «опасные» (т.е. токсичные, едкие, воспламеняющиеся и проч.) и «неопасные» отходы. Состав и объем бытовых отходов чрезвычайно разнообразны и зависят не только от страны и местности, но и от времени года, и от многих других факторов.

Бумага и картон составляют наиболее значительную часть ТБО (до 40% в развитых странах). Вторая по величине категория в России – это так называемые органические, в т.ч. пищевые, отходы; металл, стекло и пластик составляют по 7-9% от общего количества отходов. Примерно по 4% приходится на дерево, текстиль, резину и т.д. Количество муниципальных отходов в России увеличивается, а их состав, особенно в крупных городах приближается к составу ТБО в западных странах с относительно большой долей бумажных отходов и пластика. В городах и других населенных пунктах происходит наиболее интенсивное накопление бытовых отходов, которые при неправильном и несвоевременном удалении и обезвреживании могут загрязнять окружающую среду [1].

Сезонные изменения состава ТБО характеризуются увеличением содержания пищевых отходов с 20-25% весной до 40-55% осенью, что связано с большим потреблением овощей и фруктов в рационе питания (особенно в городах южной зоны). Зимой и осенью сокращается содержание мелкого отсева (уличного смета) с 20 до 1% в городах южной зоны и с 11 до 5% в средней зоне.

Пищевые отходы ущерб природе практически не наносят. Используются для питания различными организмами, но гниющие пищевые отходы – рассадник микробов, используются в пищу разными микроорганизмами.

Конечный продукт разложения: тела организмов, углекислый газ и вода. Время разложения: 1-2 недели. Способ вторичного использования: компостирование, является наименее опасным способом обезвреживания. Категорически запрещается бросать в огонь, так как могут образоваться диоксины.

Бумага, иногда пропитанная воском и покрытая различными красками, может выделять ядовитые газы. Краска может выделять при разложении ядовитые вещества. Способ вторичного использования: переработка на обёрточную бумагу. Продукты, образующиеся при обезвреживании: углекислый газ, вода, зола. Категорически запрещено сжигать бумагу в присутствии пищевых продуктов, так как могут образоваться диоксины.

Изделия из тканей бывают синтетические и натуральные. Натуральные ткани ущерб природе не наносят, их сжигают в условиях, обеспечивающих полноту сгорания. Продукты, образующиеся при обезвреживании: углекислый газ, вода и зола.

Консервные железные банки, оцинкованные или покрытые оловом, наносят ущерб природе, т.к. содержат соединения цинка, олова и железа, которые ядовиты для многих организмов. Острые края банок травмируют животных, человека. В банках накапливается вода, в которой развиваются личинки кровососущих насекомых, поэтому их лучше переплавлять вместе с металлом и обезвреживать – захоронение после предварительного обжига. Продукты, образующиеся при обезвреживании это оксиды или растворимые соли железа, цинка и олова [2].

В настоящий момент наиболее распространенный способ уничтожения ТБО – это полигоны. Однако этот простой способ сопровождаются следующие проблемы:

– Чрезмерно быстрое переполнение существующих полигонов из-за большого объема и малой плотности размещаемых отходов. Без предварительного уплотнения средняя плотность ТБО составляет 200-220 кг/м³, которая достигает всего лишь 450-500 кг/м³ после уплотнения с использованием мусоровозов.

– Отрицательные факторы для окружающей среды: заражение подземных вод выщелачиваемыми продуктами, выделение неприятного запаха, разброс отходов ветром, самопроизвольное возгорание полигонов, бесконтрольное образование метана и неэстетичный вид являются только частью проблем, беспокоящих экологов и вызывающих серьезные возражения со стороны местных властей.

– Отсутствие площадей, пригодных для размещения полигонов на удобном расстоянии от крупных городов.

Расширение городов вытесняет полигоны на все более дальнее расстояние. Данный фактор в сочетании с ростом цен на землю увеличивает стоимость транспортировки ТБО.

Складирование отходов не требует постоянных и крупных капиталовложений. Затраты на борьбу с последствиями губительного влияния свалок, т.е. на охрану природы, здравоохранение, во много раз превышают расходы на строительство заводов по переработке ТБО. Места складирования отходов могут не обновляться десятилетиями, под всё разрастающиеся свалки уходят новые огромные территории. Количество свалок непрерывно увеличивается. Разлагающиеся на свалках ТБО и промышленные отходы проникают в почву, тем самым, заражая её. Ядовитые испарения загрязняют воздух. Попадающие в водоемы остатки ТБО губительно сказываются на состоянии воды, вредят флоре и фауне этих водоёмов. Все эти последствия негативно влияют на здоровье человека, нарушают обменные процессы в природе. Результаты разрушительного влияния свалок на природу не видны сразу, но последствия разрушительного влияния свалок на природу могут оказаться необратимыми в будущем [3].

Поэтому, проблему нужно решать с помощью вторичного использования отходов. Вторичная переработка, или рециклинг, позволяет не только освободить место на мусоросборочных полигонах, но и задействовать полученное сырье для изготовления новых товаров. Ее главными

преимуществами называют экономию природных ресурсов и финансовую выгоду.

Человек делает все возможное для ухудшения экологической обстановки на планете. Рециклинг – важнейший процесс в комплексе мероприятий, направленных на сохранение природных ресурсов. Вторичная переработка отходов в России экономически оправдана, это прибыльный бизнес. Открытие мусороперерабатывающих заводов решает проблему захламления территорий и загрязнения земли, воды, воздуха, происходящего из-за разложения отбросов.

По мнению экспертов, более 60% отходов бытового характера можно использовать для изготовления вторсырья [4].

На рисунке 1 представлены способы рециклинга.



Рис. 1. Способы рециклинга

Существует несколько вариантов вторичной переработки ненужного мусора в полезное вторсырье.

- Механический

Отходы измельчаются или нарезаются на специальном оборудовании.

- Пиролиз

Представляет собой бескислородное сжигание. Способ не оказывает негативного влияния на экологию. В процесс отбросы распадается на простые

вещества, при этом выделяя большое количество тепла, которое можно преобразовать в электроэнергию.

- **Инсинерация**

Сжигание для получения тепловой энергии. Эффективность метода вызывает споры, поскольку при горении в атмосферу выделяются вредные вещества.

- **Химический**

Происходит обработка особыми реагентами, что позволяет сразу получить готовое вторсырье [1].

Выводы. Из-за недостаточного количества полигонов для утилизации мусора и катастрофической нехватки заводов для его вторичной безопасной переработки, уничтожаются залежи древнейшим способом – захоронением. Это представляет огромную опасность, поскольку под землю погружаются самые разные отходы, что не позволяет предсказать биохимические и физико-химические реакции, которые будут между материалами. Захоронение оправдано лишь для предметов, непригодных для трансформации во вторсырье.

Литература

1. Соколов, Л. И. Отходы производства и потребления. Размещение и переработка: учебное пособие / Л. И. Соколов. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 123 с.
2. Бикбау, М.Я. Новые подходы к переработке ТБО // Экол. вести. России. – 2006. – №12. – С.48-51.
3. Соколов, Л.И. Сбор и переработка твердых коммунальных отходов: монография / Л.И. Соколов, С.М. Кибардина, С.Фламме, П. Хазенкамп. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Инфра-Инженерия, 2019. – 176 с.
4. Власов, О. А. Технологии переработки твердых бытовых отходов: учебное пособие / О. А. Власов. – Красноярск: СФУ, 2019. – 244 с.

Александрова Александра Александровна, студентка группы ИЗОС-4а ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: aleksandrova.a.a-izos-4@donnasa.ru

Научный руководитель:

Самойлова Елена Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и Прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru

ENVIRONMENTAL PROBLEM OF GARBAGE AND WASTE UTILIZATION

Annotation. Considered and analyzed the problem of disposal of household waste. A classification of the main types of household waste is presented, as well as methods for the disposal and processing of municipal solid waste (MSW).

Keywords: solid household waste, neutralization, landfills, utilization, secondary processing, recycling.

Alexandrova Alexandra, student of the IZOS group -4 a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: aleksandrova.a.a-izos-4@donnasa.ru

Scientific supervisor:

Samojlova Helen, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru





УДК 678.686

Морозюк М.А.,
студент гр. ИЗОС-4а ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,
доцент кафедры «Физика и прикладная химия» и
кафедры «Техносферная безопасность»
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ЗАВОДОВ

Аннотация. Рассмотрены и проанализированы проблемы экологии асфальтобетонных заводов. Для снижения негативного воздействия технологических выбросов на окружающую среду следует соблюдать технологические процессы производства и применять экологически безопасные конструкции оборудования. Выбор материалов для строительства, ремонта и содержания дороги должен осуществляться с учетом прямого и косвенного влияния на экологическую обстановку как в период строительства, так и эксплуатации дороги.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, окружающая среда, битум, ресайклинг, асфальтобетонная смесь.

Введение. Определенную угрозу окружающей среде создают производственные предприятия дорожного хозяйства отрасли. Среди них - асфальтобетонные заводы (АБЗ). Это специализированные производственные предприятия для приготовления асфальтобетонных смесей (горячих, теплых, холодных, литых), которые являются основным источником выбросов вредных веществ. Важнейшая часть АБЗ – асфальтосмесительные установки.

Асфальтобетонные установки интенсивно выбрасывают в атмосферный воздух пыль, сажу, газообразные вещества, летучие углеводороды.

На асфальтобетонных заводах организуют выпуск обработанного битумом щебня (черный щебень), переработку старого асфальтобетона, изготовление штучных изделий в виде плит для дорожного строительства, обработку грунтов органическими вяжущими. В то же время эти процессы оказывают негативное влияние на окружающую среду [1].

Постановка задачи. Рассмотреть и проанализировать проблемы экологии асфальтобетонных заводов.

Для снижения негативного воздействия технологических выбросов на окружающую среду следует соблюдать технологические процессы производства и применять экологически безопасные конструкции оборудования.

Для строительства и ремонта дорог используются асфальтобетонные смеси, которые получают на асфальтобетонных заводах путем смешения в определенных пропорциях щебня (гравия), песка, минерального порошка, битума и различных полимерных добавок.

При проектировании дорожной одежды необходимо учитывать её влияние на экологическую безопасность.

Запроектированная дорожная одежда должна быть не только прочной и надежной в эксплуатации, но экономичной и, возможно, менее материалоемкой, особенно по расходу дефицитных материалов и энергии, а также должна соответствовать экологическим требованиям. Выбор материалов для строительства, ремонта и содержания дороги должен осуществляться с учетом прямого и косвенного влияния на экологическую обстановку как в период строительства, так и эксплуатации дороги.

Асфальт является сегодня наиболее дешевым, но в то же время эффективным материалом для создания защитных покрытий на поверхностях дорог. В процессе выполнения традиционных технологических операций по ремонту дорожного покрытия остаются большие объемы снятого тем или иным способом изношенного асфальта.

Этот асфальт классифицируется как вредный для окружающей среды. Повторное использование АБС для ремонта поврежденных участков покрытия дороги решает соответствующие экологические проблемы и приносит ощутимую финансовую выгоду (асфальт, полученный методом рециклинга, в 10 раз дешевле готового материала заводского происхождения).

В настоящее время рассматривается ремонт дорог без отходов, так называемый ресайклинг, задача которого состоит в максимально возможном использовании материала существующего покрытия. При этом материал ниже уровня ресайклинга остается неповрежденным, имеющиеся разрушения удаляются вместе со слоем асфальтобетона, а высота покрытия практически не изменяется.

В связи с этим нет необходимости в площадках для отвалов, а объем новых привозных материалов минимален, что снижает загрязнение местности, неизбежное при открытии новых карьеров и каменоломен. Перевозки очень невелики, соответственно расход энергии значительно снижается, как и разрушительное воздействие транспортных средств на дорожную сеть [1, 2].

Результаты. Переработка старого асфальтобетона является ресурсосберегающей технологией, которая позволяет существенно снизить материалоемкость дорожно-ремонтных работ и работ, связанных с асфальтированием дорожных покрытий. Регенерированная (восстановленная) асфальтобетонная смесь помимо устройства слоев дорожного покрытия, может также применяться и для создания верхних слоев дорожного основания.

В зависимости от способа регенерации и объема старого асфальтобетонного материала, используемого при приготовлении регенерированной смеси, возможно 20-30%-ное снижение затрат на восстановление дорожной одежды по сравнению с традиционной технологией, когда асфальтирование выполняется с применением новой асфальтобетонной смеси [3].

Регенерация старого асфальтобетонного материала может осуществляться двумя основными способами:

- на асфальтобетонном заводе, когда переработка предварительно снятого (путем холодного или горячего фрезерования) старого асфальтобетонного материала осуществляется в стационарных или передвижных смесительных установках;
- на месте проведения работ, когда регенерация старого асфальтобетонного материала осуществляется непосредственно в процессе асфальтирования (переукладки асфальта) с помощью специальной дорожно-строительной техники (термопрофилировщиков, асфальтовых разогревателей, ремиксеров, ресайклеров и др.).

Современные методы переработки и регенерации старого покрытия позволяют не загрязнять окружающую среду и получать экономическую выгоду. Использование вторичного сырья в асфальтовой промышленности становится обычной практикой [4].

Выводы. Важным направлением в части обеспечения постоянно возрастающих экологических требований является внедрение экологически более чистых способов производства асфальтобетонных смесей с гораздо меньшими выбросами вредных веществ в окружающую среду, а также отсутствие загрязнения окружающей среды благодаря полному использованию материала старой дорожной одежды.

Литература

1. Путинцева, Е. В. Проблемы экологической безопасности дорожно-строительных и ремонтных работ [Электронный ресурс] / Е. В. Путинцева, М. С. Агафонова, В.С. Малыхина, А. В. Барышова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 2. – С. 519–529. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/570103.htm> (дата обращения: 22.02.2022). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Рыбьев, И.А. Асфальтовые бетоны: учебное пособие / И.А. Рыбьев – Москва: Издательство «Высшая школа», 2013. – 416 с.

3. Калгин, Ю. И. Перспективные технологии строительства и ремонта дорожных покрытий: учеб. пособие / Ю. И. Калгин, А. С. Строкин, Е. Б. Тюков; Воронежский ГАСУ. – Воронеж. 2019. – 226 с.

4. Филатов, С. Ф. Восстановление асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга: Учебное пособие / С. Ф. Филатов. – Омск: Изд-во СибАДИ. 2009. – 72 с.

Морозюк Марк Александрович, студент группы ИЗОС -4а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: morozyuk.m.a.-izos-4@donnasa.ru

Научный руководитель:

Самойлова Елена Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и Прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru

MODERN ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF ASPHALT CONCRETE PLANTS

Annotation. The problems of ecology of asphalt concrete plants are considered and analyzed. To reduce the negative impact of process emissions on the environment, production processes should be followed and environmentally friendly equipment designs should be used. The choice of materials for the construction, repair and maintenance of the road should be carried out taking into account the direct and indirect impact on the environmental situation both during the construction and operation of the road.

Key words: pollutants, environment, bitumen, recycling, asphalt mix.

Morozyuk Mark, student of the group IZOS -4 а, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: morozyuk.m.a.-izos-4@donnasa.ru

Scientific supervisor:

Samojlova Helen, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru





УДК 678.686

Кузичкина К.М.,
студентка гр. ИЗОС – 4а ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,
доцент кафедры «Физика и прикладная химия» и
кафедры «Техносферная безопасность»
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД И СПОСОБЫ ИХ ОЧИСТКИ

Аннотация. Рассмотрены и проанализированы некоторые источники загрязнения природных вод, а также способы их очистки.

Представлены пути решения поставленной проблемы.

Ключевые слова: экологическое загрязнение, экологическая проблема, очистка воды, виды загрязняющих веществ, аэротенк, коагуляция, флотация, биофильтр, экстракция.

Введение. Огромное значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Потребности в воде огромны и ежегодно возрастают. Ежегодный расход воды на земном шаре по всем видам водоснабжения составляет 3300-3500 км³. При этом 70% всего водопотребления используется в сельском хозяйстве.

Вода в естественном состоянии никогда не свободна от примесей. В ней растворены различные газы и соли, находятся взвешенные твердые частички. В 1 литре пресной воды может содержаться до 1 грамма солей. Большая часть воды сосредоточена в морях и океанах. На пресные воды приходится всего 2%. Много воды потребляют химическая и целлюлозно-бумажная промышленность, черная и цветная металлургия. Развитие энергетики также приводит к резкому увеличению потребности в воде. Значительное

количество воды расходуется для потребностей отрасли животноводства, а также на бытовые потребности населения. Большая часть воды после ее использования для хозяйственно-бытовых нужд возвращается в реки в виде сточных вод.

Постановка задачи. Рассмотреть и проанализировать некоторые источники загрязнения природных вод.

1. Сточные воды предприятий нефтедобывающей промышленности

Слагаются из пластовых вод, поступающих из скважин вместе с нефтью, и вод, расходуемых на производственные нужды. Отличительной чертой пластовых вод является высокая степень их минерализации, достигающая в отдельных случаях до нескольких десятков граммов на литр.

Расход воды на производственные нужды, может быть, во много раз больше количества пластовых вод. В некоторых случаях, чтобы повысить нефтедобычу, закачивают воду в глубинные слои. При этом закачиваемая вода должна обладать высокой степенью чистоты. Для этой цели часто используют сточные воды, подвергая их предварительно сложной очистке с применением химических реагентов с последующим отстаиванием и фильтрацией.

В состав сточных вод предприятий нефтедобывающей промышленности входят также нефтяные кислоты и другие примеси. Количественное содержание этих компонентов в сбросе существенно изменяется в зависимости от используемых технологических процессов, геологических структур района промысла, характеристик добываемой нефти и других причин. Удельный вес этих сточных вод при температуре 20° С несколько больше единицы.

Значительное количество нефти попадает в воду из бурительных и насосных установок, особенно при подводной ее добыче.

2. Загрязнения, приносимые воздушными массами

Воздух, особенно в крупных промышленных центрах, очень сильно загрязнен.

Ветры и дожди переносят загрязнения, содержащиеся в воздушных массах, в водоемы. По подсчетам ряда ученых, в настоящее время в моря и океаны

ежегодно выпадает из воздуха около 1 млн. т углеводов, содержащихся в выхлопных газах двигателей, примерно 200 тыс. т свинца, около 5 тыс. т ртути, добавляемой в горючее двигателей и используемой при производстве бумаги (ртуть попадает в атмосферу при ее сжигании), а также много других веществ.

За последние 20 лет резко возросла кислотность воды, вызванная дождями.

В значительной степени в этом повинно широкое распространение неполноценных очистных устройств, которые улавливают в выбросе лишь твердые частицы и свободно пропускают газы, в том числе и наиболее распространенные в отходах-- двуокись серы и различные окислы азота. В атмосфере эти газы быстро образуют серную и азотную кислоты. Твердые частицы отходов обладают способностью нейтрализовать кислоты. Поэтому раньше, когда не использовались подобные очистные устройства, твердые частицы поглощали образующиеся в атмосфере кислоты, способствуя поддержанию в ней кислотного равновесия. Теперь это равновесие нарушено.

Влияние «кислых» дождей на окружающую среду изучено недостаточно.

Выпадением «кислых» дождей объясняется увеличение кислотности ряда озер. В некоторых из них наблюдалась массовая гибель рыбы, обусловленная значительным превышением допустимого уровня кислотности воды.

Непосредственная борьба с загрязнениями природных вод, которые приносятся воздушными массами, практически невозможна.

3. Тепловые загрязнения

Использование любого источника энергии сопровождается выделением тепла. Тепло высвобождается при любом трении, при окислении металлов и других химических реакциях. Это тепло уходит в атмосферу, воздействуя на погоду и климат, сбрасывается со сточными водами в водоемы, в ряде случаев отрицательно влияя на водные организмы. В настоящее время количество тепла, производимое человечеством, составляет ничтожно малую часть (меньше 0,02%) энергии Солнца, падающей на поверхность нашей планеты. Поэтому влияние его на глобальные атмосферные процессы практически незаметно. Однако оно может существенно воздействовать на формирование погоды в отдельных

локальных районах, так как «производство тепла» распределяется географически весьма неравномерно. В некоторых промышленных районах выброс тепла достигает уже почти 5% величины солнечной радиации, причем такие районы нередко занимают площади в десятки тысяч квадратных километров. Это тепло уже влияет на локальные атмосферные процессы, заметно изменяя погоду и климат промышленных центров и больших городов.

Если современный рост потребления энергии на Земле (около 5% в год) сохранится, площади районов усиленного искусственного отопления достигнут нескольких миллионов квадратных километров, следствием чего может явиться существенное нарушение хода глобальных атмосферных процессов.

В последние десятилетия наблюдается также усиление парникового эффекта атмосферы, обусловленное увеличением в ней содержания углекислого газа (примерно на 10% с начала века) за счет сжигания ископаемого топлива. Это говорит о том, что вносимое загрязнение и высвобождающаяся дополнительно тепловая энергия в ряде случаев уже заметно нарушают сложившееся равновесие в природе.

Результаты. Ученые предлагают следующие пути решения поставленной проблемы.

1. Очистка промышленных и бытовых сточных вод

Воду обеззараживают на конечном этапе очистки после осветления и обесцвечивания перед поступлением в резервуары чистой воды, которые одновременно выполняют функции контактных камер. Для обеззараживания воды применяют реагентные (химические) и безреагентные (физические) методы. Реагентные методы основаны на введении в воду сильных окислителей (хлорирование, озонирование, манганирование, обработка воды йодом), ионов тяжелых металлов и ионов серебра. К безреагентным относятся термическая обработка, ультрафиолетовое облучение, обработка ультразвуком, у-облучение, обработка током сверхвысокой частоты. Метод выбирают в зависимости от количества и качества исходной воды, методов ее предварительной очистки, требований к надежности обеззараживания, с учетом технико-экономических

показателей, условий поставки реагентов, наличия транспорта, возможности автоматизации процесса.

Обеззараживание воды хлором и его соединениями. На сегодняшний день наиболее распространенным методом обеззараживания воды на водопроводных станциях остается хлорирование. Среди хлорсодержащих соединений, учитывая определенные гигиенические и технические преимущества, чаще всего используют жидкий хлор. Возможно, также применение хлорной извести, кальция и натрия гипохлорита, хлора диоксида, хлораминов и др.

2. Развитие в производстве технологий оборотного водоснабжения, не требующего дополнительного водозабора и стока вод.

Общая система включает в себя канализационные стоки и трубопровод, по которому подаётся очищенная вода, а также блоки автоматического контроля и очистные элементы. Очистка производится по принципу обратного осмоса, что обеспечивает дезинфекцию и фильтрацию циркулирующей жидкости.

Водоснабжение оборотного типа наиболее выгодно при значительной удалённости предприятия от естественных водоёмов или размещении его на возвышении. Также экономически обоснована установка оборотной системы при небольшой вместимости естественного водоёма, расположенного поблизости.

Достоинства: сокращение потребления чистой воды (от 85-90%); отсутствие вредных выбросов (предприятию не нужно платить государству за превышение нормы выброса вредных веществ в окружающую среду).

Недостатки: потери воды вследствие испарения.

Выводы. Таким образом, вода играет очень важную роль в жизни человека и живых организмов, для человека использование воды, это, прежде всего, удовлетворение жажды, то есть насыщение организма влагой. Количество воды и ее состав, необходимый для нормальной жизнедеятельности его организма, различен и зависит от многих внешних и внутренних показателей. С активным процессом урбанизации меняются способы обеспечения населения, и в первую очередь городского, водой для продовольственных и бытовых нужд. И если

система водоснабжения еще может справиться с нагрузками по обеспечению необходимого качества воды, то канализационные системы с очисткой сточных вод - нет. Все, что человек «произвел» в результате своей жизнедеятельности попадает в реки и разносится далее по «системе» Мирового океана.

Литература

1. Очистка сточных вод промышленных предприятий: учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / сост. Т.И. Халтурина. – Электрон. дан. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – Систем. требования: PC не ниже класса Pentium I; 128 Mb RAM; Windows 98/XP/7; Adobe Reader V8.0 и выше. – Загл. с экрана.
2. Система оборотного водоснабжения на промышленных предприятиях [Электронный ресурс]. – URL: <http://energylogia.com> (дата обращения 19.04.2023). – Режим доступа свободный.
3. Глазунова, И.В. Рациональное водопользование: учебное пособие / И.В. Глазунова, В.Н. Маркин, С.А. Соколова, Л.Д. Раткович / ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2022. – 136 с.

Кузичкина Ксения Михайловна, студентка группы ИЗОС -4 а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: kuzichkina.k.m-izos-4@donnasa.ru

Научный руководитель:

Самойлова Елена Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и Прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru

**POLLUTION OF NATURAL WATER AND METHODS FOR THEIR
PURIFICATION**

Annotation. Some sources of pollution of natural waters, as well as methods for their purification, are considered and analyzed. The ways of solving the problem posed are presented.

Keywords: environmental pollution, environmental problem, water treatment, types of pollutants, aerotank, coagulation, flotation, biofilter, extraction.

Kuzichkina Ksenia, student of the group IZOS - 4a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: kuzichkina.k.m-izos-4@donnasa.ru

Scientific supervisor:

Samojlova Helen, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru





УДК 678.686

Цветова А.Э.,

студ. гр. ИЗОС-4а, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

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

доцент кафедры «Техносферная безопасность»

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРЯНЫХ ТУРБИН

Аннотация: рассмотрены способы утилизации лопастей ветряных турбин – механическая, термическая и химическая переработки.

Ключевые слова: лопасти, утилизация, переработка, повторное использование.

Ветрогенерация растет быстрыми темпами, уступая только солнечной генерации. С наступлением весны все больше появляется опасений, что планета будет завалена отслужившими свое лопастями от ветрогенераторов. Поэтому в настоящее время разрабатываются различные методы утилизации лопастей ветряных турбин, которые позволят избежать использования больших территорий для их захоронения.

Стандартная лопасть ветряной турбины на 90% состоит из композитного материала, а остальное содержимое представляет собой смесь ПВХ, пробковое дерево, металл, краска и герметизация. Согласно различным исследованиям [1], общий состав лопасти составляет:

- композитный материал – 93%
- ПВХ – 2%
- пробковое дерево – 2%
- металл, краска и шпаклевка – 3%

Типичная конструкция показана на рисунке 1, в которой лопасти состоят из трех основных частей: двух аэродинамических оболочек (со стороны сжатия и со стороны растяжения), которые соединены между собой и подкреплены одной или несколькими цельными (сдвиговыми) стенками или коробчатой балкой.

