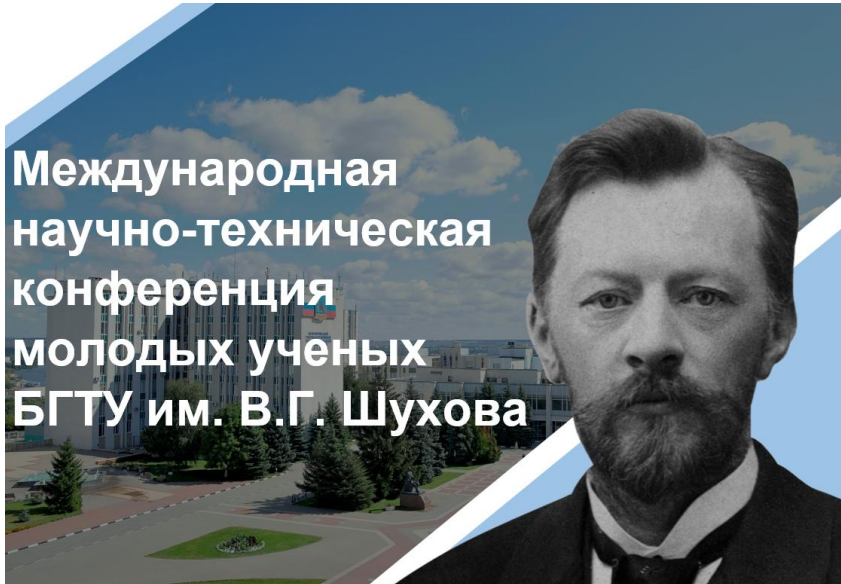


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»



**Международная
научно-техническая
конференция
молодых ученых
БГТУ им. В.Г. Шухова**

Сборник докладов

Часть 20

**Фундаментальные и прикладные исследования в
области естественнонаучных и технических дисциплин**

Белгород

20-21 мая 2024 г.

УДК 005.745
ББК 72.5+74.48
М 43

**Международная научно-техническая конференция
молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова
[Электронный ресурс]:**
М 43
Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. – Ч. 20. – 190 с.

ISBN 978-5-361-01330-2

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745
ББК 72.5+74.48

ISBN 978-5-361-01330-2

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2024

Азаров А.В.

*Научный руководитель: Полунин А.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСКАЖЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ЕГО РАСПОЗНАВАНИЕ

Актуальность технологий распознавания образов обусловлена большой областью применений: поиск по картинкам, видеоаналитика, биометрия и другое. Первое может, например, помочь найти одноклассников, второе найти преступника по камерам, третье удобно использовать в системах защиты от несанкционированного доступа.

Существуют разные подходы к распознаванию образов. Условно их можно разделить на две группы классические и нейросетевые, как это сделано статье [1].

К преимуществам нейросетей относят то, что они получают правила определения признаков из обучающего набора и поэтому исследователю нет нужды самому их устанавливать. Недостаток этого подхода требование быстрого оборудования и большого числа данных [2]. Кроме того, нейросети сложны для интерпретации.

В данной работе для исследования искажений изображений и их влияния на распознавание нейросетевых моделей использовался маленький собранный датасет из 2000 картинок в 2 категориях: человек, машина по 1000 изображений в каждой, и его расширенная версия из 5 классов 5000 изображений.

При проектировании архитектуры сверточной модели использовался приём борьбы с переобучением путём добавления слоев батч-нормализации, кроме того, размер обучающей выборки датасета был увеличен за счет использования синтетических данных. Все как рекомендуется для повышения эффективности в статье [3].

Для исследования применим два подхода. Первый будет заключаться в использовании фоторедактора Gimp для нанесения искажений на правильно обрабатываемую картинку.

По результатам использования первого подхода был подготовлен рисунок 1. На его основе можно выявить то, что модель да малом датасете не чувствительна к изменению цвета машины, как и к маленьким изображениям людей при перекрытой машине (Недостаток характера изображений датасета). На основании рисунка можно сложить гипотезу о том, что для изменения прогноза необходимо

удалить машину и поставить вместо неё человека и никак иначе, однако в действительности это не так. И в эмпирическом доказательстве этого нам поможет второй вариант действий.

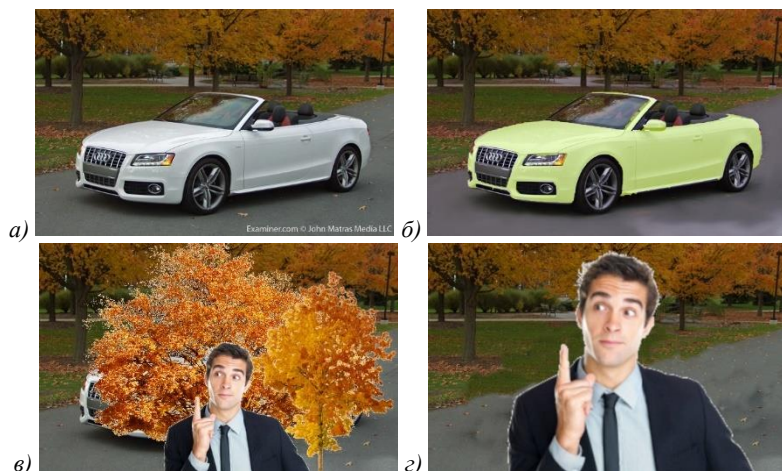


Рис. 1 Дезориентирование модели с 2 классами средствами Gimp: *а* – изображение из тренировочного датасета 100% уверенности в машине; *б* – изображение модифицированное средствами Gimp, используется перекрытие машины и фото человека из интернета, 100% уверенности в машине; *в* – добавление человека из тренировочной выборки 90% уверенности в машине; *г* – человек на главном плане 100% уверенность в человеке

Второй подход будет заключаться в использовании алгоритма FGSM (Fast Gradient Sign Method), принимающего на вход модель и изображение, извлекающего значение градиентов и возвращающего шум, нанесение которого на картинку способно привести к дезориентации модели. Данный алгоритм был предложен в статье [4].

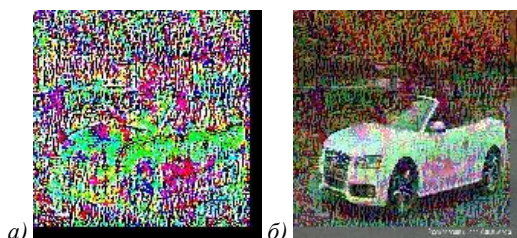


Рис. 2 Дезориентирование модели с 2 классами средствами FGSM: *а* – графический вид градиента модели; *б* – изображение после добавление градиента с весом равным 0.2, уверенность модели в человеке 89%

Существует много других алгоритмов, использующих градиент для того же: EAD, C&W, Madry, ..., которые также называют атаками на модель машинного обучения и которые используют модели и их выходные, архитектурные данные для формирования минимальных изменений, приводящих к ошибке модели [5].

Примечательно, что если мы расширим датасет до 5000 изображений в пяти категориях, то вес, с которым градиент добавляется к изображению для нарушения распознавания сокращается. И таким образом его обходят картинки с помехами, не фиксируемыми человеком рисунок 3.

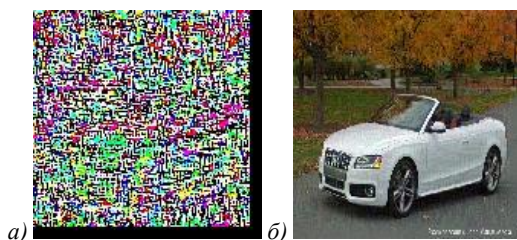


Рис. 3 Дезориентирование модели с 5 классами средствами FGSM: а – графический вид градиента модели; б – изображение после добавление градиента с весом равным 0.03, уверенность модели в машине 5%

Теоретическое обосновать, уменьшение помех для нарушения распознавания модели согласно [5] можно следующим образом. Нейросетевая модель учится совсем не как человек, которые использует надёжные конструкты для классификации. Для нас машина подразумевает наличие фар, колёс, сидений. Для нейросети помимо перечисленных конструктов используются ненадёжные, которые для человека не очевидны, в отличие от модели. Существование этих ненадёжных признаков может быть обусловлено тем, что для набора изображений использовались камеры с разной обработкой: одна завышала контраст, другая занижала, как итог модель ожидает, что яркие изображение – это класс Б, а тусклые – класс А. Из-за внимания модели к этим деталям происходят такие проблемы. С повышением числа категорий вырастает число условий отнесения объекта к той или иной категории, число ненадёжных связей также увеличивается, как итог они приводят ко странным не свойственным человеку ошибкам.

Теоретически увеличивая датасет и добавляю к нему изображения, не обязательно созданные с применением FGSM, мы способны увеличить устойчивость модели к этому виду атаки. Но стоит помнить, что бесконтрольное повышение защиты от таких атак, может привести

к уменьшению точности в итоге. Зафиксируем также, что добавление сгенерированных FGSM изображений может привести к тому, что ранее правильно распознанные изображения, станут ошибочно определяться и находиться алгоритмом. В заключение можно сказать, что стоит опираться на требования поставленной задачи и использовать ненадёжные признаки, если в рамках задачи они эффективнее человеческих.

Подведём итоги, нейросетевое распознавание объектов довольно удобно автоматическим выводом функций получения признаков и его не просто пережить искажением изображений, однако ему далеко до идеала. В части вывода, уходя от задавания функции извлечения признаков, мы приходим к задаванию примеров, по которым нейросеть сможет извлечь эти самые функции, что ведёт за собой большое значение датасета и оборудования в решении задачи. В части сложностей поиска искажений, нарушающих распознавания, они есть, но с доступом к модели часть из них отпадает, при этом идеально распознающих моделей не создано и найти искажения можно к любой. Кто знает, может в будущем озвученные проблемы будут как-то решены.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балабанова Т.Н., Абрамов К.В. Паралингвистический анализ для распознавания агрессии по речи // Международная научно-практическая конференция «Наукоемкие технологии и инновации». 2023. С. 697-700.

2. Методы распознавания образов: от простых до сложных [Электронный ресурс], URL: <https://www.simbirsoft.com/blog/metody-raspoznvaniya-obrazov-ot-prostykh-do-slozhnykh/> (дата обращения 16.05.24)

3. Коршак К.С., Гоенко И.О. Анализ недостатков искусственных нейронных сетей и методов их минимизации // Международная научно-практическая конференция «Наукоемкие технологии и инновации». 2023. С. 721-724.

4. Explaining And Harnessing Adversarial Examples [Электронный ресурс], URL: <https://arxiv.org/pdf/1412.6572> (дата обращения 16.05.24)

5. Evasion attacks on Machine Learning (or “Adversarial Examples”) [Электронный ресурс] URL: <https://towardsdatascience.com/evasion-attacks-on-machine-learning-or-adversarial-examples-12f2283e06a1> (дата обращения 16.05.24)

Азаров А.С.^{1,2}, Межевова А.С.¹, Михальков Д.Е.²

*1 Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия
2 Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия*

ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИКАТОВ И БИОПРЕПАРАТА НА ПЕРЕЗИМОВКУ, ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В Волгоградской области озимая пшеница является высокоурожайной зерновой культурой. За последние несколько лет в Волгоградской области средняя урожайность озимой пшеницы составила 2,4 т/га. Так средний показатель варьировал в зависимости от метеорологических условий и агротехнических приемов возделывания озимых культур.

Получение стабильных и высоких урожаев требует усовершенствования существующих агротехнических приемов возделывания озимой пшеницы и разработки агротехнических новых методов, направленных на создание благоприятных условий роста и развития растений для максимального потенциала продуктивности новых сортов с высокой урожайностью. [2,4]. В настоящее время технологии базируются преимущественно на химических средствах (пестициды, инсектициды и т.п.). Не всегда затраты на удобрения оправдываются и приводят к увеличению урожайности. Применение удобрений, не всегда восполняет вынесенные из почвы элементы минерального питания, что ведет к ухудшению ее плодородия. Учитывая данную ситуацию возникает потребность в поиске новых, альтернативных ресурсов, способных обеспечить питание растений и получение урожая высококачественной продукции, сохранив не нанося ущерб окружающей среде. [3,5-8]. В качестве таких альтернативных ресурсов местные минеральные, органические и биологические удобрения могут внести свой вклад в сохранении элементов минерального питания почвы и плодородия. Применение биопрепаратов и биоудобрений при возделывании сельскохозяйственных культур открывает путь к внедрению в производство новых направлений. [1, 3, 7].

Изучение эффективности применения агрохимиката «Здоровый урожай» и биопрепарата «Метабактерин, СП» на посевах озимой пшеницы началось в 2022 году. Перед посевом семена были обработаны

агрохимикатом «Здоровый урожай» (0,5 л/т) и биопрепаратом «Метабактерин, СП» (10 г/т).

«Метабактерин, СП» представляет собой инновационный биологический фунгицид, включающий бактерии *Methylobacterium extorquens*, *Streptomyces hygroscopicus* и *Bacillus subtilis*. Препарат разработан для эффективной борьбы с грибковыми и бактериальными инфекциями зерновых, овощных и плодово-ягодных культур, а также способствует стимуляции роста растений. В рамках комплексной защиты зерновых культур, «Метабактерин, СП» рекомендуется для предотвращения болезней, таких как: фузариозная и гельминтоспориозная корневая гниль, мучнистая роса, септориоз, фузариоз, сетчатая пятнистость и альтернариоз.

Основой для сырья агрохимиката «Здоровый урожай» служат низкозольные угли, добываемые в Иркутской области. Препарат обладает оптимальным балансом гуминовых и фульфакислот, что способствует наилучшему усваиванию минералов, содержащихся в почве. В отличие от других «Здоровый урожай» – жидкое комплексное удобрение, которое в процессе производства насыщается такими макро- и микроэлементами как: азот, калий, железо, цинк, медь, марганец, кобальт и бор.

Норма высева 4 млн. штук всхожих семян на га. Посев проводился рядовым способом с междурядьем 15 см. Глубина заделки семян 5 см. Фон минерального питания: сульфоаммофос N20P20S13,5. Площадь опытного участка составила – 2,5 га.

Весь процесс развития озимой пшеницы в условиях осеннего периода 2022 года проходил при оптимальных метеорологических условиях. Зимний период в год исследования был благоприятным для развития озимой пшеницы и не особо отличался по температуре воздуха. Озимая пшеница благоприятно перезимовала. Возобновление вегетации в условиях весны 2023 года началось в первой декаде апреля.

Обработка семян в год исследования агрохимикатом «Здоровый урожай» и биопрепаратом «Метабактерин, СП» показало, что их комплексное применение способствовало увеличению полевой всхожести озимой пшеницы по сравнению с контролем (Таблица 1).

Таблица 1. – Влияние на полевую всхожесть озимой пшеницы агрохимиката «Здоровый урожай» и биопрепарата «Метабактерин, СП»

Варианты	Год исследования	Прибавка, %
Контроль (без обработок)		
Камышанка-4	81,0	-
Камышанка-6	82,1	-
Еланская	79,7	-

Камышанка-9	83,4	-
«Здоровый урожай» + «Метабактерин, СП»		
Камышанка-4	85,6	+4,6
Камышанка-6	87,3	+5,2
Еланская	84,2	+4,5
Камышанка-9	90,0	+6,6

Использование агрохимиката «Здоровый урожай» и биопрепарата «Метабактерин, СП» при обработке семян озимой пшеницы и двукратные обработки во время вегетации положительно повлияли на развитие корневой системы, рост растений по сравнению с контрольным вариантом (Таблица 2). Как видно из Таблицы 2 биометрические показатели увеличивались на фоне, обработанном агрохимикатом и биопрепаратом.

Таблица 2. – Биометрические показатели озимой пшеницы в фазе начала кущения

Варианты	Высота растений, м	Длина корней, м
Контроль (без обработок)		
Камышанка-4	0,045	0,015-0,040
Камышанка-6	0,050	0,018-0,030
Еланская	0,049	0,016-0,032
Камышанка-9	0,053	0,015-0,028
«Здоровый урожай» + «Метабактерин, СП»		
Камышанка-4	0,100	0,030-0,080
Камышанка-6	0,105	0,030-0,090
Еланская	0,090	0,030-0,060
Камышанка-9	0,095	0,030-0,070

Применение агрохимиката «Здоровый урожай» и биопрепарата «Метабактерин, СП», как видно из Таблицы 3 при обработке семян озимой пшеницы и двукратные обработки во время вегетации способствовало уменьшению распространения болезней во время исследований.

Таблица 3. – Результаты экспертизы на зараженность и болезни семян озимой пшеницы

Варианты	Альтернариоз, %	Фузариоз, %	Плесени, %
Контроль (без обработок)			
Камышанка-4	47	-	8
Камышанка-6	41	-	5
Еланская	39	-	3
Камышанка-9	32	-	3

«Здоровый урожай» + «Метабактерин, СП»			
Камышанка-4	44	-	6
Камышанка-6	37	-	3
Еланская	33	-	2
Камышанка-9	27	-	2

Таким образом, результаты проведенного испытания в первый год исследования агрохимиката «Здоровый урожай» и биопрепарата «Метабактерин, СП» свидетельствуют о высокой их эффективности на посевах озимой пшеницы.

Потенциал внедрения препаратов высок. В рамках первого года испытаний они показали не только увеличение урожайности, но и хорошие качественные показатели. Представленные препараты демонстрируют перспективность в дальнейшем применении с целью достижения высоких показателей изучаемой культуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дугин, А.В. Сравнительная продуктивность сортов озимой пшеницы в зависимости от применения агрохимикатов и регуляторов роста растений на каштановых почвах Волгоградской области: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Дугин Алексей Валериевич. - Волгоград, 2011. – 20 с.

2. Думбров, С.И. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в условиях каштановых почв Волгоградской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Думбров Сергей Иванович. - Волгоград, 2008. – 23 с.

3. Завалин, А.А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур / А.А. Завалин // Достижение науки и техники АПК. – 2011. – №8. – С. 9–11.

4. Ковтун, В.И. Технология выращивания высококачественного зерна озимой пшеницы на Юге России / В.И. Ковтун, Л.Н. Ковтун // Земледелие. – 2013. – №3. – С. 1–3.

5. Михальков, Д.Е. Сравнительная продуктивность различных сортов озимой пшеницы в зависимости от нормы высева в ООО «Деминское» Новоаннинского района Волгоградской области / Д.Е. Михальков, Е.В. Мищенко, В.В. Анищенко // Сборник материалов Международной научно-практической конференции посвященной памяти академика РАН В.П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук. Солёное Займище, 2021. С. 327–331.

6. Мищенко, Е.В. Особенности фотосинтетической деятельности

сорта озимой пшеницы в зависимости от нормы высева в ООО «Деминское» Новоаннинского района Волгоградской области / Е.В. Мищенко, Д.Е. Михальков, В.В. Анищенко // Сборник материалов Международной научно-практической конференции посвященной памяти академика РАН В.П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук. Соленое Займище, 2021. С. 334–338.

7. Никитин, С.Н. Влияние средств химизации и биологизации на урожайность озимой пшеницы / С.Н. Никитин // Вестник Ульяновский государственный сельскохозяйственной академии. – 2014. – №1. – С 24–29.

8. Оказова, З.Л. Биопрепараты в современной земледелии / З.Л. Оказова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №6. – С.971.

УДК 656.2.022.846

Азоркин И.А.

Научный руководитель: Елисеев В.Н. доц.

*Оренбургский институт путей сообщения – филиал ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения»
г. Оренбург, Россия*

НУЖНА ЛИ В РОССИИ ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ МАГИСТРАЛЬ?

На церемонии открытия движения по МЦД-3 президент России В.В. Путин рассказал о возведении высокоскоростной магистрали между Москвой и Санкт-Петербургом, что позволит сократить время в пути на 2 часа. В России впервые стали обсуждать ВСМ в 2013 году, когда было предложено строительство линии от Москвы до Казани, но проект так и не был реализован.

ВСМ – это специальная железнодорожная магистраль, предназначенная именно под скоростное движение. На таком участке надо избегать повороты или они должны быть с большим радиусом, здесь должны быть применены повышенные требования к безопасности движения.

Зачем вообще нужна Высокоскоростная магистраль? Для начала разберем какие задачи решает ВСМ

1. Удовлетворение спроса на перевозку пассажиров/грузов в загруженных транспортных коридорах.

2. Повышение подвижности населения

3. Высвобождение пропускной способности существующих железных дорог для грузового сообщения

4. Снижение нагрузки на авиационный и автомобильный транспорт

Все эти факторы показывают на то что, постройка ВСМ даст рост экономики. [1]

Вернемся в прошлое и углубимся в историю высокоскоростных железных дорог. Первая ВСМ была запущена в Японии в 1964 году, которая до сих пор находится лидером в этой отрасли наряду со Францией, Германией и Китаем. По всему миру эта технология не распространилась из-за дороговизны проекта и низкой окупаемости.

Казалось крупным государством должно выгодно использовать ВСМ, чтобы сделать перемещение между региональными центрами комфортнее, но на самом деле высокоскоростная магистраль полезна там, где плотность населения высокая. По данным на 2021 год протяженность высокоскоростных железных дорог составило 56 тыс. км., где большая часть их приходится на страны Азии, где плотность населения самая большая. [2]

А как дела обстоят с постройкой ВСМ в России. Разберем инфраструктуру и подвижной состав. На данный момент в России нет своих высокоскоростных поездов, а существующие проекты были неудачными. ЭР-200(Электропоезд Рижский) – первый Советский электропоезд постоянного тока с максимальной скоростью 200 км/ч, в декабре 1973 года был готов опытный образец для испытаний, уже в декабре 1974 года поезд мог развивать скорость 260 км/ч, а в 75 году на перегоне Ханская-Белореченск впервые была достигнута скорость 310 км/ч. Но позже при обследовании на сварных швах и элементах подвески были обнаружены усталостные трещины, так ЭР-200 завершил свой путь в 2009 году.

На замену ЭР-200 должен был прийти «Сокол», предполагалось, что Соколы будут развивать скорость 250 км/ч, а в будущем и 350 км/ч. В марте 2002 года были проведены 2 испытания, на которой межведомственная комиссия выявила в «Соколе» более 50 недостатков связанная с безопасностью движения. Некоторые были устранены, но это никак не повлияло на проблемы, и после все проекты были заморожены.

После всех неудач проще стало закупать высокоскоростные поезда из заграницы. Всего в нашей стране курсировало 3 высокоскоростных электропоезда «Сапсан», «Стриж», «Allegro», из-за санкций остался только «Сапсан», которые сейчас обслуживают без компании Siemens. [3]

Холдинг «РЖД» продолжает строительство отечественного высокоскоростного поезда и планирует получить его уже в 2027 году.

Второй большой нюанс, который не позволит ВСП курсировать по любым железнодорожным путям это их качество и предназначение.

На сегодняшний момент вся инфраструктура в РФ перегружена, нахватает места даже для грузовых составов, что оказывает негативный эффект на среднюю скорость движения. Поэтому высокоскоростные поезда не смогут эффективно передвигаться по обычным железнодорожным путям. Чтобы не было таких проблем для высокоскоростных поездов нужно строить отдельные железнодорожные магистрали. [4]

Чтобы вписать ВСМ в существующую систему железных дорог не нужно строить новые вокзалы и полностью отдельные от всех поездов пути, ведь достаточно того чтобы поезд при выезде из города переезжал на высокоскоростные пути и двигался по ним до следующего города. Это не сильно скажется на времени в пути, но сильно сэкономит силы, времени и денег. Так же строительство отдельных путей для скоростных поездов позволит ускорить и грузовое движение, ведь грузовым составом не придется пропускать или объезжать по другому маршруту пассажирские составы, они смогут ездить по самым коротким маршрутам, что снизит себестоимость перевозок, что очень важно, как для страны, так и для граждан. [5]

Подведем итоги нужно ли в России высокоскоростная железная дорога и что для этого нужно?

Для успешного функционирования высокоскоростных поездов необходимы качественная инфраструктура и специализированные железнодорожные магистрали. Это позволит не только улучшить скорость и комфорт пассажирских перевозок, но также повысить эффективность грузовых перевозок. Внедрение высокоскоростных маршрутов также сократит время в пути и снизит нагрузку на авиационный и автомобильный транспорт.

Российским железным дорогам предстоит преодолеть ряд вызовов, связанных с развитием высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры. Необходимость в обновлении и строительстве специализированных путей для скоростных поездов становится все более актуальной. Однако, при правильном подходе, внедрение высокоскоростных маршрутов может стать толчком для развития экономики и улучшения жизни граждан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белгородская Н.В. Высокоскоростные железные дороги: технологии и перспективы развития. Москва: Транспорт, 2018.
2. Булатов А.И. Очерк истории высокоскоростного железнодорожного транспорта. М.: Транспорт, 2015. 432 с.
3. Ведерников В.И. История развития высокоскоростной железнодорожной магистрали в России. М.: Транспорт, 2018. 368 с.
4. Винокуров А.А. Перспективы развития высокоскоростных железнодорожных магистралей в России. Транспорт России, 2017, № 5, с. 25-31.
5. Жуков А.П. и др. Высокоскоростные железные дороги: мировой опыт и перспективы развития в России. Москва: Инфра-М, 2015.

УДК 621.039

Акименко А.В.

*Научный руководитель: Ястребинский Р.Н., канд. физ.- мат. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРИДА ЦИРКОНИЯ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Цирконий является побочным продуктом добычи и переработки титановых минералов и добычи олова. Металл широко используется в различных сферах промышленности, но особенно ценна его роль в атомной энергетике [1].

На долю нашей страны приходится порядка 10 % мировых запасов циркония, а это третье место в мире. Он обнаружен в Мурманской, Тамбовской, Томской, Нижегородской областях. В ядерной промышленности этот элемент применяется еще с середины 20 в.

Цирконий – блестящий металл серебристо-серого цвета. Существует в двух кристаллических модификациях, α -Zr с гексагональной решеткой и β -Zr с кубической объемноцентрированной решеткой. Температура перехода $\alpha \leftrightarrow \beta$ 863°C, теплота плавления 1855°C.

Цирконий устойчив к коррозии, пластичный и химически инертный металл, устойчив в воде и водяных парах до +300 °С. Высокая коррозионная стойкость циркониевых сплавов обусловлена естественным образованием плотного стабильного оксида на

поверхности металла. Эта пленка самовосстанавливается. Она медленно растет при температурах примерно до 550 °С и остается плотно прилегающей. Недостатками циркония являются низкие прочностные свойства и низкая термостойкость, которые можно устранить путем модифицирования металла [2].

Из циркония и его сплавов изготавливают различные конструктивные элементы ядерных реакторов (тепловыделяющие элементы, сборки и пр.). Типичный состав циркониевых сплавов ядерного класса составляет более 95% циркония и менее 2% олова, ниобия, железа, хрома, никеля и других металлов, которые добавляются для улучшения механических свойств и коррозионной стойкости.

Чтобы уменьшить загрузку ядерного топлива в реакторах на тепловых (медленных) нейтронах, как раз в активной зоне и нужны конструкционные материалы с малым сечением радиационного захвата нейтронов. Это одно из главных условий их эффективной работы. Плюс следует выбрать металлы с радиационной, коррозионной стойкостью, нужными механическими свойствами.

Всем требуемым качествам и отвечает цирконий. Его сплавы также обладают высокой коррозионной стойкостью к воде и пару. А металлоподобный гидрид циркония (соединение Zr с водородом) применяется в качестве замедлителя нейтронов в тех же реакторах на тепловых нейтронах [3-6].

Для ядерной промышленности из циркония производят:

1. Циркониевые слитки из сплавов – это исходное сырье, из которого производится различная продукция под нужды атомной энергетики и тяжелой промышленности.

2. Коррозионностойкие трубы и трубки, бесшовные и оболочечные. Последние применяются как оболочки твэлов в ядерных реакторах.

3. Круги, прутки обычной и повышенной точности различного диаметра и длины. Прутки становятся заготовкой для производства разнообразных элементов и приспособлений в активной зоне реактора.

4. Стойкие к коррозии листы холоднокатаные для кожухов тепловыделяющих касет атомных реакторов.

5. Проволоку холоднотянутую, изготовленную методом холодного волочения, диаметром до 3 мм и длиной не менее 2000 мм.

6. Циркониевую губку [7,8].

Цирконий активно поглощает водород уже при 300°С образуя твердый раствор и гидриды ZrH и ZrH₂, часто представляющие хрупкий серо-черный порошок. При 1200—1300°С в вакууме гидриды диссоциируют и весь водород может быть удален из металла.

Гидриды циркония представляют собой металлические порошки от темно-серого до черного цвета без запаха. Они ведут себя как обычные металлы с точки зрения электропроводности и магнитных свойств. Их структура и состав стабильны в условиях окружающей среды [9].

Гидриды циркония образуются при взаимодействии металла с газообразным водородом. Хотя эта реакция протекает даже при комнатной температуре, гомогенное объемное гидрирование обычно достигается путем отжига при температурах 400-600 С в течение периода от нескольких часов до нескольких недель. При комнатной температуре гидриды циркония быстро окисляются на воздухе и даже в высоком вакууме. Образовавшийся слой оксида нанометровой толщины останавливает дальнейшую диффузию кислорода в материал, и, таким образом, изменением состава из-за окисления обычно можно пренебречь. Однако с повышением температуры окисление протекает глубже в объеме. Водород является анионным из-за разницы в электроотрицательности между Zr и H. При получении в виде тонких пленок можно улучшить кристаллическую структуру и свести к минимуму окисление поверхности.

Гидриды циркония растворимы в плавиковой кислоте или спирте; они бурно реагируют с водой, кислотами, окислителями или галогенированными соединениями [10,11].

Цирконий был и продолжает оставаться жизненно важным металлом для ядерной энергетики. Внедрение современных технологий ставит все более высокую планку в производстве изделий из циркония, а это позволяет гарантировать их надежность и эффективность в любых отраслях применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матюхин П.В., Косов А.В. Композиционные материалы для защиты от космической радиации // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород: Изд-во БГТУ. – 2016. – С. 583-587.
2. Ястребинская А.В., Павленко В.И., Матюхин П.В., Воронов Д.В. Механическая активация полимерных диэлектрических композиционных материалов в непрерывном режиме // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2009. – №3. – С. 74-77.
3. В. Мюллер, Д. Блэкледж, Дж. Либовиц, М. Гидриды металлов // Атомиздат. – 1973. – С. 21-25.

4. Антонова М. М., Морозова Р. А. Препаративная химия гидридов: Справочник. // Киев: Наукова думка. – 1976. – С. 18-23.
5. Антонова М. М. Свойства гидридов металлов: Справочник // Киев: Наукова думка. – 1975. – С. 78-84.
6. Маккей К. Водородные соединения металлов. // Изд-во: М.: Мир. – 1968. – С. 244 .
7. Zuzek E., Abdata J.R. The H-Zr (Hydrogen-Zirconium) System. // Bulletin of Alloy Phase Diagrams. – Vol. 11. – No. 4. – 1990. – P.386.
8. Долуханян С. К., Алексанян А. Г., Тер-Галстян О. П. Особенности формирования сплавов и их гидридов в системе Ti-Zr-H // Химическая физика. – 2007. – т. 26. – № 11. – С.36-43.
9. Бережко П. Г., Тарасова А.И., Кузнецов А. А. Гидрирование титана и циркония и термическое разложение их гидридов // Альтернативная энергетика и экология. – 2006. – №11(43). – С.47-56.
10. Павленко В.И., Матюхин П.В. Основные аспекты разработки современных радиационно-защитных конструкционных металлокомпозиционных материалов // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – №10. – С. 85-86.
11. Соколенко И.В., Ястребинский Р.Н., Матюхин П.В., Иваницкий Д.А. Разработка радиационно-защитного композита для защиты от гамма-излучения // Успехи современного естествознания. – 2015. – №10. – С. 40-43.

УДК 678

Андреев А.А.

Научный руководитель: Дьяконов А.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
*Северо-Восточный федеральный университет
им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНГРЕДИЕНТОВ ВУЛКАНИЗУЮЩЕЙ ГРУППЫ НА АДГЕЗИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НИТРИЛЬНОГО ВУЛКАНИЗАТА СО СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫМ ПОЛИЭТИЛЕНОМ

В настоящее время композиционные материалы широко используются в машиностроение, авиастроение, строительстве, медицинской отрасли и т.д. Применение композитов позволяет создавать изделия с уникальными эксплуатационными характеристиками, такими как жаропрочность, морозостойкость и износостойкость. Однако, при создании композитов на основе разных материалов возникает проблема обеспечения прочного адгезионного

соединения между компонентами. Адгезионное соединение играет ключевую роль в обеспечении целостности и прочности конструкции композита, поскольку именно через него передается нагрузка между разными материалами. В работе приводятся результаты исследования адгезии сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) с нитрильным эластомером. СВМПЭ является химически инертным и обладает хорошими физико-механическими свойствами благодаря высокой кристалличности, а эластомеры нашли широкое применение благодаря способности к большим обратимым деформациям. Создание композитных изделий на основе СВМПЭ и эластомеров позволит сочетать в себе свойства этих уникальных материалов. СВМПЭ и эластомеры имеют различную химическую структуру и не образуют равновесную термодинамическую систему при совмещении. Из работы известно [1], что прочное адгезионное соединение между СВМПЭ и эластомером можно добиться путем введения определенных ингредиентов вулканизирующей группы в резиновую смесь. Поэтому *целью работы* является исследование влияния пероксида дикумила (ПДК) и дитиодиморфолина (ДТДМ) на адгезию нитрильного эластомером с СВМПЭ.

Объектом исследования выступал двухслойный материал на основе эластомера и СВМПЭ. Эластомерный слой изготавливался из бутадиен-нитрильного каучука марки БНКС-18 АМН, термопластовый слой из СВМПЭ марки GUR-4130. Введение ПДК и ДТДМ производилось в процессе смешения ингредиентов резиновой смеси. Рецептuru резиновых смесей (на 100 масс.ч.) состоит: 100 масс.ч. БНКС-18 АМН; 1,5 масс.ч. стеариновой кислоты; 5 масс.ч. оксида цинка; 50 масс.ч. технического углерода П-803. Отличие рецептур заключается в составе вулканизирующей группы: в первой рецептуре добавляли 1 масс.ч. ДТДМ; во вторую рецептуру вводили 1 масс.ч. ДТДМ совместно с 1,5 масс.ч. серы; третья резиновая смесь в качестве вулканизирующей группы содержит 1 масс.ч. ДТДМ и 2 масс.ч. ПДК; в четвертой рецептуре используются 2 масс.ч. ПДК.

Изготовление двухслойного материала включает четыре этапа: прессование порошка СВМПЭ под давлением 10 МПа в течение 5 минут; укладка резиновой смеси поверх спрессованного СВМПЭ; совместное горячее прессование при температуре 155°C под давлением 10 МПа в течение 20 минут; охлаждение композита до 80°C в прессе под давлением 10 МПа.

На рис.1 приведены диаграммы физико-механических свойств вулканизатов на основе БНКС-18 АМН.

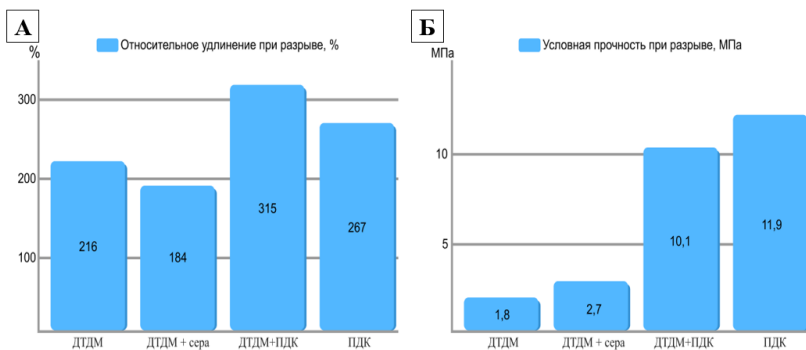


Рис. 1. Диаграммы относительного удлинения (а) и условной прочности (б) при разрыве

Добавление ПДК и ПДК совместно с ДТДМ улучшают физико-механические свойства эластомеров. В то же время, добавление ДТДМ и ДТДМ совместно с серой в резиновую смесь не оказывают влияния на усиление материалов. Эластомеры с добавками ДТДМ и серы имеют низкие характеристики, предположительно из-за недостаточного образования поперечных связей вследствие замедления кинетики вулканизации.

Адгезионная прочность СВМПЭ с БНКС-18+ДТДМ+ПДК составляет 3,8 Н/мм, а у СВМПЭ с БНКС-18+ПДК составило 6,5 Н/мм. Можно отметить, что адгезия между материалами превышает когезионную прочность эластомера. Образец БНКС-18+ДТДМ+ПДК проявляет более низкую адгезию к СВМПЭ по сравнению с БНКС-18+ПДК, предположительно из-за замедленного процесса вулканизации резиновой смеси.

На рис. 2 приведены микрофотографии межфазной границы СВМПЭ и вулканизатов.

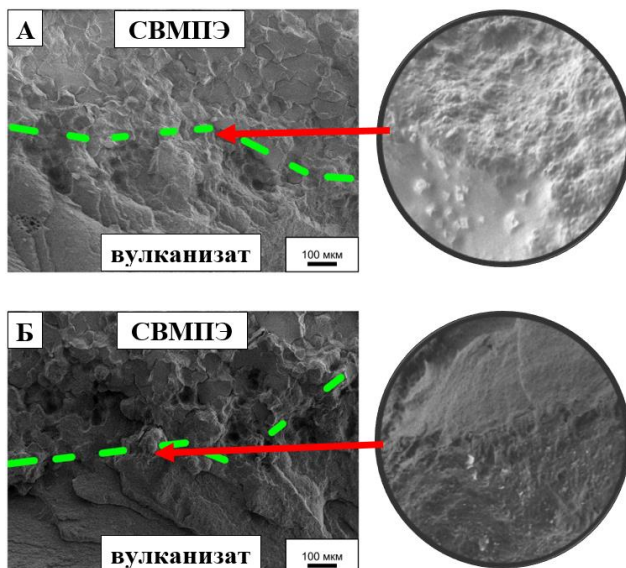


Рис. 2. Межфазная граница СВМПЭ/БНКС-18+ДТДМ+ПДК (а) и СВМПЭ/БНКС-18+ПДК (б)

Проникновение ингредиентов резиновой смеси в приграничные области СВМПЭ в процессе горячего прессования влияют на адгезионную прочность соединения и структуру. На межфазной границе взаимодействия СВМПЭ с вулканизатами отмечается образование плотного контакта. При дальнейшем увеличении границы образца с ДТДМ и ПДК отмечается более аморфная структура эластомера, у образца с ПДК видно сцепление фибрилл СВМПЭ с матрицей эластомера. Попадание пероксидов в область СВМПЭ приводит к его окислению и образованию сшитой структуры [2].

Полученные результаты и их анализ позволяют сделать следующие выводы:

1. Применение ДТДМ в бутадиен-нитрильной резиновой смеси на основе каучука БНКС-18 АМН не обеспечивает требуемых эксплуатационных характеристик эластомерам;
2. Использование ПДК и ПДК совместно с ДТДМ в резиновой смеси придает вулканизатам хорошие физико-механические свойства;
3. Введение ПДК в резиновую смесь способствует формированию прочного адгезионного соединения бутадиен-нитрильного эластомера с СВМПЭ;
4. Добавление ДТДМ приводит к снижению как прочности

эластомера, так и адгезионного взаимодействия со СВМПЭ, поэтому выбор реагентов для увеличения прочности соединения имеет критическое значение.

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект №FSRG-2024-0004).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дьяконов, А.А. Двухслойный композиционный материал на основе эластомера и сверхвысокомолекулярного полиэтилена / А.А. Дьяконов, Н.В. Шадрин, М.Д. Соколова, А.Л. Федоров, С.А. Слепцова, А.А. Охлопкова // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2019. - Т.10. - №15. - С. 438-441;
2. Gul, R.M. Comparison of peroxides used for cross-linking ultra-high molecular weight polyethylene / R.M. Gul // European polymer journal. - 1999. - Т. 35. - № 11. - С. 2001-2005.

УДК 004.8

*Барышникова В.Д., Морозов Д.А., Харитонов С.Д.
Научный руководитель: Буханов Д.Г., канд. техн. наук., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ТОНКОЙ НАСТРОЙКИ ДИФфуЗИОННОЙ МОДЕЛИ STABLE DIFFUSION

Постепенное развитие компьютерных и интеллектуальных технологий стало главной предпосылкой создания технологии современного искусственного интеллекта (ИИ) [1]. На данный момент ведущие индустрии, разрабатывающие программное обеспечение и специализирующиеся на разработках в области ИИ, представили множество предобученных моделей, которые могут производить разнообразные форматы выходных данных. Среди них особой популярностью пользуются модели, генерирующие изображения методом text-to-image («из текста в изображение»): DALL-E [3], Stable Diffusion [4], Kandinsky [5], MidJourney [6]. Такие модели заслуженно называются во многих исследованиях [7, 8] революционным прорывом в направлении разработки генеративных сетей.

Одним из самых известных видов нейронных сетей, занимающихся преобразованием текста в изображения, являются

диффузионные нейронные сети (Diffusion Based Models). Они представляют собой вероятностные генеративные модели, которые стали популярны благодаря тому, что могут производить разнообразные и в то же время качественные изображения. Самый известный представитель таких сетей – Stable Diffusion. В связи с тем, что разработчики оставили исходных код модели открытым, были проведены различные исследования по её тонкой настройке. На данный момент наиболее известными и эффективными являются следующие три подхода: текстовая инверсия, DreamBooth и LoRA.

Диффузионные модели – это свёрточные нейронные сети, которые используют процессы диффузии для генерации изображений по тексту. Они могут работать в скрытом (латентном) пространстве или непосредственно в пиксельном пространстве. Модели учитывают последовательную диффузию информации, что способствует созданию изображений последовательным и контролируемым образом. Главное достоинство такого подхода в высококачественных изображениях и их разнообразии.

Stable Diffusion – это один из самых гибких генераторов изображений с ИИ, позволяющий создавать изображения, также изменять их по определенным правилам (например, изменение определенной части изображения (inpainting) или формирование картинки со сверх-разрешением) [9]. Stable Diffusion представляет собой систему взаимодействия предварительно обученных нейронных сетей, работу которой можно описать схемой, изображенной на Рис. 1.



Рис. 1 Схема структуры архитектуры Stable Diffusion

Модель состоит из нескольких компонентов:

- Unet [10] – нейронная сеть, восстанавливающая изображение из зашумленного;
- VAE (Variational Autoencoder) [11] – нейронная сеть, занимающаяся сжатием и разжатием изображения;

– CLIP (Contrastive Language-Image Pre-training) [12] – нейронная сеть, обрабатывающая входной текстовый запрос.

Таким образом, общая структура Stable Diffusion – это прозрачная архитектура генеративного ИИ, центральным компонентом которой является нейронная сеть Unet, способная из зашумленного изображения извлекать весь шум (после этого получение «чистого» изображения не представляет собой сложную задачу). Чтобы можно было работать с Unet через передачу текстового запроса, дополнительно с этой нейронной сетью взаимодействует модель CLIP, кодирующая входной текстовый материал в определенное числовое представление (эмбединг), с помощью которого Unet может вычислять шум в картинке. За оптимизацию вычислений в Unet отвечает модель-кодировщик VAE, которая отвечает за сжатие изображения с шумом до передачи его в сеть Unet и его разжатие уже после удаления шума.

Внедрение новых концепций в крупномасштабные модели часто сопряжено с трудностями. Повторное полное переобучение модели с расширенным набором данных для каждой новой концепции – это очень дорого и по времени, и по вычислительным мощностям, а тонкая настройка (fine-tuning) часто приводит к «катастрофическому забвению» [13]. Однако сейчас появляются новые разработки в этом направлении, которые представляют собой более взвешенные подходы, которые, например, для избежания «забывания» замораживают веса модели и дообучают только её модули преобразования.

Преимущество модели Stable Diffusion состоит в том, что она предоставляет возможность пользователям дообучить её на своих уникальных данных для последующей генерации изображений со специфичным концептом. Существует несколько подходов, реализующих этот процесс, самыми эффективными и популярными среди них на данный момент являются текстовая инверсия (Textual Inversion) [13], DreamBooth (DB) [14] и LoRA [15].

Подход, называемый *текстовая инверсия* (textual inversion) работает на основе определения новых ключевых слов в текстовом пространстве эмбедингов (числовых представлений входных текстовых данных) предварительно обученной модели [13]. При этом важно отметить, что веса модели не пересчитываются заново.

Цель текстовой инверсии состоит в нахождении новых векторов эмбедингов, которые являются представлениями новых для нейросети концепций. По сути, это способ описания новой концепции в рамках языковой модели. Отсюда и название подхода: в основе этого процесса лежит *инверсия* (преобразование) понятий в новые псевдо-слова в пространстве текстовых эмбедингов преобученной text-to-image

модели.

Технология обучения text-to-image моделей DreamBooth была опубликована разработчиками Google в 2022 году и предназначена для тонкой настройки диффузионных генеративных моделей путём введения пользовательского концепта в эту модель [14].

Цель DreamBooth состоит в том, чтобы с минимальным набором изображений определённого объекта в обучающей выборке, соответствующего его названия на естественном языке и названия его типа, получить обученную модель и уникальный идентификатор для объекта.

Текстовое описание объекта, которому обучается модель, предлагается формировать на примере шаблона: «*a photo of [subject] [class]*», где *[subject]* – последовательность символов, представляющих собой название самого объекта, а *[class]* – название его типа, класса.

После встраивания обновлённого словаря в модель, она сможет использовать новое для неё название объекта для произведения новых изображений объекта в разных контекстах, при этом сохраняя ключевые идентифицирующие признаки.

Ключевое отличие подхода LoRA (Low Rank Adaptation) от выше рассмотренных, заключается в том, что здесь модель не обновляется по всем параметрам. В DreamBooth в результате процесса тонкой настройки формировалась новая полноценная модель, в то время как в LoRA адаптируется лишь некоторое количество параметров модели, необходимых для конкретной задачи. Это значительно повышает эффективность дообучения [15].

Low Rank Adaptation дословно переводится как «адаптация на основе низкого ранга». Название подхода связано с методом, который представляют его разработчики. Вдохновляясь работами исследователей в области оптимизации больших языковых моделей LLM [16, 17], разработчики утверждают, что за счёт того, что внутренняя размерность (intrinsic rank) матриц весов сети W_0 в LLM низкая, имеет смысл хранить изменённые веса ΔW особым способом (в виде разложения на множители) во время адаптации модели в Unet, потому что у них так же будет низкая размерность.

У рассмотренных методов есть свои недостатки – у LoRA они заключаются в минимальной детализации генерируемых изображений, у DB – в высокой ресурсоёмкости операций, у текстовой инверсии – в неспособности обучить модель новому концепту. Однако Dreambooth представляет собой более взвешенный подход в отличие от LoRA и текстовой инверсии за счёт сохранения высокой степени детализации изображений и гарантированного внесения нового концепта в модель.

На основе проведенного анализа было выполнено дообучение модели Stable Diffusion v2.1. на датасете изображений мезенской росписи. В качестве метода дообучения был использован DreamBooth. Для концепта было подобрано уникальное название «mezen-ornament-01», при этом общий тип, к которому он относится был определён как «ornament», то есть «узор, роспись». Затем были заданы гиперпараметры сети.

