

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. КОСЫГИНА
(ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)»

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Всероссийской научной конференции
молодых исследователей
с международным участием
«Инновационное развитие техники
и технологий в промышленности
(ИНТЕКС-2023)»

17–20 АПРЕЛЯ 2023 г.

ЧАСТЬ 3

МОСКВА 2023

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.Н. КОСЫГИНА
(ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)»**

**Всероссийская научная конференция
молодых исследователей
с международным участием
«Инновационное развитие техники и
технологий в промышленности
(ИНТЕКС-2023)»**

17-20 АПРЕЛЯ 2023 г.

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
Часть 3**

МОСКВА - 2023

УДК 378:001.895

ББК 74.58:72

В 85

В85

Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Часть 3. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2023. – 280 с.

ISBN 978-5-00181-400-9

Сборник составлен по материалам направлений 4 «Инновационное развитие химических технологий» и 7 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы и системы защиты техносферы» Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2023)», состоявшейся 17-20 апреля 2023 г. в Российском государственном университете им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов. Материалы публикуются в авторской редакции.

УДК 378:001.895

ББК 74.58:72

Редакционная коллегия

Силаков А.В., проректор по науке и инновациям; Оленева О.С., доцент; Гуторова Н.В., начальник ОСНИР; Андросова И.В., старший преподаватель; Бузькевич А.О., инженер

Научное издание

ISBN 978-5-00181-400-9

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 2023

© Коллектив авторов, 2023

© Дизайн обложки Крышевич В.В.

УДК 677.027.625.11.1

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С КОМПЛЕКСОМ АНТИАДГЕЗИОННЫХ И АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ

Абрамова С.Л., Колоколкина Н.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В современном мире большое внимание уделяется текстильным материалам, которые обладают антимикробными и антиадгезионными свойствами. Создание таких материалов, обладающих комплексом этих свойств представляет большой интерес не только в текстильной, медицинской промышленности, но также и во многих других отраслях.

За последнее время рост различных видов инфекций значительно увеличился, что повысило потребность рынка в материалах, которые будут предотвращать дальнейшее распространение бактерий [1]. При разработке новых антимикробных препаратов необходимо учитывать ряд критериев: компонент должен быть эффективен против широкого спектра действий бактерий и грибов, но в тоже время нетоксичным для организма, не вызывать аллергию и раздражение у человека.

Существует потребность в волокнистых материалах, которые будут сохранять антимикробные свойства под воздействием последующих чисток и стирок. Получение таких материалов с повышенной эксплуатационной и функциональной устойчивостью можно получать несколькими методами. Первый из них – это присоединение химической связью антимикробных препаратов к функциональным группам полимера. Второй – введение противовирусных веществ в структуру волокна в процессе формирования. При использовании обоих методов можно использовать антиадгезионные компоненты, которые могут придавать материалам водо- и маслоотталкивающие свойства.

Существуют разнообразные вида антимикробных препаратов, которые проявляют разный показатель эффективности. Особое внимание материалам с бактерицидными и антимикробными свойствами уделяется в медицинской отрасли [2]. К антимикробным веществам относятся полимеры, которые в своей структуре уже обладают противовирусной активностью, таких как хитозан, полисилоксаны, альгинаты [3]. Также существуют неорганические соединения: наночастицы металлов или их соли, в которых антимикробная активность повышается за счёт отщепления ионов металла на поверхность микробной клетки [1]. Чаще всего в качестве антимикробных препаратов используют наночастицы серебра, цинка, железа [1].

Подтверждение эффективности использования данных оксидов металлов в качестве антимикробных веществ представлено на одежде, которая проявляется в отсутствии побочных эффектов и пагубно не влияет на флору кожи человека даже при длительной носке [4].

Для создания материалов с антиадгезионными свойствами используют различные вещества, снижающие их поверхностную энергию [5]. Чаще всего используют латексы – это водные коллоидные дисперсии высокомолекулярных полимеров. Последнее время они занимают важное место среди полимерных материалов широкого потребления [6].

Для придания комплекса свойств можно использовать несколько приёмов. Самый простой вариант – это введение в волокнистый материал антимикробных препаратов, а затем нанесение плёнки из латекса, для закрепления эффективности бактерицидности и придания водо- и маслоотталкивающих свойств. Более сложный и трудоёмкий способ – это одновременное введение в полимерный материал антимикробных и антиадгезионных препаратов.