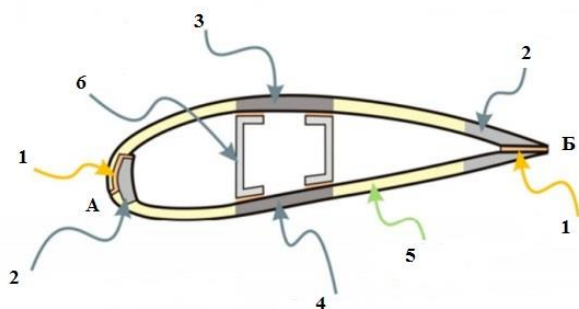


Рис. 1. Типовое сечение лопасти ветрогенератора:

А – передняя кромка; Б – задняя кромка; 1 – клеевое соединение; 2,3,4– несущий слоистый пластик; 5 – сэндвич-материал (армированные ПКМ);
6 – лонжерон

Методы утилизации лопастей разделены на три категории: механические, термические и химические.

Механическая переработка

Данный способ переработки использует механические измельчители для разделения композитного материала на более мелкие части. В дальнейшем продукция механической переработки может быть использована, среди прочих вариантов, в качестве наполнителей, армирующих элементов или в качестве сырья для производства новых пластмассовых изделий или для производства цемента это означает, что продукцию можно будет разделить на две категории: утилизация материалов и совместная переработка [2]. На этапе совместной обработки можно будет извлечь выгоду как из рекуперации энергии, так и из извлечения материала.

Термическая переработка

Метод термической переработки в основном делится на две группы: пиролиз и микроволновый пиролиз. В процессе пиролиза осуществляется

нагревание материала, который требуется отделить, без отсутствия кислорода в контролируемых условиях. Сам процесс направлен на расщепление органических материалов (полимерной матрицы) на молекулы с меньшим весом, которые при разложении производят газы и масляные фракции, а волокна оставляют нетронутым для их восстановления и повторного использования, однако их оригинальные механические свойства будут утеряны [3]. Процесс пиролиза протекает в диапазоне температур около 450-700 °С в зависимости от типа смолы, используемой для производства композиционного материала. Полиэфирная смола разлагается при температуре от 400 до 450 °С, тогда как эпоксидная смола разлагается при более высокой температуре от 500 до 550 °С [3]. Микроволновый пиролиз проводится в камере с азотной атмосферой и осуществляется при температурах от 300 до 600 °С [4]. Чтобы гарантировать разложение всей эпоксидной смолы, метод необходимо проводить в верхнем температурном диапазоне, поскольку эпоксидная смола разлагается в диапазоне температур 500-550 °С. Преимущество нагрева микроволновым излучением заключается в том, что основная масса материала нагревается по всей длине и при одинаковой температуре. Поскольку полимеры обычно обладают низкой теплопроводностью, использование микроволн означает, что температуру во время процесса можно поддерживать ниже, чем при обычном пиролизе, при котором отходы нагреваются конвекцией. Более низкая температура обеспечивает минимальную термическую деградацию стеклянных волокон, что улучшает механические свойства переработанных волокнистых материалов.

Химическая переработка

Наиболее распространенным способом химической переработки ПКМ является сольволиз, который представляет собой метод, при котором используется растворитель для деполимеризации химической связи, присутствующей в термореактивных полимерах. Растворитель под действием высокой температуры и давления диффундирует в ПКМ и разрушает связи в полимерной матрице, устраняя перекрестное связывание между матрицей и волокнами, в результате чего образуется восстановленное волокно и жидкая

фракция. Это позволяет извлекать волокна для их повторного использования. Метод может быть использован как для разделения стекловолокна, так и для углеродного волокна.

Проблема с процессом сольволиза заключается в том, что выбор растворителя, температуры и давления различается в зависимости от того, как изготовлен композитный материал. Например, для компонентов, изготовленных из эпоксидной смолы, необходимо использовать более высокие температуры и давления, чем если бы они были изготовлены из ткани полиэфирной смолы. Химические методы считаются более опасными по сравнению с механической и термической переработкой, поскольку используются потенциально опасные вещества, которые могут нанести вред окружающей среде, а сам процесс протекает в чрезвычайно опасных условиях, при высоких температурах и, возможно, высоком давлении [5].

Представленные методы не дают полной утилизации лопастей и в связи с этой проблемой датская компания Vestas разработала технологию полной переработки лопастей ветровых турбин. Процесс полной переработки турбин состоит из двух этапов: сначала композиты разбирают на волокно и эпоксидную смолу, затем путем химического воздействия получают компоненты, аналогичные исходным материалам. И они уже могут быть повторно использованы для производства новых лопастей. Ветряные турбины на 85-90% пригодны к переработке, но материал, из которого сделаны лопасти, составляет остальной процент, и ранее их не удавалось переработать из-за сложностей с разделением на исходные вещества терморезистивных композитов [6]. Поэтому новый способ химической переработки эпоксидной смолы позволит больше не отправлять вышедшие из строя лопасти ветрогенераторов на свалку.

Литература

1. Безруких, П.П. Ветроэнергетика: справочное и методическое пособие / П.П. Безруких. –Москва: Энергия, Институт энергетической стратегии, 2016. –315 с.

2. Чен, Дж. Переработка и повторное использование композитных материалов для лопаток ветряных турбин: Общий обзор [Электронный ресурс] / Дж. Чен., Дж. Ван; А. Ни. – Журнал по армированным пластмассам и композитам. 2019. – С. 567–577. – URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0731684419833470> (дата обращения: 19.04.2023). – Режим доступа свободный.
3. Паулсен, Э.Б. Междисциплинарный обзор вторичной переработки Методы утилизации лопастей ветротурбин с истекшим сроком службы [Электронный ресурс] / Э.Б. Паулсен, П. Эневольдсен // Энергия – 2021. – Том 14, выпуск 4247. – URL: [10.3390/en14144247](https://doi.org/10.3390/en14144247) (дата обращения: 19.04.2023). – Режим доступа свободный.
4. Окессон, Д. Микроволновый пиролиз как способ переработки стекловолокна из использованных лопастей ветряных турбин [Электронный ресурс] / Д. Окессон; З. Фолтинович; Дж. Кристен; М. Скрифварс. – Журнал по армированным пластмассам и композитам. – 2012, №31. – С.1136-1142. – URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0731684412453512> (дата обращения: 19.04.2023). – Режим доступа свободный.
5. Дельвер, И. Оценка полимерной матрицы Способы переработки композитных отходов [Электронный ресурс] / И. Дельвер, М. Илтина; М. Шанбаев, А. Абильдаева, С. Кужамбердиева, Д. Блюмберга. – Окружающая среда климатические технологии. –2019, №23. – С. 168-187. – URL: <https://doi.org/10.2478/rtuect-2019-0012> (дата обращения: 19.04.2023). – Режим доступа свободный.
6. Vestas Ветровые системы. Устойчивое развитие в Vestas. 2023 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vestas.com/en/sustainability/environment/zero-waste> (дата обращения: 19.04.2023). – Режим доступа свободный.

Цветова Арина Эдуардовна, студентка группы ИЗОС -4 а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: tvetova.a.e.-izos-4@donnasa.ru

Научный руководитель:

Самойлова Елена Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и Прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru

WIND TURBINE BLADES DISPOSAL METHODS

Annotation: methods of utilization of wind turbine blades - mechanical, thermal and chemical processing are considered.

Key words: blades, recycling, recycling, reuse.

Tsvetova Arina, student of the group IZOS -4 а, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: tvetova.a.e.-izos-4@donnasa.ru

Scientific supervisor:

Samojlova Helen, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru



УДК 539.5

Леонов В.А.,

студ. группы 1РФ-22м, ФГБОУ ВО «ДонГУ»

Руководитель: д.ф.-м.н., профессор Малашенко В.В.,

главный научный сотрудник ФГБНУ «ДонФТИ»

ВЛИЯНИЕ ЗОН ГИНЬЕ-ПРЕСТОНА НА ДЕФОРМАЦИЮ СОСТАРЕННЫХ СПЛАВОВ

Аннотация. Рассмотрено влияние зон Гинье-Престона на динамический предел текучести состаренных с сплавов.

Ключевые слова: динамический предел текучести, зоны Гинье-Престона, состаренные сплавы.

Введение. В последние годы все более широкое применение находит высокоскоростная пластическая деформация, которая реализуется, в частности, при воздействии на кристаллы лазерными импульсами высокой мощности, при ковке, штамповке, резке, высокоскоростной обработке, сварке взрывом, динамическом канально-угловом прессовании [1-4]. При облучении кристаллов мощными лазерными импульсами образуется ударная волна, при этом генерация точечных дефектов происходит во всем объеме твердого тела. Изменяя мощность лазерного воздействия, мы можем в широких пределах изменять плотность дефектов. В ходе перечисленных выше процессов скорость пластической деформации достигает значений $10^3 - 10^7 \text{ с}^{-1}$, а изменение механических свойств кристаллов определяется главным образом движением дислокаций и их взаимодействием с элементарными возбуждениями кристалла и потенциальными барьерами, создаваемыми различными дефектами структуры.

Постановка задачи. В настоящей работе поставлена задача получить аналитическое выражение вклада зон Гинье-Престона в динамический предел текучести состаренного сплава.

Механизм диссипации при динамическом взаимодействии со структурными дефектами заключается в необратимом переходе кинетической энергии дислокации в энергию ее изгибных колебаний в плоскости скольжения [5-9]. Этот механизм весьма чувствителен к виду спектра дислокационных колебаний. При высокоскоростной деформации плотность дислокаций достигает весьма больших значений, а взаимодействие дислокаций между собой приводит к перестройке дислокационного спектра, что в свою очередь оказывает существенное влияние на динамическое взаимодействие движущихся дислокаций со структурными дефектами и механические свойства материалов.

Существенное влияние на движение дислокаций, а, следовательно, и на механические свойства кристаллов, оказывает динамическое взаимодействие дислокаций с зонами Гинье-Престона, образующимися в сплавах в результате искусственного или естественного старения.

В настоящей работе показано, что возрастание плотности подвижных дислокаций при высокоскоростном деформировании в условиях воздействия на сплав мощных лазерных импульсов приводит к возникновению эффекта сухого трения при их динамическом взаимодействии с зонами Гинье-Престона, в результате чего происходит упрочнение сплава.

Пусть бесконечные краевые дислокации совершают скольжение в положительном направлении оси OX с постоянной скоростью v в кристалле, содержащем хаотически распределенные зоны Гинье-Престона. Линии дислокаций параллельны оси OZ , их векторы Бюргерса $\mathbf{b} = (b, 0, 0)$ одинаковы и параллельны оси OX . Плоскость скольжения дислокаций совпадает с плоскостью XOZ . Положение k -ой дислокации определяется функцией

$$X_k(y=0, z, t) = vt + w_k(y=0, z, t) \quad (1)$$

Здесь $w_k(y=0, z, t)$ – случайная величина, описывающая изгибные колебания дислокации, возбужденные ее взаимодействием с хаотически распределенными дефектами.

Зоны Гинье-Престона будем считать одинаковыми, имеющими радиус R и распределенными случайным образом в плоскостях параллельных плоскости скольжения дислокации XOZ . Такая ситуация реализуется, например, в сплавах Al-Cu, где зоны Гинье-Престона имеют форму пластинок моноатомной толщины.

Уравнение движения k -ой дислокации может быть представлено в следующем виде

$$m \left\{ \frac{\partial^2 X}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 X}{\partial z^2} \right\} = b \left[\sigma_0 + \sigma_{xy}^G \right] + F_k - B \frac{\partial X}{\partial t} \quad (2)$$

где σ_{xy}^G – компонента тензора напряжений, создаваемых на линии дислокации зонами Гинье-Престона, F_k – сила, действующая на дислокацию со стороны остальных дислокаций ансамбля, m – масса единицы длины дислокации, c – скорость распространения в кристалле поперечных звуковых волн, B – константа демпфирования, обусловленная фононными, магннными или электронными механизмами диссипации.

Воспользовавшись методом, развитым в работах [5-9], силу динамического торможения движущейся краевой дислокации зонами Гинье-Престона вычислим по формуле

$$F_G = \frac{n_G b^2}{8\pi^2 m} \int d^3 q |q_x| \cdot \left| \sigma_{xy}^G(\mathbf{q}) \right|^2 \delta(q_x^2 v^2 - c^2 q_z^2 - \Delta^2) \quad (3)$$

где Δ – щель в спектре дислокационных колебаний, $\sigma_{xy}^G(\mathbf{q})$ – Фурье-образ компоненты тензора напряжений, созданных зонами Гинье-Престона, n_G – объемная концентрация этих зон.

При воздействии на кристалл лазерными импульсами высокой мощности плотность подвижных дислокаций может достигать значений $\rho = 10^{15} \text{ м}^{-2}$. Именно коллективное взаимодействие дислокаций в этом случае вносит главный

вклад в формирование спектральной щели, величина которой определяется формулой

$$\Delta = \Delta_{dis} = c\sqrt{\rho}. \quad (4)$$

При скоростях $v < v_G = R\Delta_{dis}$, где R – средний радиус зоны Гинье-Престона, сила динамического торможения дислокации этими зонами не зависит от скорости деформации и ее вклад в величину деформирующих напряжений определяется следующей формулой

$$\tau_G = K \frac{n_G}{\sqrt{\rho}} \quad (5)$$

где коэффициент K определяется упругими константами материала.

Выводы. Возникающие в процессе старения сплава зоны Гинье-Престона приводят к упрочнению сплава и повышают его динамический предел текучести на десятки процентов.

Литература:

1. Kiyotaka, S. Strain Rate Dependence of Dynamic Flow Stress Considering Viscous Drag for 6061 Aluminum Alloy at Very High Strain Rates / S. Kiyotaka // J. Soc. Mater. Sci. Japan. – 2005. – Vol. 54, № 12. – Pp. 1301–1306.
2. Куксин, А. Ю. Зарождение и движение дислокаций в металлах и сплавах при высокоскоростной деформации: молекулярно-динамическое моделирование / А. Ю. Куксин, А. В. Янилкин // Изв. РАН. МТТ. –2015. – № 1. – С. 54–63.
3. Стегайлов, В.В. Структурные превращения в монокристаллическом железе при ударно-волновом сжатии и растяжении. Исследование методом молекулярной динамики / В.В. Стегайлов, А.В. Янилкин // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2007. – Т. 13, № 6. – С. 1064–1072.
4. Zaretsky, E.B. Tantalum and vanadium response to shock-wave loading at normal and elevated temperatures. Non-monotonous decay of the elastic wave in vanadium / E. B. Zaretsky and G.I.Kanel // Journal of Applied Physics.– 2014. – V. 115. – P. 243502.

5. Malashenko, V.V. Dynamic drag of dislocation by point defects in near-surface crystal layer / V.V. Malashenko // Modern Phys. Lett. B. – 2009. – Vol. 23, №16. – Pp. 2041–2047.

6. Malashenko, V. V. Dynamic drag of edge dislocation by circular prismatic loops and point defects / V. V. Malashenko // Physica B: Phys. Cond. Mat. – 2009. – Vol. 404, № 21. – P. 3890–3893.

7. Малашенко, В.В. Влияние зон Гинье-Престона на динамический предел текучести сплавов при ударно-волновом нагружении / В.В. Малашенко // Журнал технической физики. – 2017. – Т. 87, № 5. – С. 791-792.

8. Малашенко, В.В. Зависимость динамического предела текучести бинарных сплавов от плотности дислокаций при высокоэнергетических воздействиях / В.В. Малашенко // 2020. ФТТ. – Т. 62. № 10. – С. 1683-1685.

9. Малашенко, В.В. Влияние коллективных эффектов на концентрационную зависимость предела текучести сплавов при высокоэнергетических воздействиях / В.В. Малашенко // Письма в ЖТФ. 2020. – Т. 46. № 18. – С. 39-41.

Леонов Владимир Олегович, студент группы 1РФ-22м ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 83001, г. Донецк, пр. Гурова, 14.

e-mail: xxxmrleonov@mail.ru

Научный руководитель:

Малашенко Вадим Викторович, доктор физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт имени А.А. Галкина», 83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72.

e-mail: malashenko@donfti.ru

INFLUENCE OF THE GUINIE-PRESTON ZONES ON THE DEFORMATION OF AGED ALLOYS

Annotation. The effect of Guinier-Preston zones on the dynamic yield strength of aged alloys is considered.

Key words: dynamic yield strength, Guinier-Preston zones, aged alloys.

Leonov Vladimir Olegovich, student of the 1RP-22m group, Donetsk State University, 83001, Donetsk, Gurov str., 14.

Scientific supervisor:

Malashenko Vadim Viktorovich, doctor of physical and mathematical sciences, professor, chief researcher of the Donetsk Institute for Physics and Engineering named after A.A. Galkin, 83114, Donetsk, R. Luxembourg str., 72.





УДК 536.421

Греднев Д.С.,

ассистент кафедры ФПХ, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

Руководитель: д.т.н., проф. Дремов В.В.,

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

к.х.н., доцент Фролова С.А.,

зав. кафедры ФПХ, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ МЕТАЛЛА
В КЛИНООБРАЗНОЙ ИЗЛОЖНИЦЕ С УЧЕТОМ КОНВЕКЦИИ И
ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОГРЕВЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ**

Аннотация: Вариационным методом рассмотрена и решена нестационарная задача затвердевания металла в чугунной изложнице с учетом принудительной конвекции и воздушного зазора, при воздействии постоянным электрическим током.

Ключевые слова: конвекция, металл, воздушный зазор, фронт затвердевания, электрический ток, изложница.

Введение. Воздействия на жидкий металл в момент его затвердевания, могут привести к существенному улучшению структуры металла и качества отливки, поэтому изучение данных воздействий очень важно. В данной работе поставлена и решена задача движения фронта затвердевания в изложнице с учетом принудительной конвекции, внутренних источников тепла, воздушного зазора, образующегося при усадке металла, а также температуры окружающей среды.

Постановка задачи. При затвердевании металла в изложнице происходит усадка металла и между слитком и изложницей образуется воздушный зазор.

Учет данного влияния помогает более адекватно описывать реальный процесс затвердевания слитка. Помимо воздушного зазора, на характер движения фронта затвердевания влияет конвекция [1-3], и внутренние источники тепла [2, 4]. В монографии [1] описано теоретическое исследование влияния внутренних источников тепла, а также конвекции не зависящих друг от друга. В данной работе рассматривается совместное их действие.

Решение поставленной задачи. В данной задаче последовательная кристаллизация происходит в клинообразной изложнице с боковыми поверхностями, расположенными под малым углом 2α . Сверху и снизу данная область ограничена цилиндрическими поверхностями радиуса R_1 и R_2 . В решении используется цилиндрическая система координат (r, φ, z) .

Задача считается бесконечной по z , поэтому температура и скорость движения фронта затвердевания не зависят от z . На поверхности $R=R_2$ полагаем $T_n=const$. При $t>0$ начинается процесс кристаллизации и на фронте затвердевания $T=T_k$. Задача решается с учетом внутренних источников тепла, образующихся в следствии пропускания электрического тока. Учитывая, что скорость на фронте затвердевания и на поверхности металла равна нулю, а конвекция может развиваться в виде вихря, заполняющего правую и левую половины изложницы с максимальным значением скорости $V_{r\max}$ в центральной области жидкой фазы в начале затвердевания, а также основываясь на работе [5], запишем уравнение теплопереноса в области жидкого металла в следующем виде:

$$\rho_1 C_{v1} * \left(\frac{\partial T_1}{\partial t} + v_r \frac{\partial T_1}{\partial r} + v_\varphi \frac{\partial T_1}{r \partial \varphi} \right) = \frac{j^2}{\sigma_1} + \lambda_1 * \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T_1}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T_1}{\partial \varphi^2} \right]. \quad (1)$$

На движущемся фронте фазового перехода выделяется скрытая теплота кристаллизации L_1 , которая вместе с теплом перегрева отводится через твердую фазу, воздушную прослойку, изложницу и выделяется в окружающую среду. Следовательно:

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{r \partial \varphi} + \rho L_1 \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = K_{T1} (T_K - T_{CP}). \quad (2)$$

Влияние толщины воздушного зазора, потерь в стенке и теплопередачи в окружающую среду будем учитывать по формуле [4]:

$$K_{T1} = \left(\frac{1}{\alpha_0} + \frac{r_{\phi}^*(\alpha_3 - \varphi_{\phi})}{\lambda_2} + \frac{r_{\phi}^*(\alpha_2 - \alpha_1)}{\lambda_4} + \frac{r_{\phi}^*(\alpha_1 - \alpha_3)}{\lambda_3} \right)^{(-1)}. \quad (3)$$

Скорость конвекции выбираем из удовлетворения граничным условиям, и уравнению неразрывности [5].

$$v_r = \frac{4v_{rmax}}{(R_2 - R_1)^2} * (R_2 - r) * (r - r_{\phi}) * \cos(k\varphi), \quad (4)$$

$$v_{\varphi} = \frac{-4v_{rmax}}{(R_2 - R_1)^2} * (2R_2r - 3r^2 + 2rr_{\phi} - R_2r_{\phi}) * \sin(k\varphi). \quad (5)$$

где $k = \frac{\pi}{\varphi_{\phi}}$.

В граничных условиях предполагается, что в начальный момент $t=0$ твердая фаза отсутствует, а $T_1(r, \varphi, 0) = T_H$ при $R_1 < r < R_2; 0 < \varphi < \alpha$.

На фронте кристаллизации при $t>0, r = r_{\phi}(t), \varphi = \varphi_{\phi}(t)$ имеем:

$$T_1(r_{\phi}, t_{\phi}, \varphi_{\phi}) = T_K.$$

Толщину затвердевшего металла будем искать по формуле:

$$\varepsilon(r_{\phi}, \varphi_{\phi}, t_{\phi}) = r_{\phi}(t_{\phi}) (\alpha_1 - \varphi_{\phi}(t_{\phi})). \quad (6)$$

Решение ищем вариационным методом, записывая функционал для данного уравнения с последующим частичным интегрированием по соответствующим переменным.

Для записи функционала, вариация от которого дает исходное уравнение поступаем следующим образом [2]: умножаем все уравнение на искомую функцию T , в слагаемых, где имеется вторая производная, одну переводим к искомой функции, где T в первой степени коэффициент удваиваем и меняем знаки у членов с низшими степенями производных. Записывается функционал по области интегрирования и ставится нуль при неварьируемых функциях. Проверяется правильная запись функционала путем взятия вариации по неизвестной функции.

Необходимым условием существования *min* функции является обращение в нуль вариации функции, что соответствует удовлетворению уравнения Эйлера-Лагранжа (7):

$$\frac{\partial L}{\partial T} - \frac{\partial}{\partial r} \frac{\partial L}{\partial T_r} - \frac{\partial}{\partial \varphi} \frac{\partial L}{\partial T_\varphi} = 0. \quad (7)$$

Опуская поиск решения уравнений по r , φ , t , получим полный вид решения для уравнения теплопроводности в жидкой фазе:

$$\begin{aligned} T(r, \varphi, t) = & \left[\frac{(T_H - T_K) \cdot r + T_K R_2 - T_H r_\phi}{R_2 - r_\phi} \right] \cdot \dots \\ & \dots \cdot \left[\frac{ch(\omega \varphi)}{ch(\omega \varphi_\phi)} \cdot \left[\frac{\left(\exp\left(\frac{-B}{4kF}\right) \cdot \cos(k\varphi) \right)}{\exp\left(\frac{-B}{4kF}\right) \cdot \cos(k\varphi_\phi)} \right] \cdot (-1 - H_1) + H_1 \right] \cdot \dots \\ & \dots \cdot W_2 + (1 - W_2) \cdot \exp\left(W_3 \cdot (t - t_\phi)\right), \end{aligned} \quad (8)$$

где W_2, W_3 – константы интегрирования по r, φ .

Для нахождения зависимости толщины затвердевшей корки от времени, воспользуемся уравнениями (2), (3), (6) и (8). Найдем производную $\frac{\partial T_1}{\partial \varphi}$ из (8) с учетом $\varphi = \varphi_\phi, r = r_\phi, t = t_\phi$ на движущемся фронте. Получим:

$$\frac{\partial T_1}{\partial \varphi} = T_K \cdot (-1 - H_1) \cdot \omega \cdot \left(\tanh(\omega \cdot \varphi_\phi) \right). \quad (9)$$

Подставляем полученное решение в условие Стефана, которое в нашем случае имеет вид (10):

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{r_\phi \partial \varphi} + \rho L_1 (\alpha_1 - \varphi_\phi) \frac{\partial r_\phi}{\partial t} = (T_K - T_{CP}) \cdot K_{T_1}. \quad (10)$$

Из которого получим:

$$\frac{r_\phi \partial r_\phi}{\partial t} = \frac{1}{\rho L_1 (\alpha_1 - \varphi_\phi)} - \lambda_1 \cdot T_K \cdot (-1 - H_1) \cdot \omega \cdot \left(\frac{sh(\omega \varphi)}{ch(\omega \varphi_\phi)} \right). \quad (11)$$

Интегрируя (11) найдем:

$$r_\phi^2 = C^S \cdot t + R_1^2, \quad (12)$$

где

$$C^S = \frac{2 \cdot \lambda_1}{\rho L_1 (\alpha_1 - \varphi_\phi)} \cdot \left[\frac{K_{T_1} \cdot r_\phi \cdot (T_K - T_{CP})}{\lambda_1} - T_K \cdot (-1 - H_1) \cdot \omega \cdot \left(\frac{sh(\omega \varphi)}{ch(\omega \varphi_\phi)} \right) \right]. \quad (13)$$

Фиксируя φ_{ϕ} вычислим время, за которое фронт достигнет координаты r_{ϕ} :

$$t_{\phi} = \frac{r_{\phi}^2 - R_1^2}{cS}. \quad (13)$$

По формуле (13) выполнены численные расчеты и построены графики для следующих параметров металла, воздушного зазора, среды и изложницы:

$\alpha_1=12^0$, $\alpha_2=10^0$, $\alpha_3=9,95^0$; $\lambda_1=26,5$ Вт/м·К, $\lambda_2=30,3$ Вт/м·К, $\lambda_3=0,09$ Вт/м·К, $\rho=7,31 \cdot 10^3$ кг/м³, $a_1=4,5 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $j=10$ А/см², $L_1=2,72 \cdot 10^5$ Дж/кг, $R_1=1,2$ м, $R_2=2,2$ м, $T_{cp}=300$ К, $T_k=1733$ К, $T_n=1833$ К.

Для чугунной изложницы: $\alpha_0=68$ Вт/м²·К, $\lambda_4=58,7$ Вт/м·К.

v_r изменялась в пределах от $2 \cdot 10^{-4}$ м/с до $8 \cdot 10^{-3}$ м/с.