Эксперименты по тонкой настройке базовой и запуску обученной моделей проводились в инфраструктуре Google Colab (GC) с графическим процессором T4 GPU. Результаты генерации обученной модели с разными промптами представлены на Рис. 2 и Рис. 3. Для генерации изображения на Рис. 3 использован расширенный промпт, из-за чего результат получился более детализированным, чем на Рис. 2.



Рис. 2 Сгенерированное изображение с промптом «one horse, forest, a mezen-ornament-01 ornament, symmetric, seamless»

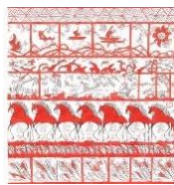


Рис. 3 Сгенерированное изображение с промптом «a minimalistic decorative pattern of mezen-ornament-01 ornament with horse clean lines, symmetric, seamless»

Сгенерированные изображения затем использовались для текстурирования 3д-модели гончарного изделия. Предварительно она была подготовлена: разбита на треугольные грани (метод триангуляции) и на ней был создан слой материала для последующего наложения на него программными средствами текстуры с орнаментом.

В работе рассмотрена диффузионная модель Stable Diffusion, кратко описана её архитектура, также приведено краткое описание и сравнение трёх основных подходов, используемых в настоящее время для дообучения этой генеративной модели. Был проведён эксперимент, в рамках которого Stable Diffusion версии v2.1 была дообучена методом DreamBooth на датасете, состоящем из изображений мезенской росписи. Была получена новая дообученная версия SD и с помощью неё были сгенерированы изображения, которые затем использовались в качестве текстур для 3д-моделей гончарных изделий.

Дальнейшим направлением исследований является применение методов дообучения диффузионной модели Stable Diffusion в решении

прикладных задачах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семейкина, А. С. Направления развития искусственного интеллекта в автомобильной отрасли / А. С. Семейкина, Н. А. Загородний, Д. Ф. Коверженко // *Наукоемкие технологии и инновации (XXV научные чтения) : Сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород, 23 ноября 2023 года.* – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. — С. 1076–1079.
2. Ramesh A. et al. DALL·E: Creating images from text [Электронный ресурс]. URL: <https://openai.com/research/dall-e>. (дата обращения: 12.05.24)
3. Rombach R. et al. High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models // *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.* — 2022. — С. 10674–10685.
4. Кумратова А.М. и др. Использование диффузионных моделей для разработки приложений, генерирующих изображения на основе текстовых запросов // *Вестник Адыгейского Государственного Университета, Серия «Естественно-Математические И Технические Науки».* — 2023. — Т.4 — № 4(311). — С. 66–70.
5. Chen Y. et al. On quantifying and improving realism of images generated with diffusion. // *arXiv preprint arXiv:2309.14756.* — 2023. — С. 10.
6. Ooi K.B. et al. The Potential of Generative Artificial Intelligence Across Disciplines: Perspectives and Future Directions. // *J. Comput. Inf. Syst. Taylor & Francis* — 2023. — С. 1–32.
7. Van Le T. et al. Anti-DreamBooth: Protecting users from personalized text-to-image synthesis. // *arXiv preprint arXiv:2303.15433* — 2023. — С. 2116–2127.
8. StabilityAI. Stable Diffusion 2.0 Release [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://stability.ai/blog/stable-diffusion-v2-release>. (дата обращения: 12.05.24)
9. Huang H. et al. UNet 3+: A Full-Scale Connected UNet for Medical Image Segmentation // *ICASSP, IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process.* — 2020. — Т. 2020-May. — № ii. — С. 1055–1059.
10. Michlo N. Overlooked Implications of the Reconstruction Loss for VAE Disentanglement / N. Michlo, R. Klein, S. James // *IJCAI Int. Jt. Conf. Artif. Intell.* — 2023. — Т. 2023-August. — № i. — С. 4073–4081.
11. Ramesh A. et al. Hierarchical Text-Conditional Image Generation

with CLIP Latents. // arXiv preprint arXiv:2204.06125. — 2022. — С. 1–27.

12. Gal R. et al. An Image is Worth One Word: Personalizing Text-to-Image Generation using Textual Inversion. // arXiv preprint arXiv:2208.01618. — 2022. — С. 1–26.

13. Ruiz N. et al. DreamBooth: Fine Tuning Text-to-Image Diffusion Models for Subject-Driven Generation. // arXiv preprint arXiv:2208.12242 — 2022. — С. 22500–22510.

14. Hu E. et al. LORA: Low-Rank Adaptation of Large Language Models // ICLR 2022 - 10th Int. Conf. Learn. Represent. — 2022. — С. 1–26.

15. Reed S. et al. Generative adversarial text to image synthesis // 33rd Int. Conf. Mach. Learn. ICML 2016. — 2016. — Т. 3. — С. 1681–1690.

16. Dehouche N. What's in a text-to-image prompt? The potential of stable diffusion in visual arts education / N. Dehouche, K. Dehouche // Heliyon. Elsevier Ltd — 2023. — Т. 9. — № 6. — С. 1–12.

УДК 666.94

Борзёнова А. А

Научный руководитель: Головизнина Т.Е. доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА НА КОЛЕБАНИЯ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В РАННИЕ И ОТДАЛЕННЫЕ СРОКИ ТВЕРДЕНИЯ

В статье рассмотрено влияние фракционного состава цементов на свойства и состав цементного камня как в ранние, так и в отдалённые сроки твердения. Для этого образцы были изготовлены в количестве, обеспечивающем испытания на прочность и определение фазового состава в возрасте: 2, 7, 28 суток и 2, 3, 4 и 5 месяцев твердения. Для исключения влияния количества воды затворения на результаты эксперимента, водоцементное отношение для формирования образцов принято с минимальным различием между составами.

Из рядового портландцементного клинкера путём постоянного отсева при помоле и добавке 5% гипсового камня получены: цемент тонкомолотый - основная масса представлена размером от 10 до 37 мкм с преимущественным содержанием частиц размером от 30 мкм ($S_{уд} \approx 550 \text{ м}^2/\text{кг}$); цемент грубомолотый - основная масса представлена размером от 40 до 90 мкм с преимущественным содержанием частиц более 60 мкм ($S_{уд} \approx 250 \text{ м}^2/\text{кг}$) и их смесь 1:1.

В таблице 1 представлен сравнительный анализ распределения частиц полученных составов молотого клинкера по размерам.

Таблица 1 Сравнительные характеристики фракционных составов цементов

S _{уд} , м ² /кг	Распределение частиц по фракциям, %			
	Очень мелкая 0,1–5 мкм	мелкая 5– 30 мкм	средняя 30– 60 мкм	крупная > 60 мкм
250	3	20	20	57
550	32	66	2	следы
Смесь условно	17,5	43	11	28,5

Влияние фракционного состава цемента на прочностные характеристики в начальные и отдаленные сроки твердения определены по пределу прочности на сжатие малых образцов. Результаты физико-механических испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Влияние фракционного состава цемента на прочность цементного камня.

№	Вид цемента	В/Ц	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут.						
			2	7	28	60	90	120	150
1	Грубомолотый	0,24	46	52	71	74	84	77	62
2	Тонкомолотый	2,25	64	94	82	103	92	83	85
3	Смесь 50/50	0,24	56	78	66	62	90	65	90

На рисунке 1 представлена гистограмма влияния гранулометрического состава цемента на предел прочности на сжатие малых образцов в начальные и отдаленные сроки твердения.

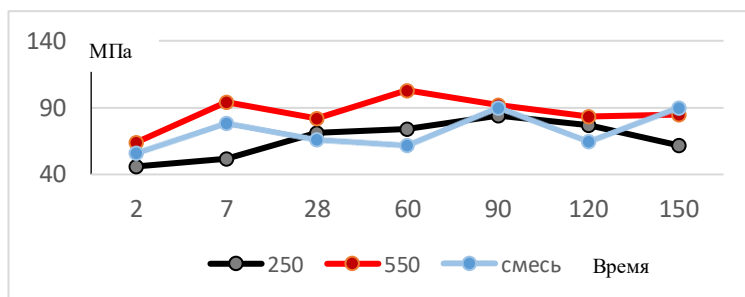


Рис. 1 Влияния гранулометрического состава цемента на прочностные характеристики цементного камня.

В возрасте твердения 2 суток, показатели прочности камня из тонкомолотого цемента на 28 % (18 МПа) превышают значения прочности из грубомолотого, а камень из смешанного цемента отстаёт от прочности тонкомолотого на 13% (8 МПа).

Рост прочности между двумя и семью сутками твердения также зависит от гранулометрического состава. У камня из грубомолотого цемента он составил 12% (6 МПа). Показатели прочности камня из тонкомолотого цемента выросли на 32% (30 МПа), а из смешанного цемента на 28% (22 МПа).

В возрасте твердения 28 суток набор прочности цементного камня из грубомолотого цемента продолжается по сравнению с прочностью в 7 суток твердения увеличивается на 12% (6 МПа).

У камня из смешанного и тонкомолотого цементов зафиксирован спад прочности к 28 суткам твердения по сравнению с показателями прочности в возрасте 7 суток. Показатели прочности камня из тонкомолотого цемента упали на 13% (12 МПа), а из смешанного цемента на 15% (12 МПа).

Таким образом установлено, что камень из грубомолотого цемента до 28 суток твердения медленно, но постоянно набирает прочность.

Тонкомолотый цемент интенсивно набирает прочность. Абсолютные прочностные показатели прочности выше у камня из тонкомолотого цемента во все контролируемые сроки твердения, но зафиксирован спад прочностных характеристик в возрасте 28 суток по сравнению с показателем в возрасте 7 суток твердения на 12%.

Модельный смешанный цемент набирает прочность до 7 суток твердения интенсивнее, чем грубомолотый. Зафиксирован спад прочности к 28 суткам твердения на 15% по сравнению с показателями прочности в возрасте 7 суток твердения. Можно предположить, что падение прочности у смешанного цемента интенсивнее, чем у тонкомолотого по причине меньших абсолютных значений прочности, которые успел набрать камень из смеси 50/50 до момента снижения прочностных характеристик.

Контролем прочностных характеристик цементного камня до 5 месяцев твердения установлено, что цикличные спады прочности зафиксированы у всех составов. Период колебаний выражено зависит от гранулометрического состава цемента. Опасность для конструкций представляет не только амплитуда, но и период колебаний.

У смешанного цемента за период колебаний с 90 по 150 суток твердения (2 месяца) амплитуда колебаний составляет 25 МПа.

У грубомолотого цемента за период с 2 по 150 суток твердения (5 месяцев) амплитуда колебаний составляет 22-38 МПа.

У тонкомолотого цемента за период с 28 по 120 суток твердения (3 месяца) амплитуда колебаний составляет ~20 МПа.

Таким образом установлено, что камень из смешанного цемента обладает самым меньшим периодом колебаний относительно камня из тонкомолотого и грубомолотого цемента, при этом у последнего отмечены к 150 суткам твердения (5 месяцам) самые низкие абсолютные значения прочности.

В результате установлено, что цементный камень из исследованных составов в процессе твердения подвержен циклическому спаду-набору прочности. На амплитуду и длительность циклов в существенной мере влияет гранулометрический состав цемента.

Результаты соответствуют литературным данным - для достижения максимальной прочности наиболее эффективно работает очень мелкая и мелкая фракции цемента.

По полученным сведениям - минимальный спад прочности обеспечивает наличие средней фракции не менее 20%.

Максимальный период (плавный спад) колебаний обеспечивает наличие крупной фракции в составе цемента.

Регулируя гранулометрический состав возможно частично компенсировать низкую активность клинкера увеличением тонкости помола, но для предотвращения резких, до 30% спадов прочности в отдалённые сроки твердения в составе цемента необходимо содержание не менее 20% фракции от 30 до 60 мкм, а для снижения частоты цикла спада-набора прочности цементу требуется наличие фракции крупнее 60 мкм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Химическая технология вяжущих материалов: учебник для вузов/Под ред. Тимашева В.В. – М.: Высш. школа, 1980. 472с.

2. Классен, В. К. Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций: учеб. пособие / В. К. Классен. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 308 с.

3. ГОСТ 310.2–76 «Цементы. Методы определения тонкости помола».

4. Борисов И.Н. Особенности процессов минералообразования при обжиге цементного клинкера с использованием медеплавильного шлака // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 2. С.11-13.

5. Борисов И.Н., Мандикова О.С., Семин А.Н. Расширяющаяся добавка на основе сульфатированного и ферритного отходов для получения специальных цементов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №1. С. 125-128.

УДК 66-927

Богачев П.А., Пушкарская Д.В., Рыжих Д.А.
*Научный руководитель: Любушкин Р.А. канд. хим. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОРАЗЛАГАЕМОЙ ОДНОРАЗОВОЙ ПОСУДЫ ИЗ ПОЛИМЕРА НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА

В современном обществе вопросы экологии и устойчивого развития приобретают все большую актуальность. Одной из наиболее злободневных проблем является загрязнение окружающей среды пластиковыми отходами. В связи с этим, исследование и разработка новых композиционных полимерных материалов, способных эффективно разлагаться в природе, становятся предметом повышенного интереса.

Биоразлагаемые композиционные полимерные материалы на основе полилактида позволяют снизить зависимость от нефтепродуктов и перейти на использование возобновляемых источников сырья. Полилактид (ПЛА) получают из растительных ресурсов, таких как кукуруза, картофель или сахарный тростник, что способствует уменьшению негативного влияния на окружающую среду и климат.

Биоразлагаемые композиционные полимерные материалы обладают хорошими механическими свойствами, а также могут быть функционализированы и адаптированы под различные бытовые нужды. Они могут использоваться в производстве пищевой упаковки, посуды, одноразовых изделий, игрушек и других бытовых предметов, не уступая по качеству и прочности традиционным пластиковым материалам [1].

Применение композиционных материалов на основе полилактида имеет высокую актуальность с точки зрения экологической эффективности, устойчивого развития и создания безопасной для окружающей среды и здоровья человека бытовой продукции.

Существуют два варианта получения ПЛА: поликонденсация молочной кислоты и полимеризация циклических эфиров молочной кислоты - лактидов - с раскрытием цикла (Рис. 1.) [2].

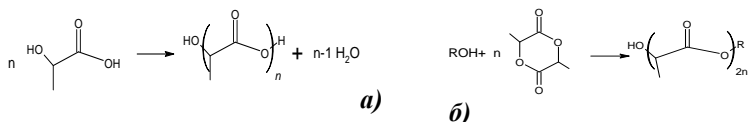


Рис. 1 Основные пути получения ПЛА: а) поликонденсация молочной кислоты; б) полимеризация циклических эфиров молочной кислоты – лактидов с раскрытием цикла.

Полимер с высокой молекулярной массой не может быть получен реакцией поликонденсации молочной кислоты ввиду ее обратимости. Для смещения равновесия и получения высокомолекулярного продукта ($M_w \sim 105$) необходима отгонка образующейся в процессе воды или ее химическое связывание, что сложно из-за высокой вязкости реакционной смеси. Поэтому на практике получившуюся низкомолекулярную ПМК деполимеризуют до лактида, который затем полимеризуют при высокой температуре в присутствии катализатора.

Процесс производства одноразовой пластиковой посуды из ПЛА обычно состоит из следующих этапов [3]:

1. первым шагом является получение полилактида. Этот биоразлагаемый полимер производится из натуральных сырьевых материалов, таких как кукурузный крахмал или сахарный тростник. В процессе полимеризации молекулы моносахаридов связываются в длинные цепи, образуя полилактид.

2. Полилактид, полученный в первом этапе, превращается в сырец для производства посуды. Обычно это выполняется путем экструзии, то есть пропускания полилактида через экструдер (машину для выдавливания пластика), где он нагревается и затем выдавливается через формующую головку в виде длинной плёнки, которая в дальнейшем обрезается и скатывается в рулоны.

3. Сырец, полученный в предыдущем этапе, далее используется для формования посуды. Для этого используется технология вакуумной формовки или термоформовки.

4. После формования посуда охлаждается, чтобы зафиксировать ее форму и структуру. Затем происходит отделка, включающая удаление возможных излишков материала, обрезку краев и прочие дополнительные операции для достижения требуемого качества и внешнего вида изделия.

5. Завершающим этапом процесса является упаковка готовой посуды в соответствии с требованиями заказчика. После упаковки посуда готова к доставке и использованию.

Рассмотрим подробнее самые трудоемкие этапы формирования сырца и формование посуды.

Формирование сырца осуществляется экструзией расплава через угловую кольцевую головку методом "снизу вверх" с последующим раздувом и вытяжкой получаемой заготовки в пленку, её охлаждением, складыванием и намоткой в рулоны.

Основными стадиями данного технологического процесса являются подготовка сырья, пластикация полимера, формование заготовки, раздув заготовки и образование плёнки, её охлаждение и складывание в полотно.

Технологическая схема производства полотна на основе полилактида представляет собой многостадийный процесс (Рис. 2).

Гранулированный полилактид помещается в промежуточную ёмкость (1), которую устанавливают над бункерами экструдера [4]. Далее по цепочке, он вместе с красителем из промежуточной емкости для добавок (2) поступает в устройство для дозирования компонентов.

Из этой ёмкости сырьё через дозатор и магнитный сепаратор (4) поступает в бункер экструдера. Бункер экструдера имеет увеличенный объём и к нему подсоединен электрообогреватель воздуха, который предназначен для сушки и нагрева гранул сырья до 60 °С.

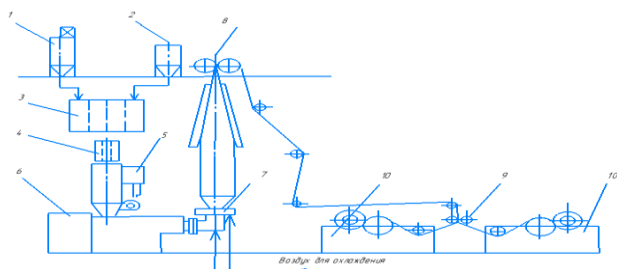


Рис. 2 Технологическая схема производства плёнки на основе полилактида

Гранулы полилактида захватываются вращающимся шнеком и перемещаются вдоль оси цилиндра по винтовому каналу шнека. В процессе перемещения по цилиндру материал разогревается за счет тепла от обогревателей экструдера, а также трения материала.

Для того чтобы не допустить преждевременное плавление полилактида, зону загрузки экструдера охлаждают водой. Шнек сжимает, перемешивает и выдавливает расплав через решетку с пакетом фильтрующих сеток, которые предотвращают попадание крупных загрязнений и непроплавов в пленку.

Формование заготовки происходит в головке (7), в которую расплав полимера поступает из экструдера и затем выдавливается из оформляющего зазора.

Выходящая из экструзионной головки исходная заготовка непрерывно формируется (раздувается) в пленку из-за избыточного давления воздуха, который находится в замкнутой полости, образованной сомкнутыми валками тянущего устройства. Воздух в полость исходной заготовки подается через центральное отверстие дорна экструзионной головки на начальной стадии запуска технологического процесса при "заправке" рукава между валками тянущего устройства.

Для вытяжки рукава из зоны его формирования используется механизм вытяжки (8), который состоит из двух валков, один из которых стальной, а второй имеет обрешиненную поверхность.

Последним этапом плёнку отрезают на специальном устройстве (9). Из тянущего устройства через систему отклоняющих валков рукавная пленка попадает на намоточное устройство (10), где формируются рулоны материала.

Формование посуды производится методом термоформовки с помощью термоформовочного аппарата ТКК-750.

Основными стадиями процесса, происходящими в термоформовочном аппарате при производстве пластиковой посуды, являются следующие этапы: подготовка сырья, загрузка сырья, обработка плёнки, формование посуды, охлаждение и отделка, упаковка и доставка.

Исходным этапом является подготовка сырья, которым является пластиковая плёнка на основе полилактида. Плёнка должна быть подходящей для термоформования и иметь определенные характеристики, такие как толщина и прозрачность.

Подготовленная после процесса экструзии плёнка загружается в термоформовочный аппарат. Обычно это происходит с помощью рулонов плёнки, которые подаются в аппарат и раскатываются для дальнейшей обработки.

Далее плёнка проходит через зону предварительного нагрева, где она подвергается нагреванию до определенной температуры, чтобы стать пластичной и готовой к формированию. В это время она также подвергается подаче воздуха или вакуума, чтобы создать необходимую форму посуды. После предварительного нагрева пластичная плёнка проходит через формовочную зону, где она помещается на форму, которая имеет контуры, соответствующие изготавливаемому изделию.

После формования посуды она проходит через зону охлаждения, где пластик быстро остывает и затвердевает, фиксируя форму. Затем изделия отделяются от формы и проходят этапы дополнительной отделки. Это может включать удаление излишков пластика, обрезку

краев и проверку качества. После завершения процесса производства продукция готова к упаковке и доставке. Она может быть уложена в удобные контейнеры или упакована в соответствии с требованиями заказчика.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование технологии получения биоразлагаемой одноразовой посуды из пластика на основе полилактида имеет большой потенциал для решения проблемы экологической устойчивости и сокращения использования нефтяных пластиков. Однако, чтобы обеспечить максимальные преимущества, необходимо учитывать экологические и экономические аспекты при проектировании производственных процессов и управлении ресурсами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щербакова, М. С. Исследование свойств полилактида // Технология органических веществ: материалы докладов 84-й научно-технической конференции, посвященной 90-летию юбилею БГТУ и Дню белорусской науки с международным участием, Минск, 03-14 февраля 2020 г. - Минск: БГТУ, 2020. - С. 274-275.

2. Сидельников Р.В., Черкашина Н.И. Влияние кристалличности диоксида кремния на свойства полимерных композитов // Образование. Наука. Производство. Материалы X Международного молодежного форума с международным участием. - Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. - С. 1606-1609.

3. Прут Э.В., Черкашина Н.И., Ястребинская А.В. Разработка полимерных композиционных материалов на основе термопластичных эластомеров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. - С. 195-199.

4. Полимерные биокompозиты на основе биоразлагаемых связующих, армированных натуральными волокнами (обзор) / Д. В. Севастьянов [и др.] //Авиац. материалы и технологии. – 2018. – № 4 (49). – С. 42–50.

5. Краев А. Д. Разработка полимерных композиций на основе возобновляемых ресурсов // Технология органических веществ: материалы 87-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января - 17 февраля 2023 г. - Минск: БГТУ, 2023. – С. 310-312.

Божко Е.Д.

*Научный руководитель: Маслова И.В., канд. тех. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДАЧ И ПОРЯДКА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ “НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ”

В ходе предыдущих исследований выявилась необходимость в создании нового программного продукта или усовершенствования уже имеющихся для повышения качества преподавания дисциплины “Начертательная геометрия”, а также снижения время- и ресурсозатрат студентов на выполнение работ по данной дисциплине.

Сразу же отмечу, что рассматриваться будет аспект создания 3D визуализации эпюр и заданий, так как их 2D изображение не способно значительно продвинуться в решении поставленных задач. Данный проект позволит приблизиться к широкому использованию данного метода визуализации для преподавания и изучения начертательной

На данный момент имеется широкий спектр программ, который позволяет работать с 3D графикой: от графических редакторов (например: 3ds Max, Blender), так и специализированные САПР (например: КОМПАС-3D, AutoCAD). Однако их объединяет общий перечень проблем: неоптимальное расположение элементов управления для указанной специфической задачи, переизбыток функций; отсутствие необходимого функционала, неявная визуализация некоторых элементов (простейшие и плоские геометрические фигуры, плоскости, оси и подобные фигуры), отсутствие автоматического проецирования построений на плоскости.

Данные проблемы в разной степени критичны для разных программных продуктов, но все они не позволяют качественно и быстро выполнять построения, необходимые при решении задач или объяснении новой темы. Решение данных проблем – основная задача моего программного продукта.

В качестве вида программного продукта была выбрана надстройка (приложение) для САПР.

Разрабатывать программу с нуля нерационально, так как данная программа будет использовать аналогичное САПР математическое ядро и крайне схожий базовый функционал, более того разработка

интерфейса целого ПО (а не его части в виде модели инструментов), модели работы с данными, правильного распределения используемых аппаратных ресурсов и других аспектов занимает достаточно много времени и требует несопоставимое с полученным результатом объём трудозатрат.

САПР являются неотъемлемой частью образовательных программ студентов, изучающих начертательную геометрию, в отличие от графических редакторов, которые намного сложнее в использовании, а их функционал слишком объёмный для наших задач, поэтому использование их в качестве базы – нерационально.

В качестве базовой программы я выбрал КОМПАС-3D, так как на данный момент Компас является одной из крупнейших отечественных САПР, сообщество имеет большой опыт разработки приложений для неё, также АСКОН активно сотрудничает с организациями высшего образования (это важно, так как речь идёт о разработке обучающего ПО).

На основе сбора данных известно следующее: приложения для КОМПАС-3D разрабатываются на языках C#, C++ и Delphi, более того, исследования и разработки иных авторов указывают на наличие Delphi-ориентированных кодаков в данном ПО. Однако разработка будет вестись на языке C# как на наиболее вероятном исходном языке новых версий Компаса. На этот факт указывает как интервью с разработчиками из АСКОН, так и обязательность факта наличия Microsoft .NET Framework на рабочем устройстве (данный фреймворк – среда исполнения языка C#), в качестве инструментов настройки панели инструментов будет также использовано само ПО. Основной средой разработки будет являться Microsoft Visual Studio.

На основе классической школы разработки ПО работы будут делиться на 2 вида: программный и визуальный.

Первый этап - программный. На данном этапе будет разрабатываться костяк для визуальной части, а также прописываться закономерности, которые будут использоваться при построениях (автоматизированное проецирование объектов на плоскости, динамические оси с изменяем масштабам, явное отображение плоскостей и осей, разработка библиотеки компонентов с требуемыми параметрическими зависимостями, которые будут состоять из нескольких элементов 3D графики (плоскостей, сфер и цилиндров), алгоритм автоматизированного построения 2D эюр и другие требуемы функции).

Последующий этап - визуальный: формирование панели инструментов из имеющихся и разработанных на предыдущем этапе и

самих инструментов управления (окно работы с инструментом, их миниатюры и подсказки при работе с ними).э

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хуртасенко, А. В. / А. В. Хуртасенко, М. Н. Воронкова// Автоматизированная конструкторско-технологическая подготовка в машиностроении: учебно-практическое пособие для студентов направлений 15.03.01 – Машиностроение, 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, специальности 15.05.01 – Проектирование технологических комплексов механосборочных производств. Ч.1– 2017.

2. Хуртасенко, А. В. / А. В. Хуртасенко, М. Н. Воронкова, И. В. Маслова, // Автоматизированная конструкторско-технологическая подготовка в машиностроении: учебно-практическое пособие для студентов направлений 15.03.01 – Машиностроение, 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, специальности 15.05.01 – Проектирование технологических комплексов механосборочных производств. Ч.2– 2018.

3. Официальный сайт компании АСКОН // [электронный ресурс]: <https://ascon.ru>

УДК 539.374

Боков А.В., Булгаков А.Н.

Научный руководитель: Гультяев В.И. д-р техн. наук, доц.

Тверской государственный технический университет

г. Тверь, Россия

ИЗУЧЕНИЕ СКАЛЯРНЫХ И ВЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ СТАЛИ 45 ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ ПО ТРАЕКТОРИЯМ ДЕФОРМИРОВАНИЯ В ВИДЕ ПОЛУОКРУЖНОСТЕЙ

Внедрение оболочковых конструкций в авиацию, космонавтику, строительство и машиностроение, а также учёт их работы в сложных условиях с появлением пластических деформаций ставит задачу исследования законов упруго-пластичного деформирования конструктивных материалов при сложном нагружении и деформации в число наиболее важных и актуальных. Различные траектории деформаций позволяют исследовать поведение материалов в различных условиях, что важно для проектирования новых конструкций и оптимизации уже существующих. Кроме того, изучение упруго-

пластических деформаций помогает улучшить методы расчета конструкций, повысить их прочность и долговечность [1]. Поэтому исследование процессов сложного упругопластического деформирования, реализуемых по траекториям деформации различных радиусов кривизн, является важнейшей актуальной задачей механики деформируемого твердого тела.

Для исследования скалярных и векторных свойств стали 45 в эксперименте использовались тонкостенные трубчатые образцы. Стальные образцы (рис.2) имели толщину стенки $h = 1$ мм, радиус срединной поверхности $R = 15,5$ мм, длина рабочей части $l = 110$ мм. Толщина стенки намного меньше радиуса срединной поверхности $h \ll R$, поэтому напряженное состояние во всех точках образцов считалось однородным, плоским: $\sigma_{33} = \sigma_{32} = \sigma_{31} = 0$; $\varepsilon_{32} = \varepsilon_{31} = 0$. Материал образцов начально изотропен. Модуль упругости образцов Ст45 составлял $E = 2 \times 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$; $\sigma_T = 250$ МПа.

Эксперимент проводился на автоматизированном испытательном комплексе СН-ЭВМ (рис.1) в лаборатории механических испытаний кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности Тверского государственного технического университета [2,3].



Рис. 1 Комплекс СН – ЭВМ



Рис.2 Образцы.

Программы деформирования реализовывались в девиаторной плоскости ε_1 - ε_3 (жесткое нагружение) при одновременном комбинированном действии на образцы растяжения-сжатия и кручения. Все четыре траектории деформирования представлены на рисунке 3. Исходные траектории деформирования представляют собой полуокружности $R=1\%$; $R=2\%$; $R=4\%$; $R=6\%$, начинающуюся из начала координат.

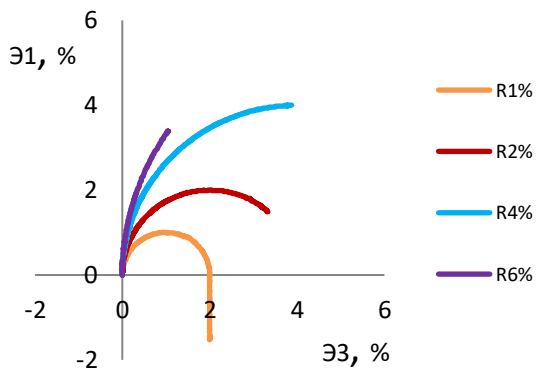


Рис. 3 Исходные траектории деформирования.

На рисунке 4 показан отклик по напряжениям по плоскости S_1 - S_3 .

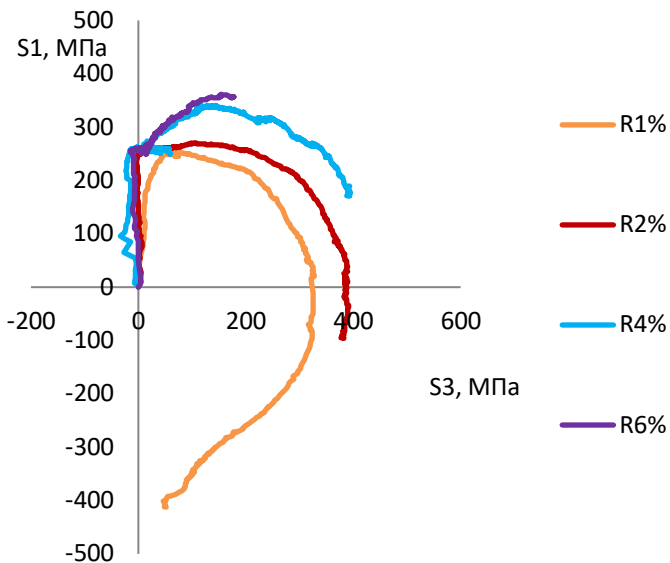


Рис. 4 Отклик по напряжениям на плоскости S_1 - S_3 .

В теории процессов А.А. Ильюшина связь между напряжениями и деформациями определяется скалярными и векторными свойствами материалов [4]. Скалярные свойства материала характеризуют диаграммы деформирования σ - S , где s – длина дуги траектории деформирования. На рис. 5 представлены совмещенные диаграммы σ - S для всех четырех экспериментов.

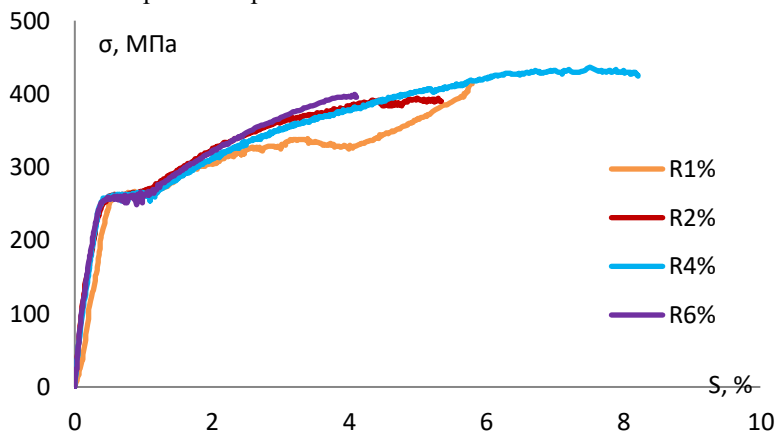


Рис. 5 Диаграмма прослеживания процесса σ - S .

На рисунках 6 и 7 представлены локальные диаграммы деформирования растяжения-сжатия по компонентам S_1 - \mathcal{E}_1 и чистого сдвига по компонентам S_3 - \mathcal{E}_3 соответственно.

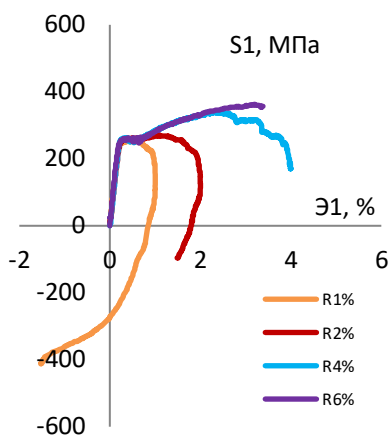


Рис.6 Локальная диаграмма S_1 - \mathcal{E}_1

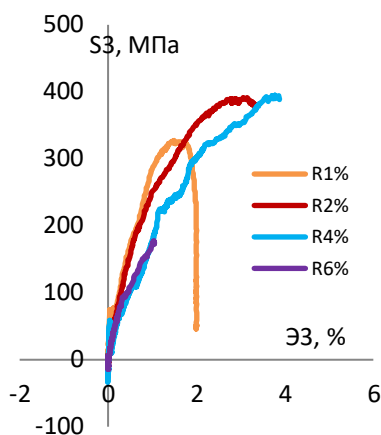


Рис.7 Локальная диаграмма S_3 - \mathcal{E}_3

Расчет компонент векторов напряжений и деформаций по следующим формулам:

$$S_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} \left[\sigma_{11} - \frac{1}{2} (\sigma_{22} + \sigma_{33}) \right]; S_2 = \sqrt{\frac{\sigma_{22} - \sigma_{33}}{\sqrt{2}}}; S_3 = \sqrt{2} \sigma_{12} \quad (1)$$

$$\mathcal{E}_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} (\varepsilon_{11} - \varepsilon_0); \mathcal{E}_2 = \sqrt{2} \left(\varepsilon_{22} + \frac{1}{2} \varepsilon_{12} - \frac{2}{3} \varepsilon_0 \right); \mathcal{E}_3 = \sqrt{2} \varepsilon_{12} \quad (2)$$

Достоверность полученных решений определяется сверкой с экспериментальными исследованиями, реализованными на экспериментальном комплексе СН-ЭВМ [5-10].

Таким образом, исследованы скалярные и векторные свойства стали 45 при сложном нагружении по траекториям деформирования в виде полуокружностей с радиусами кривизн R1%, R2%, R4%, R6% путем рассмотрения серии из четырех экспериментов. Результаты экспериментального исследования будут полезны при аттестации и верификации существующих математических моделей теории пластичности и установления границ их применимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гультяев, В.И. Актуальные проблемы механики оболочек/ В.И. Гультяев, В.Г. Зубчанинов, В.Н. Ведерников// Труды международной Конференции.- Казань, 25-27 июня 2000г. – Казань: КНЦ РАН, 2000г.
2. Зубчанинов, В.Г. Автоматизированный комплекс для исследования упруговязкопластических свойств материалов при сложном нагружении / В.Г. Зубчанинов, Н.Л. Охлопков, А.В. Акимов // Решение о выдаче свидетельства на полезную модель.-М., ВНИИГПЭ, 1997.- №97108023/20(008702).
3. Гультяев, В.И. Тензомер для измерения деформаций образца при сложном напряженном состоянии / В.И. Гультяев, В.В. Гараников, А.В. Акимов, В.Г. Зубчанинов // Свидетельство на полезную модель №15396 от 10 октября 2000г.
4. Зубчанинов, В.Г. Механика процессов пластических сред / В.Г. Зубчанинов// М.:Физматлит, 2010.-352с.
5. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальное исследование упругопластического деформирования сталей 40 и 40Х при сложном нагружении по плоским траекториям / В.Г. Зубчанинов, Д.Е. Иванов, А.В. Акимов // Устойчивость и пластичность в механике деформируемого твердого тела: Материалы 3 симп. Ч.Ш. Тверь: ТПИ, 1993. – С.44-93.
6. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальное исследование процессов сложного нагружения стали 45 по двузвенным траекториям / В.Г. Зубчанинов, М.Ш. Мошкович // Устойчивость и пластичность в механике деформ. твердого тела. Часть 2. Тверь: ТГТУ, 1993. – С.136-144.
7. Зубчанинов, В.Г. Пластическое деформирование стали по замкнутым криволинейным траекториям / В.Г. Зубчанинов, Н.Л. Охлопков // Проблемы прочности.1996. № 4. – С.19-25.
8. Зубчанинов, В.Г. О деформировании металлов по плоским криволинейным траекториям переменной кривизны. Сообщение 2.Функции процесса / В.Г. Зубчанинов, Н.Л. Охлопков, В.В. Гараников // Проблемы прочности. 1999. №4. – С.12-18.
9. Гультяев, В.И. Математическое моделирование процессов пластического деформирования для траекторий средней кривизны/ В.И. Гультяев, В.Г. Зубчанинов, Д.В. Зубчанинов// Межвуз. сборник «Проблемы прочности и пластичности», вып. 71, Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2009. С.20-25.
10. Гультяев, В.И. Экспериментальное исследование устойчивости цилиндрических оболочек из стали 45 при сложном докритическом нагружении / В.Г. Зубчанинов, В.И. Гультяев // Вестник Чувашского

государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева.
Серия: Механика предельного состояния. 2011. - № 2(10). - С.16-21.

УДК 539.37

Булгаков А.Н., Боков А.В.

*Научный руководитель: Гульяев В.И., д-р техн. наук, доц.
Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия*

ВЫЯВЛЕНИЕ МОМЕНТА ПОЯВЛЕНИЯ ОТКЛИКА НА ДИАГРАММЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СТАЛИ 45 ПО ТРАЕКТОРИЯМ ТИПА СМЕЩЕННОГО ВЕЕРА

В экспериментах на тонкостенных трубчатых образцах, было замечено, что не всегда сложное деформирование материала, такое как растяжение с кручением, реагирует на сложное нагружение. Например, Зубчаниновым В.Г. совместно с Гульяевым В.И. проводились опыты, где, начиная с некоторого значения, производился излом траектории [1]. Для двухзвенной ломаной при изломе траектории на диаграмме зависимости напряжений от параметра прослеживания процесса s должен появиться «нырок», однако в опытах с малыми углами излома его нет, другими словами происходило запаздывание отклика. Это явление запаздывания сложного нагружения от сложного деформирования было названо В.Г. Зубчаниновым – принцип запаздывания сложных процессов нагружениях при сложном деформировании. Данная работа посвящена исследованию этого вопроса.

Эксперименты реализованы в лаборатории механических испытаний кафедры сопротивления материалов теории упругости и пластичности Тверского государственного технического университета [2,3] при нормальной температуре непрерывным деформированием образцов с постоянной скоростью порядка $1 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$, которая позволяет исследовать упругопластические процессы без учета эффектов ползучести. В пластической зоне материал считался несжимаемым.

Все испытанные образцы были изготовлены из одной партии углеродистой конструкционной нелегированной специальной стали 45. Начальная изотропия материала образцов с достаточной степенью точности была подтверждена в опытах при простом (пропорциональном) нагружении [2]. Толщина стенки выдержана в пределах 0,98-1,01 мм, а отношение среднего радиуса образца к толщине стенки $15,51 \pm 0,01$ мм. За счет этого в рабочей части образца создавалось напряженное состояние, близкое к однородному.

Для рассматриваемых экспериментов значения компонент векторов напряжений S_k ($k = 1,2,3$), деформаций \mathcal{E}_k ($k = 1,2,3$) и их модулей в девятиорном пространстве напряжений Σ_3 и деформаций E_3 вычислялись по формулам (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} S_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \left(\sigma_{11} - \frac{\sigma_{22}}{2} \right) \\ S_2 = \frac{\sigma_{22}}{\sqrt{2}} \\ S_3 = \sqrt{2} \cdot \sigma_{12} \end{array} \right. ; \quad \left\{ \begin{array}{l} \mathcal{E}_1 = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \varepsilon_{11} ; \\ \mathcal{E}_2 = \sqrt{2} \cdot \left(\varepsilon_{22} + \frac{1}{2} \cdot \varepsilon \right) \\ \mathcal{E}_3 = \sqrt{2} \cdot \varepsilon_{12} \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2} \quad \mathcal{E} = \sqrt{\mathcal{E}_1^2 + \mathcal{E}_2^2 + \mathcal{E}_3^2},$$

где σ_{ij} , ε_{ij} ($i, j = 1,2,3$) – компоненты тензоров напряжений и деформаций.

Косинус угла отклонения вектора напряжений от касательной к траектории деформирования в каждой точке определялся по формуле (2):

$$\cos\vartheta_1 = \frac{1}{\sigma} \left(S_1 \frac{d\mathcal{E}_1}{ds} + S_2 \frac{d\mathcal{E}_2}{ds} + S_3 \frac{d\mathcal{E}_3}{ds} \right), \quad (2)$$

Программы испытаний, представляющие собой пропорционально смещенный веер, состоящий из двухзвенных ломаных траекторий, реализовывались в плоскости \mathcal{E}_1 – \mathcal{E}_3 векторного трёхмерного изображающего пространства деформаций. Первый участок каждой траектории соответствует пропорциональному растяжению с кручением. На втором участке производится излом траектории на угол 0 (Рис. 1), -45 (Рис. 2), -90 (Рис. 3) и -135 градусов (Рис. 4).

Пропорциональное растяжение с кручением без излома траектории (Рис. 1), соответствует простому нагружению.

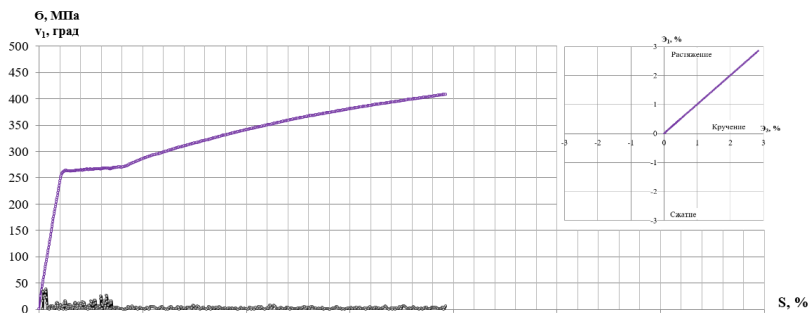


Рис. 1 Диаграмма деформирования при пропорциональном растяжении с кручением без излома траектории

Как видно (Рис.2) при угле излома 45 градусов «нырок» на диаграмме деформирования отсутствует, при этом угол сближения в момент излома траектории скачкообразно увеличивает до значения порядка 45 градусов, а затем плавно убывает по некоторому закону близкому к экспоненциальному.

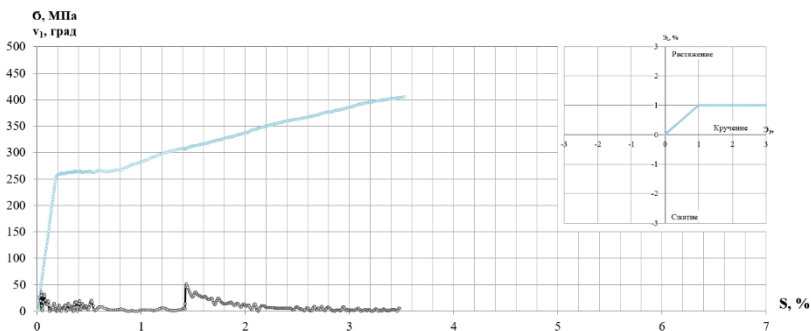


Рис. 2 Диаграмма деформирования при пропорциональном растяжении с кручением с углом излома траектории 45 градусов

При изменении угла излома еще на 45 градусов до значения -90 градусов на диаграмме деформирования появляется четко выраженный «нырок». В этот момент угол сближения скачкообразно увеличивает до величины порядка 100 градусов.

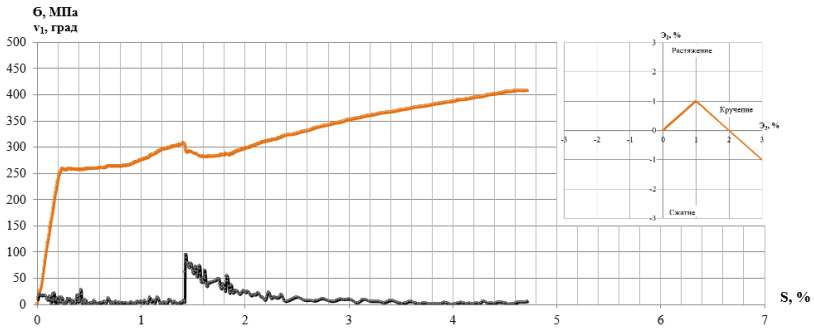


Рис. 3 Диаграмма деформирования при пропорциональном растяжении с кручением с углом излома траектории 90 градусов

Дальнейшее уменьшение угла до значения -135 градусов приводит к увеличению глубины «нырка» на диаграмме деформирования и угла сближения до величины порядка 150 градусов.

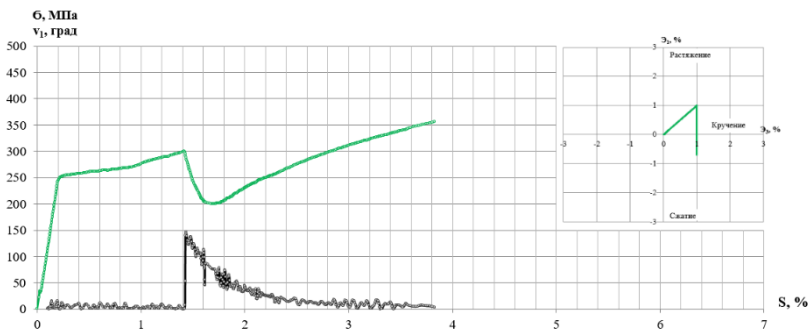


Рис. 4 Диаграмма деформирования при пропорциональном растяжении с кручением с углом излома траектории -135 градусов

Оставшаяся траектория (Рис. 5) получена путем зеркального отражения траектории с изломом 135 градусов относительно луча, проходящего из начала координат под углом 45 градусов.