Для получения материала с антимикробными свойствами проводили прививку метакриловой кислоты (МАК) к целлюлозному волокнистому материалу. А затем проводили обработку материала ионами активных металлов: Cu^{2+} , Ag^+ , Zn^{2+} .

Оценку антимикробных свойств целлюлозного материала проводили путём измерения зоны задержки роста микроорганизмов по методике [7]. Результаты исследования антимикробных свойств представлены в табл. 1. Таблица 1 – Антимикробная активность в зависимости от типа нанесённых ионов металлов при различной концентрации метакриловой кислоты.

Количество используемой МАК для прививки, %	Антимикробное вещество			Зона задержки роста микроорганизмов, мм
	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Ag^+	
5	+	-	-	10
5	-	+	-	3
5	-	-	+	2
10	+	-	-	5
10	-	+	-	5
10	-	-	+	2
15	+	-	-	8
15	-	+	-	4
15	-	-	+	2

Из данной таблицы следует, что наибольшую антимикробную активность проявили образцы с ионами Zn при разном количестве используемой метакриловой кислоты в растворе (5%, 10%, 15%).

Для придания антиадгезионных свойств использовали латекс на основе полимера полиалкилакрилата «Perfloro MRD». Важными при обработке материалов является коллоидные характеристики латексов. Таковыми являются положительный заряд частиц и их наноразмерность 41-45 нм.

Латексы с наноразмерной величиной частиц являются наиболее эффективны для придания антиадгезионных свойств [8].

Обработку целлюлозного материала проводили композицией латекса «Perfloro MRD» с антимикробными добавками. Определение антиадгезионных свойств: водо- и маслоотталкивающих проводили по методикам [9]. Результаты всех исследований приведены в общей табл. 2. Таблица 2 – Показатели антиадгезионных и антимикробных свойств материалов на основе привитого сополимера целлюлозы – МАК.

Тип обработки привитого сополимера (ПР) целлюлозы - МАК	Антимикробное вещество			Антиадгезионные свойства		Зона задержки роста микроорганизмов, мм
	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Ag ⁺	Водоотталкивающие свойства Ву, балл	Маслоотталкивающие свойства Му, условные единицы	
ПР (5% МАК) + композиция соль - латекс	+	-	-	6	100	6
ПР (5% МАК) + композиция соль – латекс	-	+	-	6	120	2
ПР (5% МАК) + композиция соль - латекс	-	-	+	6	110	1
ПР (10% МАК) + композиция соль - латекс	+	-	-	6	100	5
ПР (10% МАК) + композиция соль – латекс	-	-	+	7	110	4

Как видно из данных таблицы, антимикробные свойства материалов с привитым сополимером целлюлозы и МАК при обработке латексами резко снижаются. По-видимому, образующийся полимерный поверхностный слой латекса препятствует выходу антимикробных веществ, приводя к снижению антимикробной активности. В то же время совместная композиция латекса с ионами металлов, наоборот, не нарушает антимикробную активность, при этом антиадгезионные свойства сохраняются на высоком уровне.

Таким образом, показана возможность создания целлюлозных материалов с комплексом антиадгезионных и антимикробных свойств, которые могут быть использованы в широких отраслях промышленности.

Список использованных источников:

1. Антибактериальные неорганические агенты: эффективность использования многокомпонентных систем / А.А.Мелешко, А.Г.Афиногенова, Г.Е.Афиногенов, А.А.Спиридонова, В.П.Толстой // Инфекция и иммунитет. – 2020, т.10. - № 4. - с. 639 – 654.
2. Антимикробная и вирулицидная активность трёхкомпонентного комплекса хлоргексидин – ЭДТА – цинк / В. А. Галынкин, А. Х. Еникеев, Е. П. Подольская А. С. Гладчук, Т. И. Виноградова, Н. В. Заболотных, М. З. Догондзе, К. А. Краснов // Медицина экстремальных ситуаций. – 2022, т.24 № 1. – с.43 – 50.
3. Антибактериальная активность триазолбетаиновых производных хитозана / А. С. Критченков, О. В. Волкова, Н. В. Железняк, О. В. Курлюк, Т. В. Шаколо, А. П. Дысин, Н. А. Липкан // Вестник фармации. – 2020. - № 2. – С. 76 – 82.