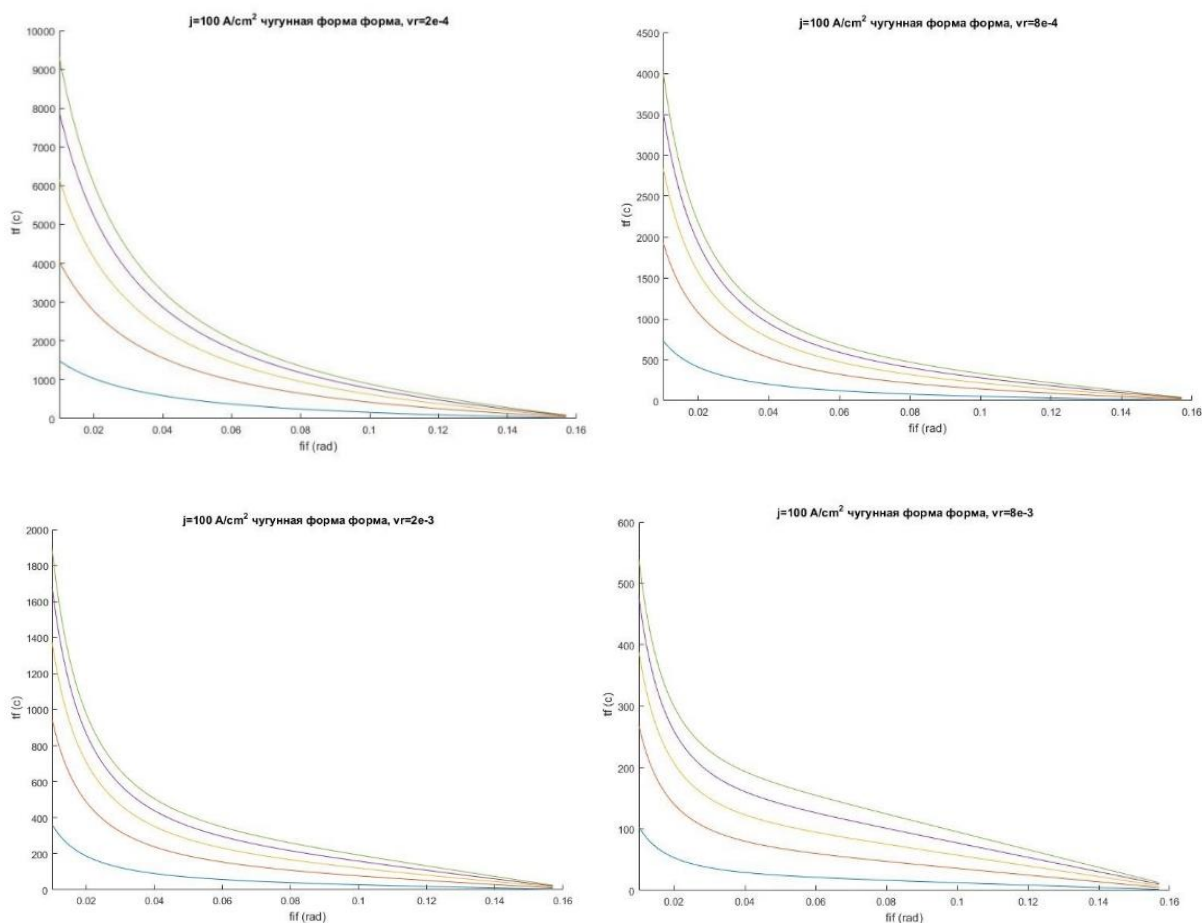


Рис. Положение фронта затвердевания в правой половине клинообразной изложницы при плотности тока равной $j=100$ А/см² при разных скоростях конвекции изменяющейся от $2 \cdot 10^{-4}$ м/с до $8 \cdot 10^{-3}$ м/с для чугунной формы

Обсуждение полученных результатов. По полученным формулам построены графики $t_{\phi}(r_{\phi}, \varphi_{\phi})$ для керамической формы при разных скоростях конвекции от $v_r=2 \cdot 10^{-4}$ м/с до $v_r=8 \cdot 10^{-3}$ м/с, и постоянной плотности тока, равной $j=100$ А/см². Кривые соответствуют значениям координаты r_{ϕ} : 1,3; 1,5; 1,7; 1,9 и 2,1 м. Отсчет кривых на всех графиках снизу вверх.

С увеличением скорости конвекции, время, за которое фронт достигнет центра изложницы, будет уменьшаться.

Литература

1. Дремов В.В. Вариационный и численный методы в теплофизике затвердевающего слитка / В.В. Дремов, Ф.В. Недопекин. – Макеевка: ДонНАСА, 2007. – С. 198.
2. Дремов В.В., Калашникова О.А. Влияние воздушного зазора на движение фронта затвердевания слитка в клинообразной изложнице. – Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. научн. трудов. Вып. 64. – Днепропетровск, ГВУЗ «ПГАСА», 2012. – С. 197-201.
3. Самойлович Ю.А. Формирование слитка. – Москва: Металлургия, 1977. – 158 с.
4. Тимченко С.Л. Исследование кристаллизации сплава под действием электрического тока. – Расплавы. 2011. – Т.4. – С. 53-61.
5. Дремов В.В., Калашникова О.А. Теплотехника, энергетика и экология в металлургии : коллективная монография. В двух книгах. – Книга первая. – Днепр : Новая идеология, 2017. – С. 207-212.
6. Алабовский А. Н. Техническая термодинамика и теплопередача / А.Н. Алабовский, И. А. Недужий. – Киев : Выща школа, 1990. – С. 225.
7. Дремов В.В. Исследование влияния двумерной конвекции на затвердевание слитков с обратной конусностью. – Инженерно-физический журнал. 2009. – Т.82, №4. – С.711-717.
8. Цлаф Л.Я. Вариационное исчисление и интегральные уравнения. – Москва : Наука, 1971. – 193 с.

9. Шехтер Р.С. Вариационный метод в инженерных расчетах. – Москва: Мир, 1971. – 291 с.

10. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – Москва : Наука, 1971. – 584 с.

Греднев Дмитрий Сергеевич, ассистент физики и прикладной химии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

Научный руководитель:

Дремов Владимир Владимирович, д.т.н., профессор; профессор кафедры физики и прикладной химии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

Фролова Светлана Александровна, к.х.н., доцент, зав. кафедрой физики и прикладной химии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: s.a.frolova@donnasa.ru

**ANALYTICAL SOLUTION OF THE PROBLEM OF
SOLIDIFICATION OF METAL IN A WEDGE-SHAPED MOLD, TAKING
INTO ACCOUNT CONVECTION AND THERMAL PROPERTIES OF THE
ENVIRONMENT WHEN HEATED BY ELECTRIC CURRENT**

Abstract: The nonstationary problem of solidification of metal in a cast-iron mill, taking into account forced convection and air gap, under the influence of a constant electric current, is considered and solved by the variational method.

Keywords: convection, metal, air gap, solidification front, electric current, mill.

Grednev Dmitriy Sergeevich, Assistant of of «Physics and applied chemistry» Department of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisors:

Dremov Vladimir Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry of the Donbass National Academy of Construction and Architecture, 86123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Frolova Svetlana Aleksandrovna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor; Head of «Physics and applied chemistry» Department of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 52.08

Минина О.В.,

аспирант группы аПБС/12.06.01-02 ФГБОУ ВО «ТулГУ»

Руководитель: д.т.н., доцент Прохорцов А.В.,

заведующий кафедрой «Приборы и биотехнические системы»

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

ОБЗОР НАВИГАЦИОННЫХ МОДУЛЕЙ СПУТНИКОВОЙ ПРИЕМНОЙ АППАРАТУРЫ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Проведен анализ достоинств и недостатков применения на борту высокоточных беспилотных летательных аппаратов современных навигационных модулей спутниковой приемной аппаратуры отечественного производства для решения навигационных задач. Рассмотрены перспективы улучшения их технических характеристик.

Ключевые слова: спутниковая навигационная приемная аппаратура, навигационный модуль, высокоточный беспилотный летательный аппарат.

Введение. В условиях санкционной политики актуальным остается проблема, связанная с точным определением навигационных параметров высокоточных беспилотных летательных аппаратов с помощью спутниковой навигационной приемной аппаратуры отечественного производства. В настоящее время повышение точностных характеристик высокоточных беспилотных летательных аппаратов происходит гораздо стремительнее, чем совершенствование спутниковой приемной аппаратуры. В связи с тем, что актуальным является вопрос об улучшении технических характеристик навигационных модулей, входящих в спутниковую приемную аппаратуру, была проведена оценка существующих отечественных навигационных

микропроцессорных модулей спутниковой приемной аппаратуры, рассмотрены перспективы их развития и модернизации.

Постановка задачи. В данном исследовании были проанализированы навигационные микропроцессорные модули спутниковой приемной аппаратуры таких предприятий как: АО НТЦ «Модуль» (г. Москва), ООО «НВС Навигационные Технологии» (г. Москва), АО «НИИМА «Прогресс» (г. Москва), ГК «Ориент Системс» (г. Москва) и др.

Результаты. На основании проведенных исследований была составлена сводная таблица 1 с техническими характеристиками навигационных микропроцессорных модулей спутниковой навигационной приемной аппаратуры отечественных производителей.

Таблица 1. Краткие характеристики российских навигационных микропроцессорных модулей спутниковой приемной аппаратуры

Обозначение модуля (Производитель)	Погрешность секундной метки времени	Темп навигационного решения	Точность местоположения	Мощность
Модуль MC149.01 (АО НТЦ «Модуль») [1]	50 нс	до 20 Гц	до 2 м	1.6 – 1.8 Вт
Многочастотная плата 4GNSS NP2DI (ГК «Ориент Системс») [2]	–	до 20 Гц	до 1,5 м	1.1 – 1.7 Вт
Навигационный модуль ПРО-04 АО «НИИМА «Прогресс» [3]	61 нс	до 10 Гц	до 2,5 м	0,13 Вт
Модуль NV08C-RTK (ООО «НВС Навигационные Технологии») [4]	–	до 10 Гц	до 2,5 м	0,3 Вт

Выводы. Основываясь на информации, представленной в таблице 1, можно сделать вывод, что современные навигационные модули имеют недостаток, связанный с неточностью определения местоположения в среднем от 1,5 м до 2,5 м. Данный недостаток является существенным при определении местоположения высокоточных беспилотных летательных аппаратов с малым временем полета.

Достаточно низкий темп выдачи навигационного решения приходится на отечественные навигационные микропроцессорные модули, в связи с чем увеличивается время на определение навигационных параметров.

В результате решения навигационной задачи формируется значительная погрешность секундной метки времени.

Данные недостатки можно устранить, исследуя новые методы решения навигационной задачи, позволяющие сократить временные ресурсы на определение местоположения и скорости движения высокоточных беспилотных летательных аппаратов, а также применяя высокоточные устройства, позволяющие проводить периодическую подстройку секундной метки времени.

Литература

1. Модуль MC149.01 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.module.ru/directions/navigacia/> (дата обращения 17.04.2023).
2. Многочастотная плата 4GNSS NP2DI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://orsyst.ru/oem/np2di/> (дата обращения 18.04.2023).
3. Модуль ПРО-04. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.i-progress.tech/products/navigatsiya/priemniki/pro-04-navigatsionniy-priemnik/> (дата обращения 18.04.2023).
4. Модуль NV08C-RTK [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nvs-gnss.ru/products/modules/item/76-nv08c-rtk/> (дата обращения 19.04.2023).

Минина Ольга Владимировна, аспирант группы аПБС/12.06.01-02, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет, 300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92.

e-mail: OL-within-sun@yandex.ru

Научный руководитель:

Прохорцов Алексей Вячеславович, д. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Приборы и биотехнические системы», ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет, 300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92.

e-mail: proxav@rambler.ru

REVIEW OF NAVIGATION MODULES OF SATELLITE RECEIVING EQUIPMENT PRODUCED IN RUSSIA

Annotation. The article analyzes the advantages and disadvantages of using modern navigation modules of satellite receivers for navigation tasks on high-precision unmanned aerial vehicles. The article considers prospects for improving their technical characteristics.

Keywords: Satellite navigation receiver, navigation unit, high-precision unmanned aerial vehicle.

Minina Olga Vladimirovna, postgraduate student in the aPBS/12.06.01-02 group, Tula State University, 300012, Tula, Lenin Ave., 92.

Scientific supervisor:

Prokhortsov Alexey Vyacheslavovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department «Instruments and Biotechnical Systems», Tula State University, 300012, Tula, Lenin Ave., 92.



УДК 539.5

Высочина А.С.,

студ. группы ИС-22а, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

Руководитель: Малашенко Т.И.,

ст. преподаватель кафедры физики

ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

МАГНИТОИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Аннотация. Рассмотрено влияние импульсного магнитного поля на механические свойства стали и сплавов.

Ключевые слова: импульсные магнитные поля, магнитострикция, прочность.

Введение. Применение традиционных технологий, основанных на сугубо механических воздействиях, во многих случаях является неприемлемым из-за недостаточной пластичности металлов (обжим, штамповка, изгиб, устранение вмятин на внешней стороне корпуса транспортных средств). Эта проблема может быть решена методом магнитоимпульсной обработки.

Постановка задачи. В работе поставлена задача проанализировать физическую основу, достоинства и недостатки магнитоимпульсной обработки металлов.

Магнитоимпульсная обработка материалов основана на использовании электродинамических сил, которые в импульсных режимах могут достигать гигантских значений. Электрическая энергия, запасенная в конденсаторной батарее, преобразуется в энергию магнитного поля. Если давления, создаваемые электродинамическими силами, превышают предел прочности, то происходит деформация заготовки. Магнитоимпульсная обработка материалов имеет следующие преимущества:

1. Высокая производительность технологического процесса.

Основной сдерживающий фактор при повышении производительности магнитноимпульсной установки – весьма значительное время, расходуемое на технологическую подготовку (установка заготовки, съем готовой детали). Однако в настоящее время созданы установки с производительностью 3600 операций в час.

2. Возможность легкой автоматизации и механизации технологического процесса. Инструмент (индуктор), создающий магнитное поле, механически не связан с обрабатываемой заготовкой. Энергия, затрачиваемая на формообразование, может дозироваться с точностью до 1% и задаваться дистанционно.

3. Большая технологическая гибкость процесса – одним и тем же индуктором можно формировать детали различных конфигураций.

4. Простота технологической оснастки. Используется только одна матрица или пуансон.

5. Отсутствие передаточной среды при формообразовании. Это позволяет формировать металлические заготовки через изоляционные покрытия, перегородки, стенку вакуумной камеры.

6. Возможность получения больших удельных давлений. В настоящее время получают давления до 10^8 Н/м² без разрушения индуктора и до 10^9 Н/м² при использовании одноразовых индукторов.

Выводы. Магнитоимпульсная обработка представляет собой комплексное воздействие на материал магнитострикционных процессов и механических деформаций, тепловых и электромагнитных вихревых потоков, локализованных в местах концентраций магнитного потока, и является эффективным и высокопроизводительным методом обработки металлов и сплавов, позволяющим решать проблему обработки металлов с низкой пластичностью.

Литература

1. Бадьянов, Б. Н. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. / Б. Н. Бадьянов. – Ульяновск: изд-во Ульяновский ГТУ, 2000 г. – 405 с.

2. Есин, А.П. Магнитоимпульсная обработка металлов / А.П. Есин, В.И. Пашкович // Москва: НИИМАШ, 1975. – 12 с.

Высочина Александра Сергеевна, студент группы ИС-22а ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: visochinasasha@gmail.com

Научный руководитель:

Малашенко Татьяна Ивановна, старший преподаватель кафедры физики, ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: t.i.mal@mail.ru

MAGNETIC PULSED PROCESSING OF METALS AND ALLOYS

Annotation. The effect of a pulsed magnetic field on the mechanical properties of steel and alloys is considered.

Key words: pulsed magnetic fields, magnetostriction, strength.

Vysochina Alexandra Sergeevna, student of the IS-22a group, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.

Scientific supervisor:

Malashenko Tatyana Ivanovna, Senior Lecturer of the Department of Physics, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.





УДК 523.212

Ткачев Д.Р.,
студ. группы ИСИ-7а, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,
доцент кафедры «Физика и
прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ОБОБЩЕННЫЙ ЗАКОН ТИЦИУСА-БОДЕ, КАК ЗАКОН КВАНТОВАНИЯ ПЛАНЕТАРНЫХ ОРБИТ

Аннотация. В статье использована формула Тициуса-Боде для расчета расстояния между планетами в Солнечной системе. Полученные результаты хорошо согласуются с фактическими.

Ключевые слова: закон Тициуса-Боде, астрономическая единица, Солнечная система.

Введение. Правило Тициуса-Боде (иногда называемое просто законом Боде) является гипотезой о том, что тела в некоторых орбитальных системах, включая Солнце, вращаются по полуосным осям в зависимости от планетарной последовательности. Формула предполагает, что, простираясь наружу, каждая планета будет примерно вдвое дальше от Солнца, чем предыдущая.

Гипотеза правильно предвосхитила орбиты Цереры (в поясе астероидов) и Урана, но потерпела неудачу в определении орбиты Нептуна и в конечном итоге была заменена теорией формирования Солнечной системы. Она названа в честь Иоганна Даниила Тициуса и Иоганна Элерта Боде.

Постановка задачи. Применить правило Тициуса-Боде для планет солнечной системы. Сопоставить полученные результаты с реальными.

Результаты. В 1766 году немец по имени Иоганн Тициус, который успел попробовать себя в астрономии, физике и математике, на досуге вывел довольно

любопытное правило, позволяющее, зная расстояние от Солнца до Земли, рассчитать и расстояние до других планет солнечной системы. Как бы то ни было, на «открытие» Тициуса никто особого внимания не обратил, формула расчета работала без всякого теоретического обоснования и вообще, выглядела скорее остроумной шуткой, чем подлинным научным инструментом.

Однако в 1772 году к идее Тициуса обратился другой немецкий астроном Иоганн Боде – он то и оказался «популяризатором» новой теории, представившим формулу своего коллеги и земляка широкой общественности. С тех пор формула называется правилом Тициуса-Боде.

Как работает правило Тициуса-Боде. Расстояние от Земли до Солнца составляет 149,6 млн. километров, однако так как орбита Земли не идеально круглая, мы можем смело округлить это расстояние до 150 млн. км. Именно 150 млн. км – то расстояние, что называется астрономической единицей (а.е.).

Тициус сочинил довольно несложную формулу, которую можно записать в виде:

$$R_n = 0,4 + (0,3 \cdot 2^n),$$

где R_n – среднее расстояние от Солнца до планеты с порядковым номером n , в астрономических единицах, n – число, порядковый номер планеты, причем Марсу соответствует 2, Земле 1 (т.е. 1 а.е.), Венере – 0, Меркурию – бесконечность и т.п.

Тициус приводил такое обоснование того, почему в формуле фигурируют числа 0,4 и 0,3. Если взять расстояние от Сатурна (последняя из известных в то время планет) до Солнца за 100 единиц, то получится, что Меркурий будет находится на расстоянии 4 таких единиц ($4+0=4$). Венера будет расположена на расстоянии 7 единиц ($4+3=7$). Земля: $4+6=10$ единиц, Марс: $4+12=16$ единиц. Заметно, что второе число в этой формуле постоянно удваивается.

После Марса по логике вещей должно было быть $4+24=28$ единиц, но там планет не было, зато на расстоянии $4+48=52$ единицы был Юпитер, а на расстоянии $4+96=100$ единиц – Сатурн.

Проверим, как работает выведенная Тициусом формула. Рассчитаем, например расстояние для Земли, уже хорошо нам известное.

$$0,4+(0,3 \cdot 2^1) = 1 \text{ (а.е.)}$$

Рассчитаем расстояние для другой планеты, например для Марса.

$$0,4+(0,3 \cdot 2^2) = 1,6 \text{ (а.е.)}$$

Нельзя забывать – орбита Марса – это эллипс, поэтому 1,52 это усредненное значение, значит 1,6 а.е. вполне удовлетворимый результат.

Полный расчет для солнечной системы приведен в таблице.

Таблица. Средние расстояния до Солнца планет Солнечной системы по формуле Тициуса-Боде и фактически

Планета	n	Радиус орбиты (а. е.)		R _n -R _m	(R _n -R _m) / (R _{n-1} -R _m)
		по правилу	фактический		
Меркурий	- ∞	R _m = 0,4	0,39	-	-
Венера	0	0,7	0,72	0,33	-
Земля	1	1,0	1,00	0,61	1,8
Марс	2	1,6	1,52	1,13	1,9
Пояс астероидов	3	2,8	2,8 - 3,0	2,51	2,1
Юпитер	4	5,2	5,20	4,81	2,0
Сатурн	5	10,0	9,54	9,15	1,9
Уран	6	19,6	19,22	18,83	2,1
Нептун	выпадает		30,06	-	-
Плутон	7	38,8	39,5	39,11	2,1

К моменту публикации правила Тициуса-Боде ещё не были открыты Уран, Нептун и Плутон, поэтому данные, приведенные в таблице, сперва просто ошеломили научную общественность. В 1781 г. был открыт Уран, истинное положение которого (19,6 а.е.) почти соответствовало теоретическому (19,2 а.е.).

Стал вопрос, где та самая восьмая, а точнее пятая планета, предсказанная на расстоянии 2,8 а.е., между Марсом и Юпитером? Фактически, до этого момента никто и не обсуждал (и не предполагал) всерьез её наличие – ведь сразу после

Марса шел Юпитер, и никаких признаков того, что между ними могло где-то вклиниться ещё одно небесное тело, не было. Фактически пресловутый миф о пятой планете (Фазтоне) был “документально засвидетельствован” именно правилом Тициуса-Боде – других доказательств, свидетельствующих о наличии ещё одного небесного тела в Солнечной системе, к концу 18-го века не существовало.

Широкое обсуждение вопроса «пятой планеты» состоялось на Астрономическом конгрессе в 1790 году, однако никакой ясности в этом вопросе не было ещё десять лет, пока в 1801 году астроном Джузеппе Пиацци не открыл астероид Цереру, расположенный на расстоянии 2,8 астрономических единиц от Солнца.

Правило Тициуса-Боде – это не закон, подобный, например, законам Кеплера или Ньютона, а правило, полученное из анализа имеющихся данных о расстояниях известных планет от Солнца. Просто некое удивительное соотношение, мимо которого проходили долгое время. А к любому правилу имеются свои отклонения – во всяком случае, ничего не обычного в таких отклонениях нет, иногда они даже служат подтверждением правил. Правило показывает нам идеальную «теорию», а нынешняя Солнечная система это – не идеальная «практика» с учетом всевозможных изменений и катаклизмов за миллиарды лет существования.

Выводы. Закон Тициуса-Боде - один из важнейших законов астрономии, который описывает расстояния между планетами в Солнечной системе. Благодаря этому закону были обнаружены новые космические объекты, и он также был применен для поиска планет за пределами Солнечной системы. Его использование в астрономии продолжает оставаться актуальным и помогает сделать новые научные открытия.

Литература

1. Ксанфомалити, Л.В. Парад планет / Л.В. Ксанфомалити. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 256 с.

2. Лефевр, В.А. Космический разум и черные дыры: от гипотезы к научной фантастике. Земля и Вселенная / В.А. Лефевр, Ю.Н. Ефремов Ю.Н., 2000, № 5. – С. 69-83.

Ткачѳв Дмитрий Русланович, студент группы ИСИ-7а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: tkachev.d.r-isi-7a@donnasa.ru

Научный руководитель:

Покинтелица Елена Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru.

GENERALIZED TITIUS-BODE LAW AS THE LAW OF QUANTIZATION OF PLANETARY ORBITS

Annotation. The article uses the Titius-Bode formula to calculate the distance between planets in the Solar System. The results obtained are in good agreement with the actual ones.

Keywords: Titius-Bode law, astronomical unit, Solar system.

Tkachev Dmitry Ruslanovich, student of the ECE-7a group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Pokintelitsa Elena Anatolyevna, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

УДК 531.8

Борисов Д. В.,
студент группы ААХ-286
ФБОУ ВО «Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры»
Руководитель: к.х.н., доцент Соболев О. В.,
доцент кафедры физики и прикладной химии
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПОДВЕСКИ

Аннотация. Движение автотранспорта по некачественным дорогам сопровождается интенсивными знакопеременными нагрузками на детали подвески, в частности рессор и пружин. Происходят вынужденные случайные колебания системы подвески. Высокий уровень амплитуд и частот колебаний существенно влияет на ее работоспособность и долговечность. В данной работе, для оценки повреждаемости транспортного средства (ТС) проведен сравнительный анализ рессорной и пружинной подвесок.

Ключевые слова: транспортное средство, подвеска, пружина, рессора, нагрузка.

Введение. Подвеска является важной составной частью любого автомобиля, и ее работоспособность во многом определяет правильную работу всего автомобиля в целом. При проектировании подвески особое внимание уделяют упругому элементу, входящему в конструкцию подвески, при этом важной задачей является задача рассмотрения рабочей характеристики этого элемента.

Результаты. Движение автотранспорта по некачественным дорогам сопровождается интенсивными знакопеременными нагрузками на детали подвески, в частности рессор и пружин. Происходят вынужденные случайные колебания системы подвески; высокий уровень амплитуды и частоты колебаний существенно влияет на ее работоспособность и долговечность. В зависимости от типа **упругого элемента** подвески бывают: рессорная, пружинная, торсионная, пневматическая и др.

В данной работе, для оценки повреждаемости транспортного средства проведен сравнительный анализ рессорной и пружинной подвесок.

Рессора – самая простая и надёжная разновидность упругого элемента. Состоит из скрепленных между собой стальных листов разной длины. Чаще всего рессора имеет форму половины или четверти эллипса.

Витая пружина – спирально закрученный упругий металлический стержень круглого сечения. При сжатии её витки сближаются, поглощая энергию удара [1].

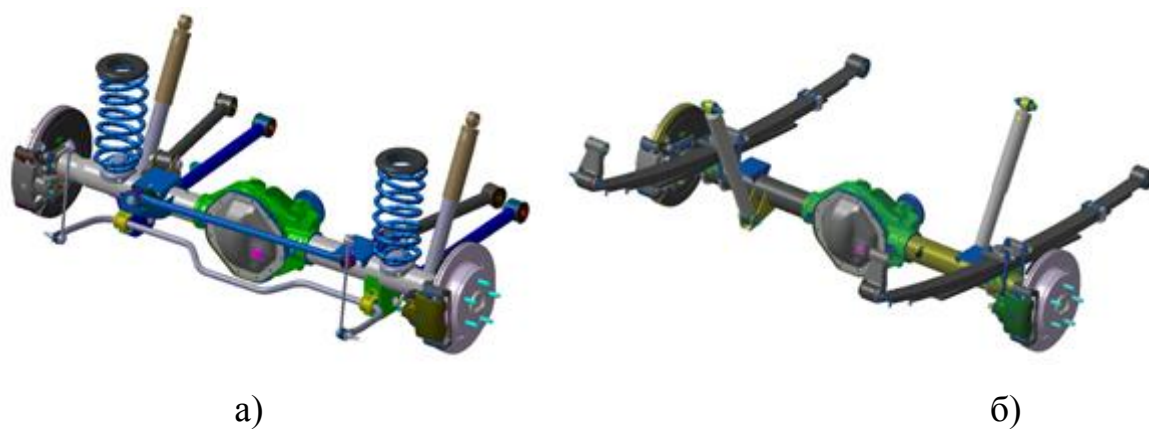


Рис. 1. Внешний вид рессорной (а) и пружинной (б) подвесок ТС [2]

Преимущество пружины против рессоры в том, что, во-первых, в ней полностью отсутствует трение, а во-вторых, она несет только чисто функцию упругого элемента, в то время как рессора так же выполняет функцию направляющего устройства (рычагов) подвески. В связи с этим пружина нагружается только одним способом и служит долго. Единственные недостатки пружинной подвески, по сравнению с рессорной – сложность и высокая цена.