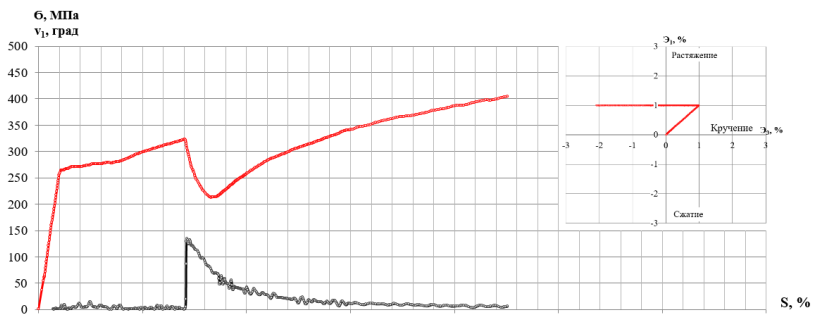


Рис. 5 Диаграмма деформирования при пропорциональном растяжении с кручением с углом излома траектории 135 градусов

Полученные результаты согласуются с экспериментальными данными приведенными в работах [4, 5, 6], и позволяют сделать предположение, что для стали 45 момент появления значительного «нырка» соответствует излому траектории деформирования на угол лежащий в интервале от 45 до 90 градусов. В дальнейшем глубина «нырка» возрастает пропорционально величине угла излома.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зубчанинов, В. Г. Экспериментальные исследования процессов сложного пластического деформирования материалов по траекториям типа веера / В. Г. Зубчанинов, В. И. Гулятьев, Д. В. Зубчанинов // Проблемы прочности и пластичности. – 2005. – № 67. – С. 14-19.
2. Гулятьев, В. И. Экспериментальное изучение упругопластического деформирования конструкционных материалов на автоматизированном испытательном комплексе СН-ЭВМ / В. И. Гулятьев, А. Н. Булгаков // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2023. – № 2(56). – С. 53-64. – DOI 10.37972/chgpu.2023.56.2.006.
3. Булгаков А.Н. Экспериментальное исследование материала сталь 45 при деформировании по программам смещённого веера / В. И. Гулятьев, А. А. Алексеев, А. Н. Широков, А. Н. Булгаков // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева.» Серия: Механика предельного состояния. – 2023. – № 2(56). – С. 88-98. – DOI 10.37972/chgpu.2023.56.2.009.
4. Двужиллов А. С. Экспериментальные исследования сложного нагружения латуни Л63 на двузвенных ломаных траекториях типа

“смещенный веер” / В. Г. Зубчанинов, В. И. Гулятьев, А. А. Алексеев, А. С. Двужилов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2023. – № 1(55). – С. 18-25. – DOI 10.37972/chgru.2023.55.1.003.

5. Зубчанинов, В. Г. Влияние замены неаналитических траекторий с точками излома гладкими траекториями на сложность процессов деформирования и нагружения материалов / В. Г. Зубчанинов, А. А. Алексеев, В. И. Гулятьев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2020. – № 2. – С. 52-63. – DOI 10.15593/perm.mech/2020.2.05. – EDN RQCAOI.

6. Алексеев, А. А. Математическое моделирование упругопластического деформирования стали по прямолинейным ломаным траекториям / А. А. Алексеев, В. Г. Зубчанинов, В. И. Гулятьев // Математическое моделирование в естественных науках. – 2014. – Т. 1. – С. 9-12.

УДК 677.494

Вергейчик А.В., Педан Д.О., Иваненко Д.А.

Научный руководитель: Ключникова Н.В., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Промышленность химических волокон развивается довольно быстро. Этот рост обусловлен, в первую очередь, высокой экономической эффективностью данной отрасли промышленности, доступностью исходного сырья и независимостью производства от климатических условий, возможностью увеличения ресурсов и расширения ассортимента вырабатываемых изделий, а также созданием волокон с новыми свойствами и преимуществами, позволяющими расширить области их применения. Изготовление химических волокон требует существенно меньших финансовых затрат и усилий рабочей силы, по сравнению с производством пряжи из хлопка и шерсти, не говоря уже о натуральном шелке.

Мировое потребление текстильных материалов продолжает уверенно расти, особенно примечательно увеличение спроса на синтетические волокна и нити за счет снижения потребления

натуральных материалов. Из всех синтетических производство полиэфирных волокон развивается наиболее быстрыми темпами.

В настоящее время доля химических волокон и нитей в структуре мирового потребления волокон и нитей составляет порядка 70%. Они играют ключевую роль в текстильной промышленности, выступая в качестве альтернативы натуральным волокнам. Непрерывный рост спроса на текстильную продукцию, обусловленный ростом населения и увеличением среднего класса в развивающихся странах, является основным фактором, стимулирующим на них спрос. Помимо использования в текстильной промышленности, химические волокна и нити находят широкое применение в других отраслях, таких как спасательные работы и строительство [1]. В отличие от натуральных материалов, химические волокна обладают повышенной прочностью, огнеупорность и долговечностью. Это делает их незаменимыми для специального применения, например, в средствах индивидуальной защиты, строительных материалах и высокопрочных конструкциях.

В последние годы темпы роста мирового производства синтетических волокон демонстрируют устойчивую тенденцию к увеличению. Если в период 2015-2016 гг. годовой прирост производства составлял всего 1,9%, то к 2023 году он значительно возрос (рис. 1). Этот рост замедлился для большинства видов синтетических волокон и нитей.

Устойчивый рост спроса на химические волокна является отражением их универсальности и превосходных свойств. По мере дальнейшего развития технологий химического производства можно ожидать повышения эффективности и расширения сферы применения химических волокон. Это будет способствовать удовлетворению растущих потребностей в текстильной продукции и инновационных материалах для различных отраслей промышленности [2].

Мировое производство искусственных волокон демонстрировало высокие темпы роста: в 2013 г. по сравнению с 2012 г. возросло на 6,6%, в 2014 г. – на 5%, в 2015 г. – на 2,4%, в 2016 г. – на 2,2%, в 2020 г. – на 17%, а в 2023 г. – на 24%.

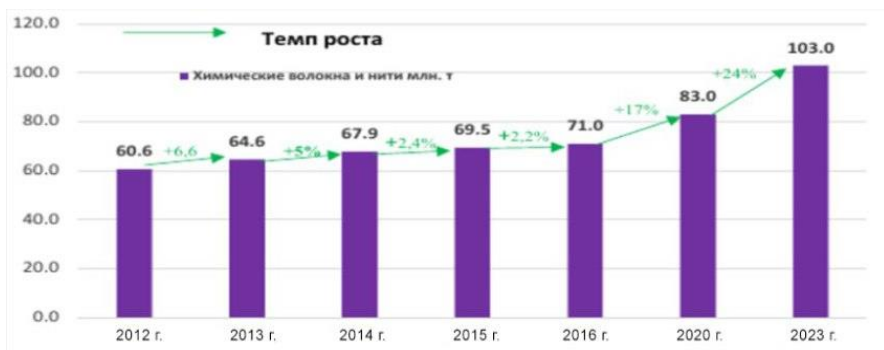


Рис 1. Объем мирового производства химических волокон и нитей и темпы роста в 2012 - 2023 гг., млн. т

Мировая промышленность волокон и нитей отличается высокой концентрацией. По данным 2022 года, Азиатские производители превосходят на мировом рынке (около 89% мирового производства). Здесь расположены крупнейшие в мире предприятия по производству как целлюлозных, так и синтетических волокон.

Бесспорным лидером в этой отрасли является Китай. В 2022 году производство химических волокон в этой стране достигло 47,1 млн тонн, что составило более двух третей (66,3%) мирового выпуска. Другими крупными производителями в Азии являются Индия (8% от мирового производства) и Тайвань (3%). Восточная Европа, включая страны СНГ, играет незначительную роль в мировом производстве химических волокон и нитей. Доля региона составляет менее 1%, а наибольший вклад вносит Белоруссия с долей в 0,4%. Доля России в общемировом объеме производства химических волокон и нитей составляет по состоянию на 2022 г. – 0,3%, в общемировом объеме потребления – 0,5% (рис. 2). Тем не менее Россия обладает потенциалом для дальнейшего развития в этой отрасли, учитывая ее размер рынка и доступность сырья.

Основными причинами преобладания Азии в этой промышленности являются низкие затраты на рабочую силу, выгодная транспортная логистика и благоприятные правительственные политики. Однако это может ограничивать возможности для других стран в развитии собственной химической волоконной промышленности.

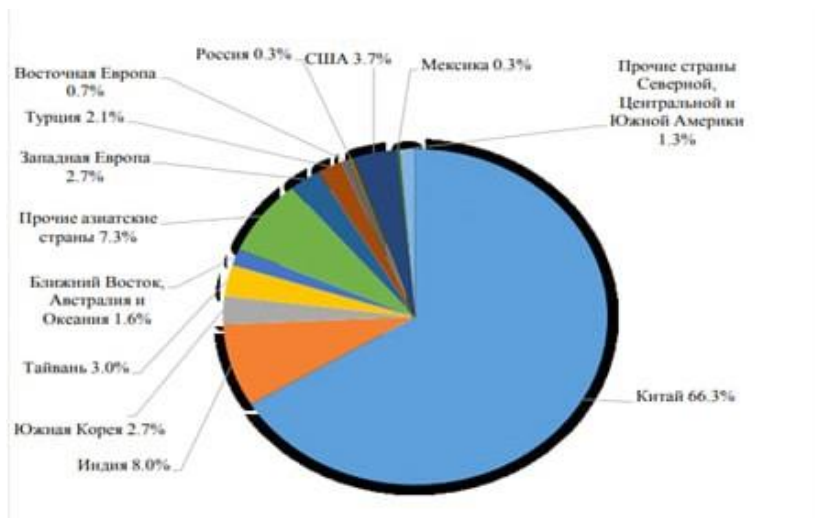


Рис. 2 Структура мирового производства химических волокон и нитей в 2022 г.

В последние годы российская промышленность демонстрирует уверенный рост в области производства ПЭФ-волокон и нитей. За прошедшие 5 лет объемы производства увеличились более чем в 1,8 раза (рис. 3). Этот прогресс обусловлен введением в эксплуатацию новых крупных предприятий, внедрением инновационных технологий и повышением спроса на отечественную продукцию.

В 2023 году в России открылось крупнейшее на сегодняшний день предприятие по выпуску полиэфирного волокна – Шахтинский завод. Уникальность завода заключается в том, что он единственный в стране производит волокно с использованием технологии прямого синтеза из терефталевой кислоты и моноэтиленгликоля. Данный метод производства позволяет получать высококачественное волокно с улучшенными характеристиками.



Рис. 3 Темпы роста производства полиэфирных волокон в России

Несмотря на достигнутый прогресс, доля России в мировом потреблении ПЭФ-волокон пока остается относительно небольшой и составляет около 0,5% [3]. При этом отечественные предприятия удовлетворяют менее половины внутреннего спроса. Это указывает на значительный потенциал для дальнейшего развития отрасли.

Для удовлетворения растущего спроса и снижения зависимости от импортных поставок в России планируется наращивание производства химических волокон. Страна располагает необходимыми ресурсами и технологическими возможностями для создания крупных импортозамещающих мощностей по выработке ПЭФ-волокон. Специалисты отрасли считают, что ключевым показателем является достижение производства не менее 250 тыс. тонн волокна в год. Реализация таких планов позволит значительно сократить импортные поставки, увеличить конкурентоспособность отечественной продукции и создать новые рабочие места в смежных сферах. Кроме того, развитие производства ПЭФ-волокон способствует дальнейшему развитию текстильной и швейной промышленности России, что положительно скажется на экономическом росте страны [4].

Также необходимо обращать внимание на вопросы экологии. Производство ПЭФ-волокон связано с образованием больших объемов отходов. Разработка и внедрение экологически безопасных технологий и оборудования позволит уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Таким образом, на ближайшие годы стоит задача увеличения производства отечественных синтетических волокон в России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ключникова Н.В., Пискарева А.О., Урванов К.А., Гордеев С.А., Генев И. Влияние шунгита на эксплуатационные свойства полимерного композитного материала // Вестник Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова. 2020. Т.5. №2. С. 96-105
2. Перепёлкин К.Е. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности // Российский химический журнал. – 2002. – Т. 46, № 1. – С. 31–48.
3. Ключникова Н.В. Композиционные полимерные материалы: учебное пособие / Н.В. Ключникова, Л.Н. Наумова. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. - 114 с.
4. Юркевич В.В., Пашквер А.Б. Технология производства химических волокон. М.: Химия, 1987. 304 с.

УДК 629.735

Вихарева Ж.А.

Научный руководитель: Епринцев М.А., асс.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ Harbin Y-12 II

Малая авиация играет важную роль в развитии гражданской авиации России. Благодаря ней обеспечивается транспортная доступность отдаленных и труднодоступных регионов, например на севере нашей страны. Она используется для перемещения работников на «вахтах» и способствует экономическому развитию регионов, что приводит к повышению качества жизни населения [1].

Посмотрев и изучив изделия основных производителей самолетов для малой авиации во всем мире, я решила исследовать надежность и безопасность самолета Harbin Y-12 II компании Harbin Aircraft Manufacturing Corporation (Китай). Считаю, что надежность и безопасность небольших самолетов так же важна, как и у лайнеров, а также дальнемагистральных самолетов.

Harbin Y-12 II — это двухмоторный турбовинтовой самолёт с высоким крылом, разработанный и произведённый китайской компанией Harbin Aircraft Industry Group (HAIG). Он был создан на

основе Harbin Y-11Г и впервые поднялся в воздух в 1984 году (Рис.1). Он используется в качестве лёгкого пригородного и транспортного самолёта.



Рис. 1 Внешний вид самолета Harbin

В 2010 году была представлена новая модификация Y-12F, которая получила улучшенные крылья, шасси, фюзеляж, более мощные двигатели от Pratt & Whitney Canada, увеличенную полезную нагрузку и дальность полёта. Эта версия прошла сертификацию типа СААС в 2015 году и FAA в 2016 году.

За время эксплуатации самолёта Harbin Y-12 II произошло несколько несчастных случаев и инцидентов, включая аварии и катастрофы [2].

Размеры:

Размах крыла – 17.235 м;

Длина самолета – 14.86 м;

Высота самолета – 5.575 м;

Площадь крыла – 34.27 м².

Масса:

Пустого самолета – 2840 кг;

Нормальная взлетная – 4500 кг;

Максимальная взлетная – 5300 кг.

Летно-технические характеристики:

Внутреннее топливо – 1233 л;

Тип двигателя – ТВД Pratt Whitney РТ6А-27, 620 л.с.;

Мощность – 2 х 507 кВт;

Максимальная скорость – 328 км/ч;

Крейсерская скорость – 292 км/ч;

Дальность полета с максимальной нагрузкой – 1300 км;

Потолок – 7000 м.

Салон:

Экипаж – 2 человека;

Полезная нагрузка – 17 пассажиров или 1700 кг груза.

С участием самолета Harbin Y-12 II за период эксплуатации с 16 августа 1984 года по 17 мая 2021 года (поскольку с того момента не обновлялись) произошло 24 аварии. Однако, учитывая, что данный самолет выпускается до сих пор, то фактически все ещё эксплуатируется и либо не было происшествий, либо о них нет информации. За выбранный период произошло весьма много аварий из-за погодных условий и выкатывания за пределы ВПП на этапах и взлета, и посадки [3].

Harbin Y-12 II, как было сказано ранее, является «хитом» и за весь период было построено около 200 единиц. Поэтому был произведен анализ всех 24 авиационных происшествий, связанных с этим самолетом, и построена диаграмма, на которой происшествия, произошедшие по вине: 1-Пилота; 2-Самолета; 3-Сложные метеосостояния; 4-Другое (ракетный удар; перегруз; предположительное убийство пилота); 5-Не установленная причина. (рис.2)



Рис.2 – Диаграмма, отражающая причины авиационных происшествий самолета Harbin Y-12 II

Как показал анализ статистики, по известным данным лишь одно происшествие (4%) было по причине проблем с самолетом. Используя открытые источники данных, можно сказать, что данный самолет и правда надежный, что объясняет его популярность. Основной причиной (25%) являются сложные погодные условия, такие как облака, туман и сильные порывы ветра. А по официальной вине пилота произошло лишь 12% от общего числа.

По данным рис.2 можно заметить, что 46% (целых 11) происшествий за выбранный период эксплуатации произошли по неопределенным обстоятельствам. Я думаю, это связано с тем, что данный самолет используется в качестве военного и правительственного, поэтому не афишируются подобного рода происшествия. Из-за этого невозможно найти точных причин, но можно взять для рассмотрения эту часть и проанализировать на каких этапах

полета они произошли.



Рис.3 – Диаграмма, отражающая моменты происшествий самолета Harbin Y-12 II по неизвестным причинам

Проведя анализ диаграммы на рис.3, я заметила, что количество авиационных происшествий при взлете (36,5%) и посадке (27%) почти одинаково. Но, к сожалению, не у всех случаев удалось установить хотя бы этап полета, на котором и произошло крушение. А этот процент весьма велик – 36,5%. Конечно подобных данных не хватает для полного анализа надежности и безопасности самолета, но может объяснить почему этот самолет так полюбился.

Нельзя говорить о безопасности самолета, не анализируя частоту происшествий и количество жертв (рис.4,5)[4]. Стоит отметить, что максимальное количество - 28 человек, погибших на Harbin Y-12 II за один полет, произошло как раз таки из-за перегрузки. Поскольку данный самолет рассчитан на 19 человек, включая двух членов экипажа. Авиационные происшествия за период эксплуатации случались в среднем раз в год.



Рис.4 – Гистограмма, отражающая количество происшествий с самолетом Harbin Y-12 II на рассматриваемом промежутке эксплуатации

Можно заметить, что в первые пять лет эксплуатации происшествия происходили чаще, чем в последующие годы. Считаю,

что это может быть связано с обучением пилотов, выяснением каких-то моментов, не учтенных на этапе разработки и т.д. Говоря о жертвах, стоит отметить, что о количестве в некоторых случаях не уточняется. Скорее всего самолеты были военные, поэтому и информации об этом нет.



Рис.5 – Гистограмма, отражающая количество человеческих жертв на рассматриваемом промежутке эксплуатации

Самолет Harbin Yunshuji Y- 12 II является популярным у китайской компании «Harbin Aircraft Manufacturing Corporation» среди легких самолетов. Самое интересное – такие самолеты все ещё выпускают и их около 200 экземпляров, хотя не сказать, что идея «новая». Ведь в истории авиации есть много случаев, когда хорошие самолеты снимали с производства или произвели в очень малых количествах[5].

Harbin Y- 12 II можно считать надежным и безотказным, ведь большая часть из происшествий, с установленной причиной, произошла в связи с сложными погодными условиями. Лишь одно было по «вине самолета», когда во время взлета из аэропорта Лукла отказало переднее шасси. Жаль, что не о всех происшествиях есть информация, ведь очень интересно что произошло в 11 случаях из 24. Не стоит забывать, что это легкий самолет, и крушения подобных меньше подаются огласке, чем дальнемагистральные гражданские и грузовые самолеты и лайнеры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимофеев В.И. Современное состояние и инновационные решения в развитии малой авиации России / В.И. Тимофеев, Е.А. Пузий // Инновации. – 2021 - № 9. – 33 – 46 с.
2. Участники Википедии, "Харбин Y-12", Википедия, Свободная энциклопедия, URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Harbin_Y-12&oldid=1212798785 (дата обращения 14.03.2024).

3. Accident list: Yunshuji Y-12 [Электронный ресурс]// Aviation Safety Network, URL: <https://aviation-safety.net/database/types/Yunshuji-Y-12/database> (дата обращения 7.04.2024).

4. Марченко Б.И. Обеспечение надежности технических систем / Б.И. Марченко // Обеспечение надежности технических систем. 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Нестор-История, 2020. — 13-75 с.

5. Harbin y-12. технические характеристики [Электронный ресурс] // URL: <http://stroimsamolet.ru/harbin-y-12-tehnicheskie-harakteristiki-foto/> (дата обращения 7.04.2024)

УДК 66.063.5

*Дубровина С.В., Городов С.И., Вергейчик А.В., Педан Д.О.
Научный руководитель: Городов А.И. канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЕВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ТАЛЛОВЫХ МАСЕЛ

Полимерные материалы получили широкое применение в различных сферах промышленности благодаря своим выдающимся физико-химическим свойствам и универсальности [1, 2].

Полиэтиленгликоль (ПЭГ) нашел широкое применение в различных отраслях благодаря своим уникальным химическим и физическим свойствам. Например, он используется в медицине, пищевой промышленности, строительстве, авиации, автомобилестроении, а также в лабораторных исследованиях и других отраслях промышленности.

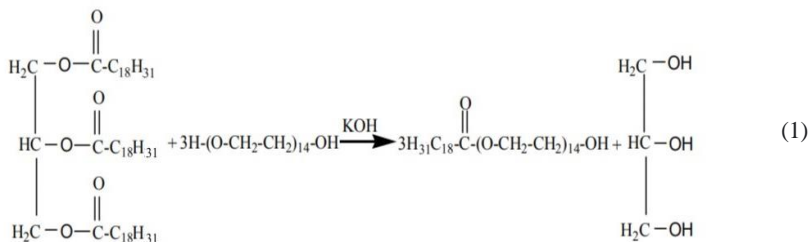
Широкие перспективы для инноваций и многоцелевого применения открывают модифицирование ПЭГ и применение полиэтиленгликолевых композиций. Есть несколько способов модификации полиэтиленгликоля: пегилирование, переэтерификация. Наиболее распространена переэтерификация полиэтиленгликоля с жирными кислотами (ЖК).

Для производства различных промышленных продуктов рекомендуется использовать дешевые кислоты для экономической выгоды. Например, в статье [3] в качестве жирных промышленных кислот используют кокосовые масла для изготовления полиэтиленгликоля лаурата, применяемого в производстве смазочно-охлаждающих технологических средств. Однако использование в

России кокосового масла в промышленных целях затруднено в связи с тем, что кокосовые пальмы не произрастают в нашей стране из-за климатических и географических особенностей. А также стоит отметить высокую стоимость импортированного масла, ограниченную доступность – причиной этому являются санкции. Поэтому будет целесообразно заменить кокосовые продукты маслами, производимыми в РФ. В частности в России активно производят подсолнечное, рапсовое, синтетическое и талловые масла.

Талловое масло (ТМ) - это темноокрашенная, вязкая жидкость с резким характерным запахом. Талловое масло является побочным продуктом при производстве целлюлозы и бумаги. Есть несколько видов талловых масел: хвойное, лиственное, дистиллированное. Хвойное талловое масло (ХТМ) было получено из хвойных пород деревьев, а лиственное, соответственно, получено из лиственных пород деревьев (ЛТМ). Эти масла обладают рядом полезных свойств, которые делают их востребованным в различных отраслях промышленности [4].

Нами разработан простой способ получения полиэтиленгликолевых эфиров жирных кислот путем взаимодействия талловых масел с полиэтиленгликолем-4000 при их мольном соотношении 1:3, температуре 170 °С в присутствии 0,5% спиртового раствора едкого калия и постоянном перемешивании реакционной смеси в течение 4 часов. В данных условиях протекает реакция, представленная на схеме:



В результате реакции переэтерификации были получены полиэтиленгликолевые эфиры жирных кислот таллового масла. Краевой угол смачивания определяли по ГОСТ 7934.2-74 на приборе KRUSS DSA30 [5].

Определение краевого угла смачивания методом лежащей капли полиэтиленгликолевых эфиров жирных кислот талловых масел проводили на полированной железной пластинке. Опыты выполняли с разной концентрацией растворов: 5 и 10%.

Определение краевого угла смачивания (θ) 10% раствора полиэтиленгликолевого эфира жирных кислот хвойного и лиственного таллового масла по анализу формы капли (рис. 1 и 3). Изображения сняты через разное количество времени.

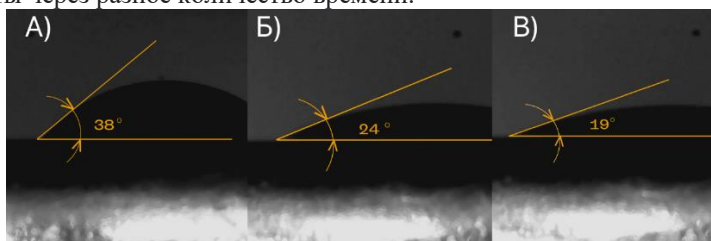


Рис. 1 Краевой угол смачивания 10% р-ра ПЭГ эфиров ЖК ХТМ через разный промежуток времени: а – 1 с; б – 60 с; в – 120 с;

Результаты экспериментов по определению краевого угла смачивания полиэтиленгликолевых эфиров жирных кислот хвойного и лиственного таллового масла на графиках (рис. 2 и 4).

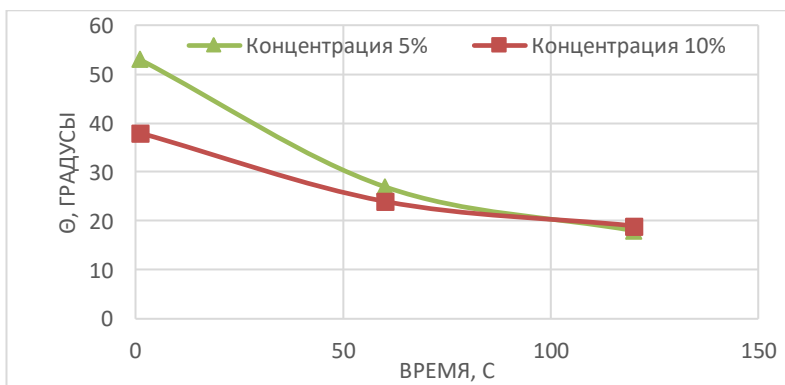


Рис. 2 Зависимость угла смачивания ПЭГ эфиров ЖК ХТМ от времени

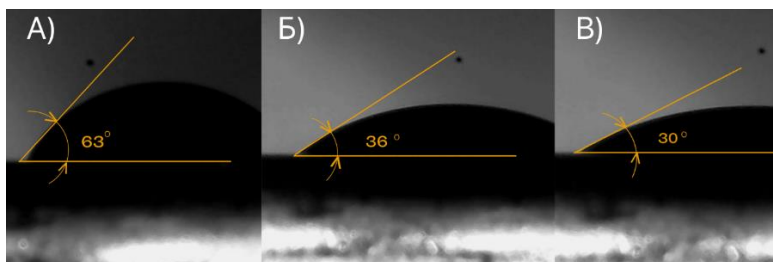


Рис. 3 Краевой угол смачивания 10% р-ра ПЭГ эфиров ЖК ЛТМ через разный промежуток времени: а – 1 с; б – 60 с; в – 120 с;

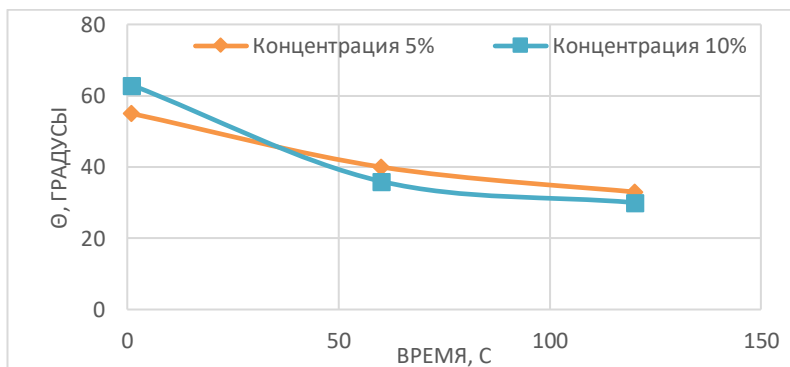


Рис. 4 Зависимость угла смачивания ПЭГ эфиров ЖК ЛТМ от времени

Краевой угол смачивания воды через 120 секунд составляет 71° . Это в несколько раз больше испытуемых растворов.

Таким образом, можно сделать вывод, что в сравнении с водой растворы полиэтиленгликолевых эфиров жирных кислот хвойных и лиственных талловых масел увеличивают гидрофильность и смачивающую способность полированной железной пластинки, так как их краевой угол смачивания составляет 30° и 19° за 120 секунд. Анализ рисунков 2 и 4 показал, что наибольшим смачиванием обладают полиэтиленгликолевые эфиры жирных кислот хвойного таллового масла.

Полученные полиэтиленгликолевые эфиры жирных кислот талловых масел могут стать эффективным компонентом для создания смачивателей железосодержащих систем. Это может быть полезно при разработке флотационных реагентов, а также для производства смазочно-охлаждающих жидкостей, необходимых при обработке металлов, как черных, так и цветных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каблов В. Ф. Полимерные материалы с функционально-активными компонентами. Исследования и технологии [Электронный ресурс] : монография: Часть 1 / В.Ф. Каблов, Н.А. Кейбал ; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волжский: ВПИ (филиал) ВолгГТУ, 2018. – 411 с.
2. Ключникова, Н.В. Полимерное поверхностно-активное вещество для нефтедобывающей отрасли / Н.В. Ключникова, И. Генов, А.Е. Кудина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2018. – № 11. – С. 99-104.
3. Кузнецов, С.А. Кинетические закономерности протекания реакций взаимодействия олеиновой кислоты с полиэтиленгликолем / С.А. Кузнецов, О.И. Шакмакова, Н.И. Кольцов // Вестник Чувашского университета. – 2007. – № 2. – С. 33-37.
4. Одабащян Г.В. Лабораторный практикум по химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1982. – 52-56 с.
5. Городов, А.И. Исследование сорбционных свойств композиционного собирателя на поверхности различных минералов / А.И. Городов, Н.А. Шаповалов, В.А. Полуэктова, А.А. Могутова // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24. – № 11. – С. 19-24.

УДК 620.1/2

*Жданова Е.А., Вергейчик А.В., Шопинская С.Д.
Научный руководитель: Емельянов С.В., канд. хим. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТА НА УПРУГОПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ЦВЕТНЫХ РЕЗИН НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНОГО КАУЧУКА

Цветные полимерные смеси на основе натурального каучука (НК) благодаря своим выдающимся свойствам находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Основные области их использования включают производство автомобильных шин, где НК обеспечивает высокую прочность, эластичность и износостойкость, что критично для безопасной и комфортной езды. Также НК широко используется в производстве прокладок и уплотнений благодаря его

стойкости к деформации и химическим агентам, что делает его идеальным материалом для герметизации соединений в различных системах.

Кроме того, НК применяется в производстве напольных покрытий, обеспечивая высокую прочность, износостойкость и эластичность, что гарантирует долговечность и комфорт напольных покрытий, а также используется в изготовлении различных изделий, требующих устойчивости к механическим нагрузкам, воздействию химических агентов и температурным колебаниям [1].

Среди наиболее значимых предприятий по производству цветных изделий из натурального каучука в России стоит выделить Ярославский завод резиновых изделий. Ассортимент выпускаемой продукции включает в себя разнообразную обувь (сапоги, ботинки, галоши, тапочки), одежду (плащи, дождевики, костюмы), а также технические изделия (шланги, уплотнители, прокладки).

Еще одним крупным производителем является Московский шинный завод, который также активно разрабатывает и производит цветные изделия из натурального каучука. Продукция завода охватывает такие изделия, как коврики (автомобильные, бытовые, спортивные), резиновая тротуарная плитка, а также разнообразные покрытия (спортивные покрытия, покрытия для детских площадок).

Однако одним из существенных недостатков в эксплуатации данных материалов является их склонность к старению под влиянием ультрафиолетового (УФ) излучения, кислорода, озона и температурных факторов, что приводит к ухудшению механических свойств, появлению дефектов и уменьшению срока службы изделий.

Для повышения долговечности и сохранения эксплуатационных характеристик цветных полимерных смесей на основе НК, активно применяются светостабилизаторы. Эти добавки выполняют критически важные функции: они поглощают вредное УФ-излучение, тем самым предотвращая разрушение структуры каучука, а также препятствуют образованию свободных радикалов, вызывающих деградацию полимерной матрицы. Эффективное применение светостабилизаторов значительно увеличивает срок службы изделий из цветных полимерных смесей на основе НК, повышает их надежность и сохраняет эксплуатационные характеристики.

Для проведения испытания на прочность при растяжении по ГОСТ 270-75 была разработана резиновая смесь на основе натурального каучука марки SVR-3L. В состав композиции входит НК в количестве 100 масс.%, частей, сера в качестве вулканизирующего агента – 1,0 масс. ч., альтакс – 0,6 масс. ч., и дифенилгуаниидин (ДФГ) в качестве

ускорителей – 3,0 масс. ч., ZnO – 2,0 масс. ч., и стеариновая кислота в качестве активаторов – 1,0 масс. ч., пигмент жёлтый «Sudaperm Yellow 2903» – 5,0 масс. ч. [2]. Было получено несколько смесей с разным содержанием светостабилизаторов «Riasorb UV-326» и «Riasorb UV-944». Содержание светостабилизаторов в каждой из смесей представлено в таблице 1.

Таблица 1. Содержание светостабилизаторов в составе резиновых смесей

Название смеси	Содержание, масс. части	
	«Riasorb UV-944»	«Riasorb UV-326»
0	0	0
944	1,5	0
326	0	1,5
0,75+0,25	0,75	0,25
0,5+0,5	0,5	0,5
0,25+0,75	0,25	0,75

Как видно (табл. 1), для точности эксперимента мы использовали заявленную производителем дозировку светостабилизатора каждого вида, а также их смесь, где варьировали содержание каждого в большую или меньшую сторону.

После процесса пластикации в резиносмесителе закрытого типа и формой роторов типа «Бенбери» при режиме смещения 70°C и частотой вращения 60 об/мин, было закончено смешение на вальцах, а затем масса была загружена в пресс при температуре 150°C, длительностью 5 минут. Полученные пластины были нарезаны на лопатки для испытаний, результаты которых представлены на рисунке 1, а после выдержаны 4 часа под ультрафиолетовой лампой, и снова нарезаны на образцы для испытаний [3].

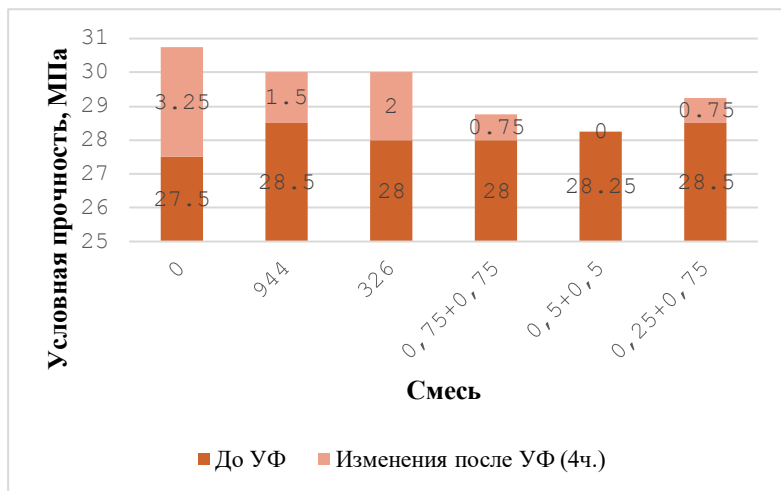


Рис. 1. Зависимость условной прочности при растяжении от содержания светостабилизаторов до и после воздействия УФ

Изначальная условная прочность образцов (рис. 1) была примерно одинаковой и составляла в районе 28 МПа. Прочность нулевого образца оказалась немного ниже, возможно из-за того, что добавление сыпучего светостабилизатора оказало эффект как усиливающего наполнителя. УФ в течение небольшого времени структурировало недовулканизованные связи из-за чего условная прочность выросла. Чем эффективнее действие светостабилизатора, защищающего от влияния УФ, тем меньше рост условной прочности [4].

В образце без каких-либо светостабилизаторов прочность увеличилась на 3,25 МПа. Светостабилизатор «Riasorb UV-944» оказался эффективнее, нежели «Riasorb UV-326», как и заявлено производителем. При смешении двух светостабилизаторов мы наблюдаем синергетический эффект. При соотношении 1:1 никаких изменений за 4 часа не произошло, что показывает себя как наиболее эффективная смесь для защиты от светового старения материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лешкевич, А. В., Шашок, Ж. С., Усс, Е. П., Кротова, О. А., Карманова, О. В., & Голякевич, А. А. (2024). Технологические свойства эластомерных композиций с комплексным активатором вулканизации.
2. Резниченко С.В. Морозов Ю.Л. Большой справочник

резинщика. Часть 1. Каучуки и ингредиенты // Москва, Издательский центр «Техинформ». 2012. С. 736.

3. ГОСТ 270-75: Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении. - Москва: Изд-во стандартов, 1975. - 12 с.

4. Ключникова Н.В., Генов И., Мухачева В.Д., Пискарева А.О. Защитные покрытия на основе модифицированных фенолформальдегидных композитов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 12. С. 91-97.

УДК 54-14

Иваненко Д.А., Педан Д.О., Вергейчик А.В.

Научный руководитель: Ключникова Н.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АНАЛИЗ СОСТАВОВ СОВРЕМЕННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫБОРЕ ПОДХОДЯЩЕГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Лакокрасочные материалы, используемые для покрытия автомобилей, получили наибольшее распространение с появлением промышленного производства, его роста, унификации и стандартизации различных областей жизнедеятельности. Кроме того, теперь перед ними стояла новая задача – защищать поверхность от воздействия агрессивных сред и выполнять при этом высокую эстетическую функцию.

В начале автомобили были менее проходимые и низкоскоростные, похожие на кареты или дилижансы. Поэтому к покрытию предъявляли требования, несопоставимые с современными. Выделение автомобилестроения в отдельную область промышленного производства и ее дальнейшее развитие привело к ужесточению требований к покрытиям, делая их более прогрессивными и технологическими [1].

В процессе эксплуатации автомобиль проходит различный спектр неблагоприятных условий, что увеличивает износ транспортного средства. Из-за этого уровень качества, соответствующий лакокрасочному покрытию, должен соответствовать способности противостоять множеству негативных воздействий, сохраняя при этом первоначальные характеристики, не уменьшая привлекательность внешнего вида.

Качество окрашивания автомобиля зависит не только от соответствия выполнения всех необходимых этапов, но и от правильно подобранных материалов. На современном рынке представлены различные виды автомобильных красок и эмалей, которые при грамотном использовании обеспечивают идеальный результат покраски основных элементов транспортного средства.

Цвет представляет важную характеристику автомобиля, эквивалентную его модели. К примеру, если он имеет яркий блеск и безупречный внешний вид, то качественное окрашивание будет продлевать срок службы и предохранять от коррозии. Стоит разобраться, какие бывают автомобильные краски и каким образом окрашивание позволяет добиваться максимального эффекта.

Согласно научным определениям [2], автомобильная краска – краска, используемая на автомобилях как в защитных, так и в декоративных целях. Составляющие автомобильных красок включают в себя такие компоненты, как:

- связующее вещество, т.е. компонент, придающий важную характеристику краске – адгезию. Это способность удерживаться на окрашиваемой поверхности. Данный элемент удерживает красящий пигмент и после окрашивания образует ровную глянцевую поверхность;

- пигмент – порошкообразный элемент краски, отвечающий за ее цветовую характеристику и тон;

- растворитель придает лакокрасочному материалу свойство жидкости, необходимые для равномерного нанесения. В процессе растворитель будет испаряться, оставляя двухкомпонентную смесь из пигмента и связующего вещества.

Каждый вид краски имеет определенный набор характеристик, таких как плотность, твердость, устойчивость к воздействию агрессивных факторов [3]. К примеру, материал, обладающий высокой твердостью позволяет создать на поверхность автомобиля прочный финишный слой, который будет препятствовать образованию царапин, трещин, сколов или прочих подобных дефектов.

В зависимости от состава выделяют следующие виды автомобильных красок [4]:

- целлюлозные краски;
- глифталевые автоэмали;
- алкидные автоэмали;
- полиэфирные порошковые материалы.

Первые представляют собой материал, широко используемый в машиностроении. Преимущество таких красок в том, что они содержат

нитрорастворитель, который имеет быструю скорость испарения при обычной температуре окружающей среды, следовательно, лакокрасочное покрытие высыхает довольно быстро. Однако, у такого материала имеется ряд недостатков. Например, быстрая потеря яркости цвета, отсутствие достаточного блеска, огнеопасность, а также однократное нанесение целлюлозной краски на корпус транспортного средства образует тонкую пленку, поэтому для качественной покраски требуется несколько слоев с тщательной сушкой каждого из них.

Глифталевые автоэмали образуют толстую и прочную пленку, которая не требует дальнейшей полировки. Их можно просушивать при высокой температуре, однако это может привести к повреждению пластиковых деталей кузова. Перед покраской лаком поверхность должна быть тщательно загрунтована, чтобы обеспечить прочное сцепление с краской [5]. Перед тем, как нанести покрытие необходимо учитывать вязкость лака, которая изменяется в зависимости от температуры окружающей среды.

Алкидные автоэмали являются отличным вариантом, который сочетает невысокую стоимость и хорошее качество. Являются наиболее распространенным вариантом автолюбителей, так как обладает рядом преимуществ. К ним можно отнести легкость нанесения, хорошую покрывающую способность, стойкость к химическим и механическим воздействиям. Среди недостатков выделяют необходимость длительного просушивания покрытия вследствие образования пленки на поверхность краски, замедляющей затвердевание внутренних слоев.

Полиэфирные порошковые материалы разработаны на основе гидроксилсодержащих полиэфиров, а их отверждение происходит под действием меламиноформальдегидных или блокированных изоцианатов [6]. Распространены материалы на основе кислых полиэфиров, отверждаемых эпоксидными смолами. Их нанесение осуществляется толстым слоем для получения соответствующего вида, а перед этим тщательно выполняется шпатлевание.

Таким образом, при выборе автомобильной краски необходимо учитывать основные характеристики, такие как плотность, твердость и эластичность. Покрытие должно защищать кузов, а затем придавать эстетичность автомобилю. Выше представленные виды материалов имеют ряд преимуществ и недостатков, поэтому при их выборе необходимо учитывать особенности поверхности и условий эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брок Т., Гротэклаус М., Мишке П. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям. М. ООО «Пэйнт-Медиа», 2015 – 548 с.
2. Пегов И. Сравнительный анализ современных лакокрасочных материалов/ И. Пегов // Вестник НГИЭИ. – 2014. - 98–103 с.
3. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий: учеб. пособие / А.Д. Яковлев. - Л.: Химия, 1981. – 352 с.
4. Пот У. Полиэферы и алкидные смолы. Научное издание / У. Пот. - М. ООО «Пэйнт-Медиа», 2009. - 232 с.
5. Мюллер Б., Пот У. Лакокрасочные материалы и покрытия. Принципы составления рецептур. М. ООО «Пэйнт-Медиа», 2007 –237 с.
6. Ключникова Н.В., Гордеев С.А., Гордиенко М.Д. «Полимерный композиционный материал на основе термопластичного полиимида» // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Том 1 №12, 2017. 126 – 129 с.

УДК 54-14

Иваненко Д.А.

*Научный руководитель: Полуэктова В.А., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ. ОСОБЕННОСТИ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В последние годы одно из основных направлений развития мировой экономики является использования полимерных материалов. Это ставит перед экологами проблему утилизации отходов по истечении срока эксплуатации изделий, изготавливаемых на их основе.

Рассматривая страны с развитой промышленностью пластмасс, стоит отметить, что отходы полимерных материалов представляют высокую угрозу как источник загрязнения окружающей среды. Это связано с их медленным разложением в естественных условиях. Продолжительное время распространенными методами утилизации отходов данных производств являются компостирование и сжигание. Это относится к большей части пластиков, полученных из нефтегазового сырья и не подвергшихся биохимическому разложению [1]. Сжигание как способ утилизации требует последующего

улавливания выделяющихся газов для дальнейшего использования или обезвреживания.

Полученные после очистки полимерные отходы можно подвергнуть вторичной переработке. Но она требует определенной подготовки и комплекса мероприятий. К примеру, создание соответствующего производственного потенциала, наличие рынка сбыта для продукции из конкретного вида сырья, а также разработка усовершенствованной и рентабельной технологии переработки [2]. Кроме того, в процессе разложения полимерного материала в воду и атмосферу выделяется большое количество вредных и токсичных веществ, оказывающих влияние на живые организмы. В связи с данными факторами перспективны исследования по разработке альтернативных материалов – биоразлагаемых полимеров.

Биоразлагаемые полимеры представляют собой полимерные материалы, которые расщепляются на природные соединения, например воду или углекислый газ, при воздействии микроорганизмов. Их можно получить как из возобновляемых источников (кукуруза, картофель и другие растительные источники), так и синтезировать из нефти с дополнительными стадиями модифицирования, которые обусловят получение материалов с требуемыми свойствами и позволят отнести их к биоразлагаемым.

Преимущества данных материалов обширны. В первую очередь, они уменьшают углеродный след и выбросы прочих парниковых газов, так как их получают из возобновляемых ресурсов, то есть изначально имеют меньший углеродный след, чем традиционных пластмассы. Во-вторых, они уменьшают накопление неразлагаемых пластиковых отходов, на разложение которых могут потребоваться столетия.

Традиционно выделяют природные и синтетические биоразлагаемые полимеры.

К первым можно отнести полимеры, включающие целлюлозу, крахмал, хитин и прочие вещества. Их особенность состоит в том, что они легко разлагаются микроорганизмами.

Синтетические же биоразлагаемые полимеры в основном получают из нефтехимических продуктов с последующей модификацией для того, чтобы сделать их биоразлагаемыми. Наибольшую популярность получили алифатические сложные полиэферы, которые имеют в своем составе сложноэфирные группы в основной цепи или в боковых группах. С целью синтеза данных соединений используют разнообразные методы, которые применяют в химии полимеров. К примеру, поликонденсацию, полимеризацию виниловых соединений и циклов. Можно использовать также методы,

основанные не только на химических, но и микробиологических способах [3].

Рассматривая метод получения биоразлагаемых сложных полиэфиров путем полимеризации циклов, например, лактидов (гликолидов), лактонов или прочих циклических ангидридов с циклическими простыми эфирами, отмечается, что процесс проводят в присутствии катализаторов в растворе, таких как соединения алюминия, цинка, калия и других металлов. Кроме того, вместе с гомополимеризацией проводят и сополимеризацию лактидов и лактонов.

Стоит отметить и процесс сополимеризации виниловых соединений для того, чтобы синтезировать биоразлагаемые полимеры, содержащие сложноэфирные группы в боковых цепях макромолекул. К примеру, ПВА будет иметь хорошую степень разложения, поэтому для увеличения биоразлагаемости полиэтилена получают сополимеры этилена с винилацетатом [4]. Проводить сополимеризацию необходимо в присутствии свободнорадикальных инициаторов в эмульсиях, растворе или суспензиях.

Биоразлагаемые полимеры, получаемые из биологического сырья (липидной, углеводной, белковой природы, минеральные вещества), составляют высокий процент мирового рынка пластмасс. Контейнеры и современные пеноматериалы, используемые для упаковки различных пищевых изделий, а также при производстве мешков для сбора и компостирования пищевых отходов – примеры данных материалов.

Кроме того, их использование в медицине является довольно перспективной областью применения данных полимеров. Их действие основано на способности гидролизироваться в организме при помощи различных ферментов. Примером может являться шовный материал, импланты, постепенно заменяющиеся в организме в организме костной или другой живой тканью. Именно биodeградируемые синтетические биополимеры на основе органических кислот, например, молочной или гликолевой, стали применять одними из первых в тканевой инженерии [5]. Матрицы на их основе положили начало созданию таких органов и тканей, как кожа, сухожилие, гладкая или сердечная мышцы, хрящ, кость.

Таким образом, цель новейших исследований в области разработок биоразлагаемых полимеров состоит в том, чтобы установить общие закономерности в подборке компонентов, технологических параметров, которые будут сочетать в себе высокие эксплуатационные характеристики, к примеру прочность, формуемость, экологическую безопасность со способностью к биоразложению, а также научиться

регулировать процессы деструкции для обеспечения быстрой и безопасной деградации материала по окончании срока службы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тасекеев М. С., Еремеева Л. М. Производство биополимеров как один из путей решения проблем экологии и АПК: Аналит. обзор. – Алматы: НЦ НТИ, 2009.– 7 с.
2. Моисеев В.В. Актуальные проблемы государственной экономической политики России // Вестник Белгородского Технологического Университета им. В.Г. Шухова, 2017. №6. – 197 с.
3. Иженбина Т. Н. Получение лактида и гликолида // XXIII Менделеевская конференция молодых учёных: материалы конференции, Казань, 21-26 апреля 2013 - Казань: КНИТУ, 2013 – 85 с.
4. Кушнер В. П. Биополимеры - Издательство Академии наук СССР, 1965 – 144 с.
5. Биоразлагаемые полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть 1 / И.Н. Вихарева, И.И. Зарипов, Д.Ф. Кинзябулатова // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2020 – Т. 12, № 6 – 320-325 с.

УДК 54-14

Иваненко Д.А.

*Научный руководитель: Полужктова В.А., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ В СОСТАВЕ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ. ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Бетонное производство – одно из ключевых направлений строительной промышленности. Бетон играет решающую роль в создании прочных и долговечных конструкций, стен и фундаментов. Цемент в бетоне выполняет функцию связующего элемента, смешиваясь с другими ингредиентами и образуя цементный раствор или бетонную смесь.

Одной из главных причин, по которым цемент настолько важен в строительстве, является его способность обеспечивать прочность и стойкость конструкций под действием нагрузок и внешних воздействий. Благодаря своим вяжущим свойствам цемент значительно

повышает прочность материала, в который он вводится, обеспечивая необходимую жесткость и устойчивость [1].

В современном строительстве все чаще приходится сталкиваться с проблемой поиска инновационных материалов, которые способны улучшить характеристики бетона. Новые технологии способны удовлетворять таким требованиям, как прочность, долговечность и устойчивость строительных материалов. Одним из главных условий для гидратации цементных вяжущих и обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик является поддержание влажностного режима. Внимание исследователей и инженеров в последние годы всё чаще привлекает использование гидрогелей, которые формируют новое перспективное направление. Введение в состав цементов специальных гранулированных полимеров, которые насыщаются водой, предотвращает образование трещин вследствие формирования отрицательного давления в порах образца при потере влаги [2]. Таким образом, вещества способны поглощать жидкость в количестве превышающем собственную массу и объем в несколько раз, весьма перспективны.

Полимерные гидрогели представляют собой трехмерные сшитые полимерные сетки, пропитанные большим количеством воды. Они обладают множеством уникальных физико-химических свойств. К ним можно отнести скорость замораживания, степень, температуру и тип сшивки, криоконцентрацию [3]. Кроме того, в зависимости от состава гидрогелевые материалы подразделяют на несколько типов. Первые содержат полиакриламид, вторые - полиэтиленоксид, а также выделяют гидрогели, сшитые полимеры крахмал-акриловая кислота. В общем случае, суперабсорбирующие полимеры (САП) получают именно из акриловой кислоты или производных, полимеризованных в растворе или в суспензии. Широкое применение в различных отраслях промышленности обусловлено их высокой абсорбционной способностью.

Анализируя исследования последних лет в данной области, стоит отметить, что применение суперабсорбирующих полимеров в цементной смеси положительно влияет на снижение усадочных деформаций, и, как следствие, уменьшает вероятность образования микротрещин [4]. Согласно исследованию [5], САП эффективно обеспечивает внутренний уход, а также снижает аутогенную усадку цементных смесей. Однако последнее зависит от водоцементного отношения: эффект снижения усадки тем меньше, чем меньше начальное количество воды. Добавленные в смесь гидрогели могут высвобождать запасенную жидкость для подпитки реакции

отверждения, что в дальнейшем приводит к снижению растрескивания, тем самым к увеличению срока службы.

Рассматривая преимущества и недостатки суперабсорбирующих гидрогелей при введении в композиционные цементные материалы, следует отметить ряд трудностей. К примеру, для сохранения подвижности смеси полимерные гранулы САП нуждаются в корректировке расхода воды, а гидрофильная сетка допускает диффузию ионов, которая вызывает сильную коррозию стали внутри железобетона в морской среде.

Гидрогели привлекли внимание также благодаря адгезионным свойствам и механической прочности. Например, поливиниловый спирт (ПВС) – полимер, обладающий высокой гидрофильностью, вязкоупругостью и биосовместимостью [6], широкое распространение получил в различных областях строительного материаловедения и химической технологии.

Одним из методов улучшения механических свойств гидрогеля является создание взаимопроникающих полимерных сеток (ВПС). Идеальный гель состоит из двух или нескольких сшитых сетей, которые взаимопроникают друг в друга на молекулярном уровне. Изготавливаются с целью увеличения преимуществ одного из компонентов при сохранении ключевых свойств другого. Если сравнивать гидрогели с одинарной сеткой, то ВПС имеют улучшенные механические свойства, расширяющие область их применения. Например, полученный гель взаимопроникающих сетей методом однореакторной свободнорадикальной полимеризации ПВС/ПААм (ПААм – полиакриламид), позволил повысить механическую прочность, сохраняя при этом исходные свойства поливинилового спирта (высокая гидрофильность, биосовместимость и адгезионные свойства).

Таким образом, эффективным методом, предотвращающим появление трещин и снижение прочности цементных композиционных материалов, является введение внутреннего отвердителя. В качестве данной добавки выступают гидрогели, положительными качествами которых является снижение усадки и поддержание влажностного режима.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен, В.К. Технология и оптимизация цемента: краткий курс лекций: учебное пособие / В.К. Классен. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – С. 308

2. Моторькин, Д.А. Разработка рецептуры быстротвердеющего вяжущего для фасадной плитки // «Международная научно-техническая конференция молодых учёных БГТУ им. В.Г. Шухова», Сборник докладов. Белгород, 2012. - С. 101-104.

3. Иваненко Д.А., Булгакова А.А. Гидрогели. Их особенности и область применения // «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г.Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г.Шухова», Сборник докладов. Белгород, 2023. Ч.20. – С. 121-124.

4. Фаликман В.Р. Новые эффективные высокофункциональные бетоны // Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. №1. 2011. - С. 48-54.

5. Сафаров Ф.Э., Гусарова Е.И., Каразеев Д.В., Арсланов И.Р., Телин А.Г., Докичев В.А. Получение гидрогелей полиакриламида для ограничения водопритоков при разработке нефтегазовых месторождений // Журнал прикладной химии. Т. 91 № 5. 2018. - С. 755-759.

6. Лосев, И.П., Химия синтетических полимеров. / И.П. Лосев, Е.Б Гростянская. Изд. 3-е. М, Химия, 1971.- С. 615.

УДК 004.8:621.039

Истратий И.И., Митина Д.А., Курулёва У.Е.

***Научный руководитель: Клименко В.Г. канд. тех. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Искусственный интеллект (ИИ) — быстроразвивающаяся область компьютерных наук, в широком смысле подразумевающая под собой интеллект, проявляемый машинами, в частности, компьютерными системами. Нейросети имеют большой потенциал в различных сферах деятельности человека, они существенно облегчают работу, исключают человеческий фактор, способны работать по чётким логическим алгоритмам, превосходно справляются с анализом большого количества данных и их запоминанием. На данный момент основными областями применения ИИ являются торговля и электронная коммерция, игровая индустрия, информационные системы, кибербезопасность, робототехника, сельское хозяйство и во многих других сферах. Также стоит отметить, что искусственный интеллект

даёт широкие возможности в развитии ядерной энергетики, принимая решения и анализируя исходные данные на основе человеческой логики. В нынешних условиях развитие и внедрение нейросетей в работу атомной сферы деятельности могло решить ряд проблем, усовершенствовать уже имеющиеся системы и технологии, а также сберечь лидерство Российской Федерации в сфере развития ядерной энергетики.

В настоящее время прогресс не стоит на месте, человек продолжает совершать открытия, которые впоследствии переносятся на различные сферы его жизни. Ядерная энергетика в России стремительно развивается, разрабатываются программы на ближайшие десятилетия, которые охватывают данную область и определяют ключевые направления развития отрасли; технологические основы; внедрение и разработку новых конструктивных элементов, а также использование новых компонентов в топливных циклах [1-2]. Кроме того, важным фактором остаётся реализация процессов с учётом новейших технологий. Основываясь на том, что на данный момент достигнуты значительные успехи в развитии отечественного искусственного интеллекта, имеет смысл рассмотреть возможности его внедрения в отдельные процессы, осуществляемые в ядерной энергетике, при том что подобная практика уже применяется при анализе одной из важных систем безопасности АЭС — аварийной защиты реактора.

Выделяют несколько возможных задач искусственного интеллекта в ядерной энергетике, среди которых: безопасность реакторов; контроль за состоянием АЭС, управление катастрофическими рисками; создание цифровых моделей АЭС; совместное использование ИИ и автоматизированной системы управления технологическими процессами, взамен машинных АСУТП; проектирование; развитие науки; технологический процесс; кибербезопасность [3]. Искусственный интеллект возможно также применять для имитации принятия решений в атомной отрасли [4]. Это может позитивно отразиться на моделировании и прогнозировании поведения сотрудников; решения ряда экономических вопросов, связанных с работой АЭС [5].

Эксперты МАГАТЭ считают, что применение ИИ в работе АЭС может повысить эффективность и обеспечить стабильное электроснабжение, регулируя выработку электроэнергии на основе данных, получаемых в режиме реального времени (например, потребительский спрос, метеорологические условия, производительность оборудования) [6]. Искусственный интеллект может осуществлять решение типовых задач, что позволит сотрудникам сконцентрироваться

на более важных проблемах, которые выходят за рамки стандартных ситуаций.

Более точные результаты по сравнению с анализом, проводимым человеком, предоставляет технология машинного обучения, которая используется для мониторинга в реальном времени и прогнозного технического обслуживания. Такие центры диагностики являются неотъемлемой частью любой атомной станции. Данная область имеет наибольшие перспективы внедрения искусственного интеллекта. Конструкция атомных станций требует постоянных проверок. Как показывает практика, искусственный интеллект способен быстрее проанализировать поток данных с помощью заданных алгоритмов, а также оценить работу реактора при всех возможных отказах во всех возможных комбинациях. Выполнение компьютерного моделирования для каждого отдельного возможного сценария является практически невозможной задачей для человека, так как занимает слишком много времени. Машинное обучение уже применяется для поиска трещин и повреждений труб и металлических резервуарах АЭС.

«Росатомом» был разработан сервис «Интеллектуальное решение для анализа нормативной документации», который планируется для использования для анализа требований проектирования АЭС за рубежом, а также выбора площадок для них [7]. Данный цифровой продукт был создан на основе алгоритмов искусственного интеллекта с машинным обучением, которые разбивают текст на маркированные фрагменты, далее группируют их и выдают перечень требований в заданной форме. Сервис анализирует ГОСТы, нормы, правила и прочие нормативные документа, а также уже был протестирован. «Интеллектуальное решение для анализа нормативной документации» помог специалистам в сборе требований для проектирования АСУ ТП атомных станций по европейским стандартам.

Ещё одна сфера, в которой искусственный интеллект может найти применение — микро-АЭС, которые предназначены для отдалённых регионов России, где размещение крупных атомных электростанций невозможно. Конструкция таких реакторов более простая, им свойственна малая мощность и низкое рабочее давление, а система безопасности опирается на пассивные системы — отключение систем не требует вмешательства человека или внешней энергии [8].

Заключение. Перспективы применения искусственный интеллект в ядерной энергетике, в том числе и на атомных электростанция, огромны. Внедрение ИИ позволит усовершенствовать уже имеющиеся технологии и помочь в новых научных открытиях. Нейросети обладают потенциалом для ускорения темпов инновации и роста

производительности, при должном использовании существенно сократит цикл проектирования, сэкономит время человека, а также упростит анализ колоссального количества информации. Однако, стоит отметить, что прежде чем начать внедрение искусственного интеллекта на АЭС, регулирующие органы должны основательно подойти к вопросу изучения работы данной технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Matyukhin P.V. Reaction of spot radioactive source with the energy of 661.7 keV on the modification in the structure of surface layer of metal composite material // *Solid State Phenomena*. - 2020. - Т. 299. – С. 107-111.
2. Матюхин П.В., Ястребинский Р.Н., Широков А.В. Основные физико-механические характеристики гематита, подвергнутого воздействию высоких давлений прессования // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. - 2016. - №8. - С. 23-28.
3. Кцоев Х. М. и др. Задачи искусственного интеллекта в сфере ядерной энергетики // *Молодые ученые в решении актуальных проблем науки*. – 2022. – С. 65-68.
4. Buah E., Linnanen L., Wu H. Emotional responses to energy projects: A new method for modeling and prediction beyond self-reported emotion measure // *Energy*, 190, 2020.
5. Рабазанов М. К. Возможности применения технологии искусственного интеллекта при прогнозировании ядерных энергетических систем // *Вопросы устойчивого развития общества*. – 2021. – №. 7. – С. 462-466.
6. Вольфганг Пикот Повышение эффективности производства ядерной энергии с помощью искусственного интеллекта // *Ядерные инновации для мира без выбросов*. - 2023. - С. 18-19.
7. В Росатоме научили искусственный интеллект помогать в сборе требований для строительства новых АЭС // *РОСАТОМ* URL: https://rosatom.ru/journalist/news/v-rosatome-nauchili-iskusstvennyy-intellekt-pomogat-v-sbore-trebovaniy-dlya-stroitelstva-novykh-aes/?sphrase_id=5428504 (дата обращения: 29.04.2024).
8. Что такое малые модульные реакторы (ММР)? // *IAEA* URL: <https://www.iaea.org/ru/newscenter/news/chto-takoe-malye-modulnye-reaktory-mmr> (дата обращения: 29.04.2024).

*Копнина О.В., Педан Д.О., Вергейчик А.В.
Научный руководитель: Ключникова Н.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОДБОР И ВЫБОР МЕТОДОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ НОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА - КОСТНОГО ЦЕМЕНТА «ВЕРТЕКОН В+»

Исследование костного цемента имеет высокую значимость в области медицины и хирургии. Костный цемент широко применяется для реконструкции костей и фиксации протезов, что делает его важным компонентом в хирургических вмешательствах и стоматологии. Технологические инновации в этой области направлены на улучшение биосовместимости материала, а также создание формул с антимикробными свойствами для предотвращения инфекций.

В статье описывается исследование по подбору и выбору методов стерилизации нового композиционного материала - костного цемента «Вертекон В+» на основе полиметилметакрилата.

Как и любой имплантат, используемый в организме человека, костный цемент должен быть стерилен. Главной задачей является обеспечение высокого уровня безопасности имплантируемого материала, исключение возможности инфицирования бактериальными, грибковыми и вирусными инфекциями. Следовательно, процесс изготовления любых имплантируемых материалов должен сопровождаться надежной их стерилизацией с сохранением физико-химических свойств.

Раствор метилметакрилата (ММА) обычно подвергают мембранной фильтрации. Стерилизацию порошкового компонента (ПММА) осуществляют методом гамма - стерилизации или газовой - оксидом этилена. Обе методики имеют свои преимущества и недостатки. Гамма-облучение имеет высокую глубину проникновения, которая позволяет стерилизовать материал в его окончательной упаковке, однако может влиять на молекулярную массу и способствовать образованию свободных радикалов, которые могут взаимодействовать с бензоилокисдным радикалом и влиять на процесс полимеризации ПММА [1]. Газовая стерилизация оксидом этилена, с другой стороны эффективна при стерилизации поверхности, не обладает большой глубиной проникновения и способна образовывать токсичные побочные продукты, поэтому стерилизуемый материал

должен подвергаться процессу длительной десорбции после стерилизации.

Поэтому необходимо было подобрать щадящий способ стерилизации метакриловых костных цементов и упаковки для их стерилизации, обеспечивающих сохранение их первоначальных физико-механических свойств и исключающих возможность инфицирования различного рода инфекциями.

Жидкая часть костного цемента «Вертикон» состоит из метилметакрилата (97,3%, масс.), N,N-диметил-п-толуидина (2,7%, масс.) и гидрохинона (80 м.д.). Порошковая часть цемента «Вертикон» состоит из разноразмерных гранул ПММА (80% масс), сульфата бария (20% масс.) и перекиси бензоила необходимого для полимеризации. При изготовлении образцов костного цемента использовали соотношение порошок/жидкость = 2/1.

Для подбора метода стерилизации изготовили 50 образцов порошка по 1,0 г. В ходе исследования 25 образцов стерилизовали этиленоксидом. Образцы порошка помещали в стерилизационную камеру, содержащую 20% оксида этилена и 80% диоксида углерода, выдерживали при температуре 60°C в течение 6 часов, дегазировали в течение 8 часов [2].

Другие 25 образцов стерилизовали гамма-излучением с использованием источника (Co 60 в дозе 25 кГр).

Стерильность жидкости обеспечивали за счет стерилизующей фильтрации до наполнения. Стерилизующий фильтр удерживает все объекты с размерами более 0,22 мкм: микроорганизмы, споры, продукты их распада, частицы и пр [3].

В ходе дальнейшей работы определяли молекулярную массу полимерных гранул до и после стерилизации вискозиметрическим методом, средневесовую молекулярную массу (\overline{M}_w), температуру стеклования ПММА до и после стерилизации, микроструктуру образцов ПММА и максимальную температуру и время схватывания.

Для определения влияния методов стерилизации на физико-механические свойства (прочность при сжатии и изгибе) были приготовлены три типа образцов костного цемента: не подвергалась стерилизации; газовая стерилизация - оксидом этилена, стерилизация гамма-облучением.

С помощью метода оптической микроскопии до стерилизационной обработки было установлено, что порошок ПММА имеет форму мелкодисперсных разноразмерных гранул сферической формы, что обеспечивает быстрое контролируемое во времени смачивание его жидкостью ММА. Более мелкие (Б) гранулы ПММА

(приведенная вязкость 140 ± 1 , средне весовая молекулярная масса - 390000 ± 4600) обеспечивает быстрое смачивание, облегчая процесс инъекции до того, как произойдет основное схватывание [4]. Приведенная вязкость гранул ПММА, имеющего больший размер (А) составляет 198 ± 1 , средне весовая молекулярная масса - 560000 ± 6100 . Распределение гранул ПММА по размерам в обоих случаях было унимодальным, а средний размер частиц составил 1,58 мкм (А) и 1,28 мкм (Б) (Рис.1).

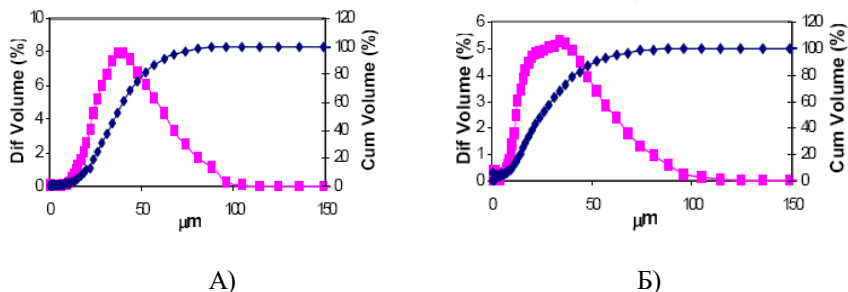


Рис.1 Интегральная и дифференциальная кривые численного распределения гранул ПММА по размерам а) А б) Б

После смешивания твердой и жидкой частей было установлено, что материал обладает отличными манипуляционными свойствами, время перехода жидкостно-порошковой смеси цемента в тестообразное состояние составляет $5,63 \pm 0,05$ мин, максимальная температура отверждения жидкостно-порошковой смеси - $46,9 \pm 0,4^\circ\text{C}$, что соответствует стандарту ISO 5833 [5].

Таблица 1. - Физико-механические свойства исследуемых образцов

Исследуемые свойства	Методы стерилизации			Требования ISO5833, МПа
	-	Этиленоксид	Гамма-облучение	
Приведенная вязкость, (η)	$168,6 \pm 6,2$	$169,2 \pm 2,5$	$70,4 \pm 0,7$	-
Средневесовая молекулярная масса, (M_w)	482000 ± 2255	484000 ± 9100	158000 ± 1980	-

Температура стеклования, T_g (°C)	110 ± 1	110 ± 1	96 ± 1	-
Прочность при сжатии, МПа	$95,30 \pm 3,10$	$98,18 \pm 1,80$	$103,32 \pm 2,51$	≥ 70
Прочность при изгибе, МПа	$54,4 \pm 3,1$	$64,9 \pm 7,7$	$66,3 \pm 5,1$	≥ 50
Модуль упругости при изгибе, ГПа	$2,24 \pm 0,12$	$2,67 \pm 0,08$	$2,91 \pm 0,13$	≥ 1800

Согласно данным таблицы, температура стеклования при стерилизации образцов костного цемента гамма-облучением снизилась на 12%, о чем также свидетельствует значительное изменение средне весовой молекулярной массы. Значения показателей прочности на сжатие и изгиб, а также модуль упругости при изгибе практически не изменяются при обеих методиках стерилизации, а также соответствуют требованиям ISO5833. Метод газовой стерилизации порошка ПММА – окисью этилена не влияет на показатель средне весовой молекулярной массы и температуру стеклования ПММА, следовательно, более приемлем в данном случае.

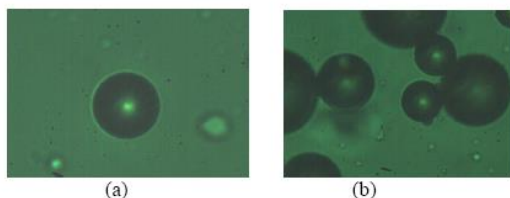


Рис. 2 Микрофотографии бисера ПММА до (а) и после (б) гамма-облучения

Согласно изображениям (Рис.2) представленных на микрофотографиях заметных изменений поверхности и цвета не наблюдается в обоих случаях: до (а) и после гамма-облучения (б).

Исходя из полученных данных можно утверждать, что применяемые методы стерилизации не повлияли на физико-механические свойства. Следовательно, можно использовать любой из методов стерилизации. Однако, поскольку имплантируемый костный метакриловый цемент будет использоваться при многократных циклических нагрузках, необходимо учитывать динамические прочностные свойства. Метод газовой стерилизации порошка ПММА – окисью этилена не влияет на показатель средне весовой молекулярной

массы и температуру стеклования ПММА, следовательно, более приемлем. Стерильность жидкости ММА рекомендовано осуществлять по стандартной методике за счет стерилизующей фильтрации до наполнения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ключникова Н.В., Гордеев С.А., Гордиенко М.Д. Полимерный композиционный материал на основе термопластичного полиимида // Вестник белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. С. 126-129.

2. Каламкаров, Х.А. Биологически нейтральные термопластические материалы // Х.А. Каламкаров, Е.Е. Шварцзайд, В.Ф. Воронин, Стоматология. 2021. № 1. С. 60-62.

3. Нелсон, У.Е. Технология пластмасс на основе полиамидов // У.Е. Нелсон, пер. с англ.; под ред. А.Я. Малкина. М.: Химия, 2014. 256 с.

4. Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов Полимерные композиционные материалы // Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов -1. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013 .118 с.

5. Ахтямов И.Ф, Куропаткин Г.В Костный цемент в травматологии и медицине // Ахтямов И.Ф, Куропаткин Г.В - Казань: Авторский тираж, 2014 .188 с.

6. Мануковский Вадим Анатольевич Вертебропластика в лечении патологии позвоночника (клинико-экспериментальное исследование): специальность 14.00.28 «Нейрохирургия»: Диссертация на соискание доктора медицинских наук // Мануковский Вадим Анатольевич; ФГОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ. - Спб, 2009. 430 с.

7. Трегубов, И.Д. Применение термопластических материалов в стоматологии // И.Д. Трегубов, Р.И. Болдырева, Л.В. Михайленко, В.В. Маглакелидзе, С.И. Трегубов. - М.: Издательство «Медицинская пресса».2017. 140с.

*Крузин К.О., Овсянников В.В., Петров И.С.
Научный руководитель: Клименко В.Г., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭЛЕМЕНТЫ И МАТЕРИАЛЫ ОРГАНОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

Данная тема напрямую связана с развитием ядерной энергетики и надежностью проектируемых реакторов. Ядерная энергетика играет значительную роль в обеспечении энергетической безопасности и устойчивости различных стран. Элементы и материалы, используемые в органах регулирования ядерных реакторов, имеют критическое значение для обеспечения безопасности, эффективности и надежности работы ядерных установок.

Органы регулирования играют ключевую роль в контроле ядерных реакций, обеспечивая стабильную работу реактора и предотвращая возможные аварийные ситуации. Различные типы ядерных реакторов требуют специально разработанных элементов управления и материалов, отвечающих их особенностям и требованиям.

Элементы управления, такие как стержни поглощения, регулирующие системы и системы аварийного останова, обеспечивают возможность контроля процессов деления ядерных материалов и управления мощностью реактора. Материалы, используемые для изготовления этих элементов, должны быть высоко термостойкими, радиационно стойкими и обладать высокой стабильностью в экстремальных условиях работы реактора.

С учетом постоянного развития ядерной энергетики и стремительного внедрения новых технологий, важно постоянно совершенствовать элементы и материалы органов регулирования ядерных реакторов. Исследования в области новых материалов, разработка инновационных элементов управления и обновление стандартов безопасности становятся неотъемлемой частью современной энергетики.

Таким образом, рассматриваемая проблема остается актуальной и требует постоянного внимания специалистов в области ядерной энергетики и безопасности, а также исследователей, работающих над развитием новых технологий и материалов для ядерных установок.

Целью работы является рассмотрение важности и роли элементов и материалов, используемых в органах регулирования ядерных реакторов различных типов.

Задачи:

- Изучение различных типов элементов и материалов, применяемых в органах регулирования ядерных реакторов.
- Анализ функциональных характеристик каждого элемента и материала в контексте реакторной безопасности и эффективности.
- Исследование последствий использования различных элементов и материалов на процессы регулирования ядерных реакторов.

Объект исследования: ядерный реактор.

Основная часть. Ядерная энергетика играет важную роль в современном мире, и для обеспечения безопасной и эффективной работы ядерных реакторов требуется использование различных типов элементов и материалов в органах регулирования [1].

Органы регулирования ядерных реакторов представляют собой комплекс устройств, предназначенных для управления ядерными процессами в реакторе. Они включают в себя контрольные стержни, звенья управления, поглотители нейтронов и другие элементы. Каждый из этих элементов требует особого подхода к выбору материала и конструкции.

Применяемые в органах регулирования материалы, как правило, должны сочетать в себе высокую теплопроводность, механическую прочность, устойчивость к высоким температурам и радиации. Один из наиболее распространенных материалов для контроля ядерных реакторов - это бор. Он обладает высокими поглощающими способностями по отношению к нейтронам и хорошо подходит для производства поглотителей нейтронов.

Исследования в данной области позволяют улучшать характеристики элементов и материалов, использованных в органах регулирования ядерных реакторов, а также разрабатывать новые технологии и материалы для более эффективного контроля ядерных процессов.

Функциональные характеристики элементов и материалов в органах регулирования играют ключевую роль в обеспечении безопасности ядерных реакторов. Для обеспечения безопасности и эффективности работы ядерного реактора необходимо учитывать данные характеристики каждого его элемента и материала. Рассмотрим основные элементы реактора и материалы, используемые в их производстве, с точки зрения их влияния на безопасность и эффективность:

1. Топливные элементы: наиболее важный элемент реактора, ответственный за реакцию деления ядерных материалов. Материал топливных элементов должен обладать высокой теплопроводностью, стабильностью при высоких температурах и способностью к длительной работе без деформации. Наиболее распространенным материалом для топливных элементов является уран с добавлением плутония или других активных материалов. Анализ характеристик топливных элементов важен для предотвращения аварийных ситуаций и обеспечения эффективности реактора.

2. Оболочка топливных элементов: материал оболочки должен быть стойким к коррозии, обладать высокой прочностью, устойчивостью к высоким температурам и радиации. Как правило, для изготовления оболочки используется цирконий или его сплавы. Важно провести анализ прочностных и тепловых характеристик оболочки для исключения ее разрушения при работе реактора.

3. Рефлекторы: материалы, отражающие нейтроны обратно в зону деления, увеличивая эффективность работы реактора. Обычно используются графит, бериллий или вода в качестве рефлекторов. Анализ их химических и физических свойств необходим для обеспечения оптимальной работы реактора и предотвращения нежелательных явлений.

Анализ функциональных характеристик каждого элемента и материала в связи с реакторной безопасностью и эффективностью позволяет оптимизировать конструкцию органов регулирования ядерных реакторов и обеспечить их надежное и безопасное функционирование [2-3].

Использование различных элементов и материалов в ядерных реакторах имеет значительное влияние на процессы регулирования ядерных реакторов. Выбор правильных материалов для различных компонентов реактора, таких как топливные элементы, оболочки, охлаждающие системы и элементы управления, играет ключевую роль в обеспечении безопасности и надежности работы ядерного реактора [4].

Существует несколько ключевых аспектов, которые следует учитывать при выборе материалов для ядерных реакторов. Один из них - это устойчивость материалов к радиационному воздействию. Радиационное излучение, присутствующее внутри реактора, может вызвать изменения во внутренней структуре материалов, что может привести к их деформации или образованию дефектов [5-14]. Это, в свою очередь, может повлиять на процессы регулирования реактора и его общую безопасность.

Состав и свойства органов регулирования напрямую зависят от свойств используемых материалов, и поэтому необходимо проводить тщательное исследование в этой области.

Таким образом, изучение элементов и материалов органов регулирования ядерных реакторов необходимо для повышения безопасности ядерной энергетики и обеспечения стабильной работы ядерных установок различного типа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Емельянов И.Я., Гаврилов П.В., Селиверстов Б.Н. Управление и безопасность ядерных энергетических реакторов. - Учебное пособие для ВУЗов изд. - Москва: Атомиздат, 1975. - 280 с.

2. Левин В.Е. Ядерная физика и ядерные реакторы. - Учебник для техникумов 4-е изд. - Москва: Атомиздат, 1979. - 288 с.

3. Клименко В.Г. Технология основных материалов современной энергетики / Клименко В.Г., Володченко А. Н. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. - 183 с.

4. Емельянов И.Я., Ефанов А.И., Константинов Л.В. Научно - технические основы управления ядерными реакторами. - Учеб. пособие для вузов изд. - Москва: Энергоиздат, 1981. - 360 с.

5. Матюхин П.В., Ястребинский Р.Н., Широков А.В. Основные физико-механические характеристики гематита, подвергнутого воздействию высоких давлений прессования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. 8. С. 23-28.

6. Павленко В.И., Матюхин П.В. Теплоизоляционный бесцементный бетон из вторичных минеральных ресурсов // Строительные материалы. 2005. №8. С. 22-25.

7. Matyukhin P. Studies of structural changes in surface and deep layers in magnetite crystals after high pressure pressing // В сборнике: 14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM2019). Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Belgorod, 2019. С. 239-243.

8. Ястребинский Р.Н., Павленко В.И., Матюхин П.В., Воронов Д.В., Павленко З.В., Самойлова Ю.М. Конструкционные радиационно-защитные композиционные материалы на основе модифицированных железорудных пород КМА // В сборнике: Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и

Правительством Белгородской области. Белгородский государственный технологический университет им. В.В. Шухова. 2015. С. 491-499.

9. Matyukhin P.V. Studies of structural changes in surface and deep layers in magnetite crystals after high pressure pressing // Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. 2019. № 978-3-030-22974-0. С. 239-243.

10. Matyukhin P.V. The research of iron containing wastes modification process of leninabad rare metals plant // Diffusion and Defect Data. Pt A Defect and Diffusion Forum. 2021. Т. 410 DDF. С. 778-783.

11. Соколенко И.В., Ястребинский Р.Н., Крайний А.А., Матюхин П.В., Тарасов Д.Г. Моделирование прохождения высокоэнергетических электронов в высоконаполненном полимерном композите // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №6. С. 145-148.

12. Матюхин П.В., Бондаренко Ю.М., Павленко В.И. Исследование микроструктуры поверхности композиционного материала на основе алюминиевой матрицы // Перспективные материалы. 2013. №6. С. 22-26.

13. Matyukhin P.V. Reaction of spot radioactive source with the energy of 661.7 keV on the modification in the structure of surface layer of metal composite material // Solid State Phenomena. 2020. Т. 299 SSP. С. 107-111.

14. Матюхин П.В., Ястребинская А.В., Павленко З.В. Использование модифицированного железорудного сырья для получения конструкционной биологической защиты атомных реакторов// Успехи современного естествознания. 2015. № 9-3. С. 507-510.

УДК 621.039.7

Курулева У.Е., Истратий И.И., Митина Д.А.

Научный руководитель: Клименко В.Г., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСТЕКЛОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

В связи со стремительным развитием отрасли ядерной энергетики в современном мире остро встал вопрос об утилизации радиоактивных отходов (РАО), то есть отходов содержащих радионуклиды, но не имеющих практической ценности и не предполагающих дальнейшее использование в производстве. Такие отходы образуются в рамках

деятельности промышленных, энергетических, исследовательских реакторов, медицинского оборудования, использующего ионизирующее излучение. Значительное количество РАО образуется и в неядерных отраслях промышленности. Например, в системах химводоочистки тепловых станций, в нефтешлаках нефтяной промышленности или при добыче ископаемых. Радиоактивные отходы подразделяют по классу на: низкоактивные, среднеактивные и высокоактивные; и по виду на: твердые (ТРАО), жидкие (ЖРАО) и газообразные (ГРАО) [1].

Главной задачей при хранении радиоактивных отходов является их надежная изоляция от окружающей среды и биологических ресурсов. При этом большое неудобство вызывает транспортировка, хранение и переработка жидкообразных отходов. В настоящее время существует несколько способов обращения с жидкими РАО, такие как битумирование и цементирование. Но одним из самых перспективных методов является остекловывание, то есть преобразования их в твердые формы, которые будут оставаться стабильными в течение долгого времени. Метод остекловывания используется для иммобилизации отходов уже более 40 лет. Стекло обладает высокой емкостью к поглощению различных радионуклидов и долговременной устойчивостью. Стоит отметить, что стекло используют не только при хранении РАО, но и в радиационно-защитных материалах [2,3]. Однако, несмотря на очевидные преимущества метода остекловывания, существующие технологии имеют некоторые недостатки, например, образование вторичных отходов в виде шламов, растворов или газов. Поэтому активно ведутся разработки новых, усовершенствованных и экономически выгодных технологий.

Цель данной статьи - обобщение знаний о новых способах остекловывания радиоактивных отходов.

Задачи:

- Рассмотреть методы утилизации и переработки РАО;
- Изучить технологии остекловывания РАО;
- Проанализировать эффективность и целесообразность рассмотренных технологий.

Объектом исследования являются радиоактивные отходы.

Основная часть. В середине прошлого столетия впервые было предложено включать окислы продуктов деления в стекловидную матрицу, так как стекло, будучи нестехиометрическим соединением, при нагревании способно растворять, а при последующем охлаждении прочно удерживать сложную смесь продуктов деления. Получаемый продукт обладает высокой химической и радиационной стойкостью.

Главный недостаток стекла - его термодинамическая нестойкость, которая проявляется в кристаллизации стекла под действием высокой температуры, обусловленной радиоактивным распадом. Явления расстекловывания ухудшают первоначальные свойства продукта, в частности, возрастает скорость его выщелачивания. Тем не менее, остекловывание считают наиболее подходящим методом отверждения жидких радиоактивных отходов.

Для иммобилизации ядерных отходов чаще всего применяются два вида стекол - боросиликатные и фосфатные, но в настоящее время разработано уже множество стекол из других материалов.

Например, в технологии, разработанной в польском Институте Химии и Техники, используется силикатное стекло [4]. Отличительной особенностью данной технологии является то, что внедрении радиоактивных элементов в структуру стекла происходит непосредственно в процессе его получения. Новшеством является и то, что используется так называемый метод «золь-гель» - получение золя с последующим переводом его в гель, в котором в качестве комплексообразующего агента используется аскорбиновая кислота (АСК). Полученный гель подвергается термообработке при температуре 1200 °С в течение 4 часов. Конечный продукт представляет собой силикатное стекло с внедренными в его структуру радиоактивными элементами. Благодаря данной технологии удалось упростить технологический цикл процесса остекловывания, сократить время и температуру обработки, при этом повысить прочность связи металлических элементов со структурой стекла.

В следующей технологии, с применением фосфатного компаунда [5], решается проблема разработанных ранее способов, а именно, опасность попадания в окружающую среду содержащихся в высокосолевых ЖРАО радиоактивных изотопов летучих при высоких температурах элементов и токсичных газов. Эта проблема решается с помощью регулирования уровня рН отходов, введение в полученный раствор последовательно при непрерывном перемешивании ионов двухвалентного никеля и ферроцианида калия и последующее отверждение полученной смеси путем добавления связующих реагентов дигидроортофосфата калия и оксида магния, в котором регулирование уровня рН отходов проводят до значений рН=1,8-2,2. Данный уровень кислотности полученного раствора ЖРАО не приводит к выделению токсичного аммиака.

В настоящее время для иммобилизации радиоактивных отходов на предприятии «Маяк» разработано алюмофосфатное стекло [6]. Оно содержит оксид натрия, оксид алюминия, оксид фосфора и примеси

оксидов одновалентных и многовалентных элементов. Также особенностью данной разработки является наличие модифицирующей добавки, в качестве которой выступает сочетание оксида кремния и оксида урана. В данной технологии была решена задача снижения кристаллизационных эффектов в алюмофосфатных стеклах с отвержденными радиоактивными отходами при тепловом воздействии вблизи температур расстекловывания. При этом основные технологические (температура варки, вязкость расплава при температуре слива) и нормативные (химическая, радиационная стойкость, однородность) характеристики не только не ухудшаются, но и в ряде случаев улучшаются относительно похожего, уже существующего метода. Стоит отметить, что необходимый для модификации стекла уран может содержаться как непосредственно в отверждаемых жидких радиоактивных отходах, так и привлекаться из имеющихся в больших количествах отходов обедненного урана. Такой подход позволит решать задачу локализации сразу двух групп отходов в одном матричном материале.

В 2023 году на Сибирском химкомбинате была запущена технология остекловывания РАО с использованием боросиликатной матрицы и индукционного нагрева [7]. Такой метод используется за рубежом уже более сорока лет, но российская технология имеет свои особенности. Для нее была разработана специальная установка с горячим и холодными тиглями. В горячем тигле находятся жидкие радиоактивные отходы и гранулы стеклообразующих компонентов. При достижении температуры 1150 °С происходит процесс включения РАО в матрицу стекла и образования единой структуры, безопасной для окружающей среды.

Ученые из российского Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН предложили еще один способ решения одной из главных проблем при остекловывании РАО – летучести токсичных и радиоактивных компонентов при высокой температуре. Они выяснили, что при использовании стеклокомпозитного состава на основе железа и фосфора [8] можно снизить температуру процесса до 650-750 °С. Такая технология не уступает по эффективности технологиям с использованием боросиликатных и фосфатных стекол, но позволяет снизить требования к оборудованию и увеличить срок его эксплуатации.

Заключение. Подводя итоги, можно сделать вывод, что в настоящее время тенденция усовершенствования существующих методов остекловывания преобладает над изобретением новых. Однако ядерная энергетика имеет большие перспективы развития и

используется все в больших сферах жизни человека, а значит, что и количество радиоактивных отходов будет увеличиваться. Поэтому в ближайшее время будут разрабатываться новые, технологически и экономически более выгодные технологии переработки радиоактивных отходов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ // КонсультантПлюс: сайт. - URL: <https://www.consultant.ru> (дата обращения 08.05.2024).

2. Гасанов С.К., Клименко В.Г. Радиационно-защитный композит на основе гипсовых вяжущих и стекловидного наполнителя // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: международная научно-техническая конференция. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. - С. 44-48.

3. Солгалов В.В., Серебряков С.В. Свинцово-боратные стекла и ситаллы с низким содержанием свинца для биологической защиты от ионизирующего излучения // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. - С. 321-325.

4. Патент №2542358 Российская Федерация, МПК G21F 9/00. Способ обезвреживания радиоактивных отходов в силикатном стекле / Хмелевски А.Г., Дептула А., Милковска М., Лада В., Ольчак Т.; заявитель и патентообладатель: Институт Химии и Техники Йондровэй - 201013667/07; заявл. 02.09.2010; опубл. 20.02.2015; Бюл. №5 - 8 с.

5. Патент №2645737 Российская Федерация, МПК G21F 9/16. Способ иммобилизации жидких высокосолевых радиоактивных отходов / Винокуров С.Е., Куликова С.А., Куляко Ю.М., Маликов Д.А., Мясоедов Б.Ф., Перевалов С.А., Травников С.С., Трофимов Т.И.; заявитель и патентообладатель: Российская Федерация, от имени которой выступает Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» - 2017119592; заявл. 05.06.2017; опубл. 28.02.2018; Бюл №7 - 16 с.

6. Патент №2701869 Российская Федерация, МПК G21F 9/16. Алюмофосфатное стекло для иммобилизации радиоактивных отходов / Козлов П.В., Ремизов М.Б., Беланова Е.А., Власова Н.В., Зубриловский Е.Н., Орлова В.А.; заявитель и патентообладатель: Федеральное

государственное унитарное предприятие "Производственное объединение «Маяк» - 2019109731; заявл. 03.04.2019; опубл. 02.10.2019; Бюл №28 - 7 с.

7. Инновации в стекле: ученые «Росатома» замуровали PAO в боросиликатную матрицу // Страна Росатом: сайт. - 2023. - URL: <https://strana-rosatom.ru> (дата обращения 08.05.2024).

8. Безопасность и экономия: российские ученые изобрели новый способ утилизации радиоактивных отходов // Российский научный фонд: сайт. - 2022. - URL: <https://rscf.ru> (дата обращения 07.05.2024).

УДК 615.281.9

Ланцова Е.А.

Научный руководитель: Каманина О.А., канд. хим. наук, доц.
Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧНОГО КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЗАГРУЗКИ АНТИСЕПТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Одной из актуальных мировых проблем является постоянно растущая резистентность микроорганизмов к антимикробным агентам [1]. Традиционным методом борьбы с бактериями является обработка поверхностей жидкими формами антисептиков и антибиотиков. Это приводит к увеличенному расходу растворов активных соединений, их попаданию в окружающую среду и ее загрязнению, вследствие чего происходит дальнейшее развитие резистентности микроорганизмов[2].

Для решения данных проблем происходит поиск новых форм антисептических средств, синтез гибридных материалов с развитой поверхностью для сорбции эффективных антимикробных средств [3]. Для получения загрузочных матриц с развитой поверхностью перспективно применение методики золь-гель синтеза с использованием силановых прекурсоров. Полученные мезопористые материалы способны загружать различные активные молекулы, такие как фармацевтические препараты, лекарственные пептиды, четвертичные аммониевые соединения [4]. Для создания материала с регулируемой пористостью используют молекулы-темплаты, которые чаще всего являются поверхностно-активными веществами [5]. Кроме того, возможно использовать клетки микроорганизмов в качестве шаблонов для получения материала с достаточно большой удельной площадью поверхности и крупными транспортными порами для

контролируемого высвобождения активных веществ.

Таким образом, сочетание золь-гель технология и использование в качестве порообразующих шаблонов клеток дрожжей *Ogataea polymorpha* ВКМ У-2559 позволит создать гибридный полимерный материал, с поверхности которого происходит постепенное высвобождение антисептика, в небольших, но эффективных концентрациях.

В качестве антимикробного соединения был выбран октенидиндигидрохлорид (ОКТ), который относится к классу четвертичных аммониевых соединений и проявляет активность по отношению к широкому кругу микроорганизмов. Для синтеза органосиликатной матрицы были использованы тетраэтоксисилан и метилтриэтоксисилан в соотношении 15 об.% к 85 об.%, поскольку ранее было установлено, что данное соотношение позволяет полностью инкапсулировать клетки дрожжей (I тип матриц) [6] и использовать их в качестве порообразующих шаблонов. Также, было выбрано значение рН для получения матрицы с досточно большой удельной площадью поверхности [7]. Кроме того, были сформированы матрицы без использования дрожжевых темплатов (II тип матриц). Полученные материалы были подвержены обжигу при 400, 600 и 800°C для удаления клеток дрожжей и формирования пор.

Морфология загрузочных матриц была изучена методом сканирующей электронной микроскопии (Рис. 1).

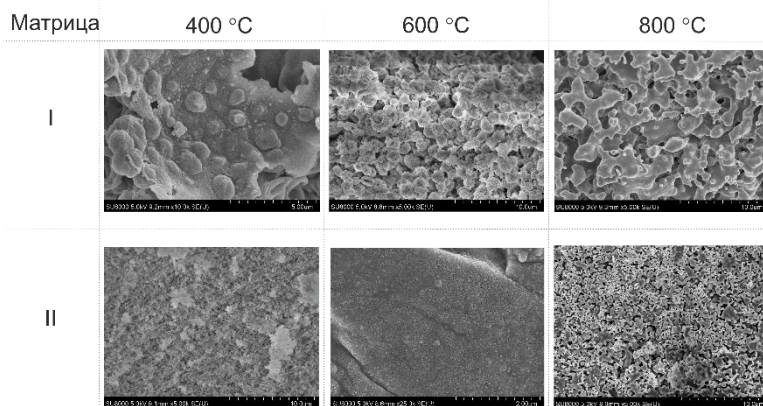


Рис. 1 Сканирующая электронная микроскопия загрузочных матриц

Матрицы, полученные с использованием клеток дрожжей, характеризуются наличием сфер на поверхности материала. Сферы представляют собой отожженные клетки дрожжей, окруженные

органосиликатной матрицей. Кроме того, для материала I типа характерно наличие крупных пор на поверхности. Матрицы II типа представляют собой шероховатые структуры с неявно выраженной пористостью. Вероятно, такие отличия в морфологии также скажутся на сорбционной и десорбционной способности сформированных материалов.

После термической обработки в материалы-носители был загружен октенидиндигидрохлорид. Методом УФ-спектроскопии определена оптическая плотность раствора, с помощью градуировочной зависимости определены концентрации ОКТ и получены графики кумулятивного высвобождения антисептика из материалов (Рис. 2).

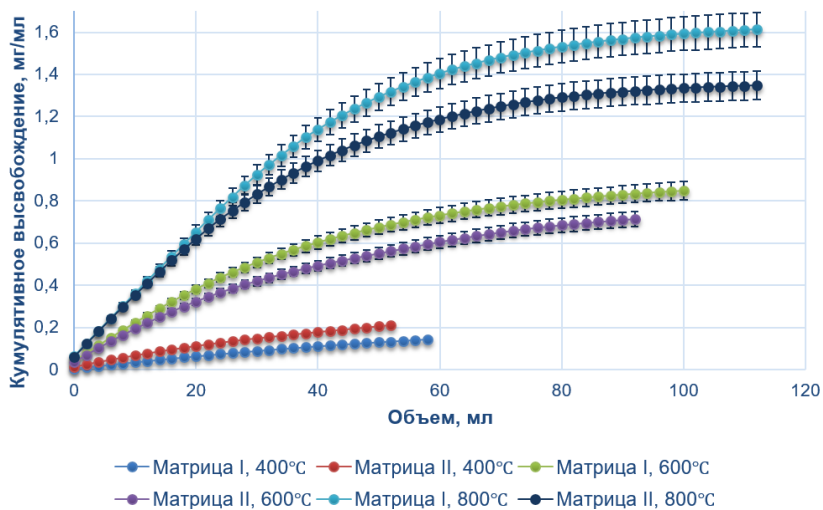


Рис. 2 Профили высвобождения октенидинадигидрохлорида

Полученные профили высвобождения характеризуются двумя стадиями – эффектом «выброса» с резким увеличением концентрации ОКТ, что связано с десорбцией антисептика с поверхностного слоя композита на первой стадии. На втором этапе происходит пролонгированное высвобождение активного вещества из матриц благодаря соизмеримости размеров молекул ОКТ и диаметров транспортных пор. В зависимости от температуры отжига количество десорбируемого ОКТ. При температуре 400°C, вероятно, клетки дрожжей удалены не полностью, что сказывается на сорбции и десорбции антисептика. При данной температуре матрица без

темплатов показывает большую десорбируемую концентрацию. Однако, при повышении температуры матрицы, синтезированные с использованием клеток, характеризуется лучшей десорбционной способностью. Наиболее эффективными являются матрицы с температурой отжига 800°C, которые характеризуются наибольшим высвобождением антисептика.