Цилиндрическая пружина фактически, представляет из себя скрученный в спираль торсион. Чем длиннее пруток (а его длина увеличивается с увеличением диаметра пружины и количества витков), тем мягче пружина при неизменной толщине витка. Установив 2 пружины последовательно, получается более мягкая пружина. Суммарная жесткость последовательно соединенных пружин: $C=(1/C_1+1/C_2)$. Суммарная жесткость работающих параллельно пружин $C=C_1+C_2$.

Обычная пружина, как правило, имеет диаметр, гораздо больший, чем ширина рессоры и это ограничивает возможность использования пружины вместо рессоры на изначально рессорном автомобиле т.к. не помещается между колесом и рамой. Установить пружину под раму тоже не просто т.к. У неё есть минимальная высота, равная её высоте со всеми сомкнутыми витками плюс при установке пружины под рамой теряется возможность выставить подвеску по высоте.



Рис. 2. Цилиндрическая пружина [3].

Амортизаторные стойки с пружинами бывают так же 2-ступенчатыми с двумя последовательно установленными пружинами разной жесткости. Между ними ползун, являющийся нижней чашкой верхней пружины и верхней чашкой нижней пружины. Он свободно перемещается (скользит) по корпусу амортизатора. При обычной езде работают обе пружины и обеспечивают низкую жесткость. При сильном пробое хода сжатия подвески одна из пружин смыкается

и дальше работает только вторая пружина. Жесткость у одной пружины больше, чем у двух работающих последовательно.

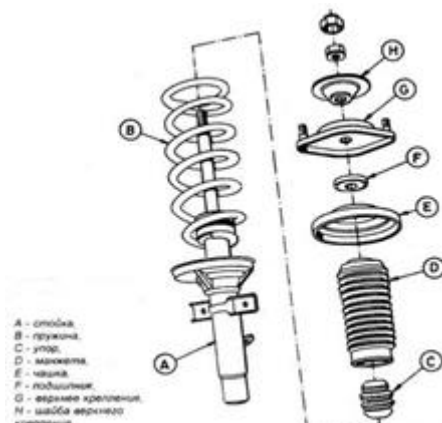


Рис. 3. Амортизационная стойка передней подвески.

Основное преимущество рессор в том, что они одновременно выполняют и функцию упругого элемента, и функцию направляющего устройства, а отсюда вытекает низкая цена конструкции. В этом есть и недостаток – несколько видов нагружения сразу: толкающее усилие, вертикальная реакция и реактивный момент моста. Рессоры менее надежны и менее долговечны, чем пружинная подвеска.

Основная проблема рессор в том, что их очень сложно сделать достаточно мягкими. Чем они мягче, тем длиннее их нужно делать, а при этом они начинают вылезать за свесы и становятся склонными к S-образному изгибу. S-образный изгиб – это когда под действием реактивного момента моста (обратного крутящему моменту на мосту) рессоры наматываются собственно вокруг моста.

Так же рессоры имеют трение между листами, при чем, не предсказуемое. Его величина зависит от состояния поверхности листов. При чем все неровности микропрофиля дороги, по величине возмущения, не превосходящие величину трения между листами, передаются телу человека как будто подвески нет вообще.

Рессоры бывают многолистовые и малолистовые. Малолистовые лучше тем, что раз в них меньше листов, следовательно и трение между ними меньше. Недостаток – сложность изготовления и соответственно цена. Лист

малолстовой рессоры имеет переменную толщину, и с этим связаны дополнительные технологические сложности производства.

Так же рессора может быть 1-листовая. В ней трение отсутствует в принципе. Однако эти рессоры более склонны к S-образному изгибу и, как правило, применяются в подвесках, в которых реактивный момент на них не действует. Например, в подвесках не ведущих осей, или там, где редуктор ведущего моста соединен с шасси, а не с балкой моста. С усталостным износом листов борются изготовлением листов трапециевидного сечения. Нижняя поверхность уже верхней. Таким образом, большая часть толщины листа работает на сжатие, а не на растяжение, лист служит дольше.

В отличие от пружины, рессора не имеет минимального размера по высоте. Также нельзя манипулировать количеством листов. Дело в том, что рессора конструируется как единое целое исходя из условия равного сопротивления изгибу. Любое нарушение ведет к возникновению неравномерности напряжений по длине листа, что неизбежно приводит к преждевременному износу и выходу из строя рессоры.



Рис. 4. Внешний вид рессоры.

Выводы. Основное преимущество рессорной ходовой части – это её огромная выносливость, позволяющая переносить любые нагрузки без существенных повреждений. Кроме того, рессорная подвеска снижает нагрузку на амортизаторы, частично выполняя их функцию за счёт трения между отдельными листами. Минус рессор – посредственные показатели эластичности и энергоёмкости. Такая подвеска не может сделать машину комфортабельной или придать ей хорошую управляемость, за счёт чего она чаще всего встречается в грузовиках, легковых фургонах и пикапах. Кроме того, ходовая часть на основе

рессор достаточно тяжела, что является большим недостатком для современного автомобиля.

Наибольшую популярность получила именно пружинная подвеска, которая сочетает в себе невысокую стоимость с оптимальными характеристиками и отличной надёжностью. Машины, в которых пружины играют роль эластичного элемента, отлично управляются и предоставляют пассажирам неплохой уровень комфорта. Кроме того, пружинная подвеска легко поддаётся ремонту и не требует больших расходов на обслуживание. Основной минус – небольшая грузоподъёмность. В грузовиках такой вариант встречается достаточно редко, поскольку даже пружина с большим диаметром витка будет очень быстро терять свои характеристики, изнашиваясь под давлением большой массы. Пружинная подвеска также чувствительна к ударным нагрузкам – вполне возможно, что после активной езды по бездорожью автомобиль будет ждать ремонт ходовой части.

Литература

1. Автомобильное наследие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://automotive-heritage.com/> (дата обращения: 01.03.2023).
2. Какой бывает подвеска автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://carsbiz.ru/select/kakaya-podveska-luchshe.html> (дата обращения: 10.03.2023).
3. Упругие элементы подвески [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://uazbuka.ru/podves/elastic_spring.html (дата обращения: 01.04.2023).

Борисов Денис Владимирович, студент группы ААХ-28 б, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Российская Федерация, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: cluck@mail.ru.

Научный руководитель:

Соболь Оксана Викторовна, к.х.н., доцент, доцент кафедры физики и прикладной химии, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Российская Федерация, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: cluck@mail.ru.

COMPARATIVE ANALYSIS OF ELASTIC ELEMENTS OF AUTOMOTIVE SUSPENSION

Annotation. The movement of vehicles on poor-quality roads is accompanied by intense alternating loads on the suspension parts, in particular springs and springs. Forced random oscillations of the suspension system occur. The high level of amplitudes and frequencies of oscillations significantly affects its performance and durability. In this work, to assess the damage to the vehicle, a comparative analysis of spring suspensions was carried out.

Keywords: vehicle, suspension, spring, loading.

Borisov Denis, student of the group ААН-28b, FBEI HE "Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture", 286123, Russian Federation, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Sobol Oksana, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor, Department of Physics and Applied Chemistry, FSBEI HE "Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture" 286123, Russian Federation, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.





УДК 62-752

Лысенко Г.О.,
студ. группы АСУ-22, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»
Руководитель: к.ф.-м.н., доцент Глухова Ж.Л.,
доцент кафедры физики, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

НЕБОСКРЕБЫ И КОЛЕБАНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются современные технологии проектирования и строительства высотных сооружений для подавления отрицательного влияния колебаний, приведены примеры применения этих технологий. Сделан вывод о важности данной темы для специалистов.

Ключевые слова: небоскреб, механические колебания, резонанс, сейсмоустойчивость, демпфер, демпфирование, аутригер.

Введение. Высотные здания строят по всему миру, и всегда это сложная задача для инженеров. Одной из главных проблем при проектировании небоскребов является учет и уменьшение колебаний, способных разрушить здание. Ветер и подземные толчки вызывают колебания зданий. А так как сооружения имеют собственную частоту, зависящую от структуры самого здания и физических свойств материалов, из которых оно построено, то от воздействия внешних сил амплитуда колебаний может повышаться из-за резонанса, и верхние этажи будут смещаться от своей оси. За последние несколько десятилетий архитекторы и инженеры разработали технологии, которые могут сохранить небоскребы от разрушения, а их конструкция позволяет повисить обтекаемость воздушными массами.

Постановка задачи. На основании обзора литературы выделить основные причины, вызывающие колебания небоскребов, влияние колебаний на

конструкции зданий и жизнь людей, основные технологии подавления отрицательного влияния колебаний.

Результаты. Все небоскребы при сильном ветре чуть заметно раскачиваются. Скорость ветра активно растет с высотой, также увеличивается его давление на здание. При этом с наветренной стороны конструкции испытывают растяжение, а с подветренной – сжатие. Возникает так называемый «эффект паруса», нейтрализовать который и необходимо строителям. Возникающие вокруг здания вихри и турбулентность постоянно меняют характер нагрузок, что приводит к раскачиванию и дрожанию сооружения. Это не только вызывает интенсивный износ конструкций, но и создает неприятные условия для людей внутри.

В результате действия сейсмических, ветровых, технологических, импульсных нагрузок в сооружениях могут возникать изгибные, вертикальные и крутильные колебания. Наиболее опасными считают изгибные и крутильные деформации. Вертикальные отклонения конструкций, возникающие при сейсмической и импульсной (подземные взрывы) нагрузках, обычно гасятся под действием собственного веса сооружения. От устойчивости вертикальности зависит износ конструкций здания, целостность остекления, нормальная работа лифтов, водопроводов.

В основе строительства всех небоскребов лежит динамичная конструкция (например, корпус здания состоит из ярусов, соединенных между собой шарнирно). Это позволяет зданию колебаться, чтобы лучше переносить силовые нагрузки. Знаменитая башня «Федерация» в комплексе Москва-Сити при ураганном ветре по плану может отклоняться от своей оси примерно на 70 сантиметров, но находящиеся в здании люди практически не ощутят этого.

Среди основных параметров, которые влияют на прочность и пластичность небоскреба и играют большую роль в подавлении колебаний, следует выделить массу здания. Каждый новый этаж – это дополнительный вес, и, чтобы уменьшить нагрузку на фундамент, уменьшают массу конструкций. Для этого применяют новые материалы, рационально используя их несущую способность.

Результатом уменьшения массы конструкций является увеличение их гибкости и уменьшение жесткости. Это позволяет лучше переносить деформации, но повышает чувствительность к воздействию динамической составляющей ветра, из-за чего растет амплитуда колебаний небоскреба. Поэтому архитекторы и инженеры должны находить компромисс между гибкостью, жесткостью и весом небоскреба.

В большинстве случаев из-за высоты небоскреба не удастся обойтись лишь расчетом прочности материалов и видом конструкции. Современные инженеры уравнивают небоскребы при помощи одного или нескольких демпферов – устройств, которые искусственно гасят механические колебания высотных зданий.

Чтобы нивелировать отклонение, появляющееся при колебаниях, инженеры устанавливают под куполом небоскребов гигантские настроенные амортизаторы масс (tuned mass dampers; TMD), или инерционные демпферы. Чаще всего TMD выглядит как огромный бетонный или стальной шар весом 300-800 тонн. Он подвешивается на специальной системе пружин и поршней в верхней части здания и сохраняет центр массы небоскреба за счет того, что при изменении угла наклона здания шар начинает двигаться с той же частотой, только в противоположном направлении (противофазе), тем самым не допуская резонанса в конструкциях. Например, инерционный демпфер башни «Тайбей 101», которая находится в столице Китайской республики (Тайвань) Тайбэй, – это стальной сферический маятник весом 660 тонн, помещенный внутри здания между 88 и 91 этажами. Сфера маятника состоит из 41 стальной пластины, каждая толщиной 125 мм, что вместе составляет 5,4 м в диаметре. Амплитуда колебаний шара достигает 10 см при раскачивании здания ветром и увеличивается до 1,5 метров при землетрясении. Благодаря такому маятнику здание считается самым устойчивым в мире, и это при том, что оно находится в сейсмоопасном регионе.

В Башне Шанхая невозможно было поместить демпфер необходимого веса, поэтому инженеры усилили амортизационный эффект с помощью мощного

электромагнита. На верхних этажах они установили тщательно рассчитанную массу – 1000-тонный маятник из стальных пластин, и связали его с мощным электромагнитом, создав первый в истории строительства индукционный демпфер. Гидравлическая система предохраняет маятник от слишком резких отклонений и слишком больших амплитуд. Электромагнитная система активируется при движении маятника, усиливая демпфирующий эффект. Следует отметить и такую особенность Башни, как ее «скрученный» фасад. Внешняя часть строения по мере увеличения высоты закручивается на 120°, благодаря чему потоки ветра разбиваются и уводятся вдоль фасада.

Также применяют жидкостный пассивный демпфер для эффективного гашения колебаний. В этом случае используется свойство сохранения жидкостью плотности (несжимаемость). Наверху небоскреба устанавливают цистерны с водой массой от 1% до 5% от массы, которой она противодействует. В некоторых случаях эти системы используются в качестве аварийных цистерн с водой для пожаротушения. Во время сейсмического (или ветрового) воздействия жидкость в резервуаре будет плескаться взад и вперед, причем движение жидкости обычно направляется и контролируется внутренними перегородками, которые не позволяют резервуару самому резонировать со зданием. Кинетическая энергия жидкости преобразуется в тепло перегородками.

Оригинальное решение нашли при строительстве сингапурского отеля Marina Bay Sands, который прославился на весь мир своим потрясающим бассейном на крыше, соединяющей сразу три башни отеля. По сути, отдыхающие плавают в огромном демпфере.

Более простое, но не менее изящное решение выбрали создатели самого высокого в мире небоскреба «Бурдж-Халифа» в Дубае. Сама его форма – пирамидальный конус – делает здание более устойчивым. А спиралевидная форма здания снижает влияние ветра на 24% по отношению к аналогичному зданию в форме параллелепипеда. При такой форме устойчивость обеспечивается тем, что линия силы тяжести не будет выходить за границы

площади опоры, а центр тяжести расположен низко над основанием, т. е. будет соблюден принцип минимума потенциальной энергии.

Следующей возможностью противостояния высоток ветру является устройство аутригерных поясов. Аутригеры – это мощные, в основном металлические конструкции, опоясывающие небоскреб, благодаря которым нагрузка при воздействии ветра равномерно распределяется между ядром и колоннами каркаса, а также другими несущими конструкциями. Часто аутригерные этажи делают техническими, располагая в них инженерное оборудование и коммуникации или аварийное место пребывания людей во время пожара. Конструкция аутригера для каждого здания проектируется индивидуально и имеет следующие функции: повышение изгибной жесткости здания, противостояние прогрессирующему обрушению в случае потери прочности отдельной конструкцией, устойчивость к ветровым нагрузкам. Обычно они устраиваются через несколько этажей. Сегодня аутригерная технология дает возможность архитекторам проектировать устойчивые небоскребы разнообразных форм.

Выводы. Небоскребы – своеобразный символ современного строительства. Сложность высотного здания растет пропорционально его высоте. Разработанные методы демпфирования и амортизации позволяют эффективно бороться с внешним колебательным воздействием, что обеспечивает безопасность и долговечность конструкций. Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий и сооружений представляет собой комплекс различных архитектурно-технических задач, для решения которых требуется сложная система определенных знаний. И сегодня при архитектурных школах создаются факультеты «специалистов по небоскребам».

Литература

1. Скрипченкова С.Ю. Воздействие ветровых нагрузок на высотные здания / С.Ю. Скрипченкова // Астраханский вестник экологического образования. – 2017. – №2 (40). – С. 103–108.

2. Малыгин А.Б. Применение аутригерных этажей в высотном строительстве [Электронный ресурс] / А.Г. Малыгин // Инженерный вестник Дона. – 2022. – №4. – URL:

http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_80_3_Malygin.pdf_1a2d721c11.pdf

(дата обращения 04.04.2023).

3. Давыдова, Г. В. Влияние демпфирования на статистические характеристики сейсмоизолированных зданий / Г. В. Давыдова // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2008. – № 1. – С. 38–41.

Лысенко Глеб Олегович, студент группы АСУ-22, ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: gleb.lysenko2004@mail.ru

Научный руководитель:

Глухова Жанна Лукьяновна, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры физики, ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: zhglukhova@yandex.ru

SKYSCRAPERS AND FLUCTUATIONS

Annotation. The article discusses modern technologies for the design and construction of high-rise structures to suppress the negative influence of vibrations, and provides examples of the application of these technologies. The conclusion is made about the importance of this topic for specialists.

Keywords: skyscraper, mechanical vibrations, resonance, seismic resistance, damper, damping, outrigger.

Lysenko Gleb Olegovich, student of the ASU-22 group, Donetsk National Technical University, 283001, Donetsk, Artema str., 58.

e-mail: gleb.lysenko2004@mail.ru

Scientific supervisor:

Glukhova Zhanna Lukyanovna, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics, Donetsk National Technical University, 283001, Donetsk, Artem str., 58.

e-mail: zhglukhova@yandex.ru



УДК 539.5

Ляшенко Т.А.,

студ. группы ЭЛЭТ-22а, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

Руководитель: Малашенко Т.И.,

ст. преподаватель кафедры физики

ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Проанализировано движение краевых дислокаций в нанокристаллических материалах.

Ключевые слова: дислокации, наноматериалы, пластическая деформация.

Введение. Одним из методов улучшения механических свойств материалов является уменьшение размеров зёрен, из которых состоят материалы. Интенсивная пластическая деформация значительно расширила возможности получения новых наноматериалов, под которыми подразумеваются объекты с характерным размером структурных элементов менее 100нм. Довольно часто в нанокристаллах содержатся примеси, попавшие в них в процессе получения либо специально добавленные для повышения термостабильности исходного структурного состояния. Примесные добавки позволяют не только стабилизировать ультрамелкое зерно, но и сохранить высокий уровень предела текучести ультрамелкозернистых материалов. При дальнейшем использовании эти заготовки могут быть подвергнуты высокоскоростному нагружению, в частности, при высокоскоростной обработке, ковке, формовке.

Постановка задачи. В настоящей работе ставится задача проанализировать влияние примесей на динамический предел текучести наноматериалов.

Многочисленные исследования показали, что традиционный дислокационный подход к изучению закономерностей пластической деформации нанообъектов нуждается в серьезном пересмотре. Количество дислокаций в нанопленках и наночастицах весьма ограничено, что обусловлено двумя основными причинами: во-первых, характерный размер нанообъекта может оказаться меньше размера петли Франка-Рида, являющейся одним из главных источников дислокаций (размеры петли составляют обычно 20-2000 nm). Во-вторых, близость границ раздела приводит к выходу дислокаций из объема нанокристаллов под действием сил изображения.

Многочисленные эксперименты, теоретические оценки и компьютерное моделирование позволили сделать вывод о том, что в наноматериалах важным источником дислокаций является их испускание границами зерен в процессе пластической деформации.

Выводы. Анализ влияния примесей на механические свойства нанокристаллических материалов показал, что в результате коллективного воздействия атомов примеси на динамическое движение дислокаций они способны оказывать существенное влияние на динамический предел текучести. При высоких значениях концентрации примеси данный механизм диссипации может быть существенным и приводить к росту предела текучести на десятки процентов.

Литература

1. Малашенко, В.В. Влияние плотности дислокаций на динамический предел текучести сплавов с наноразмерными дефектами при высокоэнергетических внешних воздействиях / В.В. Малашенко, Т.И. Малашенко // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов: межвуз. сб. науч. трудов. – Тверь, Тверской гос. университет. 2022. – Вып. 14. – С. 176-182.

Ляшенко Тимофей Алексеевич, студент группы ЭЛЭТ-22а ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: timlyashen@gmail.com

Научный руководитель:

Малашенко Татьяна Ивановна, старший преподаватель кафедры физики, ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: t.i.mal@mail.ru

PLASTIC DEFORMATION OF NANOCRYSTALLINE MATERIALS

Annotation. The motion of edge dislocations in nanocrystalline materials is analyzed.

Key words: dislocations, nanomaterials, plastic deformation.

Lyashenko Timofey Alekseevich, student of the ELET-22a group, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.

Scientific supervisor:

Malashenko Tatyana Ivanovna, Senior Lecturer of the Department of Physics, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.





УДК 534.84

Клемешова Е.Н.,

студ. группы ПГС-76а, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

Руководитель: канд. техн. наук, доцент Покинтелица Е.А.,

доцент кафедры «Физика и

прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

АКУСТИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. Рассмотрены коэффициенты звукопоглощения материалов, используемые при строительстве. Выявлены материалы, наиболее изолирующие звук.

Ключевые слова: акустика, звуконепроницаемые материалы, звукопоглощение.

Введение. Чтобы изолировать своё жилище от постороннего шума, следует разобраться с источником и природой его возникновения. От этого зависит правильный выбор звукопоглощающих материалов, предполагаемый объем работ, конечная сумма затрат на реализацию мероприятий.

Звуки и шумы проникают в наше жилище прямым и косвенным путем.

Прямым путем звуковые волны проникают в помещения через открытые или неплотно закрывающиеся окна, трещины и плохо заделанные щели между стеновыми панелями или стенами и оконными блоками.

Косвенным путем звуки проникают в комнаты через строительные конструкции, отличающиеся низким звукопоглощением, и коммуникационные каналы.

Мероприятия, направленные на снижение уровня шума в помещениях, называют шумоизоляцией и звукоизоляцией.

Все строительные материалы обладают способностью в меньшей или большей степени поглощать звук ($\alpha > 0$), $\alpha_{max} = 1$, где α - коэффициенты

звукопоглощения материалов. Звукопоглощающими называются такие материалы, у которых α на средних частотах больше 0,2. Коэффициент звукопоглощения зависит от пористости материала.

Постановка задачи. Сравнение коэффициентов звукопоглощения и выявление материала, наиболее подходящего под запрос создания помещения с наибольшим звукопоглощением.

Результаты. Коэффициент звукопоглощения - отношение поглощённой звуковой энергии ко всей энергии, падающей на материал: $\alpha = E_{\text{погл}} / E_{\text{пад}}$. За единицу звукопоглощения условно принимают звукопоглощение 1 м² открытого окна.

Таблица. Сравнение коэффициентов звукопоглощения α (при частоте 125 Гц)

<i>Материал</i>	<i>α</i>
Минеральная вата	0,94
Бетонный пол	0,01
Деревянный пол	0,05
Деревянные панели	0,08
Щиты Бекеши (холст на вате толщиной 40 мм)	0,8
Стекло 3-4 мм	0,3
Пенопласт	0,02
Фанера 6 мм, на расстоянии 5 см от стены	0,6
Штукатурка АЦП	0,3
Heradesign Superfine 15 мм-каркас 275 мм-минвата	0,7
Дерево	0,2
Строительный войлок, толщиной 25 мм	0,15
Слой ваты толщиной 100 мм	0,43
Порфит	0,4
Минеральная теплоизоляция	0,81
Кирпичная стена	0,03

Вывод. Произведено сравнение коэффициентов звукопоглощения наиболее часто используемых при строительстве материалов, а также на основе полученных результатов выдвинуто предположение об использовании описанных материалов для создания наиболее звукоизолирующего помещения.

Исходя из найденных и отформатированных данных таблицы, наиболее звукопоглощающими материалами, при частоте 125 Гц, являются минеральная вата, Щиты Бекеша, слой ваты в 100 мм. Из материалов, с помощью которых непосредственно выполняют постройку зданий, наиболее звукопоглощающим является кирпичная стена. При комбинировании, например, кирпичной стены и минеральной ваты, будет достигаться приемлемый уровень звукоизоляции в помещении.

Литература

1. Система нормативных документов в строительстве. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Защита от шума СНиП 23-03-2003 [Электронный ресурс] / Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (Госстрой России). – Москва, 2004. – 32 с. Режим доступа: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/f4e/4294817379.pdf> (дата обращения: 25.03.2023).
2. Всё о характеристиках изолирующих материалов [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://прорабофф.рф/zvukoizolacionnyye-materialy/> (дата обращения: 20.03.2023).

Клемешова Елена Николаевна, студентка группы ПГС-76а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: klemeshova.e.n-pgs-76a@donnasa.ru

Научный руководитель:

Покинтелица Елена Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.
e-mail: o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru.

ACOUSTICS IN CONSTRUCTION

Annotation. The coefficients of sound absorption of materials used in construction are considered. The materials that most isolate sound are identified.

Keywords: acoustics, soundproof materials, sound absorption.

Klemeshova Elena Nikolaevna, student of the ICE-76a group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Pokintelitsa Elena Anatolyevna, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 535.8

Костровский М. О.,
студент группы ААХ-28б,
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры»
Руководитель: к.х.н., доцент Соболев О. В.,
доцент кафедры физики и прикладной химии
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Аннотация. Оптическое волокно в настоящее время считается самой совершенной физической средой для передачи информации, а также самой перспективной средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния.

Ключевые слова: оптика, оптическое волокно, передача информации, световод, кабель, связь.

Введение. История развития волоконно-оптических линий связи началась в 1965-1967 годах, когда были изобретены волноводные линии связи для передачи широкополосной информации, а также криогенные сверхпроводящие кабельные линии с малым затуханием. С 1970 г. активно развернулись работы по созданию световодов и оптических кабелей, использующих видимое инфракрасное излучение оптического диапазона волн.

Тема об оптоволоконной линии связи, является актуальной на данный момент времени, так как число людей на планете растет, и потребности в улучшение жизни то же увеличиваются. А волоконная оптика как раз то, что нам нужно – её скоростью передачи информации очень велика. Плюс, низкие потери при передаче сигнала позволяет прокладывать значительные по дальности

участки кабеля без установки дополнительного оборудования. Оптоволоконно имеет хорошую помехозащищенность, легкость прокладки и долгие сроки работы кабеля практически в любых условиях. В настоящее время оптоволоконно находит свое применение преимущественно в теле- и интернет-коммуникациях.

Результаты. Волоконная оптика (fiber optics) – это раздел оптики, в котором рассматривается передача света и изображения по светопроводам и волноводам оптического диапазона, в частности по многожильным световодам и пучкам гибких волокон. Волоконно-оптические линии связи – это вид связи, при котором информация передается по оптическим диэлектрическим волноводам, известным под названием «оптическое волокно».

Оптическое волокно в настоящее время считается самой совершенной физической средой для передачи информации, а также самой перспективной средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния. К примеру, в настоящее время волоконно-оптические кабели проложены по дну Тихого и Атлантического океанов и практически весь мир «опутан» сетью волоконных систем связи. Европейские страны через Атлантику связаны волоконными линиями связи с Америкой. США, через Гавайские острова и остров Гуам – с Японией, Новой Зеландией и Австралией. Волоконно-оптическая линия связи соединяет Японию и Корею с Дальним Востоком России. На западе Россия связана с европейскими странами Петербург – Кингисепп – Дания и Петербург – Выборг – Финляндия, на юге – с азиатскими странами Новороссийск – Турция [1].

Широкополосность оптических сигналов, обусловленная чрезвычайно высокой несущей частотой. Это означает, что по оптической линии связи можно передавать информацию со скоростью порядка 1 Терабит, т.е. по одному волокну можно передать одновременно 10 миллионов телефонных разговоров и миллион видеосигналов. Скорость передачи данных может быть увеличена за счет передачи информации сразу в двух направлениях, так как световые волны могут распространяться в одном волокне независимо друг от друга. Кроме того, в оптическом волокне могут распространяться световые сигналы двух разных

поляризаций, что позволяет удвоить пропускную способность оптического канала связи.

Промышленность многих стран освоила выпуск широкой номенклатуры изделий и компонентов оптоволокна. Для передачи сигналов применяются два вида волокна: одномодовое SMF (single mode fiber) и многомодовое MMF (multi mode fiber). Свое название волокна получили от способа распространения излучения в них. Волокно состоит из сердцевины и оболочки с разными показателями преломления. В одномодовом волокне диаметр световодной жилы порядка 8-10 мкм, то есть сравним с длиной световой волны. При такой геометрии в волокне может распространяться только один луч (одна мода, как ее называют). Одномодовые волокна подразделяются на ступенчатые одномодовые волокна (step index single mode fiber) или стандартные волокна SF (standard fiber), на волокна со смещенной дисперсией DSF (dispersion-shifted single mode fiber), и на волокна с ненулевой смещенной дисперсией NZDSF (non-zero dispersion-shifted single mode fiber). Вторым важнейшим компонентом, определяющим надежность и долговечность, является волоконно-оптический кабель (ВОК). Определяющими параметрами при производстве ВОК являются условия эксплуатации и пропускная способность линии связи. По условиям эксплуатации кабели подразделяют на:

- монтажные,
- станционные,
- зонные,
- магистральные.

Первые два типа кабелей предназначены для прокладки внутри зданий и сооружений. Они компактны, легки и, как правило, имеют небольшую строительную длину. Кабели последних двух типов предназначены для прокладки в колодцах кабельных коммуникаций, в грунте, на опорах вдоль ЛЭП, под водой. Эти кабели имеют защиту от внешних воздействий и строительную длину более двух километров [2].

Для обеспечения большой пропускной способности линии связи производятся ВОК, содержащие небольшое число (до 8) одномодовых волокон с малым затуханием, а кабели для распределительных сетей могут содержать до 144 волокон как одномодовых, так и многомодовых, в зависимости от расстояний между сегментами сети. При изготовлении ВОК в основном используются два подхода: конструкции со свободным перемещением элементов конструкции с жесткой связью между элементами.

По видам конструкций различают кабели повивной скрутки, пучковой скрутки, с профильным сердечником, ленточные кабели и т.д.

Конструкция ВОК изменяется в зависимости от его типа и назначения при общем сходстве отдельных конструктивных элементов.

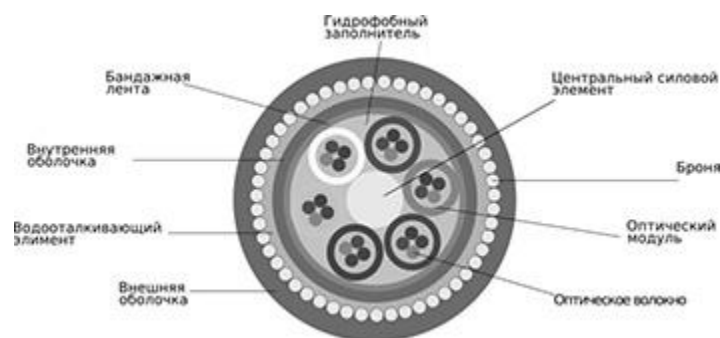


Рис. 1. Волоконно-оптический кабель в разрезе [3]

В центре конструкции виден силовой элемент из стеклопластикового прутка, предназначенный для демпфирования нагрузок, создаваемых при монтаже и эксплуатации. Волокна расположены внутри оптических модулей, оберегающих их от внешнего воздействия. Модули представляют собой пластиковые трубки, имеющие оптимальный диаметр для группирования нужного количества ОВ. В состав ВОК входят один или несколько модулей, что зависит от общего числа волокон. Модульное группирование оптических волокон и их цветовая маркировка намного облегчают идентификацию каждого конкретного оптоволоконного кабеля при монтаже муфт и расшивке оптоволоконного кабеля на кроссе. Оптические модули покрыты водоотталкивающим гелем, предохраняющим от проникновения влаги. Бандажная лента из полиэтилена фиксирует оптические модули и не дает вытекать гелевому наполнителю.

Внутренняя полиэтиленовая оболочка является буферным слоем, разделяющим оптические модули и армирующую броню. В данном примере бронирование выполнено стальной оцинкованной проволокой, надежно защищающей от грызунов и экстремальных нагрузок.

Важнейшим элементом защиты является внешняя оболочка из негорючего высокоплотного полиэтилена. От надежности наружного покрытия зависит длительность безотказного функционирования оптоволоконного кабеля, что диктует строгие требования к технологии его производства.

Принцип работы волоконно-оптического кабеля базируется на передаче модулированного светового потока, инициируемого лазером или специальным светодиодом в составе оптического трансивера. Электрические сигналы преобразуются в свет на одном конце ВОК, передаются по оптоволокну и принимаются на другом конце кабеля. На приеме свет конвертируется в исходные электрические сигналы. Разработчики оптического волокна нашли гениальное решение, разделив его на сердцевину и оболочку с разными показателями преломления света. Лазерное излучение проходит по сердцевине, отражаясь от оболочки, что способствует минимальным потерям мощности даже на протяженных магистралях. Физические параметры полученного световода легко рассчитываются, позволяя изготавливать оптоволоконные кабели с заданными характеристиками, предназначенные для решения конкретных задач.

Дальность распространения световых импульсов ограничивается затуханием и дисперсией. Причинами затухания в оптическом кабеле являются внутренние отражения, рассеяние и поглощение. Дисперсия приводит к искажению исходной формы сигналов, а именно к увеличению их длительности.

Современные ВОК имеют параметры, предоставляющие возможность передавать сигналы на расстояние до 100 км. Учитывая эти ограничения, на магистральных трактах через каждые 80-100 км устанавливаются регенерационные пункты, в которых полностью восстанавливается исходный

сигнал. Таким образом, можно строить линии связи в несколько десятков тысяч километров [3, 4].

В завершение обзора волоконно-оптического кабеля сформулируем его основные преимущества:

- увеличенная пропускная способность – до 2 Тбит/с (и более в перспективе);
- стоимость намного ниже по сравнению с «медным» кабелем;
- требуется меньшее количество усилителей/регенераторов - одно устройство на 100 км. Для электрической линии связи нужен усилитель на каждые 5 км;
- минимальный коэффициент шума;
- устойчивость к любым помехам и наводкам;
- малый вес и компактный объем;
- пожарная безопасность;
- взрывобезопасность;
- невозможность злоумышленного съема информации [5].

Выводы. Совокупность преимуществ оптоволоконного кабеля позволяет сделать вывод о его комплексном превосходстве над традиционным «медным» кабелем. ВОК выгоднее применять в проектах по организации информационных сетей любого масштаба и линий связи любой протяженности.

Литература

1. Оптическое волокно [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BD%D0%BE (дата обращения: 1.02.2023).
2. Что такое оптоволокно? [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://spec-komp.com/news/что_такое_оптоволокно/2015-02-07-910 (дата обращения: 11.03.2023).

3. Оптоволоконные каналы и беспроводные оптические связи [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://book.itep.ru/3/optic_32.htm (дата обращения: 01.04.2023).

4. Оптоволокно: виды, применение, фотографии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://izmer-ls.ru/opvo.html> (дата обращения: 12.04.2023).

5. Оптоволокно [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://howitworks.iknowit.ru/paper1109.h> (дата обращения: 12.04.2023).

Костровский Максим Олегович, студент группы ААХ-28 б, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Российская Федерация, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: cluck@mail.ru.

Научный руководитель:

Соболь Оксана Викторовна, к.х.н., доцент, доцент кафедры физики и прикладной химии, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Российская Федерация, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: cluck@mail.ru.

THE WAVE OPTICS AND APPLICATION THEREOF

Annotation. Optical fiber is currently considered the most advanced physical medium for information transmission, as well as the most promising medium for transmitting large streams of information over significant distances.

Keywords: optics, optical fiber, information transmission, light guide, cable, communication.

Kostrovsky Maxim, student of the group ААН-28b, FSBEI HE "Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture", 286123, Russian Federation, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Sobol Oksana, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Department of Physics and Applied Chemistry, FSBEI HE "Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture" 286123, Russian Federation, DPR, Makeevka, Derzhavin str., 2.





УДК 541

Колесник Ю.Р.;

студ. группы ИЗОС-7а, ФГБОУ ВО ДонНАСА»

Руководитель: Лошакова В.М.,

ассистент кафедры физики и прикладной химии,

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА ОКСИНИТРИДА АЛЮМИНИЯ (ПРОЗРАЧНЫЙ АЛЮМИНИЙ)

Аннотация. Описаны и проанализированы свойства оксинитрида алюминия (прозрачного алюминия с формулой $AlON$) как конструкционного материала и методы его получения. Установлено, что $AlON$ производится как альтернатива бронестеклу, но с большими удельными прочностными свойствами в большом диапазоне температур.

Ключевые слова: оксинитрид алюминия, оптические свойства, механические свойства.

Введение. Прозрачный алюминий – один из материалов, который появился недавно и набирает популярность. При разработке процесса изготовления недорогого, но прочного заменителя стекла учеными из США было сделано открытие, которое получило название «прозрачный алюминий» (Transparent Aluminum Armor), и название следует из того, что в основе материала содержится оксинитрид алюминия (или ALON). Материал запатентован в США, его разработкой и производством занимается американская фирма «Surmet» [1].

Постановка задачи. Ознакомиться со свойствами и методами получения оксинитрида алюминия.

Результаты. Прозрачный алюминий, или, как его еще называют, прозрачная алюминиевая керамика (выпускается в промышленных масштабах

под торговой маркой AlON), – это оксинитрид алюминия, полученный при взаимодействии оксида алюминия и нитрида алюминия в атмосфере азота. Внешне этот материал представляет собой твердую, прочную и прозрачную керамическую массу. Его оптическая прозрачность достигает 80% в ультрафиолете, видимом и полуволновом диапазоне электромагнитного спектра.

Уникальность прозрачного алюминия состоит в том, что он обладает прочностью в 4 раза больше, чем у кварцевого стекла, и на 85% больше, чем у сапфира. Оксинитрид алюминия не подвержен влиянию ионизирующего излучения (радиации), действию химических агрессивных веществ (кислот, щелочей), атмосферных осадков, абразивных материалов. Материал вдвое легче и тоньше, чем обычное бронированное стекло. Алюминиевая керамика способна выдерживать сверхвысокие температуры – более 2000°С. Пластичность керамической массы позволяет производить изделия любых форм и размеров. Материал экологически чистый, безвредный, пропускает свет и инфракрасное излучение.

Сочетание оптических и механических свойств делает прозрачный алюминий ведущим кандидатом на легкие высокоэффективные бронированные изделия, такие как пуленепробиваемые стекла [2].

Обычное бронированное (пуленепробиваемое) стекло состоит из поликарбоната, который расположен между двумя пластинами стекла. Ударопрочная и пуленепробиваемая конструкция из оксинитрида алюминия имеет аналогичную структуру, но в отличие от бронестекла, при попадании пули или сильного удара на ней не появится трещин и повредить ее практически невозможно. Еще одними важными преимуществами являются меньший вес и толщина.

Методы получения оксинитрида алюминия. Технологии производства не являются слишком сложными, но технологические процессы со сверхвысокими температурами требуют значительных затрат. Оксинитрид алюминия (прозрачную алюминиевую керамику) получают двумя методами:

- порошкового спекания;

- спарк-плазменного спекания.

Метод порошкового спекания.

Готовится реакционная смесь исходных компонентов, содержащая оксид хрома (VI), оксид алюминия, алюминий и нитрид алюминия, при следующем соотношении компонентов, мас. %

- Оксид хрома (VI) 37,3-41,0;
- Алюминий 31,0-34,0;
- Оксид алюминия 22,7-25,0;
- Нитрид алюминия до 9,0.

Способ получения литого оксинитрида алюминия включает приготовление реакционной смеси. Затем смесь помещают в реактор самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в форме из тугоплавкого материала, выполненной из кварца, графита или нержавеющей стали. В реакторе создают избыточное давление азота. Воспламеняют смесь электрической спиралью для инициирования процесса горения. После завершения синтеза и остывания реакционной формы продукт синтеза извлекают из реактора и отделяют. Продукт синтеза состоит из двух слитков: внизу – алюминид хрома, сверху – целевой продукт, представляющий собой керамический оксидный материал оксинитрид алюминия.

По мере охлаждения остаются свободно расположенные молекулы, которые формируют кристаллическую структуру. Именно такая структура обеспечивает прозрачному алюминию высокую прочность, стойкость к механическим повреждениям, сравнимым с сапфиром.

Изготовленные изделия подвергаются термической обработке при повышенных температурах с последующим шлифованием и полировкой до достижения прозрачности. Шлифовка и полировка увеличивают ударопрочность и другие механические свойства.

Метод спарк-плазменного спекания.

Российскими учеными разработан новый метод получения прозрачного алюминия – спарк-плазменное спекание. В основе нового метода

лежит модифицированный метод традиционного горячего прессования. В этом случае электрический ток пропускается непосредственно через пресс-форму и прессуемую заготовку, а не через внешний нагреватель. С помощью импульсного тока достигается очень быстрый нагрев за исключительно малую продолжительность рабочего цикла [3].

Эффективное сочетание механических и оптических характеристик прозрачного алюминия дают много возможностей использовать его в различных отраслях промышленности: авиационной, космической, строительной, и т.д.

Выделим продукцию, которую получают из прозрачного алюминия:

- стекла с взрывозащитными, пуленепробиваемыми свойствами;
- ударопрочные окна;
- различные трубы и стержни;
- детали инфракрасных оптических систем;
- плиты;
- окна и купола для космических устройств;
- иллюминаторы.

Выводы.

1. Прозрачная керамика – один из перспективных материалов, который обладает уникальными свойствами, поэтому имеет большое будущее.

2. При строительстве всегда есть потребность в светопропускающих материалах и прозрачный алюминий может со временем полностью заменить конструкции из стекла, т.к. по техническим характеристикам превосходит не только обычное стекло, но и кварцевые аналоги.

3. Прозрачный алюминий пока не получил широкого распространения и причина – достаточно высокая стоимость его производства, поэтому его применение в строительстве является ограниченным.

Литература

1. Керамическое изделие на основе оксинитрида алюминия JP Mathers U.S. Патент 5231062A, 1993.

2. ALON прозрачный алюминий – Transparent Aluminum Oxynitride [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sciencedebate2008.com/unusual-aluminum/> (дата обращения 04.04.2023).

3. Российские ученые создали прозрачный алюминий [Электронный ресурс]. – URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/95795/> (дата обращения 04.04.2023).

Колесник Юлия Романовна, студентка группы ИЗОС-7а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: kolesnik.yu.r.-izos-7a@donnasa.ru

Научный руководитель:

Лошакова Валентина Михайловна, ассистент кафедры физики и прикладной химии, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: v.m.loshakova@donnasa.ru

METHODS OF PREPARATION AND PROPERTIES OF OXINITRIDE ALUMINUM (CLEAR ALUMINUM)

Annotation. The properties of aluminum oxynitride (transparent aluminum) with the name AION as a structural material and methods for its production are described. It has been established that AION is produced as an alternative to bulletproof glass, but with higher specific strength properties in a wide temperature range.

Key words: aluminum oxynitride, optical properties, mechanical properties.

Kolesnik Julia Romanovna, a student of the IZOS-7a group, Donbass National Academy of Construction and Architecture, 286123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Loshakova Valentina Mikhailovna, Assistant of the Department of Physics and Applied Chemistry, Donbass National Academy of Construction and Architecture, 286123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 699.86

Сухорада Ю.Л.,
студ. группы ЭУН-7б, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,
доцент кафедры «Физика и
прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ

Аннотация. В статье изучены свойства материалов, необходимые для сокращения потерь тепла и повышения уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций с целью повышения энергоэффективности зданий.

Ключевые слова: теплоизоляция, утепление, теплопроводность, пористость, влажность, конвекция, излучение.

Введение. Сейчас оптимизация теплоизоляции зданий является важным направлением энергосбережения.

Вся история человечества, начиная с момента появления в животном мире человека разумного, - это поиски путей защиты от неблагоприятных факторов среды, например, переход от жизни в пещеры к современному, полностью обустроенному зданию. Основное предназначение здания заключается в защите людей, которые в нём находятся, от неблагоприятных воздействий природы. Проблемы теплозащиты важны при проектировании и строительстве различных объектов.

Постановка задачи. Изучить необходимые свойства материалов для теплоизоляции зданий.

Результаты. Чтобы правильно функционировать, человеческое тело должно поддерживать определённую температуру во всём организме. Даже небольшие отклонения от среднестатистической температуры (около 37°C)

опасны для здоровья и могут вызвать симптомы, приводящие к летальному исходу в конкретном случае. Человек подвержен большим колебаниям температуры и поэтому должен быть защищён от внешнего климатического воздействия искусственным укрытием. Тепловой комфорт в помещении обеспечивается при поддержании более-менее постоянных условий внутреннего климата.

Из-за излучения тепла от тела человека температура наружного покрытия перегородок, образующих помещение, очень важна для тепловых условий. Особое значение имеет температура пола, так как тепловая потеря тела человека ещё больше увеличивается благодаря теплопроводности.

Климатические условия интерьера, которые обеспечивают комфорт, поддерживают правильно подобранные перегородки и соответствующие технические устройства отопления и вентиляции. Наружная оболочка здания необходима для максимального ограничения колебаний микроклиматических параметров. Чтобы свести к минимуму потребность в энергии и связанное с этим загрязнение окружающей среды, внешние перегородки должны быть хорошо изолированы. А чтобы избежать перегрева в здании летом, сплошные перегородки должны обладать высокой теплоёмкостью или должны использоваться устройства, защищающие окна, такие как жалюзи, ставни и прочее.

Рассмотрим необходимые свойства материала при теплоизоляции. По обе стороны слоя материала различные температуры вызывают тепловой поток, чья величина зависит от теплопроводности. Металлы, например, очень хорошо проводят тепло, а пластмассы – крайне плохо. Коэффициент теплопроводности указывает количество тепла, проходящее через слой материала толщиной 1 м.

Пористость тоже сильно сказывается на теплопроводности материала, поскольку воздух, закрытый в его пределах, имеет самую низкую теплопроводность. Простыми словами, увеличение пористости способствует уменьшению плотности материала и снижает его теплопроводность.

Влажность также влияет на теплопроводность. В строительстве, когда определяют изоляционные свойства перегородок, обязательно учитывают фактическую влажность материалов и температуру.

Для описания нестационарного теплового потока (происходит при изменении температуры окружающей среды здания или при контакте двух тел с разными температурами) через перегородки недостаточно информации только о теплопроводности материала. В этих условиях важную роль играет и другой параметр – удельная теплоёмкость – информация о том, сколько тепла необходимо для нагрева материала в условиях повышения температуры.

Для оценки теплоизоляции внешних перегородок здания чаще используют понятие сопротивления материала тепловому потоку. (Тепловое сопротивление слоя материала обратно пропорционально теплопроводности.)

Поскольку в холодный период года температура внутреннего воздуха выше температуры наружного, то происходит конвекция – перенос теплоты при движении газа у нагретой или охлажденной поверхности.

Вдобавок, присутствует явление излучения – процесса передачи тепла от одной поверхности к другой через лучепрозрачную среду, то есть при нагревании какого-либо тела часть тепловой энергии превращается на поверхности лучистую. Излучение между телами происходит при помощи электромагнитных волн.

Выводы. Таким образом, внутренний климат (тепловой режим) помещения формируется в результате внутренних и внешних воздействий, характеризуется определенным сочетанием температуры воздуха, влажности и подвижности. При взаимодействии наружных ограждений с внутренней и внешней средой здания происходят процессы теплообмена.

Литература

1. Толстова, Ю.И. Основы строительной теплофизики: учеб. Пособие / Ю.И. Толстова, Р.Н. Шумилов. – М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т; [Науч. ред. А.С. Носков]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 104 с.

2. Бобрышев, В.В. Основные способы утепления зданий, их достоинства и недостатки [Электронный ресурс] / В.В. Бобрышев // Молодой ученый, №47 (233), 2018. - С. 31-34. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/233/54195/> (дата обращения: 04.04.2023).

Сухорада Юлия Леонидовна, студентка группы ЭУН-7б, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: suhorada.yu.l-eun-7b@donnasa.ru.

Научный руководитель:

Покинтелица Елена Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru.

THERMAL INSULATION OF BUILDINGS

Annotation. The article studies the properties of materials necessary to reduce heat loss and increase the level of thermal protection of external enclosing structures in order to increase the energy efficiency of buildings.

Keywords: thermal insulation, insulation, thermal conductivity, porosity, humidity, convection, radiation.

Sukhorada Yulia Leonidovna, student of the BME-7b group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Pokintelitsa Elena Anatolyevna, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 504.062

Павли Д.А.;
студ. группы ИЗОС-7а, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: Лошакова В.М.,
ассистент кафедры физики и прикладной химии,
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТАННОГО ПЛАСТИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. Рассмотрено использование переработанного пластика в строительстве.

Ключевые слова: переработанный пластик, утилизация, ресурсосбережение, экология.

Введение. Пластик – один из самых популярных современных материалов. Но, как и изделия из других материалов, со временем пластик приходит в негодность, и не выполняет возложенные на него функции. Из-за больших объемов отработанного пластика становится остро вопрос его утилизации. На данный момент проблема разрослась до масштабов экологической катастрофы. Пластиковый мусор загрязняет почву, воду, его тяжело утилизировать. Поэтому актуальной проблемой являются переработка отходов из пластика и их повторное использование [1].

Постановка задачи. Ознакомиться с изделиями из переработанного пластика, которые используют в строительстве.

Результаты. При использовании пластиковых отходов в качестве заполнителей, связующих, их применение охватывает различные производства строительных материалов [2].

1) При строительстве современных автомобильных дорог применяют изготовленные из переработанного пластика *полимерные пленки* для гидроизоляции, *геотекстиль*, *пластиковые сетки и решетки* для укрепления грунтов и дорожных откосов.

2) *Полимерно-битумные вяжущие* вначале использовались в производстве кровельных материалов. Потом их стали применять и в строительстве автомобильных дорог, они увеличивают эластичность асфальтового покрытия и можно продлить срок службы дорог [3].

Лидером по технологии создания «пластиковых» дорог является Индия. Там в качестве сырья для дорожного покрытия используют почти все виды пластиковых отходов. Сначала их сортируют, после чего очищают, высушивают и измельчают. Измельченный пластик смешивают и плавят при температуре около 170 ° С. После этого в расплавленный пластик добавляют горячий битум. Затем в эту смесь добавляют гравий. После смешивания смесь укладывают, как обычный асфальт. Смесь сокращает количество необходимого битума на 8-10%. Согласно новым исследованиям «пластиковые дороги» в Индии являются более прочными, они требуют меньшего обслуживания и по сравнению с обычным покрытием долговечнее в 3-5 раз.

Технология создания дорог из пластика – это инновационное, научное, доступное и запатентованное технологическое решение переработки пластиковых отходов путем их повторного использования для асфальтирования дорог. Ее разработал Раджагопалан Васудеван (Rajagopalan Vasudevan), профессор химии Инженерного колледжа Тиагараджара (Индия).

Затем Тоби Маккартни (Toby McCartney), основатель шотландской компании MacRebur, разработал технологию, позволяющую заменить основную массу битума в асфальте гранулами из переработанного пластика – на специальной установке они смешиваются с горной породой и частью битума, после чего асфальт укладывается стандартным способом.

По своим характеристикам дорожное полотно получается значительно прочнее – примерно на 60 %, оно устойчивее к ультрафиолету и механическому

износу, на нем не образуются провалы и рытвины. Разработчики считают, что их изобретение имеет большой потенциал. Это положительно скажется и на экологии, и на обстановке с загрязнением природы.

3) Альтернативой традиционной бетонной брусчатке является *полимерпесчаная плитка*. Благодаря высоким эксплуатационным характеристикам изделие с легкостью справляется с возложенными на него задачами. Готовые элементы отличаются небольшим весом, высокой прочностью и износостойкостью, разнообразием расцветок и форм.[4]

Полимернопесчаные тротуарные изделия имеют следующий состав:

основной объем (3/4) занимает кварцевый песок; (1/4) состава приходится на долю пластмассы высокого давления; пигменты.

Для снижения расходов на покупку сырья практикуют изготовление плитки из пластиковых бутылок и других изделий из ПВХ. Благодаря такому составу полимерное сырье устойчиво к внешним воздействиям и в то же время пластичное, что облегчает формовку будущего изделия.

Выводы. Пластик – долговечный материал. Благодаря его физическим и химическим свойствам он может быть переработан неоднократно. Повторное применение сэкономит ресурсы, которые задействованы в изготовлении первичного пластика – нефть, топливо, электроэнергия. Использование отходов позволяет создать инновационные строительные материалы, не уступающие изготовленным из природных материалов, но более дешевые. Одновременно решаются проблемы утилизации отходов и защиты окружающей среды от загрязнения пластиком.

Литература

1. Бобович, Б.Б. Переработка промышленных отходов: учебник для вузов. – М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. – 445 с.
2. Клинков, А. С. Утилизация и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов: учебное пособие / А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.К. Скуратов, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – Тамбов: ТГТУ, 2010. – 100 с.

3. Пластиковые дороги в дорожном строительстве. [Электронный ресурс].