Антибактериальные свойства полученных материалов были проверены относительно штамма бактерий-фитопатогенов *Rhodococcus fascians* ВКМ Ас-1462 (Рис. 3) при добавлении 1 мг гибридных материалов на чашку Петри.



Рис. 3 Определение антибактериальных свойств гибридных материалов

Наибольшей зоной лизиса характеризуется матрица I типа с температурой отжига 800°C, что согласуется с данными, полученными УФ-спектроскопией. Зона лизиса диаметром 8 мм сохраняется на протяжении 60 дней.

Таким образом, получены 2 типа гибридных антибактериальных материалов с использованием дрожжевых темплатов и без использования темплатов. Методом сканирующей электронной микроскопии изучена морфология сформированных материалов, с помощью УФ-спектроскопии определены концентрации десорбированного октенидинагидрохлорида и получены профили кумулятивного высвобождения. Изучены антибактериальные свойства полученных матриц. Наиболее перспективным является материал, полученный с использованием клеток дрожжей *Ogataea polymorpha* ВКМ Y-2559 и термически обработанный при 800°C. Матрица характеризуется суммарным кумулятивным высвобождением октенидина 1,6 мг/мл, сохраняет зону лизиса в течении 60 дней диаметром 8 мм.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, РФФИ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nadeem S. F. Antimicrobial resistance: more than 70 years of war between humans and bacteria / S. F. Nadeem, U. F. Gohar, S. F. Tahir [et al.] // *Critical Reviews in Microbiology*. – 2020. – V. 46. – №. 5. – P. 578-599.
2. Pulingam T. Antimicrobial resistance: Prevalence, economic burden, mechanisms of resistance and strategies to overcome / T. Pulingam, T. Parumasivam, A. M. Gazzali [et al.] // *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2022. – V. 170. – P. 106103.
3. Pierau L. Light and hydrogels: A new generation of antimicrobial materials / L. Pierau, D. L. Versace // *Materials*. – 2021. – V. 14. – №. 4. – P. 787.
4. Hosseinpour S. Biomedical application of mesoporous silica nanoparticles as delivery systems: A biological safety perspective / S. Hosseinpour, L. J. Walsh, C. Xu // *Journal of Materials Chemistry B*. – 2020. – V. 8. – №. 43. – P. 9863-9876.
5. Guo, Z. Design of dendritic large-pore mesoporous silica nanoparticles with controlled structure and formation mechanism in dual-templating strategy. / Z. Guo, L. Wu, Y. Wang [et al.] // *ACS applied materials & interfaces*. – 2020. – V. 12. – №. 16. – P. 18823-18832.
6. Kamanina, O. A. “3-in-1” hybrid biocatalysts: association of yeast cells immobilized in a sol-gel matrix for determining sewage pollution / O. A. Kamanina, E. A. Lantsova, P. V. Rybochkin [et al.] // *ACS Applied Materials & Interfaces*. – 2023. – V. 15. – №. 40. – P. 47779-47789.
7. Lantsova, E. A. Determination of Optimal Conditions for Template Sol-Gel Synthesis for the Formation of Antibacterial Materials / E. A. Lantsova, M. A. Bardina, E. A. Saverina, O. A. Kamanina // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. – 2024. – P. 1-8.

Максимова К.М.

Научный руководитель: Епринцев М.А., асс.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

АНАЛИЗ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЕКТАХ МИКРОСПУТНИКОВ CANSAT

В России активно развивается студенческое движение по проектированию микроспутников CanSat. Эти соревнования дают студентам уникальную возможность поучаствовать во всех этапах разработки спутника: от проектирования платы и написания кода, до запуска и обработки результатов.

Основной задачей запусков микроспутников является анализ метеорологических параметров атмосферы на разных высотах полета. Для достижения этой цели разрабатывается печатная плата с различными датчиками измерения параметров атмосферы, главным элементом которой являются управляющая плата с микроконтроллером.

В данной статье будут рассмотрены популярные управляющие платы, используемые в студенческих проектах спутников, выделены их достоинства и недостатки.

Arduino

Плата Arduino стала популярной в студенческой среде разработки микроспутников, поскольку подходит для новичков, не обладающих глубокими знаниями в электронике и программировании. К плате можно подключить многочисленные совместимые модули, а основу кода взять в программных библиотеках [1]. В интернете очень много видеоуроков, что обеспечивает низкий порог вхождения и делает Arduino хорошим выбором для начинающих разработчиков.

Iskra

Платы Iskra разработаны и произведены в России. Они являются отечественной альтернативой Arduino по более доступной цене. Плата управления Iskra совместим с интегрированной средой разработки Arduino IDE [2], что упрощает работу с платформой и позволяет студентам использовать множество готовых библиотек.

Raspberry Pi

Одноплатный мини-компьютер Raspberry Pi обладает достаточно большой вычислительной мощностью и поддерживает много языков программирования. Raspberry Pi имеет большой набор портов и интерфейсов, однако требует достаточно глубоких знаний. Он имеет

более высокую вычислительную мощность по сравнению с микроконтроллерами Arduino и Iskra и поддерживает различные операционные системы [3].

Сравнение вышеперечисленных плат и выделение их достоинств и недостатков представлено в приведенной ниже таблице.

Таблица 1 - Сравнительная таблица микроконтроллеров

Название	Arduino	Iskra	Raspberry Pi
Стоимость	2900 руб.	1800 руб.	9900 руб.
Доступные языки программирования	C/C++	JavaScript	Python, Bash, JavaScript, и др.
Достоинства	Простота в обучении Надежность	Низкая цена Доступность Совместимость с Arduino	Мощность Многозадачность Больше функций
Недостатки	Ограниченные вычислительные мощности Ограниченная память	Ограниченный выбор моделей Меньшая известность	Высокая цена Высокое энергопотребление

В результате проведенного сравнения управляющих плат можно сделать вывод, что каждое из устройств имеет свои уникальные преимущества. Были рассмотрены аппаратно-программные возможности при их финансовых показателях и сложность работы с оборудованием.

Arduino подходит для несложных проектов, требующих небольшой вычислительной мощности и простоты в использовании.

Плата Iskra также подходит для начинающих за счет простоты в использовании. Немаловажным критерием является отечественное производство и доступная стоимость.

Raspberry Pi обладает высокой вычислительной мощностью, что делает его подходящим для более профессиональных проектов,

требующих высокой производительности.

Таким образом, в зависимости от целей проекта и опыта участников, каждый из рассмотренных микроконтроллеров может подойти для создания студенческого спутника.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Джоди Калкин, Эрик Хаган//Изучаем электронику с Arduino. - 2022. с. 174-178
2. Джереми Блум//Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. - СПб.: БХВ-Петербург, 2015. с. 36-39
3. Петин В.А.//Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. — 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2018. с.254-257

УДК 541.14

Мальцева Ю. В., Смирнов И. С.

Научный руководитель: Юрова В. Ю., асс.

*Национальный исследовательский университет ИТМО,
г. Санкт-Петербург, Россия*

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ СЕРЕБРЯНЫМ ФОТОКАТАЛИЗАТОР g-C₃N₄ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Графитовый нитрид углерода (g-C₃N₄) – полимерный полупроводниковый материал нового типа, известный узкой запрещённой зоной (2,78-2,83 эВ), поглощением видимого света и высокой термической стабильностью [1]. Данный материал широко используется для фотокаталитического разложения органических и неорганических загрязнителей, а также в сфере водородной энергетики. Кроме того, карбонитрид выделяется среди других фотокатализаторов нетоксичностью, безопасностью для окружающей среды и достаточно простым синтезом благодаря доступности прекурсоров. На данный момент наиболее используемыми прекурсорами для синтеза g-C₃N₄ являются мочевины, тиомочевина, цианамид и ди-2-цианогuanидин [2-4].

В данной работе был предложен подход к синтезу карбонитрида (далее – CN-MB) из супрамолекулярных самосборок меламина барбитурата (MB) паротермическим методом. Выбор обоснован многочисленными исследованиями, в которых были выявлены свойства модифицированных барбитуратов. Они образуют прочные водородные

связи и активно используются в процессах клик-химии. Значительную роль в популярности барбитуровой кислоты (ВА) при создании функциональных материалов играет наличие атома углерода карбоксильной группы, который может быть легко модифицирован функциональной группой практически любой природы. Кроме того, барбитураты обладают такими свойствами, как светочувствительное набухание самосборок, изменение цвета, генерация радикалов под воздействием внешних раздражителей, они имеют различные биологические применения, обеспечиваемые боковыми группами, расположенными у атома С5 пиримидинового кольца. Стоит также отметить симметрию молекулы барбитуровой кислоты, указывающую на два неравных направления, в которых связь между углеродным водородом барбитуровой кислоты и меламинам значительно слабее, чем у водорода и азота. Неравенство способов прикрепления новой молекулы к поверхности кристалла может привести к появлению незанятых участков в структуре и образованию активных центров, способных к специфической адсорбции, такой как катионное или радикальное включение в структуру. То есть сам по себе меламинамбарбитурат обладает адсорбирующими свойствами, поэтому использование его в качестве прекурсора позволит увеличить адсорбирующие свойства карбонитрида. Однако получаемый из МВ карбонитрид (CN-МВ) не обладает ожидаемыми фотокаталитическими свойствами, поэтому было принято решение о модификации композита. Сочетание Ag с CN-МВ даёт ряд преимуществ по сравнению с типичными полупроводниковыми материалами. Данная модификация позволяет улучшить свойства полупроводников за счёт увеличения удельной площади поверхности, расширения диапазона светового отклика, ускорения миграции электронов, уменьшения скорости рекомбинации электронно-дырочных пар.

Полученные композиты были исследованы методом рентгеноструктурного анализа (Рис. 1). На основе графиков можно сделать вывод, что композиты имеют характерные пики на 13° , которые соответствуют гептазиновой структуре CN-МВ. Кроме того, при $27,23^\circ$ пики серебра и CN-МВ перекрывают друг друга, о чем свидетельствует расширение зоны при 28° - 36° . Таким образом, мы можем утверждать о наличии серебра и CN-МВ в образце.

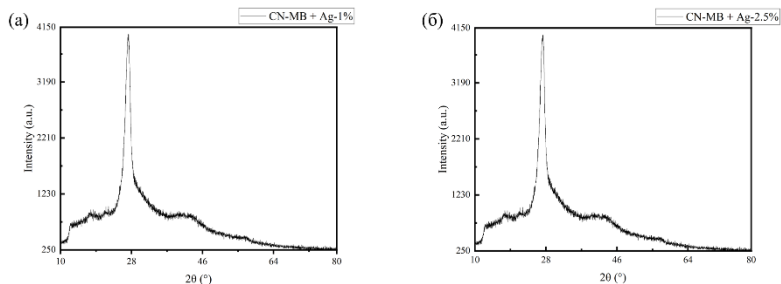


Рис. 1 Рентгенограммы образцов: (а) CN-MB + Ag-1%, (б) CN-MB + Ag-2,5%

Наличие гептазиновой структуры обуславливает отсутствие на ИК-спектрограмме (Рис. 2) ярких пиков поглощения в диапазоне $1100-1650\text{ см}^{-1}$, триазиновой – колебания у 810 см^{-1} .

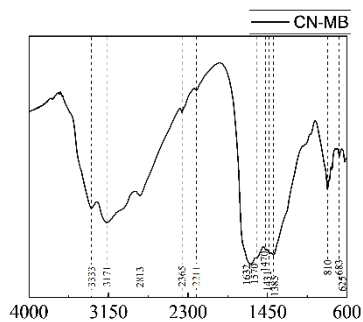


Рис. 2 ИК-спектрограмма CN-MB

Подводя итог, можно отметить, что композиты CN-MB + Ag были изготовлены паротермическим методом. Модификация исходного CN-MB наночастицами Ag привела к улучшению характеристик композитов. Эти композиты могут найти применение в очистке сточных вод и газов от органических соединений в качестве эффективного фотокатализатора. В будущем планируется совершенствовать методику синтеза CN-MB и модифицировать композиты другими металлами, использующимися в этой области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ran J. et al. Endowing g-C₃N₄ Membranes with Superior Permeability and Stability by Using Acid Spacers // *Angewandte Chemie*.

Wiley, 2019. Vol. 131, № 46. P. 16615–16620.

2. Majdoub M., Anfar Z., Amedlous A. Emerging chemical functionalization of g-C₃N₄: Covalent/noncovalent modifications and applications // ACS Nano. American Chemical Society, 2020. Vol. 14, № 10. P. 12390–12469

3. Ni L. et al. Significantly Enhanced Photocatalytic Performance of the g-C₃N₄/Sulfur-Vacancy-Containing Zn₃In₂S₆Heterostructure for Photocatalytic H₂ and H₂O₂ Generation by Coupling Defects with Heterojunction Engineering // Inorg Chem. American Chemical Society, 2022. Vol. 61, № 48. P. 19552–19566.

4. Poomipuen K. et al. Dual Activation of Peroxymonosulfate Using MnFe₂O₄/g-C₃N₄ and Visible Light for the Efficient Degradation of Steroid Hormones: Performance, Mechanisms, and Environmental Impacts // ACS Omega. American Chemical Society, 2023.

УДК 347.426.356.3

Мерзликина А.И., Педан Д.О., Вергейчик А.В.

Научный руководитель: Ключникова Н.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ БЛОКОВ ДЛЯ
САД/САМ ФРЕЗЕРОВАНИЯ КОРОНОК
СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Такое направление в медицине как стоматология появилось в мире еще в XVII веке и с того времени оно претерпело множество изменений. Современный человек научился не только восстанавливать поврежденные каким-либо образом зубы, данные ему от рождения, но и воссоздавать с нуля зубные ряды, которые практически невозможно отличить от настоящих.

Да, безоговорочно, в наше время наибольшую популярность в сфере стоматологии имеет процедура пломбирования зубов. Но как поступить, если корень еще имеет возможность удерживать зуб в десне, а внешняя часть этого зуба оставляет желать лучшего и больше не подлежит восстановлению посредством пломбирования? В данном случае на помощь и стоматологу, и пациенту приходит такая процедура как «несъемное протезирование посредством установки коронок».

Процесс создания коронок требует колоссальных временных затрат. На выполнение и установку индивидуального протеза с

применением старых технологий требуется от 2,5 недель до целого месяца. Конечно, подавляющему большинству пациентов не требуется мгновенное протезирование, но не стоит оставлять без внимания тот факт, что в данном случае процесс создания коронки происходит в отсутствие пациента, и никто не может свести к нулю вероятность банальной человеческой ошибки на каждом из этапов, что в общем может привести к увеличению срока ожидания готового изделия чуть ли не в 2 раза [1].

Современная медицина стремится к упрощению работы стоматологов и сокращению периода лечения пациентов, именно поэтому постепенно набирают популярность методы изготовления постоянных коронок на основе полимерных материалов, использование которых позволяет буквально за несколько часов провести диагностику и произвести полноценное лечение [2].

Один из вариантов проведения процесса протезирования посредством коронок в современной стоматологии – вытачивание путем CAD/CAM фрезерования полимерных композиционных коронок из специальных блоков стандартных размеров с предварительным 3D-моделированием (компьютерное сканирование и проектирование), ведь зубной протез изготавливается индивидуально под каждого пациента с учетом его физиологических и анатомических особенностей [3].

ПКБ имеют широкий спектр оттенков, что позволяет практически незаметно интегрировать коронку в зубной ряд пациента, а также они обладают высокими физико-химическими и эксплуатационными характеристиками.

Полимерные композиционные блоки – это уже отвержденный готовый состав, имеющий вид прямоугольного параллелепипеда, из которого путем CAD/CAM фрезерования буквально за несколько минут изготавливается необходимых размеров и формы коронка.

Данные блоки изготавливаются на заводах путем 3D-печати и либо выходят в продажу уже готовым набором, содержащим несколько оттенков или размеров, либо, в отдельных случаях, изготавливаются на заказ большими партиями под конкретный размер или цвет [4].

На сегодняшний день весь стоматологический рынок, как и многие другие рынки, находится в состоянии сильнейшей нестабильности. Большинство ранее закупаемых зарубежных видов сырья и продукции недоступны для отечественного потребителя, в связи с чем отечественный рынок страдает от нехватки или полного исчезновения необходимых видов товаров. А те виды продукции, которые доступны для импорта, чаще всего либо экономически невыгодны, либо не

соответствуют требованиям нормативных документов, существующих в нашей стране.

Таким образом, современная ортопедическая стоматология нуждается в качественном материале отечественного производства, который может использоваться для изготовления постоянных коронок стоматологического назначения, соответствующих всем требованиям, предъявляемым такого рода протезам.

Совместно с предприятием АО «ОЭЗ ВладМиВа» была разработана технология изготовления полимерных композиционных блоков для CAD/CAM фрезерования коронок стоматологического назначения.

Основной технологический процесс получения ПКБ включает в себя следующие стадии:

- вспомогательные работы;
- подготовка сырья;
- ТП 3 - получение базисной части композиционной смеси для создания ПКБ;
- ТП 4 - получение готовых ПКБ;
- ТП 5 - фасовка;
- УМО 6 - упаковка.

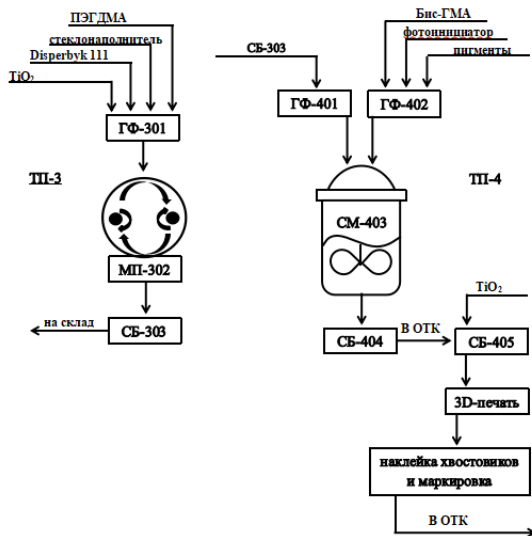


Рис. 1 Аппаратурная схема изготовления полимерных композиционных блоков

Для приготовления суспензии и равномерного распределения всех порошкообразных компонентов в массе полимерного связующего используется планетарная шаровая мельница Retsch PM100, куда загружаются все необходимые сырьевые компоненты [5].

Полная готовность базисной части композиционной смеси достигается при скорости вращения - 200 об/мин на протяжении 1 часа. Далее готовая композиционная смесь отправляется на склад, где может храниться до 1 месяца, а уже оттуда, в требуемом количестве направляется на стадию ТП-4.

Для приготовления рабочей полимерной композиционной смеси для 3D печати на стадии ТП-4 используется смеситель планетарный лабораторный СМ-502, в чашу которого загружаются все необходимые сырьевые компоненты.

Смешение происходит в течение 2-х часов, после чего готовая композиционная смесь отправляется на анализ в ОТК. После получения положительных результатов исследований из отдела технического контроля в полимерную смесь дополнительно вмешивается 0,1% диоксида титана. Следующим этапом является непосредственно 3D печать полимерных композиционных блоков на 3D-принтере Anycubic photons mono 2 ($\lambda_{\text{max}} = 405$ нм., толщина слоя 50 мкм., время засветки 3,5 с). Далее происходит наклейка металлических хвостовиков на каждый ПКБ, а также маркировка в соответствии с оттенком блока по шкале Вита, и уже полностью готовые блоки отправляются на финальную проверку качества в ОТК (рис. 1).

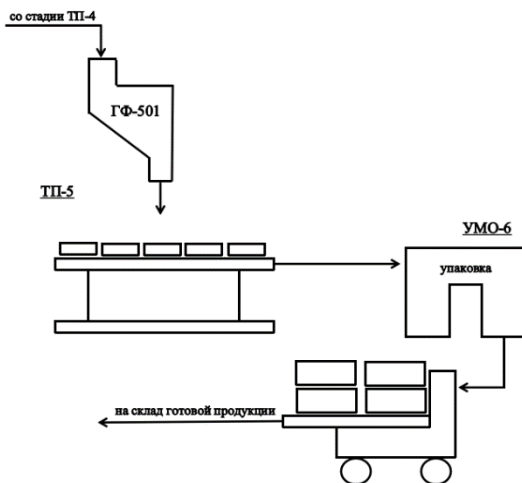


Рис.2 Аппаратурная схема стадий итоговой проверки, упаковки и отгрузки на склад хранения готовой продукции

Готовые полимерные композиционные блоки, прошедшие финальную проверку качества в ОТК, фасуются в темные пластиковые контейнеры и отправляются на стадию упаковки.

Полимерные композиционные блоки вручную укладываются по коробкам в зависимости от требований к составу набора (количество блоков, разнообразие оттенков, разнообразие размеров).

На коробках даторм указывают: идентификационный номер упаковщика; номер партии, присвоенный сотрудником ОТК; месяц и последние две цифры года выпуска; срок годности: «ехр. месяц, год».

Каждая коробка упаковывается в термоусадочную пленку, после чего упакованные партии предъявляют на контроль в ОТК для проведения приемо-сдаточных испытаний (рис. 2).

Для реализации ПКБ должны соответствовать следующим эксплуатационным характеристикам, которые нормируются государственными стандартами и технической документацией, применяемой на территории РФ:

- твердость по Шору;
- предел прочности при разрыве;
- прочность при изгибе;
- модуль упругости при изгибе.

Подводя итог всему, можно сделать вывод о том, что для успешного использования полимерных материалов в ортопедической стоматологии, необходимо владеть информацией о химических и физических свойствах каждого компонента, используемого в композиционной смеси, о достоинствах и недостатках различного рода базисных материалов, об особенностях их применения, а также об их физико-механических свойствах.

Применение полимерных материалов в несъемном протезировании посредством установки коронок открыло новую страницу ортопедической стоматологии, так как эти материалы имеют не только экономическое превосходство по сравнению с другими материалами, применяемыми для этих целей, но и требуют меньших усилий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ключникова Н.В., Гордеев С.А., Гордиенко М.Д. Полимерный композиционный материал на основе термопластичного полиимида// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №12. С. 126-129.

2. Нестерко Е.Э. Применение полимерных материалов в современной стоматологии / Е.Э. Нестерко, М.В. Бутова. Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2015. № 24.1 (104.1). С. 49-51.

3. Ряховский А.Н., Юмашев А.В. Варианты использования CAD/CAM систем в ортопедической стоматологии // Стоматология. 1999. Т. 78. № 4. С. 56-58.

4. Liu P.R. // Compend Contin. Educ. Dent. 2005. №7. С. 507–508.

5. Полимерные смеси. / Под ред. Д. Пол, К. Бакнелл. Пер. с англ. под ред. В.Н. Кулезнева.. СПб.: Научные основы и технологии. Т.2. 2011. С. 1224.

УДК 621.039.572

Митина Д.А., Курулева У.Е., Истратий И.И.

Научный руководитель: Клименко В.Г., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ РЕАКТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

В настоящее время используемые ядерные реакторы второго и третьего поколений, несмотря на значительные достижения в области безопасности и эффективности, все еще обладают недостатками, которые необходимо решить. В первую очередь, это проблемы утилизации использованного ядерного топлива, которое становится непригодным для дальнейшего получения энергии из-за накопления продуктов деления. Еще есть риски, связанные с радиационной угрозой. Кроме того, ядерная энергетика является достаточно дорогим производством.

Ответом на эти вызовы являются разработки реакторов четвертого поколения. Они призваны предоставить новый уровень энергетической безопасности, экономической эффективности и экологической устойчивости. Реакторы нового поколения должны быть спроектированы таким образом, чтобы исключить вероятность крупных катастроф, обладать неограниченной на длительный период времени сырьевой базой и быть малоотходными.

Будущее ядерной энергетики находится в руках технического прогресса и разработок, направленных на улучшение безопасности и эффективности, и в этом контексте успех в осуществлении перехода к реакторам четвертого поколения может иметь решающее значение для обеспечения устойчивого и безопасного энергоснабжения в будущем.

В связи с этим *целью* данной статьи заключается в исследование ядерных энергетических установок четвертого поколения на примере Брест-ОД-300.

Поставленные в этой работе *задачи*, звучат следующим образом:

1. Проанализировать уровень безопасности ядерных реакторов четвертого поколения;
2. Изучить особенности процессов работы ядерных энергетических установок;
3. Исследовать замкнутый топливный цикл
4. Выяснить экологическое влияние исследуемых объектов.

Разработка реакторов нового, четвертого поколения активно проводится во многих государствах, включая Россию. В Северске в данный момент возводится передовой реактор БРЕСТ-ОД-300, который расширяется как «быстрый реактор естественной безопасности, опытный демонстрационный, мощностью 300 МВт». Этот проект предусматривает создание опытного демонстрационного энергетического комплекса (ОДЭК), который и способствует принадлежности реактора БРЕСТ-ОД-300 к четвертому поколению. Так как в этот комплекс, помимо ядерной установки, входят блоки переработки облученного топлива и фабрикация нового, что способствует к замыканию ядерного топливного цикла на площадке атомной станции.

В контексте безопасности БРЕСТ-ОД-300, благодаря ряду преимуществ, выделяется на фоне существующих реакторов. Уникальность этого проекта состоит в том, что это первая установка, спроектированная для работы на смешанном нитридном уран-плутониевом топливе (СНУП-топливо). СНУП-топливо представляет собой экспериментальный вид керамического ядерного топлива, которое состоит из двух главных составляющих – обедненного урана, то есть побочного продукта обогащения урана для ядерных реакторов, а также плутония, извлекаемого из облученного ядерного топлива [1].

Это топливо, по сравнению с МОКС-топливом, является более перспективным благодаря тому, что обладает более высокой теплопроводностью. Это в результате может привести к увеличению эффективности работы реактора. А также отличие от МОКС-топлива в большей плотности, что делает его более компактным и энергоемким.

Еще одна особенность реактора БРЕСТ-ОД-300 заключается в том, что его теплоносителем является свинец, который обладает большим количеством достоинств. Этот материал имеет температуру плавления около 330 °С, а кипения – почти 1750 °С. Помимо того, что благодаря этому образуется значительный диапазон рабочих температур, это в

равной мере способствует энергоблоку БРЕСТ-ОД-300 иметь электрический КПД, который сможет достигать 40-45%, выше, чем у ВВЭР. Свинцовый теплоноситель при взаимодействии с водой и воздухом химически пассивен, что исключает химические или тепловые взрывы при разгерметизации первого контура реактора. Благодаря высокой плотности свинец является отличным материалом для экранирования радиации, включая гамма-лучи и рентгеновское излучение.

Таким образом, комбинация физико-химических свойств свинцового теплоносителя и СНУП-топлива позволяет создать отличные условия для полного воспроизводства делящихся нуклидов в активной зоне реактора и стабилизации размножающих свойств реактора, что способствует работе при малом и стабильном запасе реактивности. Такой подход исключает аварийные ситуации с неконтролируемым ростом мощности, разрушением топлива и выбросом радиоактивных веществ [2-3].

Реактор БРЕСТ-ОД-300 функционирует по двухконтурной схеме, а также обладает интегральной компоновкой оборудования первого контура. Активная зона располагается в центральной полости железобетонного бассейна, заполненного жидким свинцом. В периферийных полостях расположены парогенераторы, главные циркуляционные насосы, которые должны создавать напор теплоносителя и обеспечивать его стабильный поток в первом контуре.

Принцип работы системы циркуляции свинца по первому контуру основан на механизме сообщающихся сосудов. Насосы перемещают «холодный» свинец на верхний уровень контура, после этого он стекает до входа в активную зону, проходя через нее снизу вверх, нагревается, а затем поднимается до входа в парогенераторы, которым отдает свое тепло воде второго контура и движется обратно в камеры насосов. Вода второго контура в виде пара вращает турбину, передающую энергию электрогенератору, который производит электроэнергию.

Такая схема циркуляции уменьшает риск потенциального попадания в активную зону вместе с теплоносителем паровых пузырей, которые выходят при разгерметизации парогенератора. Это устраняет возможность возникновения положительного пустотного эффекта реактивности, который вызывает всплеск мощности [4-5].

Помимо самого реактора, замкнутый цикл ОДЭК формирует также модуль фабрикации и рефабрикации (МФР), который предназначен для изготовления СНУП-топлива для стартовой загрузки и перегрузок реактора БРЕСТ-ОД-300. Этот модуль дает возможность работать как с исходными материалами, так и с продуктами переработки

отработанного ядерного топлива (ОЯТ) реактора. Также модуль фабрикации и рефабрикации предусматривает включение в состав топлива минорных актинидов для последующей их трансмутации, что подразумевает дожигание минорных актинидов в реакторе. Таким образом, МФР позволяет эффективно использовать ресурсы, а также способствует уменьшению негативного влияния на окружающую среду.

Замыкается ядерный топливный цикл в модуле переработки отработавшего ядерного топлива. Пирохимическо-гидрометаллургическая технология является основой модуля. Данный метод позволяет эффективно обрабатывать отработанные ядерные материалы и производить порошки для последующей рефабрикации свежего топлива. Это позволяет сократить затраты на производство нового топлива, а также уменьшить количество отходов, которые требуют хранения и утилизации.

Радиационно-эквивалентный подход в замкнутом ядерном топливном цикле является основным способом решения потенциальных экологических проблем при обращении с радиоактивными отходами (РАО). Данный подход предполагает, что радиационная безопасность окружающей среды обеспечивается не техническими средствами и способами, а самим отсутствием активности сверх имеющихся уже природных уровней.

БРЕСТ-ОД-300 уже характеризуется «естественной безопасностью». По утверждениям его создателей, реактор исключает возможность разгона мгновенных нейтронов, что стало причиной наиболее серьезных аварий на атомных электростанциях. Инновационная конструкция реактора БРЕСТ-ОД-300 предотвращает подобные сценарии, делая его значительно безопаснее [1].

Кроме того, замкнутый топливный цикл, применяемый в этом реакторе, служит повышению экологической чистоты его работы. Образующиеся в процессе минорные актиниды возвращаются в реактор в составе регенерированного топлива, где их «пережигают». Радиоактивные отходы, которые остаются, направляют «вылеживаться» в хранилище прямо на территории ОДЭК. Таким образом, сокращается и количество людей, которым необходимо провзаимодействовать с РАО, например, при транспортировке.

Особое значение имеет факт, что в реакторе БРЕСТ-ОД-300 не происходит формирования избыточных запасов плутония, который, как известно, может быть использован в военных целях для создания ядерного оружия. Это делает такой тип реакторов предпочтительным для строительства в различных странах, включая те, которые только

начинают развивать свою ядерную энергетику, без риска нарушения международных договоров о нераспространении ядерного оружия.

Таким образом, внедрение таких технологий, как радиационно-эквивалентный подход и замкнутый топливный цикл в реакторах нового поколения, обеспечивает не только высокую степень безопасности и защиту окружающей среды, но и способствует устойчивому развитию ядерной энергетики на мировом уровне.

В заключении, можно сказать, что в городе Северск Томской области в начале 2024 года уже приступили к монтажу реактора БРЕСТ-ОД-300. В настоящее время реакторная установка только собирается быть реализованной, поэтому все еще возникают конструкционные нюансы, которые решаются опытными учеными и инженерами. В этом контексте ядерная энергетика является вопросом, который постоянно нуждается в научных исследованиях, разработке новых методов и технологий, актуализации нормативных документов и улучшении системы государственного регулирования, чтобы соответствовать растущим требованиям и динамично меняющимся условиям современного техногенного мира.

В целом, комплекс ОДЭК имеет большой потенциал для улучшения эффективности использования ядерного топлива и снижения негативного влияния на окружающую среду. Он представляет собой важный шаг в направлении более устойчивой и экологически чистой энергетики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О проекте // Проект Прорыв Росатом URL: <https://progyv2020.ru/o-proekte/> (дата обращения: 10.04.2024).

2. БРЕСТ-ОД-300 // ФЭИ РОСАТОМ URL: <https://www.ippe.ru> дата обращения: 9.04.2024).

3. Клименко В.Г. Технология основных материалов современной энергетики / Клименко В.Г., Володченко А. Н. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. - 183 с

4. Свинцовый реактор «в железе» // РОСАТОМ NEWSLETTER URL: <https://rosatomnewsletter.com/ru> (дата обращения: 7.04.2024).

5. Быстрый реактор со свинцовым теплоносителем БРЕСТ: от концепции к реализации технологии/ Адамов Е.О., Каплиенко А.В., Орлов В.В. [и др.] // Атомная энергия. - 2020. - №Том 129, выпуск 4. - С. 185-194.

6. Матюхин П.В., Косов А.В. Композиционные материалы для защиты от космической радиации // В сборнике: Международная

научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. - С. 583-587.

УДК 004.021

*Морозов Д.А., Барышникова В.Д., Харитонов С.Д.
Научный руководитель: Буханов Д.Г., канд. техн. наук, ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОЗДАНИЕ СРЕДЫ ИЗОЛИРОВАННОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ВРЕДНОСНОГО КОДА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРОВЕРКИ ПРОЕКТОВ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ФАЙЛОВ

В современном мире сфера образования является одной из важнейших для любого государства. Задача создания подходящих условий для обучения высококвалифицированных кадров, являющихся двигателем сегодняшней экономики, важна как никогда [1]. Обучение специалистов в области информационных технологий создает особый вызов в данных условиях, поскольку сфера информационных технологий является одной из самых стремительно изменяющихся и растущих сфер современности [2].

Для организации обучения специалистов данной области на сегодняшний день интегрируется множество инструментов цифрового образования, различные онлайн-платформы, позволяющие эффективно выстроить процесс обучения.

Примерами подобных платформ служат онлайн-платформы Stepik, Leetcode, Codeforces, Яндекс.Контест. Созданные в разное время, они в том или ином виде предоставляют функционал, позволяющий организовать автоматизированную проверку задач по программированию путем компиляции и выполнения кода, отправляемого студентами, на наборах тестовых данных.

Инструменты проверки данных платформ базируются на различных программных решениях, но их объединяет один и тот же подход – применение виртуализации и контейнеризации.

Виртуализация позволяет скрыть реализацию различных ресурсов с помощью универсальных методов обращения к ним. Наиболее часто применяется аппаратная виртуализация, имитирующая аппаратные ресурсы – процессор, память, диск и т.д. Использование этого механизма позволяет вышеупомянутым онлайн-платформам изолировать выполнение определенного программного обеспечения с

целью повышения безопасности в случае, если программное обеспечение является потенциально опасным в силу недостоверности его источника.

В отличие от виртуализации, контейнеризация подразумевает поддержку нескольких изолированных пространств пользователя в рамках одной операционной системы. В системах изоляции с высокой нагрузкой она применяется чаще, т.к. приводит к меньшим накладным расходам в связи с отсутствием виртуализации используемых ресурсов – производится управление видимостью и лимитами расхода реальных ресурсов.

Одной важной особенностью, объединяющей реализации данных онлайн-платформ, является, что данные платформы предоставляют возможность проверки программ, состоящих только из одного файла. Отсутствует возможность проверки программных проектов, состоящих из множества файлов. Это является большим препятствием при использовании данных инструментов в рамках образовательного процесса высших учебных заведений.

Одно из важнейших направлений при обучении студентов-программистов в высших учебных заведениях является прививание правильной культуры разработки программного обеспечения. Это подразумевает соблюдение определенных правил и стандартов, доказавших свою эффективность при разработке реального программного обеспечения.

Центральным правилом разработки программного обеспечения является соблюдение модульного подхода. Он подразумевает разделение разрабатываемого программного обеспечения на определенные компоненты, взаимодействующие друг с другом. Это позволяет упростить разработку и поддержку кода командой разработчиков, эффективно выстроить рабочий процесс в рамках проекта.

При применении вышеупомянутых платформ отсутствует возможность организовать практику данного навыка. Частое применение данных платформ на ранних этапах может привести к привычке небрежно писать программный код, отсутствию развития навыков проектирования и разделения программного обеспечения на систему взаимосвязанных компонентов.

Это приводит к необходимости создания среды изолированного выполнения потенциально вредоносного кода с возможностью проверки программных проектов из нескольких файлов.

Контейнеризация выбрана основным механизмом изоляции разрабатываемой системы, так как позволяет изолировать решения с

меньшими накладными расходами по сравнению с виртуализацией.

Одним из самых популярных решений в данной области является программное обеспечение Docker, используемое большинством организаций сегодня [3]. На сегодняшний день Docker является стандартом отрасли, поддерживаемым и развиваемым международным сообществом на протяжении длительного времени, что делает данное программное обеспечение надежным выбором. Так как при создании Docker разработчики ориентировались на системы изолирования Linux, разработка среды изолированного выполнения потенциально вредоносного кода производится под операционную систему Linux.

Приложения с помощью Docker распространяются в виде Docker-образов – результата «упаковки» приложения вместе с его зависимостями в единый ресурс. Из образов производится запуск контейнеров, являющихся изолированной средой со всеми необходимыми зависимостями для работы приложения.

Образы хранятся в реестрах образов. Механизмы хранения образов Docker позволяют эффективно использовать объем файловой системы при совпадении команд сборки образов.

Docker не обладает необходимыми механизмами для непосредственного его применения в качестве среды изоляции потенциально вредоносного кода.

Для достижения необходимого уровня безопасности в условиях приема кода от недоверенных пользователей необходимо применение дополнительные инструменты.

Для изоляции программ внутри контейнера и контроля над их выполнением применена программа `isolate` [4], разработанная командой «Международной олимпиады по информатике».

Для полноценного контроля над ресурсами программ, использующих более одного потока, `isolate` требует доступ к механизму `cgroups`, позволяющему ограничивать расход ресурсов определенной программой [5]. Это является важным моментом, так как, например, язык программирования `Golang` при запуске приложения создает дополнительные потоки для системных целей, что приводит к нарушению выполнения программы и невозможности правильно контролировать расход ресурсов при применении `isolate`.

Docker предоставляет доступ к `cgroups` только на чтение. Для обхода данного ограничения применена среда выполнения контейнеров `Sysbox` [6], создающая контейнеры и управляющая их жизненным циклом с применением дополнительных мер виртуализации ресурсов, что делает контейнеры безопаснее, чем при запуске со стандартной средой выполнения контейнеров `glibc`.

Таким образом реализована возможность запуска isolate внутри Docker-контейнеров и контроля выполнения программ.

Схема организации хранения образов представлена на рис. 1.

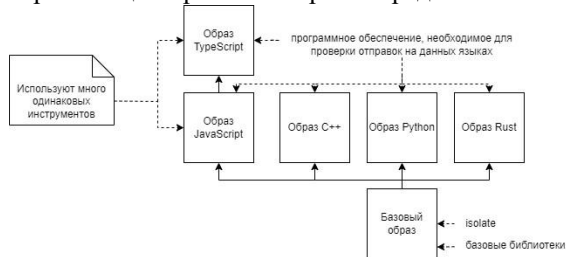


Рис. 1 Схема хранения образов системы

Для эффективного применения данной системы в условиях множества отправок необходима возможность масштабирования. Данное свойство системы было достигнуто с помощью использования брокера сообщений, позволяющего организовать общение компонентов системы с помощью посредника. Схема работы системы изображена на рис. 2.



Рис. 2 Схема работы системы с использованием брокера сообщений

Общая схема работы системы изображена на рис. 3.

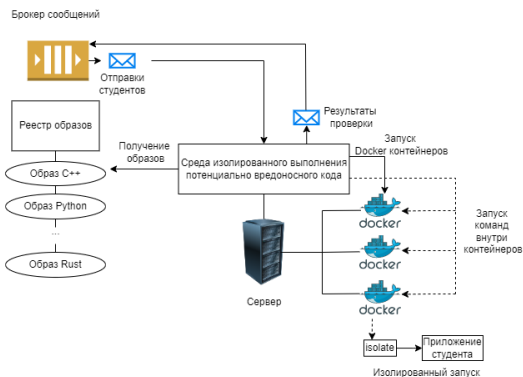


Рис. 3 Общая схема работы системы

Программная система получает задачи из внешнего источника, и производит запуск контейнера с необходимыми инструментами для проверки, контролируя выполнение команд посредством программного интерфейса Docker.

Таким образом была разработана программная система на языке программирования Golang, имеющая возможность проверки программных проектов из нескольких файлов, реализованная с помощью применения различных инструментов, в том числе программы isolate, позволяющей запускать многопоточные программы и компиляторы в изолированной среде.

Было произведено тестирование системы. Выполнялась одновременная подача определенного количества отправок системе, содержащих программный проект на языке C++ из 3 файлов объемом 1 Кб, результатом сборки которого является программа, выводящая в стандартный поток вывода текстовые сообщения, удовлетворяющие всем ожидаемым значениям тестовых данных. В рамках данного тестирования запуск производится на 3 наборах тестовых данных для каждой отправки.

Результаты тестирования системы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты тестирования

№	Количество отправок, шт	Время обработки всех отправок, сек	Среднее время обработки отправки, сек
1	20	100	5
2	40	205	5,125
3	60	308	5,13
4	80	424	5,3
5	100	543	5,43

Результаты тестирования демонстрируют работоспособность системы и её эффективность – с ростом количества отправок среднее время проверки решения увеличивается незначительно.

Данная программная система может быть использована для реализации специальной образовательной платформы для студентов-программистов высших учебных заведений с целью организации автоматизированной проверки задач по программированию, в том числе программных проектов из множества файлов.

Данная программная система основана на популярных, поддерживаемых инструментах с богатым функционалом – Sysbox, Docker, isolate, что делает перспективным дальнейшую поддержку и развитие системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Демура Н.А. Факторы устойчивого промышленного развития // XXV Международная научно-практическая конференция «Наукоемкие технологии и инновации». 2023. С. 1459-1462
2. Заикина Л.В. Цифровые технологии в современных условиях // XXIV Международная научно-практическая конференция «Наукоемкие технологии и инновации». 2021. С. 530-534
3. Милл, И. Docker на практике / И. Милл, Э. Х. Сейерс – пер. Д.А. Беликов – М.: «ДМК Пресс», 2020. – 516 с.
4. Репозиторий программы isolate [Электронный ресурс], URL: <https://github.com/loi/isolate> (дата обращения: 12.05.24)
5. Негус, К. Библия Linux / К. Негус – СПб.: Питер, 2022. – 928 с.
6. Репозиторий среды выполнения контейнеров Sysbox [Электронный ресурс], URL: <https://github.com/nestybox/sysbox> (дата обращения 12.05.24)

УДК 662.767.2

Олейникова Е.Е.

*Научный руководитель: Слобожанинова М.В., мл. науч. сотр.
Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр
Российской академии наук», г. Казань, Россия*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АНАЭРОБНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

В последние годы стала широко изучаться переработка органических отходов с помощью технологии анаэробной

ферментации. Повышенный интерес к данному процессу вызван двумя причинами. Первая причина – переработка отходов, позволяющая сократить негативное воздействие на окружающую среду путем предотвращения неконтролируемых выбросов парниковых газов. Вторая – получение в результате процесса ценных продуктов – биогаза, способного заменить традиционные источники энергии, и биоудобрения, обладающего лучшими свойствами, чем удобрения на химической основе [1, 2, 3].

Навоз крупного рогатого скота, в первую очередь коровий, является одним из крупнейших органических отходов в мире. Известно, что коровий навоз представляет собой отличный субстрат для анаэробной переработки, поскольку богат питательными веществами, необходимыми для оптимального роста анаэробных микроорганизмов, обладает высокой буферной способностью и высоким содержанием азота. Энергия, получаемая из 1 т сухого навоза скота, сопоставима с энергией 0,375 т ископаемого угля, поэтому биогаз, полученный в результате ферментации, можно использовать как топливо для теплоэнергетических систем (ТЭЦ) [4, 5].

К недостаткам анаэробной ферментации коровьего навоза, ограничивающим ее применение, относится возникновение ингибирующего эффекта из-за низкого соотношения C:N, последствием чего является низкий выход биогаза. Таким образом, технологию анаэробного сбраживания коровьего навоза необходимо модифицировать, чтобы повысить эффективность процесса.

К распространенным способам повышения эффективности данного процесса относится совместная ферментация с другими видами биомассы, в основном растительными отходами, а также добавление углеродсодержащих добавок, в результате чего повышается разнообразие микроорганизмов и снижается ингибирующее воздействие [1,6].

В данной работе была предпринята попытка совершенствования анаэробной переработки коровьего навоза путем совместного сбраживания с таким растительным сырьем, как амарант, и добавлением биоугля.

В качестве основного субстрата был выбран коровий навоз, собранный в частном хозяйстве в Республике Татарстан, с содержанием сухого вещества (СВ) 19,06% и 8,72% зольности. Как ко-субстрат использовалась фитомасса амаранта красного, содержащая 92,50% СВ и 13,29% зольности, а как углеродсодержащая добавка – биоуголь из луги подсолнечника (94,80% СВ, 10,07% зольности), полученный в результате пиролизической переработки при температуре 550°С.

Исследование проходило на биогазовой установке лабораторного масштаба, включающей 12 биореакторов объемом 400 мл, работающих в мезофильном температурном режиме (37°C), 12 сборников биогаза и водяной бани. Проводилось четыре параллельных эксперимента со следующим составом субстрата:

1. Эксперимент №1 (контроль): 80 г навоза и 250 мл воды.
2. Эксперимент №2: 80 г навоза, 0,1 г биоугля и 250 мл воды.
3. Эксперимент №3: 64 г навоза, 4г амаранта и 250 мл воды.
4. Эксперимент №4: 64 г навоза, 0,1 г биоугля, 4 г амаранта и 250 мл воды.

мл воды.

Объем образовавшегося биогаза измерялся каждый день на протяжении 48 дней. По полученным результатам построен график кинетики газообразования в эксперименте (Рис. 1).

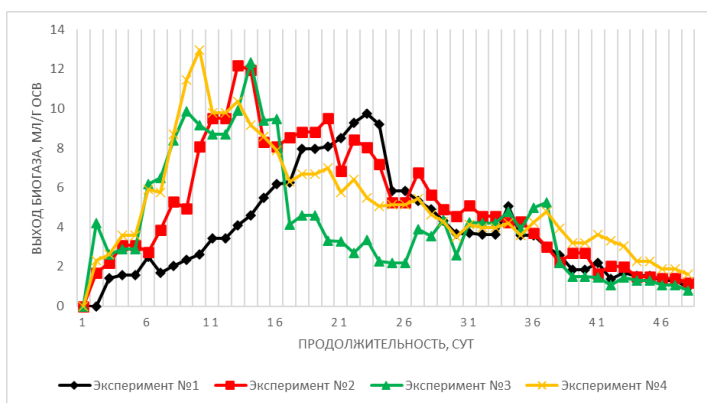


Рис. 1 Кинетика образования биогаза в эксперименте

Максимальный выход биогаза в контрольном опыте составил 9,75 мл/г оСВ (органического сухого вещества) на 23 день ферментации, а общее количество выделившегося газа - 184,20 мл/г оСВ. Для эксперимента №4 характерен наибольший выход биогаза (249,04 мл/г оСВ), при этом суточный объем газа достиг своего максимального значения уже на 10 день и составил 12,96 мл/г оСВ.

В экспериментах №2 и №3 максимальный выход газа наблюдался на 13 (12,18 мл/г оСВ) и 14 (12,33 мл/г оСВ) день, соответственно. Эксперимент №2, также как и №4, отличается большим выходом биогаза (242,83 мл/г оСВ), тогда как в эксперименте №3 выход газа значительно ниже (204,54 мл/г оСВ), но все равно превышает суммарный выход в контрольном опыте.

Также из графика видно, что во всех трёх экспериментах

интенсивное образование биогаза начинается раньше, чем в контроле, при этом наименьшая продолжительность лаг-фазы наблюдается в экспериментах №3 и №4 и составляет 5 суток. В эксперименте №2 лаг-фаза составляет 7 дней, что на 2 дня меньше, чем в контроле.

Для оценки правдивости полученных результатов проведен однофакторный дисперсионный анализ с установленным погром значимости 0,05. Анализировался кумулятивный выход биогаза, выраженный в мл/г оСВ. Результаты анализа приведены в таблице.

Таблица – Результаты дисперсионного анализа

Эксперимент, m	Число наблюдений, n	Сумма значений наблюдений	Среднее значение наблюдений		Дисперсия	
№1	48	4678,831	97,476		4619,718	
№2	48	6763,480	140,906		7243,962	
№3	48	6069,036	126,438		4371,223	
№4	48	7005,648	145,951		6570,459	
Дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F _{крит}
Между экспериментами	68284,6	3	22761,5	3,992	0,009	2,653
Внутри экспериментов	1071852,1	188	5701,3			
Итого	1140136,7	191				

Достоверность оценивалась посредством критерия Фишера (F) и уровня статической значимости (P-значение), рассчитываемых в процессе анализа. При m=4 и n=48 рассчитываемый критерий Фишера (F=3,992) превышает критическое значение (F_{крит}=2,653), а уровень P-значения значительно ниже установленного порога значимости. Из этого следует вывод, что как совместное, так и отдельное внесение биоугля и фитомассы амаранта к коровьему навозу в процессе ферментации действительно оказывает влияние на выход биогаза.

Таким образом, результаты проделанной работы показали, что повысить эффективность производства биогаза из коровьего навоза можно путем добавления к сбраживаемому субстрату как фитомассы амаранта, так и биоугля из лузги подсолнечника. Однако наилучшие результаты показала анаэробная ферментация коровьего навоза с совместным сбраживанием амаранта и добавлением биоугля, при этом выход газа увеличивается на 35,2 %, а лаг-фаза сокращается на 4 дня.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bulkowska, K. Enhancement of biogas production from cattle manure using glycerine phase as a co-substrate in anaerobic digestion / K. Bulkowska, W. Mikucka, T. Pokoj // Fuel. – 2022. – Vol. 317. – P. 501– 508.
2. Modelling biogas production kinetics of various heavy metals exposed anaerobic fermentation process using sigmoidal growth functions / Y. Tian [et al.] // Waste and Biomass Valorization. – 2020. – Vol. 11. – P. 4837 – 4848.
3. Novel insights of impacts of solid content on high solid anaerobic digestion of cow manure: Kinetics and microbial community dynamics / M. Abid [et al.] // Bioresource Technology. – 2021. – Vol. 333. – P. 140 – 150.
4. Steam gasification of digestate after anaerobic digestion and dark fermentation of lignocellulosic biomass to produce syngas with high hydrogen content / S.S. Timofeeva [et al.] // International journal of hydrogen energy. – 2023. – Vol. 48. – № 21. – P. 7559 – 7568.
5. Energy valorization of cow manure by hydrothermal carbonization and anaerobic digestion / J.D. Marin-Batista [et al.] // Bioresource Technology. – 2020. – № 160. – P. 623 – 632.
6. Караева, Ю.В. Исследование процесса анаэробного сбраживания коровьего навоза и растительных отходов / Ю.В. Караева, С.С. Тимофеева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4. – С. 6 -10.

УДК 691.175

*Педан Д.О.; Иваненко Д.А.; Вергейчик А.В.
Научный руководитель: Ключникова Н.В., канд. техн. наук, доц
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ПОЛИМЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

Необходимость в напольных покрытиях, отвечающих высоким эксплуатационным требованиям, существует как для бытовых помещений, так и для промышленных. В химическом производстве требуется кислотоупорность, в производстве микропроцессоров – беспыльность, а в фармацевтической отрасли – гигиеничность. Несмотря на то, что наиболее распространенным и дешевым типом покрытия являются полы из бетона и цементно-песчаной стяжки, их

недостатки также очевидны: появление трещин и повреждений в процессе эксплуатации, образование пыли, низкая устойчивость к агрессивным средам и температурным перепадам [1]. В связи с этим были разработаны полимерные полы, предназначенные для решения этих проблем.

Полимерные полы – это поверхности без швов, обладающие рядом эксплуатационных характеристик, которые качественно превосходят бетонное основание. Толщина полимерных полов, их цвет и конкретные параметры могут быть регулируемы в зависимости от требований и потребностей заказчика. Благодаря своим особенностям полимерные полы становятся все более популярным выбором как для строительства новых объектов, так и для ремонта и реконструкции существующих покрытий.

Полимерные напольные покрытия обладают рядом эксплуатационных свойств, которые делают их привлекательными для использования:

- высокая адгезия к бетонному основанию;
- создание монолитного бесшовного покрытия с надежными соединениями с стенами и узлами помещения;
- стойкость к агрессивным средам и маслам;
- устойчивость к механическим воздействиям;
- устойчивость к вибрационным нагрузкам;
- влагостойкость;
- антистатичность;
- взрыво- и пожаробезопасность

Полимерные полы бывают:

- эпоксидные
- полиуретановые
- метилметакрилатные
- полиэфирные

Наиболее широкое применение получили полы на полиуретановой и эпоксидной основе.

Полимерные полы на полиуретановой основе обладают упруго-эластичными свойствами, что позволяет использовать их в помещениях с вибрационной нагрузкой. Производство полиуретана само по себе является энергоемким технологическим процессом. Его суть заключается в смешивании и термостатировании на сложном оборудовании двух компонентов – изоцианата и полиола [3].

Специально создаваемые полиуретановые составы применяют для изготовления радиационно-стойких и дезактивируемых наливных полов для предприятий точного машиностроения, атомной и

электронной промышленности. Они обладают стойкостью к растрескиванию и дефектам бетонной основы, а также к агрессивным средам и температурным перепадам, что расширяет их сферу применения от бытовых помещений до тяжелых промышленных условий [3]. Но есть и свои недостатки, среди которых сложность в изготовлении, которая требует большого опыта изготовителя, и долгий процесс полимеризации (полиуретановые полы будут готовы к использованию только через 7 дней после крайнего нанесения).

Наливное эпоксидное покрытие имеет состав, созданный всего из 2 компонентов: эпоксидной смолы и вещества-отвердителя для нее. Помимо этого, также имеются красящие пигменты, которые придают полу цвет, специальные добавки и наполнители. Эпоксидные полы, в отличие от полиуретановых, имеют меньшую эластичность, но отлично справляются с механическими нагрузками и устойчивы к кислотам, целочам и растворителям [2]. Они могут использоваться даже в переувлажненных помещениях и под действием горячей воды. Популярность эпоксидных полов также обусловлена различными методами и технологиями нанесения.[1] Однако высокая стоимость материалов и инструментов, необходимых для нанесения покрытия часто отталкивает людей от покупки. И к тому же, если "сказочно красивый" пол со временем надоеет, то поменять его - это очень непростая задача. Отбить затвердевшую «эпоксидку» можно только киркой или зубилом, которые вдребезги разнесут и основание.

Полимеры на основе метилметакрилата характеризуются быстрым отверждением всего за несколько часов, что позволяет укладывать их при низких температурах [1]. Однако такие полы стоят дороже полиуретановых и эпоксидных, и из-за быстрой полимеризации сложно достичь идеально ровного покрытия, требуя квалифицированных специалистов для заливки.

Полимеры на основе метилметакрилата подходят для помещений средней эксплуатационной нагрузки и неконцентрированных химических сред. Важно соблюдать технологию нанесения и учитывать специфический запах в процессе укладки.[2]

Полиэфирные полы обладают повышенной огнеупорностью и рекомендуются для использования на пожароопасных производствах, таких как деревообрабатывающие фабрики, типографии, склады и другие. Они не содержат искр и подходят для взрывоопасных производств, например, заводов военно-промышленного комплекса, лакокрасочных и нефтеперерабатывающих заводов.[1]

Преимущества полиэфирных полов включают в себя их относительно низкую стоимость по сравнению с другими

полимерными напольными покрытиями, высокую устойчивость к механическим воздействиям и быструю возможность ввода в эксплуатацию после нанесения. Однако есть некоторые недостатки, связанные с технологией нанесения, требующий опытных специалистов для работы с материалом.[3]



Рис 1. Стоимость полимерных полов.

Из диаграммы (рис 1.), мы видим, что самыми дорогими полимерными полами являются «метилметакрилатные» (в среднем 4600 руб. за кв. м.), а самыми дешевыми- «полиэфирные»(1500 руб. за кв. м.)

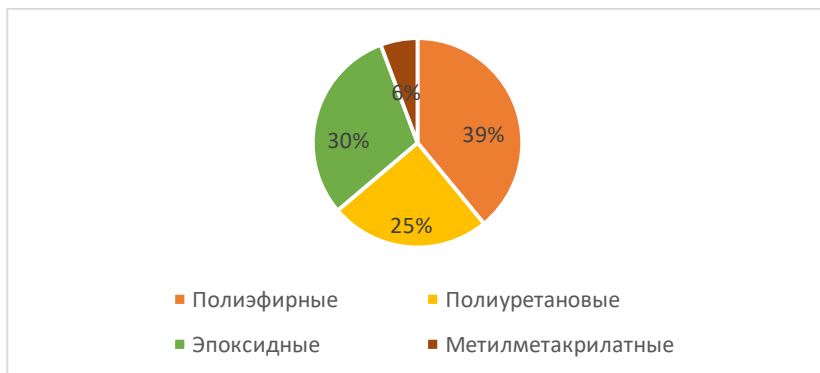


Рис 2. Количество продаж и популярность полимерных полов

Можно утверждать (рис 2.), что полимерные полы на основе полиметилметакрилата, несмотря на свое высокое качество, из-за высокой цены являются самыми непопулярными. Таким образом,

можно сделать вывод, что полимерные полы в наше время очень эффективны и пользуются высоким спросом на рынке. Складские терминалы, автомобильные комплексы, пищевая и аграрная промышленность, химическое и фармацевтическое производство ничто не может обойтись без них. На сегодняшний день наиболее распространенными и эффективными являются полиэфирные полимерные полы. И действительно, это вариант является самым лучшим из всех предложенных по соотношению «цена-качество» и пользуется большой популярностью на промышленных предприятиях, особенно с повышенной пожароопасностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ключникова Н.В. Защитные покрытия на основе модифицированных фенолформальдегидных композитов / Н.В. Ключникова, И. Генов, В.Д. Мухачева // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2017. — № 12. — С. 91-97.

2. Даваасенгэ С.С. Технология переработки полимерных отходов в строительные материалы / С.С. Даваасенгэ, О.Н. Буренина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2009. — №5(2) — С.1-3

3. Примеров О.С. Обзор методов переработки отходов полимерных материалов и анализ рынка вторичного сырья / О.С. Примеров, П.В. Макеев, А.С. Клинков // Молодой ученый. — 2013. — №6. — С. 121-123.

УДК 621.382

Плугин И.А.¹, Симоненко Т.Л.²

Научный руководитель: Сысоев В.В., д-р. техн. наук, проф.

*¹ Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия*

*² Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН, г.
Москва, Россия*

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ Co_3O_4 НА ХЕМОРЕЗИСТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕТЕРОСТРУКТУР ОКИСЛЕННЫХ $\text{Ti}_{0.2}\text{V}_{1.8}\text{C} / \text{Co}_3\text{O}_4$

Наиболее распространенным материалом, используемым в хеморезистивных датчиках газа, являются оксиды металлов. Их преимуществом являются повышенная устойчивость к изменениям

окружающей среды, высокий хеморезистивный отклик и малые времена реакций к воздействию аналитов из газовой фазы. При этом они функционируют, как правило, при относительно высоких рабочих температурах, до 400 °С. Напротив, активно исследуемые в последнее время двумерные кристаллические структуры генерируют отклик даже при комнатной температуре. Одним из примеров таких двумерных кристаллов являются максены. В этих материалах наблюдается хеморезистивный эффект [1] при комнатной температуре, однако по величине уступающий эффекту, характерному для оксидов. В связи с этим представляется интересным изучение хеморезистивных характеристик гетероструктур на основе максен/оксид металла М-ОМ, что и представляло цель этой работы.

Для изучения хеморезистивных характеристик гетероструктур М-ОМ была сформирована мультисенсорная линейка на поверхности кремниевой подложки, в конструкцию которой входили измерительные электроды, выполненные из Au с толщиной 50 нм и высотой 1 мкм, нагревательные меандры, терморезисторы и сенсорные слои, выполненные на основе референсных максенов $Ti_{0.2}V_{1.8}C$ [2], оксида металла вида Co_3O_4 и гетероструктур $Ti_{0.2}V_{1.8}C+2\%Co_3O_4$, $Ti_{0.2}V_{1.8}C+10\%Co_3O_4$. Нанесение сенсорных слоев производилось методом микроплоттерной печати с концентрацией наночастиц минимально необходимой для создания перколяционных дорожек между электродами, расположенными на расстоянии 50 нм друг от друга.

На первом этапе работы были изучены вольтамперные характеристики сформированных сенсорных элементов в потоке воздуха с относительной влажностью менее 2 % при температуре 370 °С, показавшие линейные зависимости (Рис. 1а). Анализ наклона показал, что добавление Co_3O_4 к максенам приводит к его уменьшению, причем чем больше концентрация оксида кобальта, тем наклон меньше (Рис. 1в).

Во время последующих экспериментов, на мультисенсорную линейку поочередно подавались сухой воздух и пары спиртов, таких как метанол, этанол, бутанол в концентрациях от 100 ppm до 2000 ppm и детектировалось изменение сопротивления сенсорных слоев (Рис. 1б). Было обнаружено, что значения сопротивления слоев при данной геометрической конфигурации датчиков при комнатной температуре оказались достаточно высокими для измерений. Поэтому основные измерения были произведены при температуре 370 °С, позволившей помимо прочего снизить значения сопротивления.

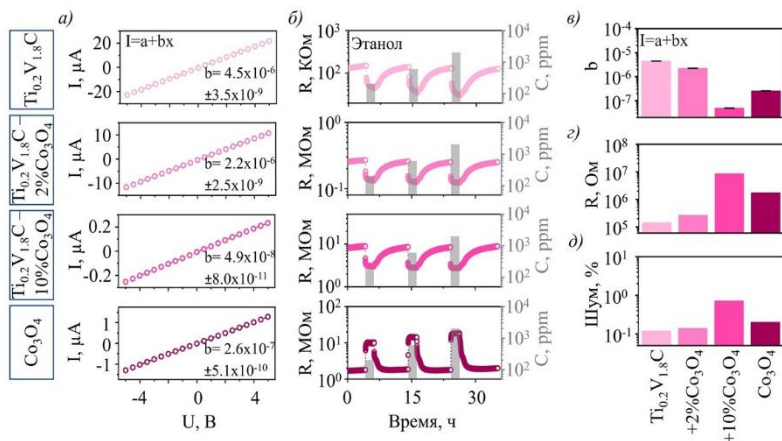


Рис. 1 Сигналы сенсорных элементов на основе референсных максенов $\text{Ti}_{0.2}\text{V}_{1.8}\text{C}$, оксида металла Co_3O_4 и гетероструктур $\text{Ti}_{0.2}\text{V}_{1.8}\text{C} + 2\%\text{Co}_3\text{O}_4$, $\text{Ti}_{0.2}\text{V}_{1.8}\text{C} + 10\%\text{Co}_3\text{O}_4$ при температуре 370 °C: а – вольтамперные характеристики в атмосфере сухого воздуха; б – зависимость сопротивления сенсорного слоя от атмосферы при приложении постоянного тока с электрическим смещением 5 В; в – сравнительный анализ наклона вольтамперных характеристик сенсорных слоев; г – сравнительный анализ сопротивления сенсорных слоев; д – сравнительный анализ шума сенсорных слоев

Как видно из графиков, сопротивление Co_3O_4 составляло порядка 2 МОм в атмосфере базового воздуха, а сопротивление максенов $\text{Ti}_{0.2}\text{V}_{1.8}\text{C}$ - около 150 кОм. При этом добавление Co_3O_4 к максенам приводило к увеличению сопротивления до 8 МОм (Рис. 1г). Анализ шумовой составляющей показал (Рис. 1д), что все материалы являются малошумными, однако добавление Co_3O_4 к максенам увеличивает шум; причем чем больше содержание оксида, тем больше шум. Следует отметить, что полученные зависимости вольтамперных характеристик, сопротивлений и шумовой составляющей коррелируют между собой.

Помимо этого, из графиков видно, что сорбция газовых молекул на поверхность сенсорных слоев приводила к увеличению сопротивления Co_3O_4 и уменьшению сопротивления остальных материалов. При этом замена сорбированных молекул газа на молекулы кислорода во время продувки чистым воздухом приводила к восстановлению сопротивлений до исходных значений. Расчёты откликов в виде относительного изменения сопротивления по отношению к базовому в процентах показали, что происходит небольшое увеличение откликов при увеличении концентрации паров аналитов в соответствии с

степенным законом (Рис. 2а), что указывает на приближение к порогу насыщения. Также, анализ наклона данных зависимостей (Рис. 2в) показывает, что добавление Co_3O_4 к максенам приводит к снижению порога насыщения с его постепенным увеличением в зависимости от концентрации оксида кобальта.

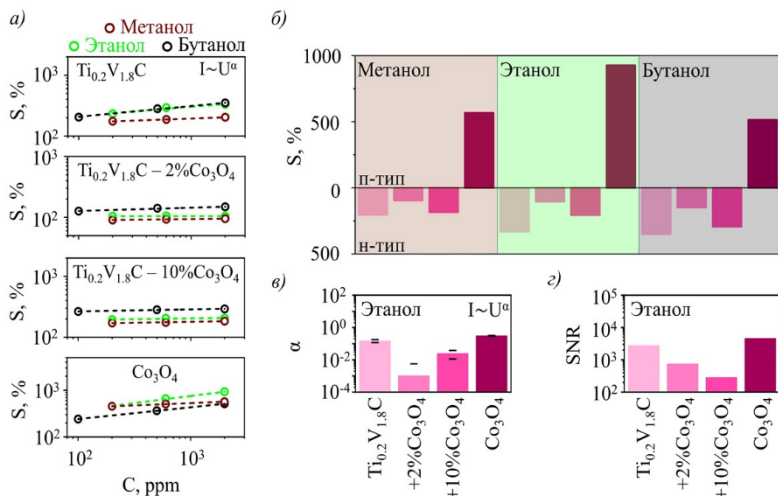


Рис. 2 Хеморезистивные характеристики сенсорных элементов на основе референсных максенов $\text{Ti}_{0.2}\text{V}_{1.8}\text{C}$, оксида металла Co_3O_4 и гетероструктур $\text{Ti}_{0.2}\text{V}_{1.8}\text{C}+2\%\text{Co}_3\text{O}_4$, $\text{Ti}_{0.2}\text{V}_{1.8}\text{C}+10\%\text{Co}_3\text{O}_4$ при температуре 370°C : *a* – зависимость отклика от концентрации паров анализитов; *б* – сравнительный анализ откликов от материала и анализита; *в* – сравнительный анализ наклона зависимости отклика от концентрации паров анализитов; *г* – сравнительный анализ отношения сигнала к шуму от материала сенсорного слоя

Сравнивая хеморезистивные отклики (Рис. 2б), можно отметить, что данные гибридные структуры являются наиболее чувствительными к парам бутанола, а наименее чувствительными к парам метанола; максены обладают самым низким откликом, а оксид – самым высоким, при этом добавление Co_3O_4 к $\text{Ti}_{0.2}\text{V}_{1.8}\text{C}$ приводит к снижению откликов с их дальнейшим ростом при увеличении концентрации оксида кобальта. В свою очередь расчет отношения сигнала к шуму (SNR) показывает (Рис. 2г), что совокупность изменений величины отклика и шумовой составляющей при добавлении Co_3O_4 к максенам приводят к уменьшению SNR так, что более высокая концентрация оксида кобальта ведет к уменьшению SNR. Данные зависимости также коррелируют с предыдущими.

Таким образом в работе были изучены хеморезистивные характеристики гибридных гетероструктур $Ti_{0.2}V_{1.8}C+2\%Co_3O_4$, $Ti_{0.2}V_{1.8}C+10\%Co_3O_4$, показавшие, что добавление 2% Co_3O_4 к максенам приводит к увеличению сопротивления и шума и уменьшению концентрации насыщения, величины хеморезистивных откликов на спирты, отношения сигнала к шуму и наклона ВАХ. Дальнейшее увеличение концентрации оксида кобальта в составе гетероструктуры приводит к увеличению значений сопротивления, шума, концентрации насыщения, отклика и уменьшению наклона ВАХ и отношения сигнала к шуму. Также показано, что данные гибридные наноструктуры обладают хеморезистивными откликами на пары спиртов в концентрации от 100 ppm до 2000 ppm с наибольшей чувствительностью к парам бутанола и наименьшей чувствительностью к парам метанола, однако не превышающими отклики $Ti_{0.2}V_{1.8}C$ и Co_3O_4 , а используемые концентрации приближены к пределу насыщения.

Благодарность. Авторы благодарят канд. хим. наук Симоненко Н.П. (ИОНХ РАН) за синтез максеновых структур и формирование сенсорных слоев.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-73-10251, <https://rscf.ru/project/21-73-10251/>.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pazniak, V. Partially oxidized $Ti_3C_2T_x$ MXenes for fast and selective detection of organic vapors at part-per-million concentrations / V. Pazniak, I.A. Plugin // ACS Applied Nano Materials. — 2020. — V 3. — № 3. — P. 3195-3204.
2. Simonenko, N.P. The $Ti_{0.2}V_{1.8}C$ MXene ink-prepared chemiresistor: from theory to test with humidity versus VOCs / N.P. Simonenko, O.E. Glukhova // Chemosensors. — 2023. — V 11. — № 1. — P. 007.
3. Pazniak, V. Partially oxidized $Ti_3C_2T_x$ MXenes for fast and selective detection of organic vapors at part-per-million concentrations / V. Pazniak, I.A. Plugin // ACS Applied Nano Materials. — 2020. — V 3. — № 3. — P. 3195-3204.

Пушкарская Д.В., Рыжих Д.А.

*Научный руководитель: Любушкин Р.А. канд. хим. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСС ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

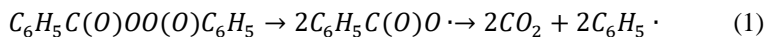
Одной из важных характеристик процесса полимеризации считается перспектива получения монодисперсных полимерных частиц с ранее упорядоченной структурой укладки элемента. Данная возможность является определяющей особенностью для формирования коллоидных кристаллов [1].

Учеными изучено множество методов модификаций свойств полимерных материалов. Самый распространённый метод предполагает синтез разных групп сополимеров на основе органических, а именно, виниловых мономеров [2]. Модификация коллоидных частиц различными мономерами расширяет спектр областей их дальнейшего применения (медицина, химические сенсоры, оптика, светорассеивающие материалы и др.), а также позволяет задавать им определенные термические и физико-химические свойства [3,4]. В данной статье были изучены изменения условий процесса полимеризации и процентного соотношения реакционной среды полимерных коллоидных кристаллов на основе полиметилметакрилата (ПММА). Основным преимуществом ПММА является его эффективное применение в процессах, требующих быстрого оседание частиц, и применениях оптических методов учета реакции.

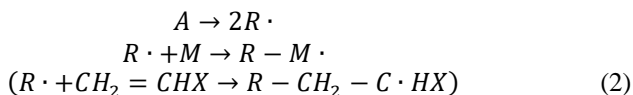
На процесс полимеризации воздействует множество факторов, таких как:

- скорость процесса;
- самопроизвольное тепловыделение в процессе реакции радикальной полимеризации;
- резкий и неконтролируемый рост молекулярной массы, который влияет на термическую стабильность хода реакции;
- показатель рН реакционной смеси, определяющий степень ионизации карбоксильных групп инициатора и карбоксилсодержащих продуктов процесса полимеризации;
- повышение температуры процесса и процентное соотношение реакционной среды [4,5].

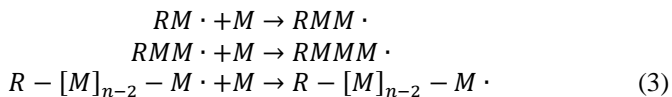
Химическое инициирование вследствие термического распада соединений происходит по формуле (1). Реакция протекает в результате распада инициатора А, образованием свободных радикалов R и дальнейшим взаимодействием с мономером М.



В качестве инициатора в работе использовали перекись бензоила. Процесс разложения вещества с образованием свободных радикалов происходит при достижении температурного диапазона от 80 до 95°C по формуле (2).



После реакции инициирования происходит рост цепи согласно формуле (3) при последующем присоединении молекул мономера к активному центру. Процесс происходит стремительно, характеризуется выделением большого количества тепла за счет низкой энергии активации.



Следующей стадией процесса является обрыв цепи гибели активных центров вследствие короткого жизненного цикла радикалов. Одной из причин нестабильности полимера является ослабление связей в процессе за счет ненасыщенных соединений. Результатом стадий полимеризации является образование геля и процесс перехода мономера в полимер [6].

В зависимости от процентного соотношения реакционной среды и времени проведения реакции полимеризации эффективность инициирования может изменяться от 60 до 80 %.

В работе рассматривались различные по соотношениям веществ и времени выдерживании составы в процессе полимеризации метилметакрилата (Табл. 1).

Таблица 1 Условия проведения эксперимента

п/п	Инициатор	Соотношение метилметакрилата/инициатор, масс. %	Температура процесса, °С	Время, ч	Выход полимера, %
1	Пероксид бензоила	1:0,1	87	5	87
2	Пероксид бензоила	1:0,1	87	7	86
3	Пероксид бензоила	1:0,5	87	5	85
4	Пероксид бензоила	1:0,5	87	7	84
5	Пероксид бензоила	1:0,1	90	5	87
6	Пероксид бензоила	1:0,1	90	7	85
7	Пероксид бензоила	1:0,5	90	5	90
8	Пероксид бензоила	1:0,5	90	7	89

В ходе исследований выявили, что наибольший выход полимера получается при соотношении компонентов 1:0,5 масс.%, температуре 90°С и времени процесса 5 ч, однако в таком случае будет наблюдаться максимальный гель-эффект – полимер будет более мутным, возможно образование трещин и пустот внутри синтезируемого вещества. Эти явления будут проявляться вследствие увеличения скорости процесса полимеризации, увеличения температуры. При этом наблюдается активное снижение показателя рН на последних стадиях синтеза, концентрация ионов гидроксила в реакционной смеси снижается порядка на 5-6 единиц, что свидетельствует о параллельном протекании процесса гидролиза в реакционной смеси. Смещение показателя рН в кислотную среду тем больше, чем выше он изначально.

Тепловыделение в процессе полимеризации можно снизить методом сополимеризации с химическими соединениями или методом ультрафиолетового облучения. Изменения кинетики процесса полимеризации и характеристик получаемого полимера связаны с комплексно-радикальным характером процесса.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FZWN-2024-0001с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыжов, В. А. Изучение влияния степени полимеризации на низкоэнергетические процессы в полиметилметакрилате и его короткоцепочечных олигомерах / В. А. Рыжов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2018. – № 3. – С. 28-37. – EDN YKKXJR.

2. Shevchenko O., Burenkova K., Voloshanovsky, I. Polymerization in solution as a way to optimize the synthesis of beta-diketone macroinitiators based on polymethylmethacrylate. Odesa National University Herald. Chemistry. 2016. 21. 58-66. 10.18524/2304-0947.2016.3(59).79589.

3. Троицкий, Б.Б. Термические свойства полиметилметакрилата, полученного безэмульгаторной эмульсионной полимеризацией / Б. Б. Троицкий, Л. В. Хохлова, В. Н. Денисова [и др.] // Журнал прикладной химии. – 2007. – Т. 80, № 9. – С. 1543-1546. – EDN ICCMEL.

4. Прут, Э.В. Разработка полимерных композиционных материалов на основе термопластичных эластомеров / Э.В. Прут, Н.И. Черкашина, А.В. Ястребинская // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. - С. 195-199.

5. Сигаева, Н.Н. Комплексно-радикальная полимеризация метилметакрилата в присутствии металлоценов / Н. Н. Сигаева, Р. Х. Юмагулова, А. К. Фризен, С. В. Колесов // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. – 2009. – Т. 51, № 7. – С. 1211-1217. – EDN KPTTPV.

6. Курмаз, С.В. Радикальная полимеризация метилметакрилата в присутствии низкомолекулярного полиметилметакрилата / С. В. Курмаз, Е. О. Перепелицына, В. В. Ожиганов [и др.] // Журнал прикладной химии. – 2008. – Т. 81, № 7. – С. 1155-1160. – EDN JTDLVL.

7. Осовская, И. И. Технология полимеров. Методы получения высокомолекулярных соединений: учеб. пособие / И. И. Осовская, А. Е. Баранова; М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.- Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023 — 74 с.- ISBN 978-5-91646-342-2.

ВЛИЯНИЕ ЗАМЕНЫ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ ТЕХНОГЕННЫМИ ОТХОДАМИ НА СВОЙСТВА И КАЧЕСТВО СУЛЬФОАЛЮМИНАТНОГО КЛИНКЕРА

Значительный исследовательский и экономический интерес представляет изучение возможности синтеза сульфатоалюминатного цемента (САЦ) с использованием техногенных материалов. Замена дефицитного и дорогостоящего алюминатного природного сырья на более доступное и дешевое позволит расширить объемы производства специальных цементов, а также решить задачи утилизации техногенных отходов.

Практическая значимость работы заключается в разработке составов и параметров синтеза сульфатированного цемента из техногенного сырья (фосфогипс, отходы ТЭС) и получение композиционного вяжущего с регулируемыми свойствами на основе сульфатсодержащего и портландцементного клинкера.

Для производства сульфатоалюминатных цементов необходимы сырьевые материалы, содержащие оксид кальция, оксид алюминия и сульфаты. В качестве алюмосодержащих сырьевых компонентов для синтеза использованы природный, но нетипичный для производства алюминатных цементов из-за высокого содержания оксида кремния – каолин и техногенные отходы Новоческасской и Рефтинской ТЭС. В качестве сульфатсодержащего компонента использованы природный гипсовый камень и отход производства минеральных удобрений – фосфогипс.

Расчет составов сульфатсодержащих цементов проводят по степени насыщения (СН) кремнезема гипсом и коэффициенту насыщения (КН), рассчитываемому на образование белита. Расчет сырьевой смеси должен соответствовать оптимальным значениям минералогического состава клинкера. $СН > 1$ предусматривает наличие свободного не связанного $CaSO_4$. Оптимальная степень насыщения находится в пределах 1,0 – 1,15.

Состав сырьевых смесей рассчитан с помощью встроенной функции электронных таблиц Excel – «поиск решения» по выходному параметру – КН и СН.

Для исследований рассчитаны материальные составы и синтезированы четыре сульфоалюминатных клинкера.

№ 0 - полностью из природных сырьевых материалов мела, каолина, гипсового камня.

Три клинкера с использованием техногенного сырья:

№ 1 - золы Рефтенской ТЭС и фосфогипса;

№ 2 - золошлака Новочеркаской ТЭС и фосфогипса;

№ 3 - золы Новочеркаской ТЭС, фосфогипса.

По данным рентгенофазового анализа в составе сульфоалюминатных клинкеров (САК) идентифицированы: C_3A_3CS - сульфоалюминат калиция, C_2SCS - сульфосиликат кальция, C_2S - белит, $CaSO_4$ - сульфат кальция, CaO - оксид кальция. Основной фазой САК является сульфоалюминат кальция и в незначительных количествах белит и гипс.

Для определения влияния замены природных компонентов техногенными отходами на свойства синтезированных сульфатированных цементов определены вяжущие свойства и гидравлическая активность синтезированных клинкеров.

Таблица 1 – Активность сульфоалюминатных клинкеров

Вид клинкера	Предел прочности на сжатии, МПа		
	Время твердения, сут		
	2	7	28
САЦ №0	45	46	71
САЦ №1	12	6	Расширение до разрушения
САЦ №2	Расширение до разрушения		
САЦ №3	Расширение до разрушения		

Образцы камня из САК №0, синтезированного из природного сырья, активно набирает прочность.

САЦ №1- с увеличением времени твердения теряет свою прочность и расширяется до разрушения.

САЦ №2, 3- при гидратном твердении расширяются до разрушения.

Визуально характер разрушения образцов из САЦ соответствует избыточному расширению. Свободный сульфат кальция, находящийся в составе клинкеров, провзаимодействовал при гидратации с алюминатной составляющей. В результате реакции образуется эттрингит в избыточном количестве, что и приводит к разрушающему

расширению. Рентгенофазовым анализом продуктов гидратации зафиксировано наличие значительного количества этtringита. Обнаруженные в составе продуктов гидратации гидроалюминаты и гидросиликаты кальция, предполагают, что снижение в составе вяжущей композиции количества этtringита, позволит гидроалюминатам и гидросиликатам кальция придать камню дополнительную прочность, а этtringит, в контролируемом количестве, будет способствовать уплотнению структуры.

Таким образом, САЦ №1, 2, 3 не могут быть использованы в качестве самостоятельного вяжущего. Но зафиксированное расширение предполагает возможность использования САЦ из техногенных отходов в качестве добавок к портландцементу, уплотняющих и(или) расширяющих цементный камень.

Таблица 2 – Влияние добавки сульфoалюминатных клинкеров на прочностные характеристики цементного камня

добав ка, %	Вяжущее	Предел прочности на сжатии, МПа		
		Время твердения, сут		
		2	7	28
0	ПЦ	21	42	72
10	ПЦ+САЦ №0	40	50	70
	ПЦ+САЦ №1	42	45	49
	ПЦ+САЦ №2	43	50	74
	ПЦ+САЦ №3	44	51	67
20	ПЦ+САЦ №0	36	41	66
	ПЦ+САЦ №1	35	41	56
	ПЦ+САЦ №2	43	35	52
	ПЦ+САЦ №3	45	40	61

По данным физико-механических испытаний, использование САЦ в качестве добавки к портландцементу увеличивает прочностные характеристики цементного камня по сравнению с камнем из цемента без добавок в возрасте двух суток твердения от 67% до 91%. В возрасте семи суток твердения, благодаря добавкам, прочность увеличивается от 14 до 48%. По показателям прочности к 28 суткам твердения установлено, что добавка САЦ в количестве выше 10%, вероятно из-за избыточного расширения приводит к снижению прочности камня, относительно показателей камня из портландцементного клинкера. До 110% повысить прочность композиций в начальные сроки твердения без потерь к 28 суткам возможно при использовании добавок САЦ, синтезированных из золы Рефтенской ТЭС, золы и золошлака

Новочеркасской ТЭС и фосфогипса.

По результатам работы установлено, что из природного сырья можно синтезировать сульфоалюминатный быстротвердеющий цемент. Из рассмотренных техногенных продуктов установлена возможность синтеза сульфоалюминатных добавок, увеличивающих прочностные характеристики цементного камня в ранние сроки твердения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен В. К. Техногенные материалы в производстве цемента: учебное пособие / В. К. Классен, И. Н. Борисов, В. Е. Мануйлов; под общ ред. В. К. Классена. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 126 с.

2. Борисов И. Н. Особенности процессов минералообразования при обжиге цементного клинкера с использованием медеплавильного шлака.// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 2. С.11-13.

3. Борисов И.Н., Мандикова О.С., Семин А.Н. Расширяющаяся добавка на основе сульфатированного и ферритного отходов для получения специальных цементов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №1. С. 125-128.

4. Goloviznina T.Y., Konovalov V.M., Morozova I.A. Sulfoaluminate Cement and Low-Temperature Roasting Additive from Low Aluminate Raw Materials with a High Content of Silicon Oxide// Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. T. 147. С 125-130

УДК 579.6

Санников М.В., Смирнов И.С.

Научный руководитель: Лаврентьев Ф.В., мл. науч. сотр.

Национальный исследовательский университет ИТМО,

г. Санкт-Петербург, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА БИОМАССУ И КОНЦЕНТРАЦИЮ ЖИВЫХ КЛЕТОК БАКТЕРИЙ *VACILLUS COAGULANS*

Культивирование микроорганизмов представляет собой достаточно сложный процесс, подверженный влиянию множества факторов, начиная от состава питательной среды и заканчивая физико-химическими параметрами. Температура, рН, доступность кислорода, освещение — все эти факторы играют ключевую роль в росте и развитии микроорганизмов.

При выборе оптимальных условий для культивирования необходимо учитывать особенности метаболизма каждого вида микроорганизмов. Например, некоторые виды являются аэробными, то есть требуют доступ кислорода для роста, в то время как другие предпочитают анаэробные условия, где кислород отсутствует или присутствует в очень низких концентрациях [1].

Культивирование микроорганизмов может осуществляться как на твердых, так и в жидких питательных средах. На твердых средах микроорганизмы обычно образуют колонии, что облегчает их идентификацию и изучение. В жидких средах микроорганизмы могут расти свободно, и этот метод часто используется для получения больших объемов культуры, необходимых для дальнейших исследований или производства.

Для оценки эффективности процесса культивирования обычно измеряют различные параметры, такие как концентрация живых клеток или их биомасса. Эти показатели помогают установить оптимальные условия для роста микроорганизмов и оптимизировать производственные процессы в различных областях, от медицины до промышленности.

Бактерии вида *Bacillus coagulans*, являясь пробиотической бактерией, имеет огромный потенциал в производстве различных функциональных кисломолочных продуктов [2], что становится особенно актуальным в контексте потребности в импортозамещении заквасочных продуктов, а также для улучшения здоровья населения и профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта, частота которых только за 2022 год составила более 15 млн случаев, и, что пугает, только увеличивается, с приростом порядка 3% в год [3].

Разработка оптимальных условий культивирования способствует улучшению технологических процессов и снижению экономических затрат на производство.

В ходе нашего исследования были изучены условия глубинного микроорганизма *Bacillus coagulans* МТСС 5856, путем изменения таких показателей как:

- культивирование в термостате-шейкере (со скоростью 200 об/мин) и без него,
 - добавление сахарозы в количестве 50 г на литр питательной среды,
 - добавление лактозы в количестве 50 г на литр питательной среды
- [4].

В качестве питательной среды была выбрана М17 (HIMEDIA, Индия), в качестве ростовых добавок использовались сахароза (х.ч.,

Химмаг, Россия) и лактоза (х.ч., Вектон, Россия), проводился глубинный посев и термостатирование в термостате и шейкере-инкубаторе в течение 20 часов при температуре $37 \pm 1^\circ\text{C}$. Эффективность условий культивирования оценивали при помощи метода Коха, эксперимент проводился в трёх повторностях.

В процессе исследования было установлено, что глубинное культивирование в термостате-шейкере положительно влияло на нарастание биомассы бактерий *Bacillus coagulans* и общей концентрации живых клеток в сравнении со стандартным культивированием (Рис. 1).

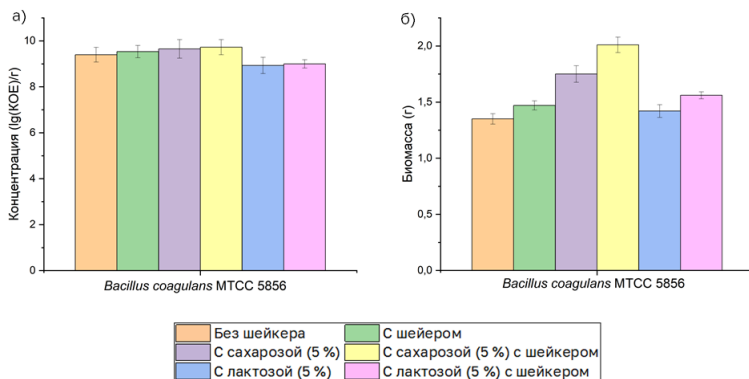


Рис. 1: (а) Выход биомассы бактерий и (б) концентрация живых бактерий при различных условиях культивирования.

Исследование выявило, что культивирование в термостате-шейкере положительно влияет на рост бактерий, что выражается в увеличении как концентрации живых клеток, так и биомассы по сравнению со стандартным культивированием. Добавление сахарозы в питательную среду способствует значительному увеличению концентрации живых клеток примерно на 30%, тогда как добавление лактозы оказывает менее выраженное воздействие, увеличивая концентрацию всего на 5–6%.

Наибольший прирост биомассы наблюдается при комбинировании сахарозы с культивированием в термостате-шейкере, что приводит к увеличению биомассы на 50%. В то время как добавление лактозы также несколько повышает биомассу, эффект от этого менее выражен по сравнению с добавлением сахарозы.

Таким образом, оптимальные условия для культивирования *Bacillus coagulans* включают использование термостата-шейкера и

добавление сахарозы в питательную среду. Эти условия существенно улучшают результаты культивирования, способствуя значительному увеличению как концентрации живых клеток, так и биомассы бактерий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акимов Е. К., Галиуллин А. К. Микробиологические подходы к процессам культивирования культур микроорганизмов // Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2013. №4.

2. Lavrentev, F. V., Ashikhmina, M. S., Ulasevich, S. A., Morozova, O. V., Orlova, O. Y., Skorb, E. V., & Iakovchenko, N. V. (2021). Perspectives of *Bacillus coagulans* MTCC 5856 in the production of fermented dairy products. LWT, 148.

3. Здоровоохранение в России. 2023: Стат.сб./Росстат. - М., 2023.

4. Miyoshi A, Rochat T, Gratadoux JJ, Le Loir Y, Oliveira SC, Langella P, Azevedo V. Oxidative stress in *Lactococcus lactis*. Genet Mol Res. 2003 Dec 30;2(4):348-59.

УДК 637.146.1

Смирнов И.С., Санников М.В.

Научный руководитель: Лаврентьев Ф. В., мл. науч. сотр.

Национальный исследовательский университет ИТМО,

г. Санкт-Петербург, Россия

ИЗУЧЕНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА (БИЙОГУРТА) НА ОСНОВЕ КОНСОРЦИУМА СО СПОРООБРАЗУЮЩИМ МИКРООРГАНИЗМОМ *BACILLUS COAGULANS*

В настоящее время остро стоит проблема дефицита заквасок из-за нарушенных поставок на фоне санкций, введённых против Российской Федерации, и отсутствия отечественных аналогов. В связи с этим возникает необходимость в разработке отечественных продуктов и последующем их внедрении в производственный процесс на предприятиях, специализирующихся на выпуске кисломолочной продукции. Поэтому множество компаний делают всё возможное для того, чтобы поддержать тренд импортозамещения в данной области. Актуальность данной разработки заключается в возможности пролонгации сроков хранения кисломолочной продукции за счёт выделяемых спорообразующими бактериями метаболитов, а также в способствовании оздоровлению населения Российской Федерации

благодаря употреблению продуктов, оказывающих пробиотический эффект, достигаемый за счёт использования пробиотических микроорганизмов [1].

В ходе исследования была установлена следующая цель – разработка закваски на основе консорциума со спорообразующим микроорганизмом *Bacillus coagulans* для дальнейшего изучения характеристик продукта во время его хранения [2]. Для этого был проведён ряд испытаний путём создания различных комбинаций кисломолочных микроорганизмов. Метод оценки органолептических свойств используется для оценки качества продуктов на основании чувственного восприятия человека. Органолептическая оценка включает в себя анализ визуальных составляющих продукта, запаха, вкусовых и текстурных характеристик. Изучение скорости кислотонакопления и скорости сквашивания образцов включало в себя следующие этапы: подготовка образцов, определение начальной кислотности с использованием рН-метра и метода титрования, сквашивание при температуре 43 ± 2 °С, периодического отбора для определения изменений кислотности во времени, обработки полученных результатов. Были исследованы органолептические свойства и скорость кислотонакопления, а следственно и коагуляции казеина различных комбинаций микроорганизмов в качестве добавочных культур к основному микроорганизму *Bacillus coagulans* [3]. На основании результатов органолептической оценки образцов йогурта (Рис. 1) наивысший балл получили образцы: *Bacillus coagulans* MTCC 5856 (*B. coagulans*) + *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* 14 (L. b. 14) + *Streptococcus thermophilus* 9 (S. t. 9), *B. coagulans* + S. t. 9, *B. coagulans* + S. t. 9 + *Lactobacillus plantarum* KI (L. p. KI), *B. coagulans* + S. t. 9 + *Lactobacillus animalis* 501 (L. animalis 501), *B. coagulans* + *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* D (L. b. D) + L. animalis 501, *B. coagulans* + *Streptococcus thermophilus* 1-5 (S. t. 1-5).

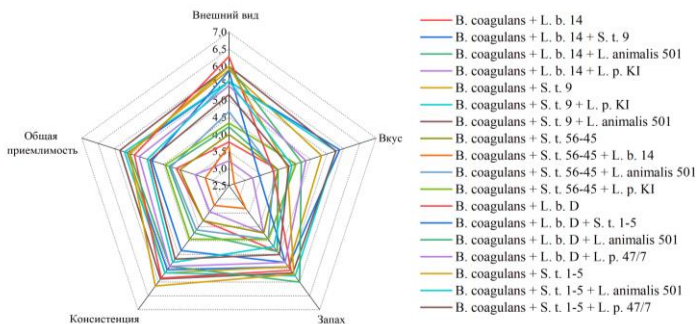


Рис. 1 Графическое отображение органолептической оценки продуктов

Наблюдалась тенденция того, что внесение вспомогательной культуры *S. t. 9* улучшало органолептический профиль образцов независимо от микробиологического состава (Рис. 2). Как пробиотик наилучший органолептический профиль показали штаммы *L. p. KI* и *L. animalis 501*. Однако образцы с ними имели более жидкую консистенцию и кисловатый вкус. В дальнейшем, отобранные консорциумы микроорганизмов исследовались на предмет скорости кислотонакопления и коагуляции белков молока при температуре 43 ± 2 °С. Максимально быстро сквашивание происходило в образцах с *S. t. 9*, при этом кислотность начала активно расти после 2 часов ферментации, за исключением образца с *L. b. 14*, где кислотность резко возросла через час. Полученные данные показывают наилучший результат скорости накопления молочной кислоты, а следовательно и скорости ферментации йогурта в процессе производства именно с *S. t. 9*.