– Режим доступа: <https://vseothody.com/technologji-pererabotki/doroga-iz-pererabotannogoplastika> (дата обращения: 03.04.2023).

4. Полимерпесчаная плитка: производство из бутылок и необходимое оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://centropol.ru/polimerpeschanaya-plitka-proizvodstvo.html> (дата обращения: 03.04.2023).

Павли Дарья Андреевна, студентка группы ИЗОС-7а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: pavli.d.a.-izos-7a@donnasa.ru

Научный руководитель:

Лошакова Валентина Михайловна, ассистент кафедры физики и прикладной химии, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: v.m.loshakova@donnasa.ru

THE USE OF RECYCLED PLASTIC IN CONSTRUCTION

Annotation. The use of recycled plastic in construction is considered.

Keywords: recycled plastic, recycling, resource conservation, ecology.

Pavli Daria Andreevna, a student of the IZOS-6a group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Loshakova Valentina Mikhailovna, Assistant of the Department of Physics and Applied Chemistry, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 613.648

Гуреева А.А.,
студ. группы ИЗОС-7б, ФГБУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.х.н., доцент Щебетовская Н.В.,
доцент кафедры физики и прикладной
химии ФГБУ ВО «ДонНАСА»

ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. В работе проанализированы виды ионизирующих излучений и их влияние на организм человека. Приведены коэффициенты чувствительности тканей различных органов к радиоактивному излучению.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, радиоактивные элементы, облучение, радиация.

Введение. Человек постоянно подвергается воздействию ионизирующего излучения природного происхождения, однако в силу слабой интенсивности серьезного вреда здоровью оно не причиняет. Известны следующие источники естественного излучения: радиоактивные элементы, присутствующие в земной коре; тяжелый газ радон, выделяющийся из почвы; космические объекты, излучение которых достигает Земли.

Серьезные проблемы в работе организма возникают при облучении большой дозой радиации техногенного характера.

Основная часть. Ионизирующие излучения, полученные в результате ядерных реакций, при воздействии на организм человека могут вызвать два вида эффектов: детерминированные пороговые эффекты (лучевая болезнь, лучевой дерматит, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, аномалии в развитии плода и др.) и стохастические (вероятностные) беспороговые эффекты (злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни).

Сложность в отслеживании процессов, вызванных облучением, объясняется тем, что последствия облучения, особенно при небольших дозах, могут проявиться не сразу, часто для развития болезни требуются годы или десятилетия. Последствия могут проявляться у последующих поколений (детей, внуков). Кроме того, вследствие различной проникающей способности разных видов радиоактивных излучений они оказывают неодинаковое воздействие на организм:

α -частицы (ядер гелия. Ядро атома имеет положительный заряд, т.е. это поток протонов) наиболее опасны, особенно при попадании в легкие или ЖКТ, однако для него даже лист бумаги является непреодолимой преградой;

β -излучение (поток электронов или позитронов, испускаемых при радиоактивном бета-распаде ядер некоторых атомов. Электроны или позитроны образуются в ядре при превращении нейтрона в протон или протона в нейтрон. Нейтрино и антинейтрино – стабильные частицы, не обладающие зарядом и массой покоя), способно проходить в ткани организма на глубину 1–2 см; наиболее безобидное;

γ -излучение характеризуется наибольшей проникающей способностью: его может задержать лишь толстая плита из материалов, имеющих высокий коэффициент поглощения, например, из бетона или свинца.

Также различается чувствительность отдельных органов к радиоактивному излучению. Поэтому нормативным документом вводятся соответствующие коэффициенты чувствительности тканей: 0,03 – костная ткань; 0,03 – щитовидная железа; 0,12 – красный костный мозг; 0,12 – легкие; 0,15 – молочная железа; 0,25 – яичники или семенники; 0,30 – другие ткани; 1,00 – организм в целом.

Для оценки степени воздействия ионизирующего излучения на любые вещества, живые организмы и их ткани вводятся понятия различных «доз» облучения, характеризующих взаимодействия ионизирующего излучения со средой и получение ионизационного эффекта, при котором происходит поражение биологических тканей.

Вероятность поражения тканей зависит от суммарной дозы и от величины «дозировки» (когда доза получена человеком не однократно, а по частям), так как большинство органов имеют возможность восстановиться после серии мелких доз. Существуют дозы, при которых летальный исход практически неизбежен. Знания реакции организма на различные дозы необходимы для оценки последствий действия больших доз облучения при авариях ядерных установок/устройств или опасности облучения при длительном нахождении в районах повышенного радиационного излучения, как от естественных источников, так и в случае радиоактивного загрязнения.

Среди распространенных раковых заболеваний, вызванных облучением, выделяются лейкозы. Оценка вероятности летального исхода при лейкозе более надежна, чем аналогичные оценки для других видов раковых заболеваний. Это можно объяснить тем, что лейкозы первыми проявляют себя, вызывая смерть в среднем через 10 лет после момента облучения. За лейкозами «по популярности» следуют: рак молочной железы, рак щитовидной железы и рак легких. Менее чувствительны желудок, печень, кишечник и другие органы и ткани.

Воздействие радиологического излучения резко усиливается другими неблагоприятными экологическими факторами, например, курением (явление синергизма).

Что касается генетических последствий радиации, то они проявляются в виде хромосомных aberrаций (в том числе изменения числа или структуры хромосом) и генных мутаций. Генные мутации проявляются сразу в первом поколении (доминантные мутации) или только при условии, если у обоих родителей мутантным является один и тот же ген (рецессивные мутации), что является маловероятным.

Ионизирующее излучение (ИИ) проникает в тело человека и в любые другие ткани на разную глубину в зависимости от вида и энергии этого излучения, а также плотности вещества или тканей, на которые оно воздействует. Отсюда и термин «проникающее излучение» как синоним термина «радиация». Все виды этой радиации не просто проходят сквозь ткани, а взаимодействуют с

веществом, молекулами тканей, вызывая появление в них на короткое время электрически заряженных частиц – ионов. Отсюда и термин «ионизирующее излучение». В отличие от него, видимый свет, ультрафиолетовые лучи не являются ни проникающими, ни тем более ионизирующими.

Существует три пути поступления радиоактивных веществ в организм: при вдыхании воздуха, загрязненного радиоактивными веществами, через зараженную пищу или воду, через кожу, а также при заражении открытых ран. Наиболее опасен первый путь, поскольку объем легочной вентиляции очень большой и значения коэффициента усвоения в легких более высоки.

Пылевые частицы, на которых сорбированы радиоактивные изотопы, при вдыхании воздуха через верхние дыхательные пути частично оседают в полости рта и носоглотке. Отсюда пыль поступает в пищеварительный тракт. Остальные частицы поступают в легкие. Степень задержки аэрозолей в легких зависит от дисперсности.

В легких задерживается около 20% всех частиц; при уменьшении размеров аэрозолей величина задержки увеличивается до 70%.

При всасывании радиоактивных веществ из желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) имеет значение коэффициент резорбции, характеризующий долю вещества, попадающего из желудочно-кишечного тракта в кровь. В зависимости от природы изотопа коэффициент изменяется в широких пределах: от сотых долей процента (для циркония, ниобия), до нескольких десятков процентов (водород, щелочноземельные элементы). Резорбция через неповрежденную кожу в 200–300 раз меньше, чем через ЖКТ, и обычно не играет существенной роли.

При попадании радиоактивных веществ в организм любым путем они уже через несколько минут обнаруживаются в крови. Если поступление радиоактивных веществ было однократным, то концентрация их в крови вначале возрастает до максимума, а затем в течение 15–20 суток снижается.

Концентрации в крови долгоживущих изотопов в дальнейшем могут удерживаться практически на одном уровне в течение длительного времени вследствие обратного вымывания отложившихся веществ.

Выводы. Чем сложнее организм, тем больше его чувствительность к воздействию радиации. Менее чувствительными являются вирусы, амёбы, черви, наиболее уязвим человек. Радиация не видна, но последствия ее воздействия очень опасны. Однако во многих случаях их можно избежать, если контролировать уровень радиации окружающих объектов.

Литература

1. Детлаф, А. А. Курс физики: учеб. пособие. – Изд. 6-е, стер. – М.: Академия, 2007. – 720 с.
2. Каверзнева Т.Т. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие / Т.Т. Каверзнева, Н.А. Чумаков, О.В. Смирнова. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2013. – 495 с.

Гуреева Анастасия Александровна, студентка группы ИЗОС-76, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: gureeva.a.a-izos-7b@donnasa.ru

Научный руководитель:

Щебетовская Наталья Витальевна, к.х.н., доцент; доцент кафедры физики и физического материаловедения ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: n.v.shchebetovskaya@donnasa.ru

IMPACT OF IONIZING RADIATION ON HUMANS

Annotation. The paper analyzes the types of ionizing radiation and their effect on the human body. The coefficients of sensitivity of tissues of various organs to radioactive radiation are given.

Keywords: ionizing radiation, radioactive elements, irradiation, radiation.

Gureeva Anastasia Aleksandrovna, student of the EPE-7b group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 86123, Makeyevka, Derjavin str., 2.

Scientific supervisor:

Shchebetovskaya Nataliya Vitalevna, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 86123, Makeyevka, Derjavin str., 2.



УДК 001.3

Седякин А.А.,
студ. группы ИСИ-7а, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,
доцент кафедры «Физика и
прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ВКЛАД СОВЕТСКИХ УЧЕНЫХ-ХИМИКОВ В ПОБЕДУ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ

Аннотация. В статье рассмотрен вклад советских учёных-химиков в победу в Великой Отечественной войне. Почти каждая деталь военного оборудования, обмундирования, военные материалы, медикаменты - все это несло на себе отпечаток предварительной научно-исследовательской мысли и обработки знаний ученых.

Ключевые слова: гранаты, топливо, фосфор, сероуглерод, горение, «Коктейль Молотова», ароматизация, хром.

Введение. Химия в войне - это снаряды, зажигательные смеси, топливо, материалы для изготовления снаряжения и военной техники, прочее стратегическое сырьё, и, разумеется, медицина. Она сыграла значимую роль в победе. То, чего добились советские химики и биологии – сенсация того времени. Ученые самых разных специальностей с честью выдержали ответственный экзамен на техническую зрелость. В суровые дни военных испытаний труд ученых-химиков вошел в историю как выдающийся подвиг в защиту Родины.

Общие достижения учёных. Специфической чертой советской науки всегда была тесная связь между теорией и практикой, быстрая реализация всех новых достижений теории. Выдающимся примером такого содружества

являются работы, проведенные в Институте физических проблем под руководством академика П. Капицы. Здесь была создана самая крупная в мире турбинная установка для получения в больших масштабах необходимого для промышленности жидкого кислорода, производительностью до 2000 кг кислорода в час. Большинство ленинградских химиков объединилось на базе лабораторий и опытного завода старейшего Государственного института прикладной химии. При остром недостатке электроэнергии, воды, топлива бойцам прифронтовых городов круглосуточно изготовлялись запалы с горючей жидкостью для противотанковых бутылок, сигнальные патроны для партизан и разведчиков, химические поглотители для противогазов, пиротехнические боеприпасы, индикаторные средства и т.п. Во вновь созданных лабораториях проводился анализ трофейных боеприпасов, изготовлялись новые виды дегазаторов, морские магнитные мины, осветительные и фугасные авиабомбы. Глюкоза, сульфазол, стрептоцид, наркотические и другие препараты в необходимом количестве из лабораторий передавались в госпитали. Созданные в институте образцы противохимических аптечек нашли широкое применение на фронте. Новым видом взрывчатого вещества теперь стали снаряжаться ручные гранаты, противотанковые гранаты и мины, изготовленные химиками Ленинградского горного института. Активную помощь фронту в тылу оказали ученые Ленинградского политехнического института: они решали проблемы борьбы с обледенением самолетов, изготовили высокочастотный изоляционный материал и т.п.

В период Великой Отечественной войны фронт и тыл были едины. На нужды фронта тыл откликался немедленно, и быстро находились необходимые решения. Особенно выдающая роль в снабжении фронта принадлежала Уралу. Урал – это богатейший район железа, цветных и легких металлов, топливных и химических ресурсов, рудников и заводов, созданных в советские годы. Многие химические предприятия Украины, вырабатывавшие аммиак, сульфатаммоний, серную кислоту, кальцинированную соду, красители и многое другое, были перебазированы в восточные районы. Потребовалась быстрая перестройка

уклада всей экономики этого района, мобилизация новых сырьевых ресурсов и естественных богатств. Эти требования успешно выполнялись с участием Комиссии по мобилизации природных ресурсов Урала на нужды обороны, возглавляемой президентом АН СССР В. Комаровым.

Уже в 1943 г. по сравнению с довоенным периодом вдвое увеличилась выработка наркотного эфира, в 1,5 раза – новокаина, в семь раз – хлорэтила, в пять раз – препаратов висмута и т.д.

Постановка задачи. Определить вклад учёных в Победу; выяснить, кто из учёных принимал участие в боевых действиях; определить задачи, которые приходилось решать учёным-химикам в годы Великой Отечественной войны.

Результаты. Изучены биографии и вклад в победу таких учёных, как А.Т. Качугин, С.И. Вольфкович, Н.Д. Зелинский, А.Е. Фаворский, Н.Н. Семенов.

Анатолий Трофимович Качугин в 1941 г. спроектировал специально для партизан диверсионное зажигательное средство, которое заменило дефицитные и дорогие магнитные мины. Изготовленная им на основе соединений фосфора мастика внешне походила на мыло и выглядела очень безобидно. Партизаны прикрепляли мастику к вагонам, а когда поезд набирал скорость, фосфор окислялся из-за трения о воздух и загорался, поджигая мастику, которая при горении развивала температуру более 1000°C. Установить, где, когда и отчего начался пожар, было невозможно.

В июле 1941 г. Государственный комитет обороны принял специальное постановление «О противотанковых зажигательных гранатах (бутылках)». Наиболее эффективными оказались бутылки с самовоспламеняющейся жидкостью «КС» или «БГС», представляющие собой желто-зелёный или тёмно-бурый раствор, содержащий сероуглерод, фосфор и серу, имевший низкую температуру кипения, время горения – 2-3 мин., температуру горения – 800-1000 °С, а обильный белый дым при горении давал ослепляющий эффект. Именно эти жидкости и получили широко известное прозвище «Коктейль Молотова». По официальным данным советские бойцы с помощью бутылок «Коктейля Молотова» за годы войны уничтожили: 2429 танков, самоходных артиллерийских установок и

бронемашин, 1189 долговременных огневых точек (дотов), деревоземельных огневых точек (дзотов), 2547 других укрепительных сооружений, 738 автомашин и 65 военных складов. «Коктейль Молотова» остался уникальным русским рецептом, созданным Семеном Исааковичем Вольфович.

Николай Дмитриевич Зелинский в годы первой мировой войны предложил использовать для адсорбции ядовитых газов активированный уголь. Изобретенный противогаз Зелинского оказался намного лучше всех известных средств защиты. В начале второй мировой войны он усовершенствовал свой противогаз. Также Зелинскому удалось улучшить качество бензина путем риформинга – ароматизации нефти. Новый бензин дал возможность резко увеличить мощность моторов и скорость самолетов. Самолет смог взлетать с меньшего разбега, подниматься на большую высоту со значительным грузом.

Герой Социалистического труда академик Алексей Евграфович Фаворский изучил химические свойства и превращения интереснейшего и легко добываемого сырья - ацетилен. Вместе со своими учениками разработал важнейший метод получения виниловых эфиров, необходимых для производства целого ряда продуктов. Новые соединения на основе ацетилен нашли широкое применение в оборонной отрасли промышленности. Ученый предложил оригинальные способы получения изопренового синтетического каучука на основе угля и воды. Заслуги Фаворского были высоко оценены правительством. Лауреат Государственной премии, он был награжден тремя орденами Ленина и орденом Трудового Красного Знамени. В 1945 г. Фаворский был награжден четвертым орденом Ленина и ему было присуждено звание Героя Социалистического труда за выдающиеся научные достижения в области органической химии и подготовку высококвалифицированных.

Разнообразные проблемы, актуальные для фронта и тыла, разрабатывали ученые под руководством академика Николая Николаевича Семенова. Их исследования помогали решать проблемы транспорта и повышения эффективности взрывчатых веществ, улучшения огнезащитной пропитки шпал. Ими был усовершенствован метод обработки деталей самолетов, достигнута

экономия дефицитных хрома и серной кислоты. Трудолюбие Семенова, его юношеская увлеченность своей отраслью науки, умение сконцентрировать вокруг своих идей талантливых сотрудников достойны восхищения. Он награжден медалями «За оборону Ленинграда», «За доблестный труд в Великой Отечественной войне», четырьмя орденами Ленина. Семенов - дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии, Государственной премии СССР и Нобелевской премии, почетный иностранный член многих академий наук.

Вывод. Невозможно перечислить всё, что было сделано учёными и химиками во благо Победы. Люди умственного труда находились в одном строю с солдатами. И, бесспорно, достижения химической науки в те годы послужили одним из существенных факторов, повлиявших на исход войны. Советские химики доказали всему миру, что их «научный гений» самый прогрессивный. Перед ним не устояла даже такая мощь, как фашизм.

Бессмертен подвиг, совершённый советскими учёными в годы Великой Отечественной войны. Эта победа бесценна, и тем строже наша обязанность хранить и беречь наследие Великой Победы!

Мы, молодое поколение, соприкасаясь с жизнью и делами своих дедов и прадедов, глубже понимаем, какой ценой досталась им эта победа, полнее осознаем, как нужно беречь, ценить и приумножать славные традиции прошлого, по-настоящему любить свою Родину и заботиться о её мирном процветании. Мы должны с благодарностью вспоминать имена тех, кто однажды помог человечеству выжить.

Литература

1. Белоногова, Г.У. Устный журнал «Всё для фронта, всё для победы!» / Г.У. Белоногова // Химия в школе, № 3, 2005. - С. 67 - 73.
2. Вклад химиков в победу над фашизмом – Инфоурок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.medkirov.ru/site/LSPFD2BE7> (дата обращения: 12.12.2022).

3. Казарян, П.Е. Химики в годы Великой Отечественной войны / П.Е. Казарян // Химия в школе, № 4, 1995. - С. 5 - 9.

Седякин Артём Александрович, студент группы ИСИ-7а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: sedyakin.a.a-isi-7a@donnasa.ru

Научный руководитель:

Покинтелица Елена Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru.

CONTRIBUTION OF SOVIET CHEMISTS TO THE VICTORY IN THE GREAT PATRIOTIC WAR

Annotation. The article considers the contribution of Soviet chemists to the victory in the Great Patriotic War. Almost every detail of military equipment, uniforms, military materials, medicines all bore the imprint of preliminary research thought and processing of scientists' knowledge.

Keywords: grenades, fuel, phosphorus, carbon disulfide, gorenje, Molotov cocktail, aromatization, chrome.

Sidyakin Artem Alexandrovich, student of the ECE-7a group, FBEI HE «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Pokintelitsa Elena Anatolyevna, Ph.D. Tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, FBEI HE «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 678.686

Будко В.С.,
студент гр. ГК – 12б ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,
доцент кафедры «Физика и прикладная химия»
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ПРОБЛЕМЫ КУРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИГАРЕТ

Аннотация. В статье исследуются общие аспекты проблемы курения электронных сигарет и вейпов среди молодежи и подростков, в том числе несовершеннолетних, представлены причины «почему это стало модно», и рассмотрены этапы решения возникшей трудности.

Ключевые слова: сигареты, вейп, никотин, курение, подростки.

Введение. В последние годы стала набирать популярность тема курения как среди взрослого населения, так и среди подростков. Многие считают, что электронная сигарета приносит меньший вред, чем обычная никотиновая, но так ли это на самом деле? Число вейперов и курильщиков электронных сигарет в последние годы быстро растет. Всемирная организация здравоохранения провела исследование, было выяснено, что в 2011 году электронные сигареты курили 7 млн человек, в 2016 году – уже 35 млн человек, а на 01.01.2021 года – количество людей, увлекающихся электронными сигаретами, увеличилось до 54 млн [3]. Более популярны электронные сигареты среди подростков, если раньше, когда они ещё не переполнили рынок, молодежь курила сигареты, но запах очень ощущался, многие боялись, так как могли почувствовать родители, то сейчас от электронных сигарет запаха нет. Среди взрослого населения также растет количество человек, предпочитающих вейп и электронные сигареты.

Постановка задачи. Проанализировать проблемы курения электронных сигарет.

В России было проведено исследование, на основании его было, выяснено, что взрослое поколение выбирает электронные сигареты, так как они помогают им бросить курить, а также считают, что они менее вредны для здоровья, чем обычные [4]. В сети интернет транслируется информация об отсутствии научных доказательств о вреде курения электронных сигарет. Но, было проведено исследование СПб ГБУЗ «ГПТД», ГПТД№ 2, КИБ, в ходе которого проводился анализ данных 43 историй болезни пациентов. Эндоскопическая картина при микобактериозе легких или ВГЛУ характеризуется наличием изменений в 88% случаев. В большинстве случаев встречаются рубцовые поражения бронхиального дерева (68%). В меньшей степени с одинаковой частотой наблюдаются явления катарального эндобронхита и атрофия слизистой оболочки, сопровождающаяся фиброзной трансформацией (38%). Также к особенностям можно отнести формирование бронхиальных свищей в 10% случаев. У большинства пациентов с микобактериозом имеется сопутствующая патология (ВИЧ-инфекция, ИБС, язвенная болезнь). При лучевом обследовании преобладает двустороннее поражение лёгких [5, С. 886-887]. На территории Российской Федерации уже зарегистрированы такие случаи: летом 2018 года в Санкт-Петербурге был отмечен случай отравления опиатами, а в сентябре того же года в Татарстане в школе до приезда скорой помощи скончался пятнадцатилетний подросток, покуривший на перемене электронную сигарету [1, с. 127].

Выделим основные причины курения электронных сигарет:

1. Желание бросить курить. По мнению населения РФ, замена сигарет на электронные, приводит к снижению подачи никотина, а следовательно, может привести к полному отказу от курения. При постепенной отмене никотинсодержащих смесей возможен отказ как от обычных сигарет, так и электронных.

2. Эстетические, гигиенические факторы. Курящие люди начинают использовать электронные сигареты и вейпы вместо сигарет из-за интересного дизайна испарителей, кальянов. Положительным моментом является отсутствия запаха дыма. Такие причины более подходят для девушек подростков.

3. Расслабление и снижение стрессов. Многие члены общества, которые впервые начинают курить электронные сигареты, выбирают его как метод снятия стресса и напряжения. После них начинает благоприятно кружиться голова, тело расслабляется, все проблемы уходят на второй план. Но, курильщики не осознают, что это только минутное удовольствие, проблемы и стрессы никуда не уйдут. Многие несовершеннолетние очень любят расслабляться таким методом.

4. Стремление приблизиться к компании. Молодые люди начинают общаться, дружить, а чтобы лучше влиться в коллектив перенимают их привычки, также начинают курить электронные сигареты.

5. Многие считают себя «модными». В настоящее время вейпинг и электронные сигареты популярны у подростков. Они считают, что испарители выступают в роли формирования имиджа, стиля жизни, считают, что это модно. А следовательно, причиной парения может стать желание в соответствии навязанному «модному» образу.

6. Возможность привлечь внимание. Вейперы устраивают шоу с помощью выдыхаемого пара: выпускают изо рта кольца, дорожки, фигуры. Такой способ развлечения добавляет популярности, формирует повышенный интерес окружающих.

7. Наличие активной рекламной политики в социальных сетях. Практически больше половины россиян большую часть своего времени проводят в просторах интернета, где часто транслируются рекламные компании о красивом дизайне, безвредных последствиях от курения электронных сигарет.

8. Низкие проценты проведения профилактики по вреде курения электронных сигарет в учебных заведениях, а также много свободного времени у подростков, которое они начинают тратить на употребление электронных сигарет.

Результаты. Для снижения курения электронных сигарет среди школьников и учащихся средних, высших учебных заведений необходимо внедрять следующие профилактические меры:

1. Организация и пропаганда социальной рекламы. К данной работе должны привлекаться педагоги, родители, известные личности. Например, по учебным заведениям развесить рекламные плакаты, связанные с привлечением молодежи к бросанию курения вейпов и электронных сигарет.

2. Проведение круглых столов. В учебных заведениях тема, связанная с курением электронных сигарет, должна активно обсуждаться. Подросткам необходимо доводить информацию о вреде их курения, о том, как за счёт их богатеют компании по производству электронных сигарет.

3. Реализация и поддержка в школах программ, направленных на отказ от курения электронных сигарет. У подростков должно формироваться правильное представление о вреде использования вейпов и электронных сигарет. Должны проводиться беседы на классных часах, интеллектуальные игры, спортивные праздники, посвященные отказу от их курения [2, с. 150-151].

4. Проведение интеллектуальных игр, викторин, организация клубов по интересам, спортивных секций, кружков. Многие подростки курят электронные сигареты из-за большого количества свободного времени. От незнания чем себя занять, они предпочитают это время тратить на употребление электронных сигарет.

5. Донесение негативной статистики о болезнях от электронных сигарет, о их последствиях. Среди подростков лучше воспринимается негативная информация, страшные последствия.

6. Со стороны педагогов и родителей не должно быть никакого шантажа, угроз и манипуляций. Если взрослые уверены, что подросток курит электронные сигареты, то не стоит предпринимать шантаж, манипуляции и рассказ неправдивых историй о случаях смертельных исходов. Сейчас, когда любой несовершеннолетний ребенок может посетить сеть Интернет, то он легко может проверить, являются ли «страшные истории» про употребление электронных

сигарет правдой. Лучше сообщить, что курение электронных сигарет само по себе не дает никаких преимуществ. Подростки не в состоянии оценивать риск заболеваний, они считают, что они молоды и здоровы, на них никак не отразятся последствия от употребления. Лучше сообщить о затраченных финансовых средствах, которые уйдут в никуда.

7. Выбатывать у молодёжи негатив к курящим людям. Самым лучшим средством также выступает постоянный негатив по отношению к курящим людям, что это некрасиво.

Стоит отметить, что не только подростки, но и взрослые люди стараются курить дома либо в таких местах, где их никто не увидит, чтобы не вызывать у окружающих отвращение к ним и их привычке. Значимую роль в профилактике по проблеме курения электронных сигарет играет работа с родителями учащихся. Большинство родителей считает очень важной профилактику курения электронных сигарет среди учащихся, но при этом они полагают, что курение молодежи выступает следствием неэффективности воспитательной работы в стенах школы, отрицая собственный пример в формировании образа жизни своих детей.

Выводы. На основании выше представленного исследования можно сделать вывод, что большая часть курильщиков – молодежь, несовершеннолетние и подростки, самими главными причинами можно выделить: нет запаха, следование «модным» трендам, рекламные компании в социальных сетях и влияние в коллектив.

Самими главными причинами можно выделить: нет запаха, следование «модным» трендам, рекламные компании в социальных сетях и влияние в коллектив. Основу профилактики должен включать популяционный подход, осуществляемый в учебных заведениях.

Литература

1. Антонов, Н.С. Электронные сигареты: оценка безопасности и рисков для здоровья / Н. С. Антонов [и др.] // Пульмонология. – 2018. – № 3. – 220 с.

2. Королёв, А.С. Профилактика употребления электронных сигарет в образовательной организации // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта, 2018. – №11. – 250 с.

3. Официальный сайт BBC «Рост популярности электронных сигарет - в пяти графиках» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bbc.com/russian/features-44314394> (дата обращения 19.04.2023). – Режим доступа свободный.

4. Официальный сайт Риа новости «Ученые рассказали, как на самом деле действуют электронные сигареты» [Электронный ресурс]. – URL: <https://ria.ru/20190531/1555110559.html> (дата обращения 19.04.2023). – Режим доступа свободный.

5. Чухонцева, А.С. Влияние Электронных сигарет на развитие туберкулезной инфекции // FORCIPE, 2020. – №2. – 950 с.

Будко Виктор Сергеевич, студент гр. ГК – 12б, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: budko.v.s-gk-12b@donnasa.ru

Самойлова Елена Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и Прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru

PROBLEMS OF SMOKING ELECTRONIC CIGARETTES

Abstract. The article examines the general aspects of the problem of smoking electronic cigarettes and vapes among young people and adolescents, including minors, presents the reasons "why it has become fashionable", and considers the stages of solving the difficulty.

Key words: cigarettes, vaping, nicotine, smoking, teenagers.

Budko Viktor, student of gr. GC – 12b, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Samojlova Helen, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.





УДК 621

Шумакова О.С.,

студ. группы ИЗОС-7б, ФГБУ ВО «ДонНАСА»

Руководитель: к.х.н., доцент Щебетовская Н.В.,

доцент кафедры физики и прикладной

химии ФГБУ ВО «ДонНАСА»

СТАТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. В работе анализируется влияние статического электричества на организм человека. Указаны средства и методы защиты от электростатического заряда.

Ключевые слова: статическая электризация, средства защиты, нейтрализаторы.

Введение. С точки зрения физики, статическое электричество – это явление, которое возникает в результате процесса переноса заряженных электронов с одной поверхности на другую. Это верно не для всех материалов, а только для диэлектриков. К таковым относятся, например, бумага, ПВХ и другие виды пластика, синтетические ткани и т.д. В норме в диэлектриках количество положительно и отрицательно заряженных частиц совпадает, но при определенных условиях, при взаимодействии с другими предметами, происходит перенос электронов, баланс нарушается и начинает накапливаться электрический заряд. Остановимся подробнее на воздействии статики на человеческий организм.

Основная часть. В ряде случаев статическая электризация тела человека и затем последующий разряд с человека на землю или заземленное производственное оборудование, а также электрический разряд с незаземленного оборудования через тело человека могут вызвать болевые и

нервные ощущения [1] и быть причиной произвольного резкого движения и получения травмы (падения, ушибы и т.д.). Из-за боязни ожидаемого разряда возможны «фобии» и повышенная эмоциональная возбудимость.

Наше тело является своеобразным аккумулятором, стенка клетки имеет электрический потенциал, а внутри клетки находится раствор электролита, в котором плавают ядро и прочие внутриклеточные структуры. Клетка окружена внеклеточной жидкостью, то есть электролитом несколько другого состава. Одни вещества благодаря биоэлектрическим процессам активно в клетку вводятся, а другие выводятся из нее. Один аккумулятор (клетка) находится внутри другого аккумулятора – органа с его внеклеточной жидкостью. Органы омываются другим электролитом – кровью. За счет электричества функционируют многие системы организма. Нервы – это, по сути, биопроводы, по которым передается импульс. Сердце сокращается благодаря разряду, передаваемому по нервному волокну пучка Гиса (аналогия с системой зажигания в автомобиле).

Работа мышц, сердца, мозга и прочих органов сопровождается электрической активностью. Вся сознательная жизнь человека зависит от электрической активности мозга. Электричество организма суммируется и образует сложное биополе, чувствительное к внешним электрическим помехам; статическое электричество – помеха. Каждый испытывал силу собственного статического электричества. Разряд может проскочить при прикосновении к металлическим предметам, при рукопожатии, разряд может быть чувствителен и сказывается на работе электропроводящей системы сердца.

В этой сфере действуют достаточно жесткие правила. Методы снятия статики регламентируются различными документами, в том числе различными ГОСТами. Средства защиты от статики перечислены в ГОСТ 12.4.124 83. Там, в частности, отмечено, что все защитные средства могут быть групповыми и индивидуальными. Руководство предприятия должно обеспечить своих сотрудников всеми средствами защиты, предусмотренными в нормативных документах.

Групповые средства защиты – это заземление, нейтрализаторы, увлажняющие устройства, антиэлектростатические вещества, защитные экраны.

Заземление выполняется для всех видов оборудования, также на предприятии организуют зоны заземления и рабочие площадки соответствующего типа. Заземление должно быть и у других предметов, включая ручки дверей или лестничные поручни. Экранизирующие устройства также должны быть заземлены.

Нейтрализаторы бывают разного типа – индукционного, высоковольтного, лучевого и т.д. Наибольшей популярностью пользуются ионизирующие устройства типа воздушных пистолетов и блоков питания. Их характеристики подбираются для каждого конкретного случая. Увлажняющие устройства препятствуют пересушиванию воздуха, то есть в этом случае просто не создается условий для возникновения заряда.

Антиэлектростатические вещества обычно выпускают в виде жидкостей для обработки поверхности материалов. Тем же ГОСТом установлены требования к предельной концентрации таких веществ на производстве.

Опасность статического электричества реализовалась для человека сравнительно недавно, природа за период эволюции не выработала защитного механизма. Раньше люди находились в постоянном контакте с землей. С течением времени человечество все больше изолировало себя от почвы, начав носить одежду и обувь. Не проводящие электричество синтетика и резина стали исходным материалом для одежды и обуви человека; они также стали входить в состав стен, напольных покрытий, мебели. Одежда из синтетических материалов не только мешает «стекать» с тела человека статическому электричеству, она при каждом движении еще вырабатывает дополнительную порцию электричества. Горожане ходят по асфальту и живут в домах, полных синтетических материалов; превращаются в разновидность конденсаторов, которые при малейшем контакте искрят. Потому и депрессиям горожане более подвержены. Цивилизация – одежда, обувь, отделка домов, асфальт улиц – заизолировала городского жителя от контакта с землей. Однако природа оставила человеку в

борьбе со статическим электричеством «последний рубеж» – мочеиспускание. Это не только выведение шлаков из организма. Моча – отличный проводник, представляет собой раствор электролитов. Во время мочеиспускания происходят заземление и сброс статического электричества, причем сброс идет не с внешнего контура человека, а с внутреннего. Мочевой пузырь располагается по соседству с позвоночником и спинным мозгом, он оплетен нервными стволами. При мочеиспускании происходит как бы «заземление» непосредственно центральной нервной системы. Однако изобретение фаянсового унитаза и пластиковых труб «заизолировало» человека окончательно. Воздействию статики меньше подвержены жители сельской местности, обделенные плодами цивилизации.

Выводы. На предприятиях для защиты сотрудников используются методы, перечисленные в соответствующих ГОСТах. Особенно важно обеспечить надежную защиту на производствах, где используются взрывоопасные материалы. Ведь статическое электричество может стать причиной возникновения искрового разряда, и вскоре после этого погасить огонь уже будет сложно.

Поэтому особое внимание уделяется нейтрализации электростатических зарядов на теле человека. Используемые при этом одежда и материалы служат защитой, и при этом их подбирают так, чтобы они соответствовали ГОСТу, в котором, в частности сказано, что рабочие халаты из синтетической ткани могут быстро заряжаться до потенциала в 15 кВ, а через тело человека, одетого в такой халат, будет проходить 3 мкА [2]. Поэтому чаще для одежды используются натуральные или смесовые ткани. На некоторых производствах используются дополнительные средства защиты – это специальные заземленные кольца и браслеты, другие устройства для защиты рук. Их сопротивление указано в документации – оно должно соответствовать нормативному.

Литература

1. Каверзнева Т.Т. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие / Т.Т. Каверзнева, Н.А. Чумаков, О.В. Смирнова. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2013. – 495 с.

2. Никифоров Л.Л. Безопасность труда. Производственная безопасность: учеб. пособие / Л.Л. Никифоров, В.В. Персиянов. – М.: МГУПБ, 2006. – 257 с.

Шумакова Ольга Сергеевна, студентка группы ИЗОС-7б, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: shumakova.o.s-izos-7b@donnasa.ru

Научный руководитель:

Щебетовская Наталья Витальевна, к.х.н., доцент; доцент кафедры физики и физического материаловедения ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: n.v.shchebetovskaya@donnasa.ru

STATIC ELECTRICATION OF THE HUMAN BODY

Annotation. The paper analyzes the effect of static electricity on the human body. The means and methods of protection against electrostatic charge are indicated.

Keywords: static electrification, means of protection, neutralizers.

Shumakova Olga Sergeevna, student of the EPE-7b group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 86123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Shchebetovskaya Nataliya Vitalevna, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 86123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 678.686

Костюк Е.Р.,
студентка гр. ИЗОС – 4а ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,
доцент кафедры «Физика и прикладная химия» и
кафедры «Техносферная безопасность»
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ВОЗДЕЙСТВИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Аннотация. Рассмотрено химическое загрязнение окружающей среды и ее последствия.

Ключевые слова: загрязнение, экологическая проблема, окружающая среда, биосфера, химическое загрязнение, загрязнение почв.

Введение. Загрязнение окружающей среды – это выбросы посторонних веществ, которые не являются естественными для данной среды. Помимо этого, на загрязнение окружающей среды влияет и большое количества химического агента. В данный момент проблема загрязнения окружающей среды является мировой катастрофой.

Уже несколько десятилетий с данной проблемой бурятся многие страны нашего мира. Но, в наше время большие темпы технологического производства и переработка полезных ископаемых, только ухудшает ситуацию. На сегодняшний день увеличилось количество заводов, которые специализируются на черной металлургии. Все эти антропогенные факторы только делают ситуацию еще плачевнее.

Необходимо отметить, что влияние человека на окружающую среду можно поделить на несколько групп. Первая группа – это физическое воздействие.

Вторая – это биогенное воздействие. Третья – информационное воздействие. Есть конечно и другие воздействия. Но самым опасным является химическое воздействие.

1. Химическое загрязнение окружающей среды и его последствия.

Химическим загрязнением считается увеличение количества химических компонентов биосферы и введение в неё химических веществ, значительно превышающих норму или же вовсе не свойственных ей. Под понятием окружающей среды подразумевают совокупность таких экосистем, как атмосфера, гидросфера, литосфера.

Основные источники химического загрязнения:

- промышленные предприятия;
- электроэнергетика;
- автомобили;
- металлургия.

Виды химического загрязнения для атмосферы, для почвы, для гидросферы основными и наиболее опасными являются тяжёлые металлы (ртуть, свинец, кадмий и другие), пестициды, аэрозоли токсикантов (марганца и окиси хрома), нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, угарного газа, сажи и других.

Выделяют два типа химического загрязнения:

- первичное – возникает при действии агентов-загрязнителей природно-антропогенного характера;
- вторичное – проявляется под действием физико-химических процессов внутри экосистемы.

2. Химическое загрязнение окружающей среды и его последствия.

Химическое загрязнение затрагивает все сферы окружающей среды. Негативные итоги заражения природы ощущаются по мере накопления и выражаются в следующем:

- деградации окружающей среды;
- ухудшение здоровья человека;

- нарушение озонового слоя;
- рост неплодородных земель.

Химические вещества серьезно влияют на экологию планеты и человека.

Деградация окружающей среды. Нарушения, вызванные химикатами, проявляется деградацией экосистемы. Постепенно уменьшается количество представителей флоры и фауны, исчезают редкие виды. Бесконтрольно размножаются вредоносные микроорганизмы.

Одна из опасных проблем загрязнения – радиоактивное заражение. Таким примером может служить авария на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 года. Зараженная зона непригодна для проживания, занятий пчеловодством, сельским хозяйством, рыболовством.

Здоровье человека. Загрязняя окружающую среду, человек вредит себе. В природу попадают жидкие, газообразные, твердые химические вещества, которые проникают в почву, воду, растения и продукты питания. Образованная цепочка несет угрозу здоровью человека.

Краткое воздействие проявляется головокружением, болями, тошнотой, кашлем. Большая доза ведет к потере сознания, острому отравлению, даже к летальному исходу. Влияние на организм зависит от возраста, пола и здоровья человека.

Истощение озонового слоя. Верхняя часть атмосферы защищает планету от ультрафиолета, ослабляет солнечную радиацию в 6 000 раз. Антропогенная деятельность истощает озоновый слой до появления дыр. Эту проблему усугубляют полеты реактивных самолетов и запуски ракет.

Особенно опасен для озона газ метан. Большое количество выделяют животноводческие комплексы. Залежи отходов скота испаряют в атмосферу тонны газа. Истощение озонового слоя опасно для всей планеты. Незащищенность от лучей солнца, может погубить все живое.

Неплодородные земли. Химические отходы накапливаются на свалках, пропитывают почву. Проникая через грунт в водоемы, заражают огромные

площади земли. В погоне за урожаем, недобросовестные фермеры неконтролируемо используют много химии.

После дождей и полива, она глубоко проникает в почву. Через несколько лет такого использования, почва обедняется, истощается плодородный слой, снижаются урожаи. Брошенные земли деградируют, выветриваются, образуя овраги, непригодные для сельского хозяйства.

Загрязнение почв. Бурное развитие технологий, сельского хозяйства привело к росту уровня химического загрязнения почвы. Есть множество химических веществ, которые используются при выращивании сельскохозяйственных культур. Они проникают в почву. По данным Международного комитета по защите окружающей среды, фосфаты, гербициды, нитраты, бактерии и пестициды являются самыми распространенными загрязнителями, которые применяются в этой отрасли. Продукты питания также могут быть загрязнены ими.

3. Методы борьбы с химическим загрязнением. Для борьбы с химическим засорением окружающей среды нужен переход на замкнутый цикл производства, оставляющий мало отходов, эффективные очистные сооружения, замена ядовитых первоначальных материалов экологически чистыми.

К методам борьбы также относятся:

- международная защита;
- государственная охрана;
- экологическое воспитание.

Совокупность способов снизит отрицательное влияние на окружающую среду.

Международная защита. Большую роль в защите экологии играет международное сотрудничество. В 1974 году было выявлено уменьшение озонового слоя, который разрушается под воздействием хлора. Источником является производство аэрозолей, фреонов.

Был подписан договор о защите озонового слоя, в который входят следующие пункты:

СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

- общий строгий контроль над видами всех химических загрязнений;
- повышение надежности танкеров для перевозки нефтепродуктов;
- не допущение засорения земли;
- предупреждение попадания химикатов в водоемы;
- очистка территорий с нарушениями экологической системы.

Лучшая защита – безотходное производство, не имеющее выбросов и стоков. Для перехода на него нужно время, поэтому следует создавать малоотходное производство, как промежуточную ступень.

Государственная защита. По защите среды с 2002 года принят Федеральный закон. Согласно законодательству:

1. каждый россиянин имеет право на благополучную экологическую обстановку;
2. бережное отношение к природе;
3. деятельность власти подразумевает охрану окружающей среды;
4. нанесенный вред должен возмещаться;
5. прописаны нормы допустимого коэффициента выбросов предприятий;
6. запрещение хозяйственной деятельности, приносящей вред;
7. ответственность за нарушение законодательства.

Закон об охране окружающей среды действует на всей территории Российской Федерации.

Экологическое воспитание. С самого детства ребенка приучают к бережному отношению к природе. Экологическое воспитание формирует сознательное отношение к окружающей среде, по значению оно приравнивается к привитию культурных навыков.

Нельзя равнодушно проходить мимо брошенного фантика, отрывка яблока. Ребенок должен понимать, что планета наш дом. Для сохранения жизни на земле, нужна чистота.

Основные методы воспитания содержат:

- беседы;

- проведение субботников;
- уроки по экологическим проблемам;
- создание кружков.

Выводы. Химическая интоксикация дает серьезные последствия для здоровья. Она вызывает немедленные симптомы и заболевания или дает отсроченные эффекты, которые могут проявиться через несколько недель или месяцев после воздействия. Это зависит от типа загрязняющих веществ и от количества, которому подвержен зараженный.

Различные химические загрязнители могут накапливаться в водных отложениях в течение длительных периодов времени. Это означает, что, если не проводить никаких тестов, химическое загрязнение воды может представлять серьезный риск для здоровья экосистемы.

Литература

1. Ветошкин, А.Г. Инженерная защита атмосферы от вредных химических выбросов: учеб. пособие / А.Г. Ветошкин. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва: Инфра-Инженерия, 2019. – 316 с.
2. Смирнов, Б. М. Химические загрязнения и их влияние на окружающую среду: учебное пособие / Б. М. Смирнов. – Долгопрудный: Интеллект, 2017. – 256 с.
3. Селиванов, А. С. Загрязнения химическими веществами: учебно-методическое пособие к лабораторным работам по дисциплине «Источники загрязнений и технические средства защиты окружающей среды» / А.С. Селиванов, Л. А. Воронова. – Москва: РУТ (МИИТ), 2018. – 38 с.

Костюк Екатерина Руслановна, студентка группы ИЗОС -4а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: kostyuk.e.r.-izos-4@donnasa.ru

Научный руководитель:

Самойлова Елена Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru

ENVIRONMENTAL IMPACT OF CHEMICALS

Annotation. Chemical pollution of the environment and its consequences are considered.

Keywords: pollution, ecological problem, environment, biosphere, chemical pollution, soil pollution.

Kostyuk Ekaterina, student of the group IZOS -4 a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: kostyuk.e.r.-izos-4@donnasa.ru

Scientific supervisor:

Samojlova Helen, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru





УДК 663.674

Ткачев Д.Р.,

студ. группы ИСИ-7а, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

Руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,

доцент кафедры «Физика и

прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА МОРОЖЕНОГО

Аннотация. В данной работе изучены основные разновидности и состав мороженого. Проанализированы вред и польза лакомства.

Ключевые слова: мороженое, виды мороженого, состав мороженого.

Введение. Мороженое - пищевой продукт-десерт, представляющий собой замороженную в процессе непрерывного взбивания массу, содержащую в основе своей питательные, вкусовые, ароматические и эмульгирующие вещества. К мороженому нередко относят также фруктовый лёд, получаемый простым замораживанием фруктово-ягодных соков и пюре.

Постановка задачи. Изучить основные разновидности и состав мороженого. Проанализировать вред и пользу лакомства.

Результаты. По способам выработки мороженое подразделяют на закаленное, мягкое и домашнее.

Закаленное мороженое - это продукт, изготавливаемый в производственных условиях, который после выхода из фрезера с целью повышения стойкости при хранении замораживают (закаливают) до низких температур (-18°C и ниже). В таком виде его сохраняют до реализации. Закаленное мороженое отличается высокой твердостью. Мягким называется мороженое, которое вырабатывают в основном на предприятиях общественного питания и употребляют в пищу сразу же после выхода из фрезера (температурой $-5, -7^{\circ}\text{C}$). По консистенции и

внешнему виду оно напоминает крем. Домашнее мороженое изготавливают в домашних условиях с использованием компрессионного холодильного шкафа или морозильника.

Закаленное мороженое классифицируют по виду продукта и наполнителя (по составу) и по виду фасовки. По виду продукта и наполнителя оно подразделяется на основные и любительские виды. Мороженое любительских видов вырабатывают в сравнительно меньших количествах, чем мороженое основных видов.

Основные виды:

- Молочное мороженое (жирность составляет до 4%)
- Сливочное мороженое (жирность до 10%)
- Пломбир мороженое (жирность до 15%)
- Фруктовое мороженое (на основе фруктовых соков, с нулевой жирностью).

Разновидности мороженого основных видов получают название в зависимости от своего состава и вводимых в продукт добавок (наполнителей).

По виду фасовки закаленное мороженое подразделяют на весовое, крупнофасованное и мелко фасованное.

Химический состав мороженого. Мороженое является одним из самых любимых и популярных продуктов населения. Это объясняется не только его приятными вкусовыми свойствами, но также высокой пищевой и биологической ценностью, хорошей усвояемостью организмом человека.

Молочное мороженое должно содержать не менее 29% сухих веществ, в том числе: 3,5% жира и 15% сахара.

В состав сливочного мороженого входит не менее 10% жира и 14% сахара; общее содержание сухих веществ не менее 34%.

Пломбир отличается от сливочного мороженого повышенным содержанием жира. В состав пломбира входит 15% жира, 15% сахара; общее содержание сухих веществ не менее 40%.

Химический состав мороженого (молочного, сливочного и пломбира) ванильного, орехового, шоколадного, цукатного, с изюмом и кофейного должен

быть таким же, как и химический состав обычного мороженого молочного, сливочного и пломбира без вкусовых добавок.

Химический состав мороженого несколько иной для мороженого крем-брюле и мороженого с добавлением плодов и ягод.

Предельная кислотность мороженого молочного, сливочного, а также пломбира составляет 22°T ; для молочного фруктово-ягодного, сливочного фруктово-ягодного и пломбира фруктово-ягодного – 50°T .

Для мороженого с шоколадом или порошком какао, а также приготовленного с добавлением сухого цельного и обезжиренного, сгущенного цельного и обезжиренного молока кислотность допускается не более 24°T .

Фруктово-ягодное мороженое должно содержать не менее 30% сухих веществ, в том числе 27% сахара; вырабатывают его из плодов и ягод и продуктов их переработки без добавления молочных продуктов. Исключение для этой группы мороженого составляет щербет, в состав которого входит 10% смеси сливочного мороженого; щербет должен содержать общего сахара не менее 28%, сухих веществ не менее 32%, кислотность его должна быть не более 70°T . Такая же кислотность допускается для всех видов фруктово-ягодного мороженого.

Ароматическое мороженое в отличие от фруктово-ягодного не содержит фруктов и ягод (пюре, соки и т. п.); ароматическое мороженое вырабатывают из воды, сахара, пищевой лимонной или виннокаменной кислоты и пищевых ароматических фруктово-ягодных эссенций. Минимальное количество сахара в ароматическом мороженом должно составлять 25%.

Вред мороженого. При выборе мороженого нужно рассматривать не только его калорийность, нужно учитывать и много других показателей, так как некоторое мороженое может принести больше вреда, чем пользы. Рассмотрим эти показатели.

Как правило, вредные качества мороженого связаны с его составом. Перед покупкой необходимо удостовериться, что в нем нет химических ароматизаторов, подсластителей, оно изготовлено без растительного жира и прочих вредных веществ.

Большое количество сахара еще никому не принесло пользы, поэтому употребление мороженого должно быть умеренным, при этом лучше исключить другие десерты из своего меню.

Растительный жир вместо молочного – довольно частая замена, благодаря чему снижается калорийность продукта. Однако давно доказано, что заменитель молочного жира крайне вреден для здоровья, а производитель, заменяя натуральные масла растительным жиром, просто снижает себестоимость продукта.

У некоторых людей от мороженого может возникать головная боль. Это связано с тем, что не все люди могут бессимптомно переживать резкий перепад температуры в организме. В таком случае лучше не рисковать собственным здоровьем и предпочесть мороженому другие десерты.

Мороженое считается довольно тяжелой пищей, поэтому употреблять его желательно отдельно от основной еды и только маленькими порциями. Допустимая частота поедания холодного лакомства, при которой организм получит больше пользы, чем вреда – 2-3 раза в неделю.

Польза мороженого. Теперь перейдем к полезным свойствам мороженого. Немного выше уже было сказано, что, чем натуральнее состав мороженого, тем оно будет полезнее для организма человека. И совсем не важно в каком агрегатном состоянии оно находится: мягкое или закалённое.

В составе качественного десерта должно быть натуральное молоко и молочные продукты, которые богаты содержанием животных белков, углеводов, кальция, калия, магния, фосфора и других веществ, где также есть множество витаминов и аминокислот. Мороженое, в состав которого входят натуральные молочные продукты, - залог здоровья зубов и костей, а также нервной системы, оно также поддерживает обмен веществ и улучшает иммунитет.

Основная ценность и польза мороженого в большом содержании кальция - минерала, поддерживающего не только здоровье зубов и костей, но и предупреждающего остеопороз. Кальций принимает участие в процессе кроветворения и функционировании сердечно-сосудистой системы в целом, он

также регулирует обменные и метаболические процессы организма и создает благоприятные условия для усвоения важнейшего витамина В₁₂.

Витамины А и Е, в большом количестве содержащиеся в мороженом, также благотворно влияют на организм, они препятствуют разрушительному влиянию свободных радикалов, заботятся о молодости кожи и укреплении иммунитета.

Любители шоколадного мороженого могут быть уверены, что их организм получает в достаточном количестве витамин В. Этот витамин чрезвычайно важен для нервной системы. Благодаря ему повышается устойчивость к стрессам, что становится очень актуальным в наше время.

В большом количестве мороженое содержит серотонин – гормон радости. Благодаря ему, после употребления порции мороженого можно отметить повышение настроения и общей активности, улучшение сна и аппетита.

Мороженое – отличная профилактика ангины, а это огромная польза для здоровья. Звучит парадоксально, но это так. Благодаря закаливающему эффекту, периодическое употребление мороженого может снизить риски заболевания ангиной.

Полезно мороженое и для пищеварительной системы. Сейчас в магазинах можно встретить йогуртовое мороженое, обогащенное бифидобактериями. Поедание такого лакомства способно улучшить микрофлору кишечника и улучшить работу всего пищеварительного тракта.

Сегодня мороженое можно есть всем, даже страдающим сахарным диабетом, главное, найти специальное мороженое с сахарозаменителем, выпускаемое специально для людей с таким заболеванием.

Вывод. Если владеть информацией о химическом составе мороженого, то это поможет нам правильно сделать выбор при его покупке.

Ткачёв Дмитрий Русланович, студент группы ИСИ-7а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: tkachev.d.r-isi-7a@donnasa.ru

Научный руководитель:

Покинтелица Елена Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru.

STUDYING THE COMPOSITION OF ICE CREAM

Annotation. In this paper, the main varieties and composition of ice cream are studied. The harm and benefits of the delicacy are analyzed.

Keywords: ice cream, types of ice cream, composition of ice cream.