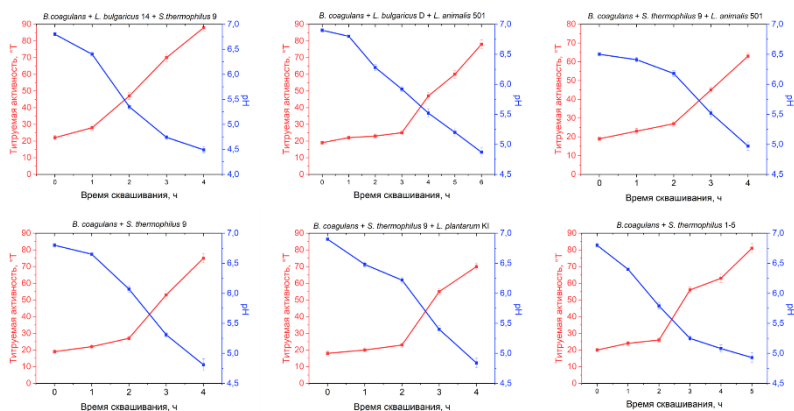


Рис. 2 Кислотонакопление и скорость сквашивания образцов с наивысшим общим баллом по органолептическим характеристикам

Таким образом, наилучшим консорциумом микроорганизмов для разработки закваски для производства йогурта с *B. coagulans* можно считать сочетание 3 видов микроорганизмов: *B. coagulans* + *S. t. 9* + *L. b. 14*.

Также были изучены микробиологические параметры и pH готового продукта на основе отобранных консорциумов с течением времени (Табл.). По итогам проведённого эксперимента было установлено, что в течение месяца в данном биокефире не появляются микроорганизмы порчи, а также pH сохраняется в допустимом диапазоне.

Таблица 1 – микробиологические параметры и pH готового продукта

Показатель	Срок хранения, день						
	0	5	10	15	20	25	30
pH	4,8 ±0,1	4,7 ±0,1	4,7 ±0,1	4,6 ±0,1	4,6 ±0,1	4,6 ±0,1	4,5 ±0,1
Микроорганизмы порчи	–	–	–	–	–	–	–

В ходе проведенного исследования была определена оптимальная комбинация штаммов для производства закваски со спорообразующим пробиотическим микроорганизмом *Bacillus coagulans* для производства биокефира. Использование данного микроорганизма позволило добиться соблюдения требования к производимому продукту и продолжительности срока хранения этого продукта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Shinde, T., Vemuri, R., Shastri, M., Perera, A., Tristram, S., Stanley, R., & Eri, R. (2019). Probiotic *Bacillus coagulans* MTCC 5856 spores exhibit excellent in-vitro functional efficacy in simulated gastric survival, mucosal adhesion and immunomodulation. *Journal of Functional Foods*, 52, 100–108.
2. Lavrentev, F. V., Ashikhmina, M. S., Ulasevich, S. A., Morozova, O. V., Orlova, O. Y., Skorb, E. V., & Iakovchenko, N. V. (2021). Perspectives of *Bacillus coagulans* MTCC 5856 in the production of fermented dairy products. *LWT*, 148, 111623
3. Majeed, M., Nagabhushanam, K., Natarajan, S. et al. *Bacillus coagulans* MTCC 5856 supplementation in the management of diarrhea

predominant Irritable Bowel Syndrome: a double blind randomized placebo controlled pilot clinical study. Nutr J 15, 21 (2015).

УДК 678.742.2-134.2

Собирова О.А., Пушкарская Д.В.

*Научный руководитель: Любушкин Р.А. канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОСОБЕННОСТИ ЭМУЛЬСИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

Эмульсионная полимеризация ММА является активно развивающейся областью. Ведутся исследования по разработке новых эмульгаторов, инициаторов и других компонентов полимеризационной системы. Целью этих исследований является получение полимеров ММА с улучшенными характеристиками и снижение стоимости производства. Стабильность эмульсии играет ключевую роль в этом процессе, влияя на размер и форму частиц, молекулярную массу полимера, его реологические свойства и другие параметры.

Вода – наиболее распространенная дисперсионная среда в эмульсионной полимеризации. Мономер, будучи нерастворимым или плохо растворимым в воде, добавляется в количестве 30-60%.

Стабильность эмульсии обеспечивают поверхностно-активные вещества (ПАВ): олеаты и пальмитаты щелочных металлов, натриевые соли ароматических и высокомолекулярных жирных сульфокислот. При достаточной концентрации ПАВ в водных растворах формируются мицеллы эмульгатора. Мономер частично растворяется в мицеллах, а частично – остается в виде крупных капель (диаметром около 10-4 см), стабилизированных эмульгатором. Число мицелл в системе примерно в 108 раз больше, чем число капель мономера. Полимеризацию обычно инициируют водорастворимыми низкотемпературными окислительно-восстановительными инициаторами [1].

В эмульсионной полимеризации ПММА применяются водорастворимые инициаторы, такие как персульфат аммония. Инициирование происходит в водной фазе, после чего радикалы диффундируют в латексные частицы. Рост полимерных цепей протекает внутри этих частиц, где мономеры находятся в растворенном виде. Скорость этого роста зависит от концентрации мономера, температуры, pH среды и других факторов. Обрыв цепи может происходить из-за

рекомбинации радикалов, диспропорционирования или их реакции с радикалами эмульгатора.

Полимеризация начинается в мицеллах, которые затем превращаются в латексные частицы полимера коллоидных размеров, окруженные слоем эмульгатора. На начальных стадиях происходит как увеличение их числа, так и рост размеров. В дальнейшем, после исчерпания мицеллярного эмульгатора, новые частицы не образуются, а существующие увеличиваются за счет диффузии мономера из капель. Процесс полимеризации завершается после израсходования всех капель мономера.

В каплях мономера полимеризация практически не происходит. Это связано с тем, что инициатор растворим только в водной фазе, а вероятность столкновения иницирующего радикала с каплей гораздо ниже, нежели с мицеллой.

Мицеллы служат ловушками для радикалов. Образовавшиеся из них латексные частицы удерживают радикалы, препятствуя их рекомбинации. Обратный выход макрорадикалов из частиц в водную среду невозможен из-за нерастворимости полимера в воде[2].

Механизм изолирования радикалов в эмульсионной полимеризации позволяет значительно повысить концентрацию радикалов роста по сравнению с гомогенными процессами. Это происходит при равных скоростях иницирования, так как радикалы из разных латексных частиц не могут рекомбинироваться.

ММА плохо растворим в воде, поэтому для его эмульсионной полимеризации требуются эмульгаторы. Стабильность эмульсии является ключевым фактором для получения полимера с заданными характеристиками.

Стабильная эмульсия – ключ к получению высококачественного латекса. Размер частиц латекса, напрямую зависящий от стабильности эмульсии, играет ключевую роль в его оптических свойствах, а также реологических характеристиках ПММА, таких как вязкость и тиксотропность.

Равномерное иницирование полимеризации, происходящее в стабильной эмульсии, приводит к образованию полимера с заданной молекулярной массой. В то же время, низкая стабильность может обуславливать образование полимера с низкой молекулярной массой и широким молекулярно-массовым распределением.

Для стабилизации эмульсии используются различные типы эмульгаторов: анионные, катионные и неионогенные. Выбор эмульгатора зависит от типа мономера, pH среды, желаемого размера частиц и других факторов [3].

Концентрация эмульгатора играет ключевую роль в формировании латексных частиц. Она определяет баланс между гидрофильными и гидрофобными взаимодействиями в системе, обуславливая стабильность эмульсии. Недостаток эмульгатора может привести к коагуляции частиц, а его избыток – к образованию полидисперсной системы.

Температура также влияет на стабильность эмульсии. Повышение температуры может привести к дестабилизации за счет снижения растворимости эмульгатора. Оптимальная температура для полимеризации ПММА обычно находится в диапазоне 70-90°C.

pH среды влияет на степень ионизации эмульгатора, что, в свою очередь, влияет на его способность стабилизировать эмульсию. Оптимальное значение pH для эмульсионной полимеризации ПММА обычно составляет 7-9 [4].

Скорость перемешивания влияет на размер и форму частиц латекса. При слишком низкой скорости перемешивания могут образовываться крупные частицы, а при слишком высокой – мелкие частицы с неоднородной формой.

Стабильность эмульсии является одним из важнейших факторов, влияющих на характеристики ПММА, полученного методом эмульсионной полимеризации. Контроль факторов, влияющих на стабильность эмульсии, позволяет получать ПММА с заданными свойствами.

Кинетика полимеризации также играет немаловажную роль. Скорость полимеризации ММА в эмульсии выше, чем в растворе. Это связано с эффектом "геля", который возникает при образовании полимерных частиц. При достижении определенной конверсии мономера в полимер происходит образование геля. Гель-эффект приводит к увеличению скорости иницирования и роста цепи. Молекулярная масса полимера ММА, полученного эмульсионным методом, обычно ниже, чем при растворной полимеризации [5].

Скорость полимеризации увеличивается с уменьшением размера частиц латекса. Это связано с увеличением поверхности раздела между водной фазой и частицами латекса. Эмульгатор также влияет на скорость иницирования, рост цепи и обрыв цепи. Тип эмульгатора и его концентрация должны подбираться с учетом желаемых характеристик ПММА.

Также контролируется размер и форма частиц латекса, зависящие от условий полимеризации: концентрации и типа эмульгатора, температуры, скорости перемешивания. Частицы латекса ММА могут быть сферическими, овальными, или иметь более сложную

форму. Размер частиц латекса влияет на его реологические свойства, оптические характеристики и другие свойства.

ПММА, полученный из латекса с мелкими частицами, имеет более высокую молекулярную массу, более узкое молекулярно-массовое распределение, более высокую прозрачность, более низкую вязкость.

Показано, что при безэмульгаторной эмульсионной полимеризации метилметакрилата, инициированной персульфатом калия, одинаковые по форме и размерам коллоидные частицы образуются при наименьшей из исследованных (0.07-0.35%) концентраций инициатора в реакционной смеси [6].

Наибольшая вероятность образования из латекса строго упорядоченной структуры поверхности образцов полиметилметакрилата, которые могут служить основой для получения коллоидных кристаллов, наблюдается при проведении эмульсионной полимеризации метилметакрилата в нейтральной среде с минимальной массовой долей инициатора [7].

Эмульсионная полимеризация ММА имеет ряд преимуществ. К ним можно отнести высокую скорость полимеризации, возможность получения полимеров с заданными характеристиками, низкие энергозатраты и экологичность. К недостаткам можно отнести необходимость использования эмульгаторов, сложность контроля размеров и формы частиц и образование побочных продуктов. Эмульсионная полимеризация позволяет получать ПММА с заданными характеристиками, такими как молекулярная масса, размер и форма частиц, оптические и реологические свойства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. М.М. Гудимов, Б.В. Перов. Органическое стекло - Москва: Химия, 1981. 121 с.
2. Батенькин М.А., Менсов С.Н., Смирнов Д.А., Троицкий Б.Б., Хохлова Л.В. Топология наноразмерных регулярных неоднородностей, формируемых при эмульсионной полимеризации метилметакрилата // Материалы X Симпозиума «Нанозифика и нанозлектроника». 13-17 марта 2006. Н.Новгород. С. 176.
3. Тагер, А.А. Термодинамика растворения в воде сополимеров акриловой кислоты и метилакрилата/ А.А. Тагер, Е.С. Ключин, Л.В. Адамова, А.П. Сафронов // Высокомолекулярные соединения. - 1993. - Т. 35, № 8,-С.1357-1360.
4. Немцев И. В. и др. Фотонно-кристаллические структуры на основе субмикронных частиц полиметилметакрилата // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2020): сб. тр.

по материалам VI Междунар. конф. и молодеж. шк.(г. Самара, 26-29 мая): в 4 т.-Тек. – 2020.

5. Троицкий Б.Б., Хохлова Л.В., Денисова В.Н., Новикова М.А., Смирнов Д.А., Батенькин М.А. Влияние условий синтеза эмульсионного полиметилметакрилата на структуру поверхности образцов // ЖПХ. 2007. Т80. №8. С. 1385-1390.

6. Лопатин А. Г., Брыков Б. А. Нечетко-логическое моделирование температурных режимов в процессах радикальной суспензионной полимеризации //Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2023. – Т. 66. – №. 6. – С. 123-129.

7. Н. В. Ключникова, А. О. Пискарева, К. А. Урванов [и др] Влияние шунгита на эксплуатационные свойства полимерного композиционного материала // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2020. - № 2. - С. 96-105.

УДК 691.17

Сухоносова И.Д., Жданова Е.А., Педан Д.О.

Научный руководитель: Емельянов С.В., канд. хим. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПЛАСТИФИКАТОРА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРИРОВАННЫХ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ

Термоэластопласты (ТЭП) на данный момент один из наиболее перспективных материалов в полимерной отрасли. Объяснить данное высказывание можно свойствами этих изделий. Они близки по характеристикам к обычным резинам, например натуральному каучуку, однако при этом у них есть целый ряд преимуществ: способность перерабатываться в изделия на высокоскоростном и автоматизированном оборудовании; возможность многократной переработки; безотходность при изготовлении изделий; отсутствие процесса вулканизации при переработке [1].

Композиции на основе различных гидрированных термоэластопластов используются в производстве шлангов, уплотнительных материалов, труб, контейнеров, различных покрытий (в том числе защитных), клеев, герметиков, электроизоляционных материалов. Также они используются в обувной промышленности, дорожном строительстве, фармацевтической промышленности [2].

Гидрированные термоэластопласты имеют более высокие физико-механические характеристики по сравнению с негидрированными. Для

бутадиен-стирольных термоэластопластов гидрирование проходит по полибутадиеновым блокам. Это осуществляется с целью повышения устойчивости к термоокислительному разрушению, стойкости к повышенным температурам, повышению адгезионных свойств [3].

Впервые массовым производством гидрированных термоэластопластов начала заниматься в 1972 г. фирма «Шелл». Эти материалы и до сих пор выпускаются под торговой маркой Кратон. Именно данная марка термоэластопластов будет использована для эксперимент, а именно Кратон G 16-50E [4].

Для проведения испытания на прочность при растяжении по ГОСТ 270-75 была разработана композиция на основе Кратон G 16-50E, в качестве пластификатора было взято индустриальное масло И-12, а наполнитель – мел. Состав композиции представлен в таблице 1.

Таблица 1. Состав композиционного материала для эксперимента

Сырье	Количество массовых частей
Кратон G 16-50E	100 масс. ч.
Масло И-12	50,75,100 масс. ч.
Мел	200 масс. ч.

Как видно из таблицы 1, для точности эксперимента изменялось только количество пластификатора, введенное в композицию.

После смешения, масса была отпрессована и нарезана на лопатки для испытаний, результаты которых представлены на рисунке 1.

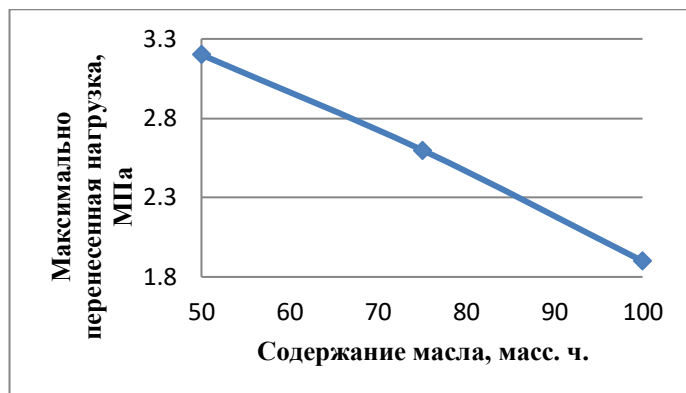


Рис. 1. Зависимость максимально перенесенной нагрузки от содержания пластификатора

Как видно из рисунка 1, чем меньше содержание пластификатора,

тем выше максимально возможная перенесенная нагрузка, следовательно, можно утверждать, что наиболее оптимальным содержанием для наилучших физико-механических свойств будет 50 массовых частей. Однако, следует отметить, что такое содержание пластификатора значительно затрудняет переработку. Поэтому выбор композиции с содержанием 75 массовых частей пластификатора будет более верным, так как переработка осуществляется значительно проще, а физико-механические свойства снижаются на 18,75%, что незначительно [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павловский Л.Л., Прут Э.В. и др. // Производство и использование эластомеров. 1990. № 3. С. 20
2. Структурно-технологические аспекты получения смесевых термоэластопластов / З. А. Пересторонина, И. В. Баранец, С. К. Курлянд, Р. И. Аблеев // Каучук и резина. – 2021. – № 6. – С. 11-14.
3. Ключникова Н.В., Генов И., Мухачева В.Д., Пискарева А.О. Защитные покрытия на основе модифицированных фенолформальдегидных композитов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 12. С. 91-97.
4. Никитин, Ю. Н. Технология и переработка эластомеров на современном этапе развития / Ю. Н. Никитин, Л. В. Адяева // Динамика систем, механизмов и машин. – 2009. – № 2. – С. 403-407.
5. Юровский В. С. Пути повышения качества РТИ для автомобилей // Каучук и резина. – 2007. – № 6. – С. 13-19.

УДК 661.13

*Трешкина Ю.И., Крюков А.Ю., Винокурова О.В.
Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия*

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

В современном мире литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) являются наиболее энергоемкими источниками питания, которые находят широкое применение [1]. Благодаря непревзойденному сочетанию мощности и плотности энергии наряду с циклической стабильностью, литий-ионный аккумулятор зарекомендовал себя как

аккумулятор с самыми высокими эксплуатационными характеристиками. Принимая во внимание требования как к переносному, так и к стационарному накоплению энергии, литий-ионные аккумуляторы действительно превосходят любые другие существующие технологии аккумуляторных батарей. Важным этапом технологического цикла производства литий-ионных аккумуляторов является контроль качества полупродукции, к которой относятся электродные ленты и готовые электроды.

Обычно в качестве анодного материала литий-ионного аккумулятора используется графит [2]. Материалами, используемыми для изготовления катода, являются литий-кобальт-оксид LCO, литий-железо-фосфат LFP, слоисто-структурированные литий-никель-марганец-кобальт-оксид NMC и литий-никель-кобальт-алюминий-оксид NCA [3]. В случае готовых электродов для литий-ионных накопителей энергии важны такие параметры, как пористость, продольное и поперечное сопротивление, а также однородность поверхности. При этом пористость является одним из важнейших факторов, который оказывает влияние на электрохимические характеристики литий-ионного аккумулятора, а также определяет количество электролита, необходимого для его работы.

Согласно общепринятой формулировке кажущейся плотности и истинной плотности материала, разница между этими характеристиками позволяет оценивать доступное пористое пространство. Пористость определяется по формуле 1:

$$П = \left(1 - \frac{\rho_k}{\rho_n}\right) \cdot 100\% \quad (1)$$

где ρ_n - истинная плотность активного слоя образца, кг/м³; ρ_k - кажущаяся плотность активного слоя образца, кг/м³ (2).

$$\rho_k = \frac{m_{ac}}{V_{ac}} \quad (2)$$

где m_{ac} - масса активного слоя образца, кг; V_{ac} - объём активного слоя образца с порами, м³.

Измерение истинной плотности проводится различными методами: механическим, титрационным, методами жидкостной или газовой пикнометрии. Последний из перечисленных методов является неразрушающим способом измерения истинной плотности с высокой точностью и скоростью. Принцип действия газовой пикнометрии основан на использовании закона Архимеда и закона Бойля-Мариотта для определения объема (3).

$$P_a(V_c - V_p) = n_1RT_a, \quad (3)$$

где n – число молей газа в объеме V_c при давлении P_a , R – газовая константа, и T_a – температура окружающей среды.

В качестве вытесняемой среды используется инертный газ, обладающий высокой степенью проницаемости для обеспечения максимальной точности.

Измерения истинной плотности активного слоя электродов с коллектором проводят на образцах с площадью геометрической поверхности от 40 см² и выше. Площадь электрода вычисляют по его геометрическим размерам, которые измеряют с помощью микрометра в 6 разных точках, с точностью до 10⁻⁴ см, для каждого параметра. Массу образцов определяют с помощью аналитических весов с точностью до 10⁻⁴ г. Для определения массы активного слоя из общей массы образца вычитают массу коллектора, вычисленную по значениям площади электрода и удельного веса коллектора (г/см³), на который нанесён активный слой.

Измерение истинной плотности заключается в том, что исследуемый образец известной массы помещают в аналитическую камеру известного объема, где газовый пикнометр определяет объем газа, вытесненного образцом, и истинный объем анализируемого материала. Для вычисления истинного объема активной массы из объема, определенного с помощью пикнометра, вычитают объем коллектора. При вычислении истинного объема активной массы принимается, что коллектор не имеет пористой структуры.

Вычисление истинной плотности проводят на основе истинного объема образца, измеренного на приборе по формуле (2).

Результаты измерения истинной плотности и расчета пористости образцов электродов с различными активными компонентами приведены в таблице.

Таблица – Результат расчета пористости образцов электродов

Материал активного слоя электрода	Поверхностная масса активного слоя, г/м ²	Плотность активного слоя, г/см ³	Истинная плотность активного слоя, г/см ³	Пористость активного слоя, %
Графит	125,64	1,34	2,13	37,00
NMC	229,97	3,28	4,45	26,29
LFP	199,51	2,27	3,50	35,14
NCA	140,85	3,16	4,52	30,09

Следующим параметром, который необходимо контролировать при изготовлении полупродукта литий-ионного аккумулятора, является поверхностное и поперечное сопротивление электродов. Методика измерения поперечного сопротивления заключается в определении сопротивления материала, размещенного между двумя полированными медными электродами (покрытые золотом) под нагрузкой в специальной оснастке. По полученным результатам рассчитывается удельное электрическое сопротивление (4):

$$\rho_{уд.} = (R_{и} - R_{о}) \cdot \frac{S}{l}, \quad (4)$$

где $\rho_{уд.}$ – удельное сопротивление материала образца Ом·м, $R_{и}$ – сопротивление образца и оснастки (электроды и контакты), $R_{о}$ – сопротивление оснастки (электроды и контакты) Ом; S – площадь измеряемой цилиндрической части образца, м²; l – толщина измеряемой части образца, м.

Для измерения поверхностного сопротивления образцов, как правило, используется 4-х зондовый метод. Электрическая схема установки измерения сопротивления представлена на рисунке 1. Для измерения сопротивления образцов необходимо, чтобы линейные размеры плоскости поверхности измеряемого образца значительно превышали расстояние между зондами.

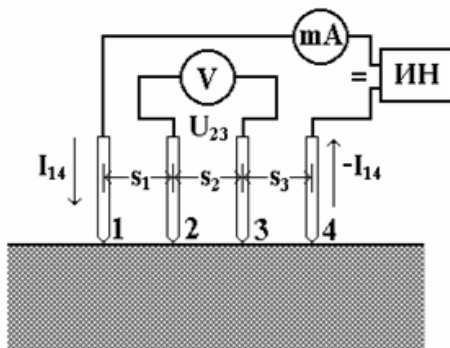


Рис 1. Электрическая схема измерения сопротивления 4-х зондовым методом

Установка измерения сопротивление 4-х зондовым методом представляет из себя систему, состоящую из:

- системы зондов с прижимным устройством;
- источника постоянного напряжения;
- вольтметра;

- амперметра.

Расчет удельного сопротивления проводится по формуле (5):

$$\rho = 2 \pi s \frac{U}{I}, \quad (5)$$

где ρ – удельное сопротивление измеряемого образца, Ом·м; s – расстояние между соседними зондами, м; U – показания вольтметра при измерении (напряжение), В; I – показания амперметра при измерении (сила тока), А.

Однородность поверхности полупродукта так же является важным контролируемым параметром при его изготовлении, так как это необходимо для достижения однородности потенциала на поверхности, что значительно снижает вероятность дендритообразования на поверхности электродов. Определение толщины позволяет контролировать равномерность нанесения активного слоя электрода. Измерение толщины осуществляется с помощью цифрового индикаторного толщиномера многоточечным методом по всей поверхности электрода с дальнейшим усреднением результатов.

Морфология поверхности электродов может определяться с помощью сканирующей электронной микроскопии. На рисунке 2 представлены изображения СЭМ электродов литий-ионных аккумуляторов.

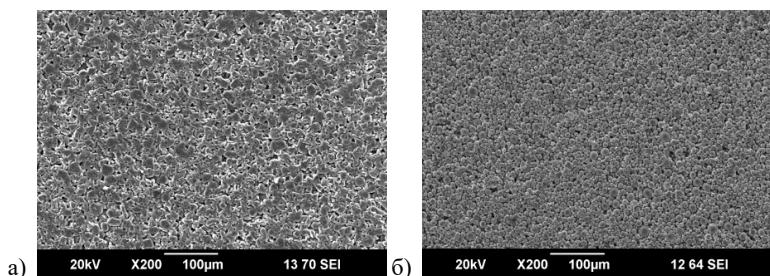


Рис. 2 Микрофотографии электродов литий-ионных аккумуляторов:
а – графит; б – NMC

В работе представлены лишь основные параметры, которые необходимо контролировать при изготовлении электродов для литий-ионных аккумуляторов. Общий их перечень гораздо обширнее, однако контроль вышеописанных показателей качества электродов критически важен для стабильного производства аккумуляторов с высокими эксплуатационными характеристиками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mahmud S. Recent advances in lithium-ion battery materials for improved electrochemical performance: A review / S. Mahmud, M. Rahman // Results in Engineering. – 2022. – Т. 15. – С. 100472.
2. Nzereogu P.U. Anode materials for lithium-ion batteries: A review / P.U. Nzereogu, A.D. Omah // Applied Surface Science Advances. – 2022. – Т. 9. – С. 100233.
3. Kotal M. et al. Cathode materials for rechargeable lithium batteries: Recent progress and future prospects / M. Kotal, S. Jakhar // Journal of Energy Storage. – 2022. – Т. 47. – С. 103534.
4. Yermukhambetova A. Characterization of porous structure of graphite electrode with different packing densities / A. Yermukhambetova, Z. Berkinova // Materials Today: Proceedings. – 2019. – Т. 18. – С. 487-493.

УДК 681.586.672

Филатова Е.Е.

Научный руководитель: Епринцев М.А., асс.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИЕМНИКА ТЕМПЕРАТУРЫ

Приемник температуры воздушного потока (П-5) предназначен для измерения температуры торможения наружного потока воздуха при скоростях полета до 1,5 Маха (1800 км/ч). Данный авиационный датчик является комплектующей частью термометра ТНВ-15 [1]. Диапазон измерения приемника – от -60 °С до 150 °С.

Принцип действия приемника основан на использование зависимости теплочувствительного элемента от температуры измеряемой среды. Теплочувствительный элемент представляет собой медный цилиндрический каркас, на котором намотан никелевый провод. Датчик температуры имеет неразъемную конструкцию и состоит из следующих частей: теплочувствительного элемента, сопла, пологого откоса и основания [2].

Габаритные размеры П-5, мм: 30x90x140.

Данный авиационный датчик устанавливается на пассажирских самолетах и вертолетах. Он расположен на правом борту в носовой части фюзеляжа [3]. Приемник создает аэродинамическое

сопротивление, коэффициент которого вычислен в этой статье. Коэффициент аэродинамического сопротивления влияет на место установки датчика на летательном аппарате и на всю его аэродинамику.

Приемник П-5 был смоделирован в SolidWorks для дальнейшего изучения его коэффициента аэродинамического сопротивления в программе ANSYS.

Коэффициента аэродинамического сопротивления приемника П-5

Смоделированный датчик в SolidWorks (Рис.1) помещается в программу ANSYS (Рис.2) для расчета сил аэродинамического сопротивления по трем осям. Выставляется температура окружающей среды – 15 °С, абсолютная влажность воздуха – 80%, атмосферное давление равно 660 мм.рт.ст. и интенсивность турбулентности начального потока 5%.

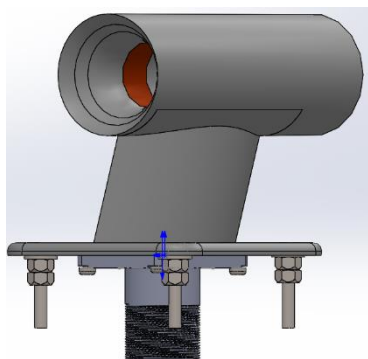


Рис. 1 Смоделированный приемник температуры П-5 в SolidWorks

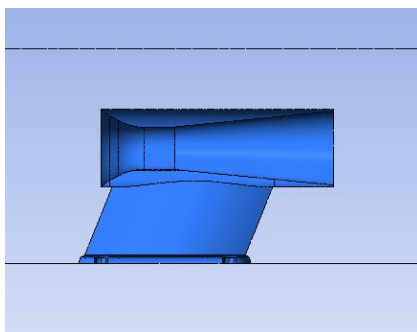


Рис. 2 Приемник температуры П-5 в программе ANSYS

Сила аэродинамического сопротивления вычисляется по формуле (1):

$$F = C \frac{\rho V^2}{2} S, \quad (1)$$

где C – коэффициент аэродинамического сопротивления, ρ – плотность воздуха ($\rho=0,0103 \text{ кг/м}^3$), V – скорость движения, S – площадь датчика ($S=0,0197 \text{ м}^2$).

Из формулы (1) получаем выражение (2):

$$C = \frac{2F}{\rho V^2 S}, \quad (2)$$

Аэродинамические коэффициенты приемника температуры можно найти только эмпирическим путем. Проводится 600 расчетных итераций при разных скоростях.

Вычисление коэффициента аэродинамического сопротивления датчика относительно его продольной оси

В табл. 1 представлены силы аэродинамического сопротивления относительно продольной оси датчика, действующие на половину приемника, при разных скоростях.

Таблица 1 – Аэродинамические силы относительно продольной оси датчика

V, м/с	228	220	200	180	160
F, Н	0,0293	0,0293	0,0292	0,0292	0,0291

По формуле (2) были получены коэффициенты аэродинамического сопротивления, которые представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Коэффициенты аэродинамического сопротивления

V, м/с	228	220	200	180	160
C_x	0,0111	0,0119	0,0144	0,0178	0,0224

Коэффициент аэродинамического сопротивления приемника температуры относительно его продольной оси составляет 0,0224.

Вычисление коэффициента аэродинамического сопротивления датчика относительно его поперечной оси

В табл. 3 представлены силы аэродинамического сопротивления относительно поперечной оси приемника П-5, действующие на половину датчика, при разных скоростях.

Таблица 3 – Аэродинамические силы относительно поперечной оси датчика

V, м/с	228	220	200	180	160
F, Н	-0,3042	-0,3044	-0,3047	-0,3051	-0,3054

По формуле (2) были получены коэффициенты аэродинамического сопротивления, которые представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Коэффициенты аэродинамического сопротивления

V, м/с	228	220	200	180	160
C _z	-0,1154	-0,1239	-0,1502	-0,1856	-0,2352

Коэффициент аэродинамического сопротивления приемника температуры относительно его поперечной оси составляет -0,1154.

Вычисление коэффициента аэродинамического сопротивления датчика относительно его вертикальной оси

В табл. 5 представлены силы аэродинамического сопротивления относительно вертикальной оси приемника П-5, действующие на половину датчика, при разных скоростях.

Таблица 5 – Аэродинамические силы относительно вертикальной оси датчика

V, м/с	228	220	200	180	160
F, Н	-0,3121	-0,3122	-0,3124	-0,3127	-0,3129

По формуле (2) были получены коэффициенты аэродинамического сопротивления, которые представлены в табл. 6.

Таблица 6 – Коэффициенты аэродинамического сопротивления

V, м/с	228	220	200	180	160
C _y	-0,1184	-0,1272	-0,1539	-0,1903	-0,2409

Коэффициент аэродинамического сопротивления приемника температуры относительно его вертикальной оси составляет -0,1184.

По итогам проведенной работы рассчитаны силы аэродинамического сопротивления, действующие на приемник температуры П-5, при разных скоростях в программе ANSYS. Посчитаны коэффициенты аэродинамического сопротивления: C_x=0,0224, C_y=-0,1184, C_z=-0,1154.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефимов, И.П. Авиационные приборы: учеб. пособие / И.П. Ефимов; УлГТУ. – Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2018. – 255 с.
2. Михайлов, О.И. Авиационные приборы / О.И. Михайлов, И.М. Козлов, Ф.С.Гергель; СПбГУГА. – Санкт-Петербургу: Изд-во СПбГУГА, 1977. – 416 с.
3. Рыжова, А.А. Датчики температуры и ряда механических величин: учебно-методическое пособие / А.А. Рыжова, В.В. Кузьмин; КНИТУ. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2018. – 116 с.

УДК 629.7.017.1

Филатова Е.Е.

Научный руководитель: Епринцев М.А., асс.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ САМОЛЕТА ТУ-154

Самолет Ту-154 – советский и российский трехдвигательный реактивный пассажирский авиалайнер и транспортный самолет первого класса для авиалиний средней протяженности, разработан в 1960-х годах в СССР в ОКБ Туполева. Данный самолет рассчитан на перевозку 152-180 пассажиров [1]. Так же на базе Ту-154 создан ряд модификаций. Последний раз он перевез гражданских пассажиров в 2020 году, но сейчас продолжают летать ведомственные и военные воздушные суда. На балансе военно-воздушных сил Российской Федерации числится 17 самолетов и еще 3 в распоряжении специального летного отряда «Россия». Ту-154 эксплуатируется более 50 лет и налетал около 25 миллионов летных часов. Надежность и безопасность Ту-154 очень важна, так как он являлся самым массовым по объемам производства реактивным авиалайнером в СССР. На примере данного самолета можно сделать выводы о надежности и безопасности реактивных пассажирских авиалайнерах. В ходе работы установим основные причины отказов самолета, опираясь на статистику по его эксплуатации.

Основные особенности самолета

Одной из главных отличительных черт самолета является хвостовое расположение трех двигателей. Разберем плюсы и минусы данной схемы.

Плюсом является то, что при таком расположении двигателей в

кабине намного тише, чем у самолетов, у которых двигатели расположены на крыле. Так же снижается требование к чистоте ВПП, так как двигатели расположены достаточно высоко.

Минусом данной схемы расположения двигателей является то, что перегружена хвостовая часть самолета.

Так же на Ту-154 все системы имели дублирование, при отказе основной или запасной системы самолет сохранял работоспособность.

Статистика по эксплуатации

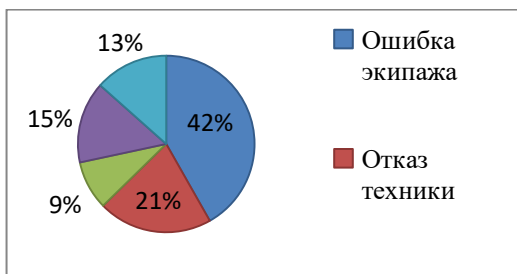
За весь период эксплуатации с 1972 по 2020 годы произошло 110 аварий с участием Ту-154. В результате катастроф был потерян 71 самолет. Ту-154 пытались угнать 30 раз, при этом погибло 13 человек. Всего в этих происшествиях погибло 3078 человек [4].

Крупнейшей катастрофой в истории самолета является крушение Ту-154Б-2 под Учкудуком 10 июля 1985 года. Погибло 200 человек. Авиалайнер набрал высоту 11600 метров, потерял скорость и свалился в плоский штопор. Причиной катастрофы является вина экипажа.

Сведения об отказах и происшествиях

Проанализировав все 110 авиационные происшествия, произошедшие с этим самолетом, построила Гистограмму 1.

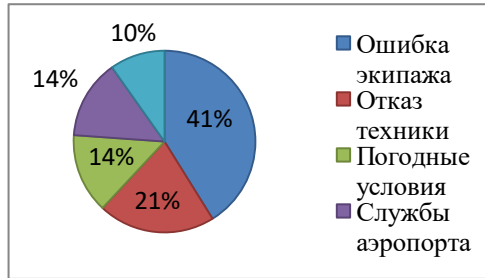
Происшествия, произошедшие по причине: 1 – Ошибка экипажа; 2 – Отказ техники; 3 – Погодные условия; 4 – Служба аэропорта (авиадиспетчеры); 5 – Другое (теракт, угон).



Гистограмма 1 – Причины авиационных происшествий самолета Ту-154

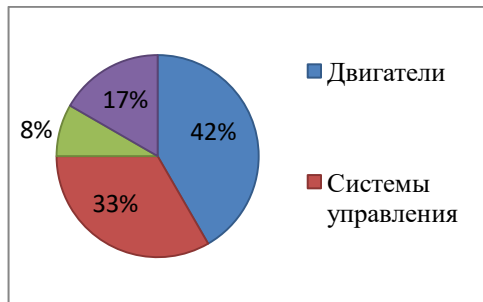
Как показал анализ статистики, основной причиной является человеческий фактор, то есть это ошибки экипажа (42%) и службы аэропорта (15%). Самолет Ту-154 можно считать надежным, отказ техники составляет 21%.

Нельзя говорить о безопасности самолета, не анализируя количество жертв. В результате этих происшествий погибло 3104 человека (Гистограмма 2). Больше всего людей (1277 чел.) погибло по вине экипажа.



Гистограмма 2 – Число погибших в катастрофах с участием самолета Ту-154

Рассмотрим, какие произошли отказы в технике и сколько в результате этого погибло людей (Гистограмма 3). В большинстве случаев у Ту-154 случались отказы двигателей и их пожары, в результате этого погибло около 300 человек.



Гистограмма 3 – Отказы техники у самолета Ту-154

Ту-154 за период эксплуатации перевез более 1,5 млрд пассажиров, жертв за этот период было около 3078 человек. Процент погибших составляет 0,00021% [2].

Самолет Ту-154 можно считать надежным и безопасным, так как большая часть происшествий произошла из-за человеческого фактора (вина экипажа и службы аэропорта) [3]. Так же за большой период эксплуатации процент погибших составляет 0,00021%.

У Ту-154 было многократное дублирование систем: каждая основная система имела по три независимые схемы, чтобы в случае серьезной неисправности ее могли дублировать как минимум две резервные схемы.

Случались отказы самой техники. В основном проблема возникала с двигателями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Даффи, П. А. Н. Туполев. Человек и его самолеты / Пол Даффи, Андрей Кандалов. – Москва : Московский рабочий, 1999. – 263 с. – ISBN 5-239-02089-2.
2. ГОСТ 27.102-2021. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения : Национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2022-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 46 с.
3. Сугак, Е. В. Прикладная теория надежности : учебник для вузов / Е. В. Сугак. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 276 с. – ISBN 978-5-507-46746-4.
4. Википедия : свободная энциклопедия. - Wikipedia, 2020. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Авиационные_происшествия_с_Tu-154 (дата обращения: 25.02.2024).

УДК 519.17

Черкашин Д.А.

*Научный руководитель: Вирченко Ю.П. д-р физ.-мат. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г.Шухова, г. Белгород, Россия*

ИЕРАРХИЧЕСКИЕ РЕШЕТОЧНЫЕ МОДЕЛИ ТЕОРИИ ПЕРКОЛЯЦИИ И ВЕТВЯЩИЕСЯ МАРКОВСКИЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Предлагается метод исследования задач дискретной теории перколяции бернуллиевского случайного поля $\{\tilde{\eta}(x); x \in \Gamma\}$ на периодических графах Γ , основанный на аппроксимации случайных процессов просачивания пробной частицы по занятым узлам x из Γ , для которых $\tilde{\eta}(x) = 1$, марковскими цепями специального типа, а именно, марковскими ветвящимися случайными процессами с дискретным временем. В сообщении этот метод демонстрируется на примере т.н. квадратной решетки.

Пусть $\Gamma = \langle V_\Gamma, \varphi \rangle$ - произвольный бесконечный связный граф с множеством вершин V_Γ и бинарным симметричным *отношением смежности* φ на V_Γ . На множестве V_Γ графа определяется случайное однородное бернуллиевское поле $\tilde{\eta} \in \{0,1\}^{V_\Gamma}$ так, что $E\tilde{\eta}(x) = c$, $x \in V_\Gamma$, $0 < c < 1$, c – вероятность заполнения фиксированной вершины. Тогда на каждой реализации $\tilde{\eta}$ определен случайный подграф $\Gamma_{\tilde{\eta}}$ графа Γ с

множеством вершин $V_{\tilde{n}} = \{x \in V_{\Gamma}: \tilde{n}(x) = 1\}$ и отношением смежности $\varphi_{\tilde{n}}$, которое является сужением на $V_{\tilde{n}}$ отношения смежности φ . Будем предполагать, что *степени вершин* $x \in V_{\Gamma}$ ограничены некоторым числом M . Тогда основная задача теории перколяции состоит (см., например, [1]) в вычислении вероятности $P(c)$ существования бесконечного несамопересекающегося пути γ с фиксированной начальной вершиной, которую, далее, будем обозначать $\mathbf{0} \in V_{\Gamma}$. Предлагается метод решения этой основной задачи посредством аппроксимации вероятности $P(c)$ с любой наперед заданной точностью вероятностью $\bar{P}(c)$ перколяции на подходящем иерархическом графе $\bar{\Gamma}$. Опишем конструкцию иерархического графа.

Сначала введем некоторые обозначения. Для любого множества Z вершин из V_{Γ} обозначим посредством $\partial_+ Z = \{y \in V_{\Gamma} \setminus Z: \exists (x \in Z: \varphi(y, x))\}$ множество его внешних граничных вершин. Точно также определим множество $\partial_- Z = \{y \in Z: \exists (x \notin Z: \varphi(y, x))\}$ множество внутренних граничных вершин. Пусть графы Y и Y' являются подграфами графа Γ , то есть определяются одним и тем же отношением смежности φ на Γ . Пусть множества V_Y и $V_{Y'}$ таковы, что $V_Y \cap V_{Y'} = \{x\}$. Граф $\Gamma(x)$ с множеством вершин $V_Y \cup V_{Y'}$ с отношением смежности φ назовем склейкой графов Y и Y' по вершине x . Операцию склеивания обозначим посредством знака \vee и запишем $\Gamma(x) = Y \vee Y'$. Определение операции склеивания обобщается на произвольную совокупность графов Y и $Y_j, j = 1 \div s$, которые являются подграфами одного и того графа с отношением смежности φ , и соответствующие им множества вершин таковы, что множества $V_{Y_j}, j = 1 \div s$ попарно не пересекаются и $V_Y \cap V_{Y_j} = \{x_j\}$. Склейкой такой совокупности графов по совокупности вершин $\Sigma = \{x_j; j = 1 \div s\}$ назовем граф $\Gamma(\Sigma)$ с отношением смежности φ и множеством вершин $V_Y \cup \left(\bigcup_{j=1}^s V_{Y_j}\right)$. Этот граф обозначим как

$$\Gamma(\Sigma) = \bigcup_{z \in \Sigma} Y \vee Y_z, Y_{x_j} \equiv Y_j, j = 1 \div s.$$

Наибольший интерес представляет изучение сформулированной выше задачи перколяции на т.н. периодических графах (см. [1], [2]). Поэтому, далее, мы будем рассматривать задачу на простейшем из таких бесконечных графов - т.н. квадратную решетку. Опишем построение иерархических графов именно для квадратной решетки. В этом случае $V_{\Gamma} = \mathbb{Z}^2$ и отношение смежности φ определяется формулой $\varphi(x, y) \Leftrightarrow y = x \pm e_j, j \in \{1, 2\}$, где $e_1 = \langle 1, 0 \rangle, e_2 = \langle 0, 1 \rangle$. Иерархические графы $\Gamma^{(n)}$ порядка n , связанные с таким бесконечным графом, строятся

следующим образом. Обозначим посредством $Z_n \subset \mathbb{Z}$ множество вершин

$$\{x_1 + x_2: x_j \in \{\alpha_l l e_j; \alpha_l \in \{\pm 1\}, l = 0 \div n, j \in \{1, 2\}\}.$$

Далее, определим для каждого фиксированного $n \in \mathbb{N}_+$ множество $Z^{(n)} = Z_n \cup \partial_+ Z_n$. Очевидно, что $Z^{(n)} \rightarrow \mathbb{Z}^2$ при $n \rightarrow \infty$. Заметим, что число вершин в Z_n равно $(2n + 1)^2$, а число вершин в $\partial_+ Z_n$ равно $4(2n + 1)$ так, что число вершин в $Z^{(n)} = (2n + 1)(2n + 5)$ равно $n \in \mathbb{N}_+$.

Введем бесконечную расширяющуюся последовательность графов $\langle \Gamma_m^{(n)}; m \in \mathbb{N}_+ \rangle$, где $V_{\Gamma_0^{(n)}} = Z^{(n)}$. Номер m будем называть поколением иерархического графа. Графы $\Gamma_m^{(n)}$ определим рекуррентно по $m \in \mathbb{N}_+$. Для каждого значения $m + 1$ граф $\Gamma_{m+1}^{(n)}$ определяется склеиванием графа $\Gamma_m^{(n)}$ с соответствующим этому уровню совокупностью графов $\Upsilon_m^{(n)}(u), u \in \partial_+ \Gamma_m^{(n)}$,

$$\Gamma_{m+1}^{(n)} = \left(\bigcup_{u \in \Sigma} \Gamma_m^{(n)} \vee \Upsilon_m^{(n)}(u) \right).$$

Каждый граф $\Gamma_m^{(n)}$ построен на множестве $V_{\Gamma_m^{(n)}} = Z^{(n)}(u)$ вершин так, что все эти множества попарно не пересекаются и каждый из них изоморфен, с точки зрения отношения связности, графу $\Gamma_0^{(n)}$. Причем, при такой изоморфной связи вершина u переходит в вершину $\mathbf{0}$ на \mathbb{Z}^2 . Таким образом, совокупность всех графов $\Upsilon_m^{(n)}(u), u \in \partial_+ \Gamma_m^{(n)}$ представляет собой набор из $[4(2n + 1)]^m$ экземпляров одного и того же графа $\Gamma_0^{(n)}$. В результате, иерархический бесконечный граф $\bar{\Gamma}^{(n)}$ представляется как предел

$$\bar{\Gamma}^{(n)} = \lim_{m \rightarrow \infty} \Upsilon_m^{(n)}(u). \quad (1)$$

Предлаемый нами метод исследования задачи теории перколяции на квадратной решетке состоит в том, чтобы аппроксимировать вероятность перколяции $P(c)$ на квадратной решетке \mathbb{Z}^2 решением $\bar{P}^{(n)}(c)$ задачи перколяции на иерархическом графе $\bar{\Gamma}^{(n)}$ произвольного порядка $n \in \mathbb{N}$. Затем, принимая во внимание предельное соотношение (1), можно утверждать, что $\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{P}^{(n)}(c) = P(c)$. Это означает, что задача теории перколяции для случайного бернуллиевского поля на периодическом графе \mathbb{Z}^2 аппроксимируется такой же задачей для бернуллиевского поля на связанных с \mathbb{Z}^2 иерархических графах. Похожий метод исследования применялся в задачах исследования т.н. *фазовых переходов* для гиббсовских случайных полей на кристаллических решетках в статистической механике (см., например,

[3]). Соответствующие модели статистической механики называются *иерархическими моделями Ф. Дайсона*.

Вычисление вероятностей $\bar{P}^{(n)}(c)$ основано на вычислении вероятности просачивания на древесных графах с подходящим индексом ветвления. Она сводится к изучению возникновения т.н. *надкритического режима* для подходящего марковского ветвящегося случайного процесса (см., например, [4]). В связи с этим, опишем эту связь.

Обозначим $I_n = \{1, 2, \dots, n\}$. Введем в рассмотрение множество вершин

$$V_\Gamma = \bigcup_{m=0}^{\infty} (I_n)^m, \quad I_n^0 \equiv \{0\}$$

так, что каждая вершина $x \neq \{0\}$ из этого множества представляется последовательностью $\langle j_{-1}, j_{-2}, \dots, j_{-m} \rangle$, $j_k \in I_n, k \in I_m, m \in \mathbb{N}$. Элементы множества I_n^m будем называть вершинами *m-го поколения* так, что $|I_n^m| = n^m$. На множестве V_Γ введем такое отношение φ смежности, что $\{0\} \varphi \{j_1\}$, $j_1 \in I_n$ и для каждого $x = \langle j_{-1}, j_{-2}, \dots, j_{-m} \rangle$, и смежными являются все вершины y , $\varphi(x, y)$ такие, что $y = \langle j_1, j_2, \dots, j_m, j_{m+1} \rangle$, $j_{m+1} \in I_n$. Определенный, таким образом, бесконечный граф называется однородным древесным графом или *деревом Кейли*.

Введем в рассмотрение множества $\mathfrak{S}_m = 2^{(I_n^m)}, m \in \mathbb{N}_+$. Соответствующую индикаторную функцию $n(x) \in \{0, 1\}$, $n(x) = 1 \Leftrightarrow x \in \mathfrak{S}_m$ назовем распределением чисел заполнения вершин *m-го поколения* древесного графа Γ . При каждом фиксированном $m \in \mathbb{N}$, для каждой последовательности $\langle j_1, \dots, j_{m+1} \rangle \in \Sigma_{m+1}$ определим операцию T_- -сужения

$$T_- \langle j_1, \dots, j_m, j_{m+1} \rangle = \langle j_1, \dots, j_m \rangle. \quad (2)$$

В соответствии с этим, определим операцию сужения для каждого множества $Y \subset \Sigma_{m+1}$ так, что

$$T_- Y = \{T_- \langle j_1, \dots, j_m, j_{m+1} \rangle; \langle j_1, \dots, j_m, j_{m+1} \rangle \in Y\}.$$

Тогда каждое множество $\Sigma_{m+1} \subset \mathfrak{S}_{m+1}$, естественным образом, представляется в виде дизъюнктивного разложения

$$\Sigma_{m+1} = \bigcup_{Y \subset \mathfrak{S}_m} \Sigma_{m+1}[Y], \quad (3)$$

где $\Sigma_{m+1}[Y] = \{Y' \subset \Sigma_{m+1}; T_- Y' = Y\}$. Кроме того, множество $\Sigma_{m+1}[Y] \subset \mathfrak{S}_{m+1}$ представимо в виде

$$\Sigma_{m+1}[Y] = \otimes_{x \in Y} \Sigma_{m+1}[\{x\}]. \quad (4)$$

Определим, теперь, марковскую цепь $\langle \Sigma_m; m \in \{\mathbb{N}_+\} \rangle$, у которой пространства состояний являются множества \mathfrak{S}_m . Как и любая марковская цепь, вводимые нами ветвящиеся процессы полностью определяются условной вероятностью перехода $P_m(\Sigma_{m+1}, \Sigma_m) = \Pr\{\tilde{\Sigma}_{m+1} = \Sigma_{m+1} | \tilde{\Sigma}_m = \Sigma_m\}$ на один шаг в этой случайной последовательности и начальным состоянием $\Pr\{\tilde{\Sigma}_0 = \alpha\}$, где $\alpha \in \{0, 1\}$ так как, по определению, $\Sigma_0 = \emptyset$, либо $\Sigma_0 = \{0\}$. В этом случае

$$\Pr\{\tilde{\Sigma}_{m+1} = \Sigma_{m+1}\} = \sum_{\Sigma_m \in \mathfrak{S}_m} P_m(\Sigma_{m+1}, \Sigma_m) \Pr\{\tilde{\Sigma}_m = \Sigma_m\}. \quad (5)$$

Будем считать, что $\Pr\{\tilde{\Sigma}_0 = \alpha\} = \delta_{1,\alpha}$. Условная же вероятность перехода $P_m(\Sigma_{m+1}, \Sigma_m)$ отлична от нуля только в случае, когда $T_{\Sigma_{m+1}} = \Sigma_m$, то есть с вероятностью 1 в разложении (3) имеется только одна непустая компонента $\Sigma_{m+1} = \Sigma[\Sigma_m]$. Такие марковские цепи будем называть *ветвящимися случайными процессами* с дискретным временем.

Заметим, что, в отличие от ветвящихся случайных процессов с нераличимыми частицами, которые рассматриваются в [4], мы определяем случайные ветвящиеся процессы, в которых все частицы различимы. Кроме того, несмотря на то, что определенные выше ветвящиеся процессы являются марковскими цепями, они составляют более обширный класс случайных случайных процессов с дискретным временем по сравнению с классом марковских ветвящихся случайных процессов, которым посвящена монография [4]. Последние являются частным случаем первых, когда условная вероятность, помимо условия (5), удовлетворяет также *условию марковского измельчения* [5], которое в данном случае, с учетом (4), формулируется следующим образом

$$\Pr\{Q\tilde{\Sigma}_{m+1} = \Sigma_{m+1}\} = \prod_{x \in Y} p[\Sigma], \quad \Sigma = \Sigma_{m+1}[\{x\}], \quad (6)$$

где $Y = T_{\Sigma_{m+1}}$, в терминах распределения вероятностей $p(\Sigma)$ на 2^{I_n} , $\Sigma \subset I_n$, $\sum_{\Sigma \subset 2^{I_n}} p(\Sigma) = 1$. Мы здесь рассматриваем только однородный случай, когда распределение вероятностей $p(\Sigma)$ не зависит от m . Используя условия (5) и (6), находим, что производящая функция

$$F(z) = \sum_{\Sigma_{m+1} \in \mathfrak{S}_m} z^{|\Sigma_{m+1}|} \Pr\{\tilde{\Sigma}_{m+1} = \Sigma_{m+1}\}, \quad |z| < 1$$

удовлетворяет следующему функционально-раностному уравнению

$$F_{m+1}(z) = G(F(z)), \quad G(z) = \sum_{\Sigma \subset 2^{I_n}} z^{|\Sigma|} p(\Sigma).$$

Рассмотрим задачу теории перколяции на древесном графе Γ из вершины $\mathbf{0}$ при заданном бернуллиевском случайном поле $\tilde{\eta}(x)$, $x \in \Gamma$.

Это поле полностью определяется вероятностью $\Pr\{\tilde{\eta}(x) = 1\} = c$. Параметр $0 < c < 1$ называется концентрацией. Пусть $Q(c)$ - вероятность отсутствия перколяции при фиксированном значении c . Ввиду условия (6), очевидно, используя формулу полной вероятности, находим, что

$$Q(c) = \sum_{\Sigma \subset I_n} Q^{|\Sigma|}(c) \Pr\{\tilde{\Sigma}_1 = \Sigma\} = F_1(Q(c)). \quad (7)$$

При этом вероятности $p(\Sigma) = c^{|\Sigma|}(1-c)^{|I_n \setminus \Sigma|}$ при одночленах $z^{|\Sigma|}$ - коэффициенты полинома $F_1(z)$ являются функциями параметра c .

Таким образом, задача сводится к отысканию условия на параметр c , при котором алгебраическое уравнение (7), которому подчинена функция $Q(c)$ имеет нетривиальное (не равное тождественно 1) решение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кестен Х. Теория просачивания (перколяции) для математиков. М.: Мир. 1986. 392 с.
2. Вирченко Ю.П. Периодический граф // Энциклопедия. Математическая физика / М.: Российская энциклопедия, 1998.
3. Синай Я.Г. Теория фазовых переходов. Строгие результаты. М.: Наука. 1980. 208 с.
4. Севастьянов Б.А. Ветвящиеся процессы. М.: Наука. 1971. 436 с.
5. Вирченко Ю. П., Шпилинская О. Л. Точечные случайные поля с марковскими измельчениями и геометрия фрактально-неупорядоченных сред // Теоретическая и математическая физика. - 2000. - Т. 124. - №. 3. - С. 490-505.

УДК 678

Шопинская С.Д., Жданова Е.А., Пономарев Ф.Ю.

Научный руководитель: Полуэктова В.А., д-р. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ НА ТВЕРДОСТЬ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ФТОРКАУЧУКА

Фторкаучуки известны своей исключительной стойкостью к агрессивным средам, высоким температурам и старению. Они широко используются в различных отраслях промышленности, включая

аэрокосмическую, автомобильную, химическую и нефтегазовую. Композиционные эластомерные материалы на основе фторкаучука используют в различных видах оборудования добычи, перекачки и транспортировки газа и нефти, включая железнодорожный транспорт. Эти композиции обладают специальными свойствами, которые позволяют им сохранять свою функциональность даже при экстремальных условиях. Их механические характеристики имеют решающее значение для их функциональности в конкретных областях применения [1].

Формование изделий из фторкаучуков может осуществляться теми же методами, как и из обычных каучуков: прямым прессованием, литьём под давлением, экструзией, каландрованием. Однако прессование может привести к получению более плотных и прочных материалов из фторкаучуков, что делает их более устойчивыми к агрессивным средам и к условиям с повышенным давлением. При этом следует учитывать, что чем больше вязкость каучука, тем более высокое давление прессования требуется. Поэтому оптимальными являются каучуки с вязкостью по Муни 40–90 усл.ед [2, 3].

Первым промышленно производимым фторкаучуком (ФК) в 1955 г. стал сополимер винилиденфторида с трифторхлорэтиленом, выпущенный под маркой Kel-F компанией M. W. Kellogg Co. Практически одновременно в конце 50-х - начале 60 гг. прошлого столетия фторкаучуки были получены и в СССР - в Ленинграде в НИИ полимеризационных пластиков и НИИ синтетического каучука. По состоянию на начало 2009 года фторкаучуки производились в объеме 21000 тонн в год, а среднегодовой прирост производства в предшествующие годы составил порядка 5–8 % [1, 4].

В данной работе для исследования механических характеристик был выбран триполимер гексафторпропилена, винилиденфторида и тетрафторэтилена с функциональной группой брома под маркой Элафтор 7061 российского производства от компании «Галополимер».

Для проведения испытаний были изготовлены смеси на лабораторных вальцах MGN-300S с 1450 об/мин с последующей вулканизацией в прессе при 175 °С в течение 12 минут. Рецептура изготавливаемых смесей включала следующие компоненты: элафтор, пероксидный активатор вулканизации, пероксидный вулканизатор, Са(ОН)₂, тонкодисперсный фторопласт, технический углерод или воластонит.

Для установления влияния технического углерода на показатель твердость композиции были проанализированы составы с его различным количественным соотношением: 20 мас. ч, 25 мас. ч, 30 мас.

ч, 35 мас. ч. На рисунке 1 представлена зависимость твердости образцов при измерении в течение 3 и 15 секунд согласно ГОСТ 263-75.

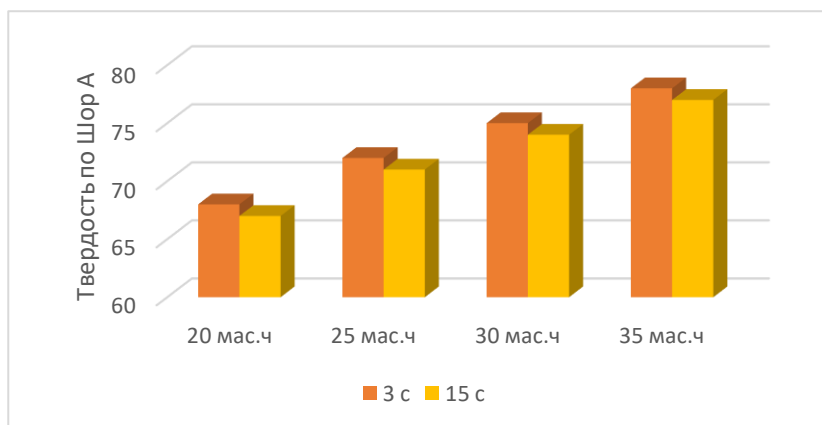


Рис. 1. Показатели твердости по Шор А при добавлении технического углерода

Базовая рецептура смесей, наполненных волластонитом в процессе исследования не изменялась, были так же изготовлены образцы с содержанием наполнителя в 20, 25, 30, 35 мас.ч. На рисунке 2 представлены показатели твердости от содержания данного наполнителя.

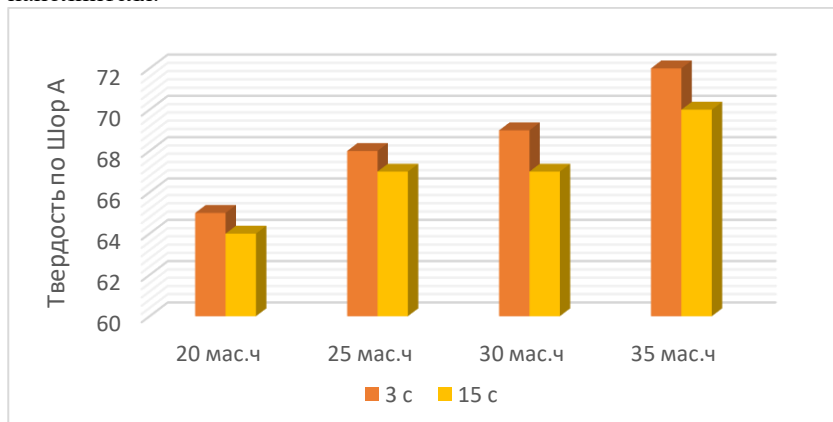


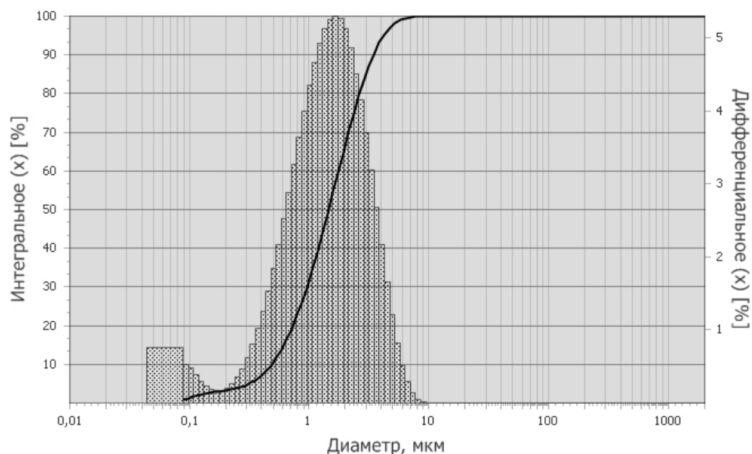
Рис. 2. Показатели твердости по Шор А при добавлении волластонита

Как видим (рис.1,2) твердость наполненных вулканизатов увеличивается с увеличением содержания наполнителя, независимо от

его типа. Однако при добавлении технического углерода показатели твердости по Шор А на 7,7% выше, чем при добавлении волластонита. Это может быть связано с его высокой удельной поверхностью и наилучшим распределением частиц в матрице каучука [5].

На рисунке 3 представлено дифференциальное распределение технического углерода (а) и волластонита (б) по размеру частиц.

а)



б)

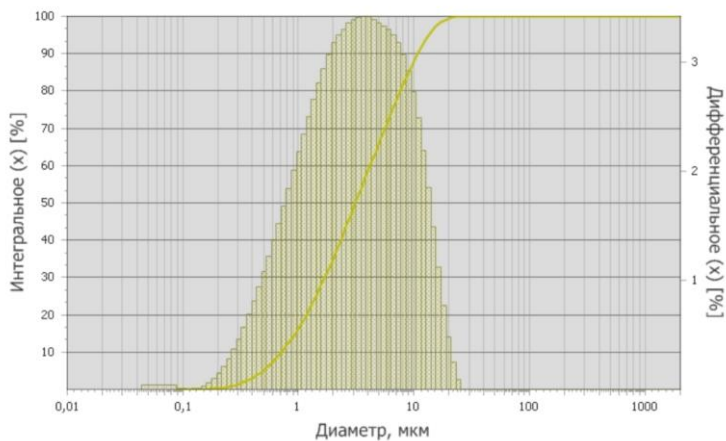


Рис. 3. Дифференциальное распределение по размеру частиц: а) технического углерода и б) волластонита

Установлено, что модалный диаметр технического углерода составляет 1,67 мкм, а удельная поверхность равна 69471 см²/см³, что подтверждает высокую степень дисперсности используемого наполнителя. Модалный диаметр волластонита составляет 3,77 мкм. А их удельная поверхность 35392 см²/см³.

Таким образом, в процессе экспериментальных исследований была выявлена закономерность влияния технического углерода и волластонита на твердость вулканизатов на основе фторкаучука. Анализ полученных данных показал, что оптимальным наполнителем для повышения твердости является технический углерод, благодаря высокой удельной поверхности. При этом твердость вулканизатов, наполненных техническим углеродом на 7,7% выше, чем у вулканизатов, наполненных волластонитом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нудельман, З. Н. Фторкаучуки: основы, переработка, применение / З. Н. Нудельман. - М.: ПИФ РИАС, 2007. – 383 с.
2. Бондаренко, Н. И. Пиритные огарки как наполнитель композиционного материала на основе бутадиен-стирольного каучука / Н. И. Бондаренко, Ю. В. Ковылова, А. О. Даценко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 1. – С. 78-86.
3. Ключникова Н.В. Композиционные полимерные материалы: учебное пособие / Н.В. Ключникова, Л.Н. Наумова. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. - 114 с.
4. Резниченко С.В. Морозов Ю.Л. Большой справочник резинщика. Часть 1. Каучуки и ингредиенты. – М.: Техинформ, 2012. – 736 с.
5. Jeon S.K. и др. Relationships between properties and rapid gas decompression (RGD) resistance of various filled nitrile butadiene rubber vulcanizates under high-pressure hydrogen // Mater. Today Commun. 2022. Т. 30. С. 103038.

УДК 631.674.6

Якимова К.В

Научный руководитель: Епринцев М.А., асс.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ КОМПОНОВКИ НИЗКОВЫСОТНОЙ РАКЕТЫ ДЛЯ ЗАПУСКА МАКЕТА МИКРОСПУТНИКА В СТАНДАРТЕ CANSAT

В настоящее время наука демонстрирует рекордные темпы развития, что приводит к частому обновлению знаний и использованию микроспутников для поддержания высокой скорости прогресса и решения актуальных задач в отрасли.

Соревнования CanSat были организованы по инициативе Европейского Космического Агентства с целью популяризации темы авиации и космоса среди молодежи. CanSat представляет собой функционирующую модель микроспутника массой до 350 грамм[1], все основные компоненты которой, включая бортовой компьютер, приемник-передатчик, научную нагрузку и систему питания, должны поместиться в объеме 0,5 литра. Данная "спутниковая" модель запускается с помощью ракеты и во время мягкой посадки на парашюте должна передавать полезную информацию на землю.

В данной статье проведено исследование по определению оптимальной конфигурации ракеты для запуска микроспутника в стандарте CanSat. Основным критерием является измерение максимальной высоты подъема модели ракеты путем комплексной обработки данных в программе OpenRocket. Уникальность данного проекта заключается в возможности оперативного и более точного определения высоты, по сравнению с традиционными методами, используемыми ракетомоделистами, даже без фактического запуска, только основываясь на компонентах.

Цель нашего исследования заключается в создании лучшей низковысотной ракеты с одним двигателем, изготовленной из неметаллических материалов в программе OpenRocket.

OpenRocket- это полнофункционального симулятор моделей ракет для проектирования и моделирования перед физическим созданием и запуском.

Ракета должна подниматься в воздух с помощью тяги, создаваемой

модельным ракетным двигателем РД1-100-0 и обходиться без использования аэродинамических рулей для управления полетом. Также ракета должна быть оснащена устройством для безопасного возвращения на землю после полета и нести полезную нагрузку стандарта CanSat.

Ограничения по массе и размерам ракеты диктуют, что ее масса не должна превышать 700 грамм, длина не должна быть больше 800 мм, диаметр - 72 мм, а масса полезной нагрузки не должна превышать 400 грамм. Эти параметры определяют необходимость учета при выборе и оптимизации составляющих ракеты для достижения максимальной высоты и соблюдение аэродинамики полета.

Устойчивость ракеты обеспечивается при выполнении условия, что центр тяжести находится впереди центра давления [1-2]. Количество стабилизаторов в нашей задачи должно равняться 8.

Разрабатывается первая компоновка ракеты (рис.1) в программе OpenRocket[3], которая будет выступать в качестве основы для дальнейших усовершенствований.

Ее характеристики следующие: длина ракеты составляет 771 мм, диаметр - 72 мм, масса с учетом двигателя - 681 грамм. Ракета имеет конический обтекатель, прямые стабилизаторы и цилиндрическую хвостовую часть. В ней предусмотрена возможность установки полезной нагрузки в виде CanSat и модуля для электроники. Апогей находится на высоте 379 метров.

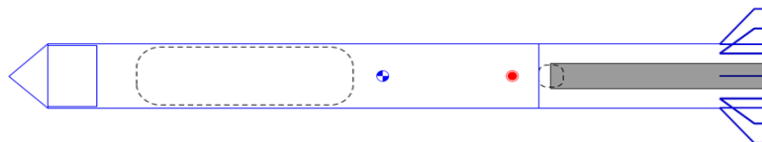


Рис.1 Первая компоновка

На следующем этапе исследования производится анализ влияния различных компонентов ракеты на максимальную высоту ее полета. Наглядные диаграммы позволяют выбрать оптимальный вариант.

1. Зависимость апогея от видов хвостовых частей ракеты(рис.2):

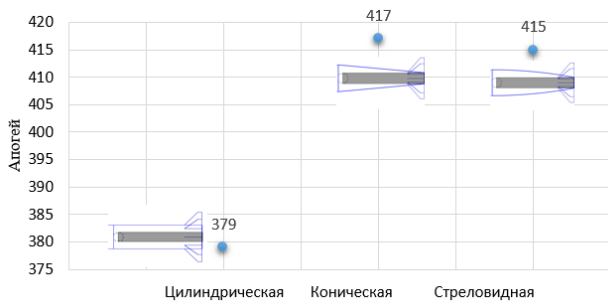


Рис. 2 Диаграмма хвостовых частей

2. Зависимость апогея от видов головных обтекателей(рис.3):

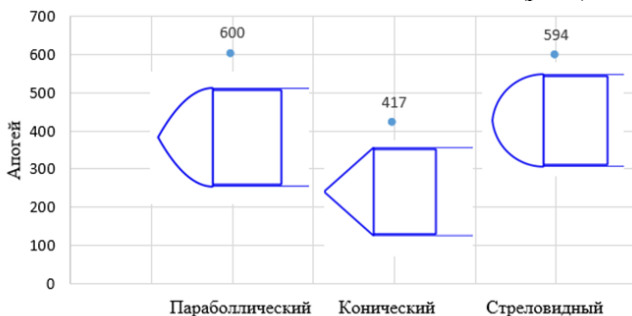


Рис. 3 Диаграмма обтекателей

3. Зависимость апогея от профиля стабилизаторов(рис.4):

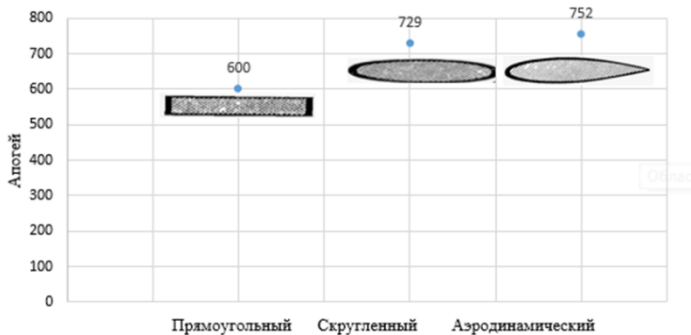


Рис. 4 Диаграмма профилей стабилизаторов

4. Зависимость апогея от формы стабилизаторов(рис.5):

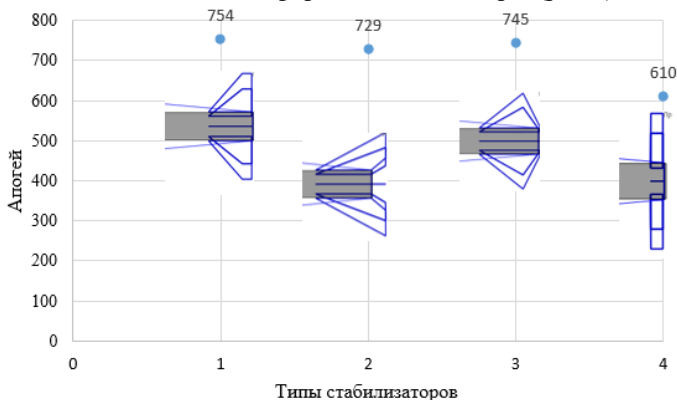


Рис. 5 Диаграмма типов стабилизаторов

После завершения процесса анализа формируется окончательная конфигурация ракеты, которая подвергается детальному рассмотрению. С помощью специализированного программного обеспечения была создана оптимальная модель ракеты(рис.6), соответствующая цели и условиям.

Параметры массы и длины остались неизменными, в то время как максимальная высота полета увеличилась до 754 метров за счет аэродинамических стабилизаторов, конической хвостовой части и параболического обтекателя. Ракета прошла анализ на устойчивость, Она показала, что остается стабильной даже при значительных углах атаки. В связи с этим ракета полностью готова к физической реализации.

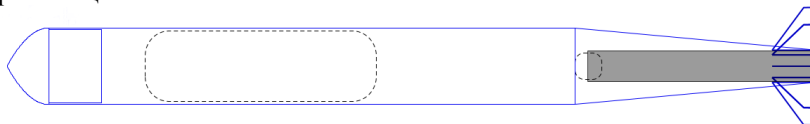


Рис. 6 Последняя компоновка

Путём проведения исследования в программе OpenRocket нами была разработана оптимальная ракета, предназначенная для запуска микроспутников в стандарте CanSat.

На настоящий момент, то есть после завершения данного исследования, началась физическая реализация получившейся модели. Следующая цель будет являться проверкой точности расчета максимальной высоты полета программы относительно реального

запуска.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.В. Васильев, Л.В. Морозов, В.Г. Шахов. Расчет аэродинамических характеристик ракет-носителей: Учеб, пособие /Самар, гос. аэрокосм. ун-т. Самара. 2005. 88
2. Карман Т. Аэродинамика. Ижевск: Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 73 с
3. Sampo Niskanen. OpenRocket technical documentation. For OpenRocket version 13.05. 2013-05-10 с 15-70

УДК 631.674.6

Якимова К.В

Научный руководитель: Еприцев М.А., асс

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В ЦЕЛЯХ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЛИВА ДЛЯ АВТОНОМНОЙ ТЕПЛИЦЫ

Автономная теплица в научном пространстве представляет собой специальное устройство, предназначенное для проведения экспериментов и исследований. Она обеспечивает контролируемые условия без необходимости учитывать внешние факторы.

Важным аспектом поддержания здоровья растений в теплице является правильное и регулярное поливание. Разработка автоматической системы полива позволит оптимизировать процесс ухода за растениями и повысить качество и урожайность.

В данной статье представлен собственный зажимной механизм с использованием капельного орошения, а также разработка платы для определения влажности почвы и автоматизации этого процесса полива.

Капельный полив представляет собой систему орошения [1], где вода поступает в прикорневую зону растений мелкими порциями. Принцип работы данной системы заключается в подаче воды под низким давлением через сеть шлангов с капельницами на их концах. Для регулировки подачи воды необходим механизм зажима.

На рисунке 1 представлено 3D-модель зажимного механизма для автономной теплицы, выполненное с использованием программного обеспечения SolidWorks [2].

Установка позволяет точно дозировать количество воды, поступающее к растениям. Основой установки является редуктор, который увеличивает крутящий момент в 64 раза с двигателя 140 DC Motor и передает его на резьбовой вал. Вал соединен с блоком через передачу винт-гайка, обеспечивающую подачу воды с определенным расходом. Это соединение предотвращает обратное движение механизма. В корпусе установки присутствует отверстие для трубки, которую сжимает шероховатое колесико. Корпус установки надежно закрепляется резьбовыми соединениями, обеспечивая стабильную работу.

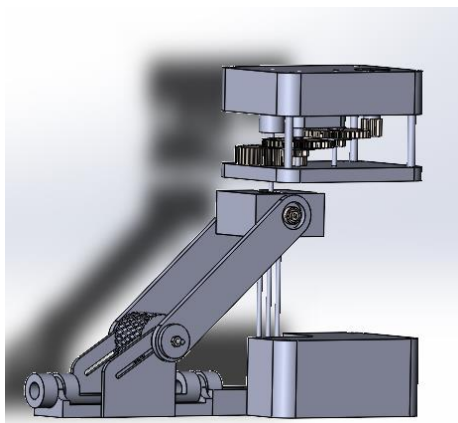


Рис.1 3D-модель зажимного механизма

При разработке печатной платы [3] для автоматического полива с использованием датчика влажности почвы F-28 были поставлены основные задачи, включающие в себя подбор оптимальных компонентов, разработку схемы и проектирование платы.

Для выполнения проектирования была выбран программный продукт EasyEDA, как наиболее простая в освоении и удобная для работы.

Принципиальная схема, изображенная на рис.2, использует датчик влажности почвы FC-28. Данный модуль состоит из зонда с двумя открытыми проводниками, которые погружаются в почву, и электронного модуля на базе компаратора LM393 с цифровым и аналоговым выходом. Зонд в виде модуля с электродами действует как переменный резистор, чье сопротивление изменяется в зависимости от влаги в почве. Чем выше содержание воды в почве, тем лучше ее проводимость и меньшее сопротивление, а наоборот, меньшее

количество воды снижает проводимость и увеличивает сопротивление почвы. Датчик FC-28 (YL-69) вырабатывает напряжение в соответствии с сопротивлением.

Полученные данные с датчика передаются на микроконтроллер Arduino Nano, откуда они направляются в специализированное программное обеспечение на персональный компьютер.

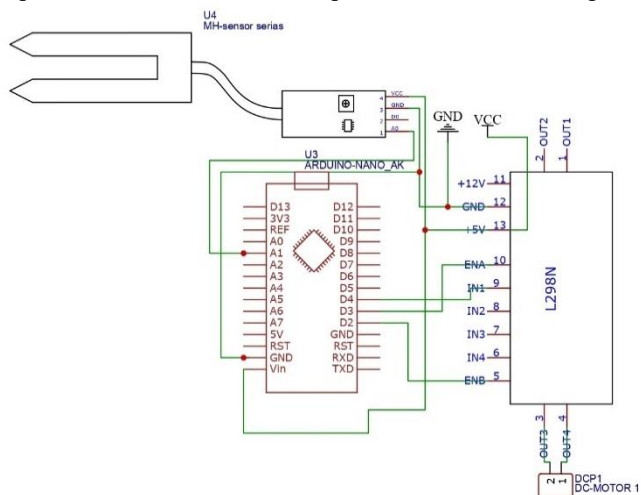


Рис.2 Принципиальная электрическая схема

После разработки принципиальной электрической схемы, была создана соответствующая трассировка печатной платы (рис.3).

Предполагается изготовить одностороннюю печатную плату, что облегчит монтаж компонентов и обслуживание устройства.

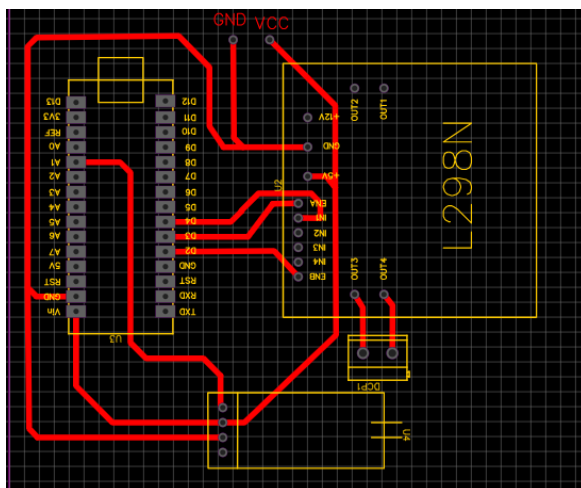


Рис.3 Трассировка платы

В результате проведенной работы была спроектирована печатная плата для автоматизированного полива теплицы в лабораторных условиях с использованием программного пакета EasyEDA. Разработанный проект учитывал все аспекты, необходимые для обеспечения доступности, удобства создания, компактного размещения и корректной работы платы.

В настоящее время автономная теплица находится на этапе разработки, где зажимной механизм связан с емкостью для воды. Датчик влаги, расположенный возле растения, передает сигнал на микроконтроллер, который управляет запуском двигателя. Зажимной механизм начинает свою работу, изгибая трубку для капельного полива.

Дальнейшие планы включают в себя создание единой системы в одном корпусе с целью уменьшения масштаба теплицы и внедрения других технологий, таких как ультрафиолетовое освещение, система дистанционного наблюдения, а также датчики температуры. Все эти компоненты будут взаимодействовать между собой для обеспечения оптимальных условий роста и развития растений в теплице.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балакай Г.Т. Безопасные системы и технологии капельного орошения, 2010 с 35-79
2. Руководство для учащихся по изучению программного обеспечения SolidWorks. С. 25–49

3. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. - Москва ФОРУМ - ИНФРА-М 2005, с .64-155.

УДК 533.6.071.4

Якимова К.В., Кузовов А.С.

Научный руководитель: Епринцев М.А., асс.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБОЙ

Аэродинамическая труба представляет собой физический прибор, позволяющий получить равномерный прямолинейный поток воздуха определенной скорости в рабочей части, где располагается исследуемая модель. В данном случае рассматривается труба с малыми габаритами, разработанная в нашем университете. Такие аэродинамические трубы малых размеров и скоростей в настоящее время становятся все более актуальными в исследованиях малых ракет и беспилотных авиационных систем (БАС).

Целью данной работы является разработка платы, которая позволит управлять скоростью потока воздуха в открытой аэродинамической трубе, открывая возможности для практических аэродинамических исследований [1-2].

Разработанная трехмерная модель аэродинамической трубы (Рис. 1) выполнена в программном пакете Solidworks [3], относится к типу открытых аэродинамических труб и используется для отработки технологий и программного обеспечения, а также в учебных целях.

Ее габаритные размеры составляют 900 мм в длину, 305 мм в высоту и 305 мм в ширину. Размер рабочей области составляет 150 мм в длину, 96 мм в высоту и 96 мм в ширину, а диапазон скоростей изменяется от 1 до 8 м/с.

Кроме того, были разработаны элементы схемотехники, включая принципиальную схему и трассировку платы.

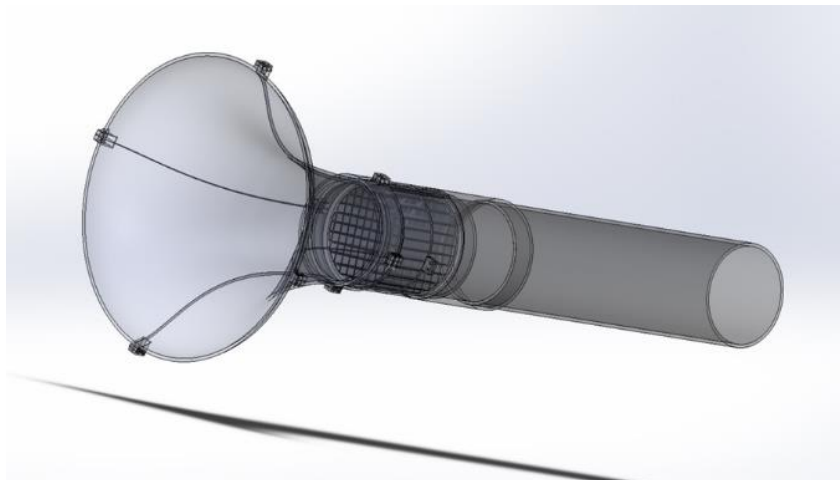


Рис. 1 3D-модель аэродинамической трубы

Для разработки печатной платы по управлению скоростью с использованием анемометра были сформулированы основные задачи, включающие подбор оптимальных компонентов, разработку схемы и проектирование платы. Одним из ключевых преимуществ данного проекта является компактность расположения элементов на плате.

Для выполнения проектирования был выбран программный продукт EasyEDA, как наиболее простая в освоении и удобная для работы.

Разработанная принципиальная схема [4] (Рис. 2) позволяет управлять напряжением, подаваемым на двигатель крыльчатки, тем самым изменяя скорость потока. Скорость потока измеряется с помощью цифрового анемометра, установленного перед рабочей зоной аэродинамической трубы. Данные с анемометра поступают на микроконтроллер Arduino Uno, откуда передаются в специальное программное обеспечение на персональный компьютер.

Данная плата позволяет автоматизировать процесс снятия и записи показаний, тем самым ускоряя работу. Также для улучшения параметров помехозащищенности и уменьшения индуктивного выброса, на плате предусмотрен конденсатор и диод, включенный в обратном направлении от источника тока.

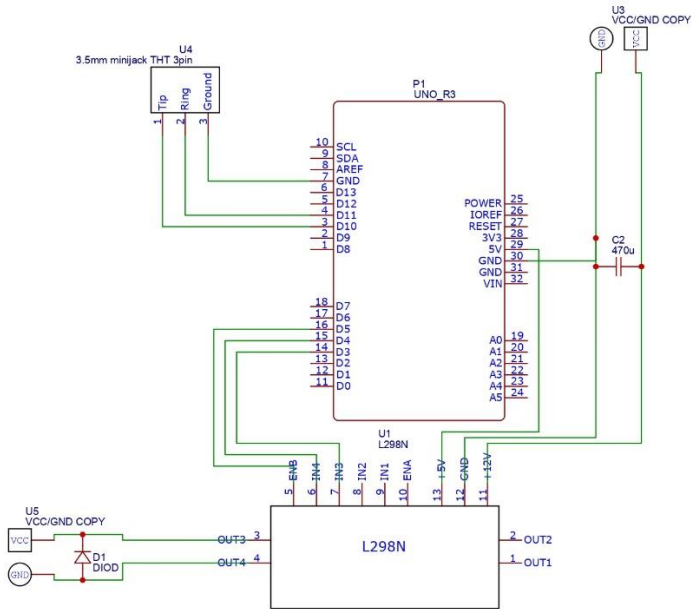


Рис.2 Принципиальная электрическая схема

После разработки принципиальной электрической схемы, была создана соответствующая трассировка печатной платы [4] (рис.3). Предполагается изготовить одностороннюю печатную плату, для облегчения монтажа компонентов и обслуживания платы.

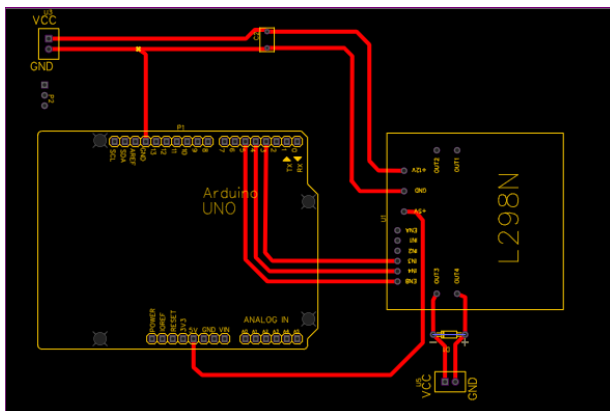


Рис.3 Трассировка платы

В результате проведенной работы была разработана печатная плата для управления аэродинамической трубой с учетом принципиальной схемы и трассировки в программе EasyEDA. Проект учитывал все необходимые аспекты для обеспечения доступности, удобства создания, компактного размещения и корректной работы платы. В дальнейшем планируется расширять функционал данной печатной платы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Назаров, Дмитрий Валентинович Н192 Экспериментальная аэродинамика: учебное пособие – Самара: Издательство Самарского университета, 2020. – 176 с
2. Рябинин А.Н. Аэродинамические трубы малых скоростей. – СПб.: Изд-во ВВМ. 2017. 25 с.
3. Руководство для учащихся по изучению программного обеспечения SolidWorks. С. 25–49
4. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. - Москва ФОРУМ - ИНФРА-М 2005, с .64-155.

Оглавление

Азаров А.В.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСКАЖЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ЕГО РАСПОЗНАВАНИЕ	3
Азаров А.С. ^{1,2} , Межевова А.С. ¹ , Михальков Д.Е. ²	
ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИКАТОВ И БИОПРЕПАРАТА НА ПЕРЕЗИМОВКУ, ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	7
Азоркин И.А.	
НУЖНА ЛИ В РОССИИ ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ МАГИСТРАЛЬ?	11
Акименко А.В.	
ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРИДА ЦИРКОНИЯ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	14
Андреев А.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНГРЕДИЕНТОВ ВУЛКАНИЗУЮЩЕЙ ГРУППЫ НА АДГЕЗИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НИТРИЛЬНОГО ВУЛКАНИЗАТА СО СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫМ ПОЛИЭТИЛЕНОМ	17
Барышникова В.Д., Морозов Д.А., Харитонов С.Д.	
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ТОНКОЙ НАСТРОЙКИ ДИФФУЗИОННОЙ МОДЕЛИ STABLE DIFFUSION	21
Борзёноква А. А	
ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА НА КОЛЕБАНИЯ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В РАННИЕ И ОТДАЛЕННЫЕ СРОКИ ТВЕРДЕНИЯ	27
Богачев П.А., Пушкарская Д.В., Рыжих Д.А.	
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОРАЗЛАГАЕМОЙ ОДНОРАЗОВОЙ ПОСУДЫ ИЗ ПОЛИМЕРА НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА	31
Божко Е.Д.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДАЧ И ПОРЯДКА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ И	

ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ “НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ”	36
Боков А.В., Булгаков А.Н.	
ИЗУЧЕНИЕ СКАЛЯРНЫХ И ВЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ СТАЛИ 45 ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ ПО ТРАЕКТОРИЯМ ДЕФОРМИРОВАНИЯ В ВИДЕ ПОЛУОКРУЖНОСТЕЙ	38
Булгаков А.Н., Боков А.В.	
ВЫЯВЛЕНИЕ МОМЕНТА ПОЯВЛЕНИЯ ОТКЛИКА НА ДИАГРАММЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СТАЛИ 45 ПО ТРАЕКТОРИЯМ ТИПА СМЕЩЕННОГО ВЕЕРА	44
Вергейчик А.В., Педан Д.О., Иваненко Д.А.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН	49
Вихарева Ж.А.	
НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ Harbin Y-12 II.....	54
Дубровина С.В., Городов С.И., Вергейчик А.В., Педан Д.О.	
ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЕВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ТАЛЛОВЫХ МАСЕЛ	59
Жданова Е.А., Вергейчик А.В., Шопинская С.Д.	
ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТА НА УПРУГОПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ЦВЕТНЫХ РЕЗИН НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНОГО КАУЧУКА	63
Иваненко Д.А., Педан Д.О., Вергейчик А.В.	
АНАЛИЗ СОСТАВОВ СОВРЕМЕННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫБОРЕ ПОДХОДЯЩЕГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ	67
Иваненко Д.А.	
АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ. ОСОБЕННОСТИ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ .	70
Иваненко Д.А.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ В СОСТАВЕ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ. ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	73

Истратий И.И., Митина Д.А., Курулёва У.Е. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	76
Копнина О.В., Педан Д.О., Вергейчик А.В. ПОДБОР И ВЫБОР МЕТОДОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ НОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА - КОСТНОГО ЦЕМЕНТА «ВЕРТЕКОН В+»	80
Крузин К.О., Овсянников В.В., Петров И.С. ЭЛЕМЕНТЫ И МАТЕРИАЛЫ ОРГАНОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ РАЗЛИЧНОГО ТИПА	85
Курулева У.Е., Истратий И.И., Митина Д.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСТЕКЛОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ	89
Ланцова Е.А. ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧНОГО КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЗАГРУЗКИ АНТИСЕПТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	94
Максимова К.М. АНАЛИЗ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЕКТАХ МИКРОСПУТНИКОВ CANSAT	99
Мальцева Ю. В., Смирнов И. С. МОДИФИЦИРОВАННЫЙ СЕРЕБРОМ ФОТОКАТАЛИЗАТОР g-C ₃ N ₄ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЯХ	101
Мерзликина А.И., Педан Д.О., Вергейчик А.В. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ БЛОКОВ ДЛЯ САД/САМ ФРЕЗЕРОВАНИЯ КОРОНОК СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	104
Митина Д.А., Курулева У.Е., Истратий И.И. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ РЕАКТОРНЫЕ УСТАНОВКИ	109
Морозов Д.А., Барышникова В.Д., Харитонов С.Д.	

СОЗДАНИЕ СРЕДЫ ИЗОЛИРОВАННОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ВРЕДОНОСНОГО КОДА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРОВЕРКИ ПРОЕКТОВ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ФАЙЛОВ.....	114
Олейникова Е.Е.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АНАЭРОБНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА.....	119
Педан Д.О.; Иваненко Д.А.; Вергейчик А.В.	
ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ПОЛИМЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ	123
Плугин И.А. ¹ , Симоненко Т.Л. ²	
ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ Co_3O_4 НА ХЕМОРЕЗИСТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕТЕРОСТРУКТУР ОКИСЛЕННЫХ $Ti_{0.2}V_{1.8}C / Co_3O_4$	127
Пушкарская Д.В., Рыжих Д.А.	
ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСС ПОЛИМЕРИЗАЦИИ.....	132
Савинец А.А.	
ВЛИЯНИЕ ЗАМЕНЫ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ ТЕХНОГЕННЫМИ ОТХОДАМИ НА СВОЙСТВА И КАЧЕСТВО СУЛЬФОАЛЮМИНАТНОГО КЛИНКЕРА.....	136
Санников М.В., Смирнов И.С.	
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА БИОМАССУ И КОНЦЕНТРАЦИЮ ЖИВЫХ КЛЕТОК БАКТЕРИЙ VACILLUS COAGULANS.....	139
Смирнов И. С., Санников М. В.	
ИЗУЧЕНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА (БИОЙОГУРТА) НА ОСНОВЕ КОНСОРЦИУМА СО СПОРООБРАЗУЮЩИМ МИКРООРГАНИЗМОМ VACILLUS COAGULANS.....	142
Собирова О.А., Пушкарская Д.В.	
ОСОБЕННОСТИ ЭМУЛЬСИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА.....	146

Сухоносова И.Д., Жданова Е.А., Педан Д.О.	
ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПЛАСТИФИКАТОРА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРИРОВАННЫХ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ	150
Трешкина Ю.И., Крюков А.Ю., Винокурова О.В.	
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ	152
Филатова Е.Е.	
ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИЕМНИКА ТЕМПЕРАТУРЫ	157
Филатова Е.Е.	
НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ САМОЛЕТА ТУ-154.....	161
Черкашин Д.А.	
ИЕРАРХИЧЕСКИЕ РЕШЕТОЧНЫЕ МОДЕЛИ ТЕОРИИ ПЕРКОЛЯЦИИ И ВЕТВЯЩИЕСЯ МАРКОВСКИЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ.....	164
Шопинская С.Д., Жданова Е.А., Пономарев Ф.Ю.	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ НА ТВЕРДОСТЬ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ФТОРКАУЧУКА.....	169
Якимова К.В	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ КОМПОНОВКИ НИЗКОВЫСОТНОЙ РАКЕТЫ ДЛЯ ЗАПУСКА МАКЕТА МИКРОСПУТНИКА В СТАНДАРТЕ CANSAT	174
Якимова К.В	
РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В ЦЕЛЯХ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЛИВА ДЛЯ АВТОНОМНОЙ ТЕПЛИЦЫ	178
Якимова К.В., Кузовов А.С	
РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБОЙ.....	182