Tkachev Dmitry Ruslanovich, student of the ECE-7a group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Pokintelitsa Elena Anatolyevna, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 678.686

Чабан Я.В.,

студентка гр. ИЗОС-4а ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

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

доцент кафедры «Физика и прикладная химия» и

кафедры «Техносферная безопасность»

ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УПОТРЕБЛЕНИЯ ЧИПСОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. В данной работе проанализированы компоненты чипсов, есть ли в них полезные вещества, опасно ли употребление в пищу и каково их негативное влияние на здоровье человека.

Ключевые слова: чипсы, крахмал, масло, глутамат натрия, холестерин, глицидамид, глюкоза, Е-добавки.

Введение. Полки сегодняшних супер - маркетов переполнены любимым лакомством многих моих друзей – чипсами. Яркие рекламы вызывают желание попробовать чипсы с новыми вкусами, но при этом родители говорят, что они вредны для организма. Я решила узнать о чипсах больше, чем показывает реклама, и выяснить, есть ли польза от употребления чипсов?

Постановка задачи. Выяснить, как влияет употребление чипсов на детей.

Опасные свойства чипсов. Большинство производителей чипсов используют для их приготовления пшеничную и кукурузную муку с примесью крахмала. Причем, как правило, крахмал берется самого низшего качества, произведенный из генномодифицированной сои. Избыток крахмала в организме человека преобразуется в глюкозу, а при накапливании в печени она приводит к

ожирению. Жарить чипсы нужно не более 30 секунд, да только соблюдается это правило в редких исключительных случаях.

Главный ингредиент в этом списке – глутамат натрия. «Чудо-порошок» может сделать из любого невкусного продукта такое лакомство, которое вы захотите есть еще и еще. Этого и добивается производитель, ведь главное – привлечь побольше потребителей. Вред глутамата натрия неоспорим.

Таблица 1 – Состав чипсов

Название марки	Состав
Lay`s	Картофель, мясной порошок, растительное масло, натуральные и идентичные натуральным вкусовые ароматические вещества, ароматизатор «Бекон» с высокой идентичностью натуральному (пшеничная мука, глюкоза, соль), краситель из экстракта паприки, усилители аромата и вкуса – натрия гуанилат, натрия инозина, натрия глутамат), белок соевый.
Люкс	Картофель, натуральные идентичным и натуральные вещества, растительное масло, глюкоза, гуммиарабик-стабилизатор, идентичный натуральному ароматизатор «бекон», натуральный краситель из экстракта паприки, соль, белый молотый перец, пищевые добавки E551, E621, E627, E631, сухие дрожжи, сахар, декстроза, сухая молотая паприка, сухой молотый лук, порошок бекона.
Pringles	Обезвоженный картофель (не более 40% состава), крахмал рисовый модифицированный, растительное масло, соль, растительный жир, мука из риса, пшеничный крахмал, пищевая добавка E471, мальтодекстрин, приправа со вкусом сыра и лука (ароматизаторы, порошки, лактоза), усилитель вкуса натрия глутамат однозамещенный, натрия гаунилат двузамещенный, кислоты: лимонная и молочная.
Русская картошка	Картофель, крупа пшеничная, соевое масло, кальция лактат, соль, порошок луковый, кислота молочная, экстракт паприки, мальтодекстрин, кремния диоксид, сухое цельное молоко, ароматизаторы, натрия глутамат, молоко обезжиренное, масло рапсовое гидрогенизированное, декстроза, сыр, зелень сметана.
Золотая картошка	Специально изготовленный картофель, куриное пищевое яйцо, растительные соевое и пальмовое масла, пшеничная крупа с солью, экстракт паприки, молочная кислота, кальция лактат, лимонная кислота, кремния диоксид, пищевая вкусовая добавка (мальтодекстрин, луковый порошок, сметана, зелень, сырный порошок, ароматизаторы).

Жир, который накапливается в чипсах, образует в крови много «плохого» холестерина, что в свою очередь приводит к тромбофлебитам, атеросклерозу и массе других серьезных заболеваний. Чипсы так сильно пропитаны жиром, что из маленького пятидесятиграммового пакетика вы получите тридцать граммов жира в чистом виде. А тем, кто любит съесть большую пачку, достается целая чашечка жира «на десерт». Не так давно в чипсах было обнаружено еще одно опасное вещество – глицидамид, оно не только способно вызывать

онкологические заболевания, но и разрушать строение ДНК. Вдобавок ко всему названному в чипсах просто зашкаливает содержание токсинов, включая и те, которые наукой еще не изучались. Ученые по сей день не могут точно сказать, к чему может привести употребление всевозможных Е-добавок, содержащихся в аппетитных кружочках чипсов.

Результаты. Основная опасность чипсов :

- возникают проблемы с печенью;
- сильное ожирение;
- инфаркт миокарда;
- повышенный уровень холестерина в крови;
- различные заболевания сердечно-сосудистой системы;
- болезни щитовидной железы;
- тромбозы;
- аллергия, аллергические реакции;
- сахарный диабет;
- появление зависимости;
- происходят изменения на генном уровне.

Выводы. В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что порошковые чипсы, которыми заполнены прилавки магазинов, очень вредны, пользы здоровью в этом продукте питания практически нет. Чипсы – высококалорийный продукт, насыщенный канцерогенами, в них нет полезных веществ, поэтому употребление в пищу опасно для жизни человека. Это лакомство вполне можно считать ядовитым.

Литература

1. Шафаревич, И.Р. Какой вред приносят чипсы / И.Р. Шафаревич, А.О. Ремизов. – М.: Интернет- ресурсы, 2019. – 512 с.
2. Анастасова, Л.П. Основы безопасности жизнедеятельности: серия «Школа России» // Л.П. Анастасова, П.В. Ижевский. – М.: Просвещение, 2010. – 55 с.

Чабан Яна Владимировна, студентка группы ИЗОС-4а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: podrez.ya.v-izos-4@donnasa.ru .

Научный руководитель:

Самойлова Елена Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР РФ, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru .

ANALYSIS OF THE EFFECT OF EATING CHIPS ON THE HUMAN BODY

Annotation. In this paper, the components of chips are analyzed, whether they contain useful substances, whether it is dangerous to eat and what is their negative impact on human health.

Keywords: chips, starch, oil, sodium glutamate, cholesterol, glycidamide, glucose, E-additives.

Chaban Yana, student of the IZOS-4a group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: podrez.ya.v-izos-4@donnasa.ru

Scientific supervisor:

Samojlova Helen, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: e.e.samojlova@donnasa.ru



УДК 621.3; 621.38

Павли Д.А.,
студ. группы ИЗОС-7а, ФГБОУ ВО «ДонНАСА»
Руководитель: к.ф.-м.н., доцент Самсоненко С.Н.,
доцент кафедры «Автоматизация и электроснабжение в строительстве»
ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы, связанные с компенсацией реактивной мощности электрооборудования строительных площадок, теоретические основы компенсации реактивной мощности, определение параметров компенсирующих конденсаторных установок и моделирование компенсации реактивной мощности с помощью виртуального лабораторного стенда.

Ключевые слова: коэффициент мощности, компенсация реактивной мощности, моделирование, устройство установок компенсации реактивной мощности.

На современных промышленных предприятиях большинство потребителей электрической энергии переменного тока представляют собой активно-индуктивную нагрузку в виде асинхронных электродвигателей, силовых трансформаторов, сварочных трансформаторов, преобразователей и так далее. В такой нагрузке в результате протекания переменного тока индуктируются ЭДС самоиндукции, приводящие к паразитным токам в линиях электропередачи не участвующим в выполнении полезной работы. Мощность

этих токов называют реактивной. Компенсация реактивной мощности приводит к увеличению коэффициента мощности. Коэффициент мощности показывает, какая часть электрической энергии необратимо преобразуется в другие виды энергии и используется на выполнение полезной работы. При эксплуатации силового электрооборудования необходимо поддерживать значение коэффициента мощности в интервале $0,90 \div 0,95$.

Нагрузка электроприемников, как правило, изменяется во времени и, как следствие этого коэффициент мощности также изменяет свою величину. В связи с этим при определении коэффициента мощности вводятся следующие понятия: мгновенный коэффициент мощности, средний коэффициент мощности, средневзвешенный коэффициент мощности.

Значения мгновенного коэффициента мощности используются при нахождении мощности компенсирующих конденсаторных устройств.

Мгновенный коэффициент мощности для однофазной нагрузки определяется по формуле:

$$\cos\varphi = P/(U \cdot I). \quad (1)$$

Все величины в этой формуле измеряются одновременно. Дальше мы будем обсуждать только мгновенный коэффициент мощности, опуская слово мгновенный.

Коэффициент мощности предприятия можно повысить естественным или искусственным путем.

Естественный путь увеличения коэффициента мощности заключается в правильном подборе электродвигателей и их рациональной эксплуатацией. Благодаря рассмотренным мероприятиям можно поднять коэффициент мощности до $0,75 \div 0,85$.

Искусственный путь увеличения коэффициента мощности заключается в использовании компенсирующих конденсаторных установок. Параллельно с активно-индуктивной нагрузкой подключают конденсаторные установки. На практике обычно коэффициент мощности повышают до $0,90 \div 0,95$.

В основе компенсации реактивной мощности лежат особенности протекания электрических токов в электрических цепях с индуктивной и емкостной нагрузкой.

В электрической цепи с идеальным индуктивным приемником (активное сопротивление равно нулю) мгновенное значение мощности определяется произведением мгновенных значений напряжений и тока:

$$p = ui = UI \sin 2\omega t \quad (2)$$

Среднее значение мощности:

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt = 0 \quad (3)$$

Физически это объясняется преобразованием энергии источника в энергию магнитного поля катушки и возвращением накопленной энергии источнику. В среднем катушка не потребляет энергии, и, следовательно, средняя активная мощность $P = 0$. Энергетические процессы в цепи с индуктивным элементом можно проиллюстрировать графически на Рис.1.

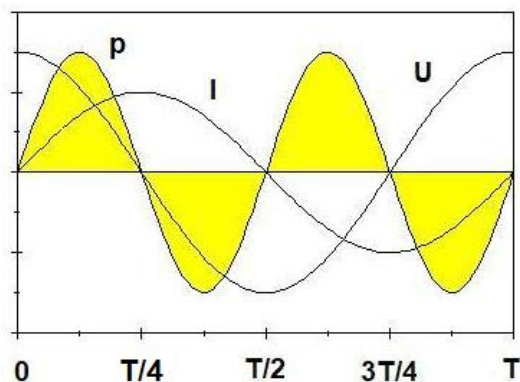


Рис.1. Энергетические процессы в цепи с индуктивным элементом

В интервале времени от $0 < t < T/4$, когда ток в цепи возрастает, электрическая энергия от источника поступает в катушку индуктивности, преобразуется и накапливается в ней в виде энергии магнитного поля. В интервале времени $T/4 < t < T/2$ ток в цепи убывает. Энергия магнитного поля преобразуется в электрическую энергию и возвращается источнику. Далее процесс проходит аналогично.

В электрической цепи с конденсатором мгновенное значение мощности определяется произведением мгновенных значений напряжений и тока:

$$p = ui = - UI \sin 2\omega t \quad (4)$$

Среднее значение мощности:

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt = 0 \quad (5)$$

Физически это объясняется преобразованием энергии источника в энергию электрического поля конденсатора и возвращением накопленной энергии источнику. В среднем конденсатор не потребляет энергии, и, следовательно, активная мощность $P = 0$. Энергетические процессы в цепи с конденсатором можно проиллюстрировать графически на рис.2.

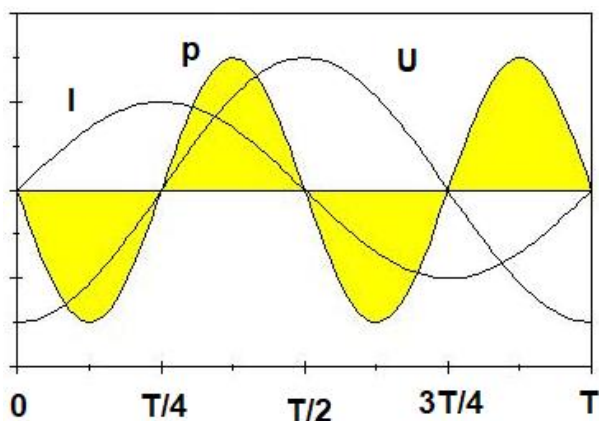


Рис.2. Энергетические процессы в цепи с конденсатором

Из сравнения графиков для мгновенной активной мощности видно, что в моменты времени, когда катушка индуктивности отдает энергию, конденсатор ее потребляет. Поэтому если параллельно катушке индуктивности подключить конденсатор, то они будут обмениваться между собой энергией. И не будет возврата энергии источнику энергии и, следовательно, не будет реактивного тока в линии электропередачи.

Для определения параметров компенсирующих установок рассмотрим работу электрической схемы, состоящей из: источника электрической энергии, двух параллельно соединенных ветвей и электроизмерительных приборов. В

первой ветви содержится активно-индуктивная нагрузка, а во второй ветви – компенсирующая конденсаторная установка.

Рассмотрим протекание электрического тока через первую ветвь. Начертим векторную диаграмму токов для рассматриваемой электрической цепи. Нагрузка в первой ветви имеет активно-индуктивный характер, поэтому вектор тока в этой ветви I_L отстает от вектора напряжения U на угол φ_L . Активная составляющая тока в этой ветви I_{aL} совпадает по направлению с вектором напряжения, а реактивная составляющая тока I_{pL} отстает от него на 90° (рис. 3).

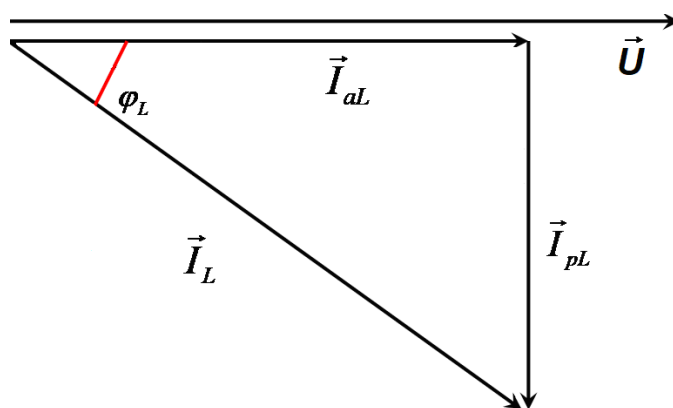


Рис.3. Векторная диаграмма электрической цепи с активно-индуктивной нагрузкой

Для уменьшения угла φ_L необходимо уменьшить реактивную составляющую тока I_{pL} . Для уменьшения реактивного тока I_{pL} параллельно индуктивной нагрузке подключается конденсатор. Реактивный ток, протекающий через конденсатор, опережает напряжение на 90° . Таким образом, реактивные токи, протекающие через индуктивный приемник и конденсатор, направлены навстречу. Подключение конденсатора приводит к уменьшению суммарного реактивного тока. Векторная диаграмма при параллельном подключении к активно-индуктивной нагрузке конденсатора показана на рис. 4.

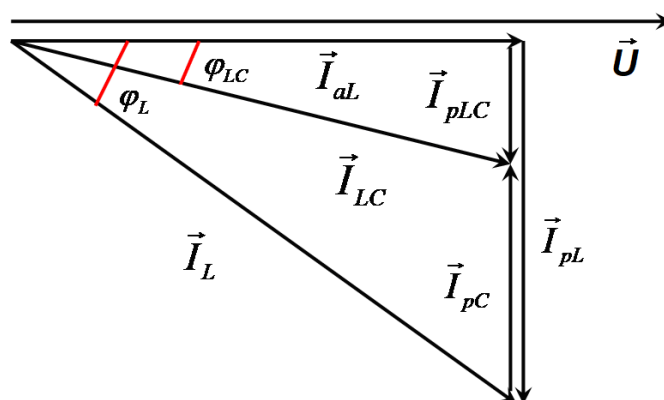


Рис.4. Векторная диаграмма при параллельном подключении к активно-индуктивной нагрузке конденсатора

Из векторной диаграммы видно, что вектора реактивных токов связаны уравнением:

$$\vec{I}_{PL} + \vec{I}_{PC} = \vec{I}_{PLc}; \quad (6)$$

в скалярном виде это уравнение принимает вид:

$$I_{PC} = I_{PL} - I_{PLc} \Rightarrow I_{PC} = I_{AL} \cdot (tg\varphi_L - tg\varphi_{LC}). \quad (7)$$

Используя последнее уравнение, находим реактивную мощность конденсатора для уменьшения угла сдвига фаз между током и напряжением от φ_L до φ_{LC} :

$$Q_C = P_L \cdot (tg\varphi_L - tg\varphi_{LC}). \quad (8)$$

Угол φ_{LC} соответствует тому углу сдвига фаз, который мы хотим получить в результате компенсации реактивной мощности индуктивной нагрузки.

Для моделирования компенсации реактивной мощности мы воспользуемся программой Multisim 14 подразделения Electronics Workbench Group компании National Instruments. Multisim – это программа моделирования и расчета электронных и электрических схем устройств. Широкий набор приборов позволяет задавать входные воздействия, производить измерения различных величин и строить графики. В программе имеется возможность изменения параметров всех электротехнических элементов в широких пределах.

В программе Multisim мы собрали электрическую цепь, состоящая из двух параллельных ветвей. В первой ветви у нас подключена активно-индуктивная нагрузка. При подключении источника электрической энергии в первой ветви начинает протекать ток $I = 7,66$ А, коэффициент мощности $\cos \varphi_L = 0,69$ (вторая ветвь отключена). Подключение второй ветви, содержащей конденсатор, приводит к уменьшению силы тока в неразветвленной части цепи и увеличению коэффициента мощности: $I = 5,57$ А, $\cos \varphi_L = 0,95$. Для компенсации реактивной мощности понадобился конденсатор емкостью 120 мкФ.

Для компенсации реактивной мощности электрооборудования наибольшее распространение получили автоматические установки компенсации реактивной мощности с автоматической регулировкой количества подключаемых конденсаторов. В их состав входит контроллер, определяющий количество необходимых конденсаторов, коммутационная и защитная аппаратура.

Выводы. Современные строительные площадки полностью электрифицированы и насыщены различным электрооборудованием, работающим в разных режимах. Поэтому для эффективного использования электроэнергии необходимо проводить мероприятия по уменьшению реактивных токов в линиях электропередач и увеличению коэффициента мощности. Для увеличения коэффициента мощности целесообразно использовать автоматические устройства компенсации реактивной мощности. Используя компьютерное моделирование компенсации реактивной мощности электрооборудования, можно выбирать параметры компенсирующих конденсаторных установок.

Литература

1. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ) / Главгосэнергонадзор России. – М.: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2007. – 610 с.
2. Кабышев А.В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий: учебное пособие / А.В. Кабышев; Томский

политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 234с.

3. Красник В.В. Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности в электросетях предприятий / В.В. Красник. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136 с.

4. Алиев И.И. Виртуальная электротехника. Компьютерные технологии в электротехнике и электронике: учебное пособие / И.И.Алиев. – М.: РадиоСофт, 2003. – 112 с.

Павли Дарья Андреевна, студентка группы ИЗОС-7а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Российская Федерация, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: pavli.d.a-izos-7a@donnasa.ru

Научный руководитель:

Самсоненко Сергей Николаевич, к.ф.-м.н., доцент; доцент кафедры «Автоматизация и электроснабжение в строительстве» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Российская Федерация, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: snsamsonenko@donnasa.ru

COMPENSATION OF REACTIVE POWER OF ELECTRICAL EQUIPMENT OF CONSTRUCTION SITES

Annotation. The paper deals with issues related to reactive power compensation of electrical equipment of construction sites, theoretical foundations of reactive power compensation, determination of parameters of compensating capacitor plants and modeling of reactive power compensation using a virtual laboratory stand.

Keywords: power factor, reactive power compensation, modeling, design of reactive power compensation units.

Pavli Daria Andreevna, student of the IZOS-7a group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Russian Federation, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

Samsonenko Sergey Nikolaevich, Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department «Automation and Power Supply in Construction» of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Russian Federation, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 69.05(075.8)

Заикина А.Г.,
магистрант группы ПОИФО-А 20265, ФГБОУ ВО «ДонГУ»,
Руководитель: Волчков А.Н.,
ст. преподаватель кафедры «А и ЭС» ФГБОУ ВО «ДонНАСА»

АВТОМАТИЗАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. Для повышения эффективности строительства в настоящее время применяют автоматизацию производственных процессов. В статье рассмотрены виды автоматизации в строительстве, а также выделены три уровня систем автоматизации технологических процессов.

Ключевые слова: автоматизация, автоматика, технологический процесс, производственные системы, автоматизированные процессы.

Введение. Существенное повышение эффективности строительного производства обеспечивается путем постоянного совершенствования технологии, организации, управления и используемого оборудования. Одновременно основное значение в указанных видах работ приобретает не только механизация, но и автоматизация строительного производства. Автоматизация процессов повышает производительность труда, снижает численность обслуживающего персонала, улучшает условия труда, позволяет повысить качество продукции и снизить ее себестоимость, увеличивает производительность оборудования, уменьшает брак и отходы производства, снижает аварийность и повышает эффективность ведения технологических процессов. Успехи в области автоматизации процессов в производстве стройматериалов в значительной мере зависят от грамотного проектирования, монтажа и эффективной эксплуатации внедряемых в производство систем

комплексной автоматизации с использованием современных средств вычислительной техники (ЭВМ, контроллеров, микропроцессоров).

Постановка задачи. Процесс строительного производства постоянно совершенствуется, в соответствии с этим в строительстве большое значение имеет применение механизированных, комплексно-механизированных и автоматизированных видов работ. Рассмотрим более конкретно автоматизацию производственных процессов.

Результаты. Автоматизация производственных процессов включает в себя понятия «автоматика» и «автоматизация». Автоматика – отрасль науки и техники, разрабатывающая теорию и методы автоматизации производственных процессов, а автоматизация – это применение технических средств автоматики, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в производственном процессе. Эксплуатация систем комплексной автоматизации требует от современных специалистов определенных знаний по основам измерительной техники, основам автоматики и автоматизации производственных процессов.

При автоматизированных процессах различают частичную, комплексную и полную автоматизацию.

Частичная автоматизация предусматривает применение автоматического оборудования, приборов и устройств на отдельных, преимущественно основных производственных операциях. Большинство строительных машин и оборудования оснащено приборами и устройствами, предназначенными для отключения или ограничения действия машин и их рабочих органов, учета работы, регулирования скорости движения рабочих органов и их траектории движения.

Комплексная автоматизация предусматривает применение системы связанных в единую технологическую линию отдельных агрегатов, машин, приборов и устройств, осуществляющих все (как основные, так и вспомогательные) операции производственного процесса. При этом оператором или машинистом выполняются только операции пуска и остановки, а

поддержание заданных параметров производственного процесса во всех его звеньях происходит автоматически.

Полная автоматизация позволяет выполнять не только все основные и вспомогательные производственные операции, но и полностью осуществлять автоматическое управление и контроль за процессами, в том числе изменение по заданной программе параметров и вида продукции.

В настоящее время автоматика и автоматизация производственных процессов в строительстве базируется на элементной базе, содержащей электрические, электромеханические, магнитные, гидравлические и другие устройства. Внедрение самонастраивающихся и самообучающихся автоматических систем, реализующих сложные законы управления, стало возможным благодаря использованию мини- и микро-ЭВМ, микропроцессорной техники, роботов и манипуляторов. Это позволяет создавать системы автоматического управления (САУ) для работы в условиях сложных технологических процессов и связанных с техникой безопасности работающих специалистов. Высшая форма автоматизации реализуется с помощью гибких производственных систем (ГПС), создающих реальные предпосылки для перехода к безлюдной технологии, для существенного повышения эффективности современного промышленного производства.

На предприятиях промышленности в процессе разработки и внедрения систем автоматизации технологических процессов были выделены три уровня автоматизации:

1) низший уровень автоматизации предусматривает автоматический контроль и регулирование отдельных параметров процесса, дистанционное управление исполнительными механизмами, сигнализацию отклонения параметров от нормы и т.д.;

2) средний уровень автоматизации имеет место в условиях, когда применяются более сложные системы автоматизации, с помощью которых достигается большая эффективность ведения производственных процессов. В

ряде случаев целесообразно предусматривать установку дополнительных средств автоматического контроля;

3) высший уровень автоматизации предполагает разработку и применение автоматизированных систем управления технологическими процессами с использованием управляющих вычислительных машин.

Выводы. В современном строительстве одним из путей результативности производства является автоматизация строительных операций с использованием современных достижений измерительной и микропроцессорной техники. Внедрение автоматизации технологических строительных процессов позволило увеличить качество продукции, сократить время на изготовлении строительной продукции. Применение новых технологий отражается и на труд сотрудников строительной промышленности.

Литература

1. Клепиков В. В. Автоматизация производственных процессов : учеб. пособие / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, А.Г. Схиртладзе. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 208 с.
2. Фурсенко С. Н. Автоматизация технологических процессов: Учебное пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. – М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2015. – 377 с.
3. Ившин В. П. Современная автоматика в системах управления технологическими процессами : учеб. пособие / В.П. Ившин, М.Ю. Перухин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 402 с.
4. Богданов, Е. П. Технологии автоматизации рабочих процессов в архитектурно-строительной отрасли [Электронный ресурс] / Е. П. Богданов // Молодой ученый. – 2021. – № 35 (377). – С. 25-27. — URL: <https://moluch.ru/archive/377/83795/> (дата обращения: 24.04.2023).

Заикина Анна Георгиевна, магистрант группы ПОИФО-А 20265, ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58; заведующая лабораторией кафедры «автоматизация и электроснабжение в строительстве» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: a.g.zaikina@donnasa.ru

Научный руководитель:

Волчков Александр Николаевич, старший преподаватель кафедры «Автоматизация и электроснабжение в строительстве» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: a.n.volchkov@donnasa.ru

AUTOMATION IN CONSTRUCTION

Annotation. Automation of production processes is currently used to improve the efficiency of construction. The article considers the types of automation in construction, and also identifies three levels of automation systems for technological processes at enterprises of the building materials industry.

Keywords: automation, automation, technological process, production systems, automated processes.

Zaikina Anna Georgievna, Master's student of the POIIFO-A group 20265, Donetsk State University, 283001, Donetsk, Artem str., 58.

Scientific supervisor:

Volchkov Alexander Nikolaevich, Senior Lecturer of the Department "Automation and Power Supply in Construction" of the Donbass National Academy of Construction and Architecture, Makeyevka, Derzhavina str., 2.



Научное издание

Сборник научных трудов

IX Республиканской конференции

молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения

студентов, аспирантов, молодых ученых

строительно-архитектурной отрасли» (24 апреля 2023 г.),

Научных чтений «Актуальные проблемы материаловедения»

(20 апреля 2023 г.)

Том 1: Фундаментальные науки

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

Ответственный редактор: к. пед. н. Чудина Е.Ю.,
доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «ДонНАСА».

Компьютерная верстка: Чудина Е.Ю.