4. Халиуллина М.К., Гадельшина Э.А. Использование различных бактерицидных и фунгицидных добавок в полимерах при производстве антимикробных текстильных материалов // Вестник Казанского технологического университета. - 2014. – Т.17. - № 8. – С.87 – 92.

5. Мухаметов Р.Р., Петрова А.П., Пономаренко С.А. Антиадгезионные покрытия и их свойства // Труды ВИАМ. – 2018. - № 12. – С.88 – 96.

6. Абзальдинов Х.С., Яруллин А.Ф. Современные тенденции в области модификации эластомеров высокомолекулярными соединениями и олигомерами (обзор) // Промышленное производство и использование эластомеров. – 2021. - № 3. – С.13 – 21.

7. Ермакова П.Ю. Оценка бактерицидной активности: методические указания / П.Ю. Ермакова. – М.: Московский Политехнический Университет, 2021. – 17 с.

8. Редина Л.В., Гореславец Е.Ю., Землянская Д.В. Композиции латексов полифторалкилакрилатов с хитозаном для модификации волокнистых материалов // Хим. волокна. – 2019. - № 1. – С. 52 – 54.

9. Горин М.С. Получение и исследование свойств нанодисперсий полифторалкилакрилата и композиций на их основе для модифицирования химических волокон: автореф. дис...канд. техн. наук: 05.17.06 – М., 2014. – 21 с.

© **Абрамова С.Л., Колоколкина Н.В., 2023**

УДК 677.463.5

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ ВИСКОЗНОГО ВОЛОКНА

Акутина Ю.В., Середина М.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Разработка и внедрение в медицинскую практику текстильных материалов и изделий на их основе является новым научно-практическим направлением работ в борьбе с гнойной инфекцией. Использование нанотехнологий в этом направлении позволяет создавать такие перевязочные средства, в которых введенный препарат, в безопасных для организма микродозах, но достаточных для подавления роста патогенных микроорганизмов, поступает в рану, оказывая пролонгированный антимикробный эффект.

В настоящее время благодаря достижениям науки появились новые возможности целенаправленного и дифференцированного использования

современных перевязочных средств на различных этапах процесса раневого заживления. Актуальность создания и изучения наноматериалов, обладающих антимикробными свойствами, приобретает особое значение в связи с ростом резистентности бактерий к большинству антибиотиков и антисептиков.

Широко используются хлопчатобумажные (ткань, марля), целлюлоза, модифицированная акриловой кислотой, окисленные целлюлозные и вискозные волокна, фторолоновые соединения, нетканые материалы из поливинилспиртовых волокон, активированные дихлоризоциануратом натрия или перекисью водорода, гидрогелевые материалы на основе полигидрооксиэтиметакрилата, различные губки и пленки [1].

Химическая модификация всех природных целлюлозных, а также гидратцеллюлозных искусственных волокон путем синтеза привитых сополимеров должна проводиться только на готовых материалах – волокне или тканях.

Цепная полимеризация – один из наиболее широко распространенных методов синтеза высокомолекулярных соединений. В зависимости от характера активных центров, возникающих в процессе реакции, различают ионную и радикальную полимеризацию.

При формировании волокон из раствора смесей полимеров, содержащих привитой сополимер, последний принимает участие в образовании надмолекулярной структуры, и поэтому комплекс механических свойств волокон не снижается.

Основными способами образования радикалов в макромолекуле волокна являются: передача цепи; облучение частицами высокой и низкой энергии; предварительное введение в макромолекулу волокна групп, распадающихся с образованием радикалов; применение окислительно-восстановительных систем, в которых молекула волокна играет роль восстановителя.

Для повышения эффективности прививки методом реакции передачи цепи в макромолекулу целлюлозы вводят функциональные группы, обладающие высокой реакционной способностью при взаимодействии с радикалами и понижающие энергию активации реакции передачи цепи [2].

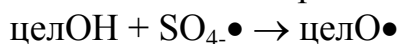
Синтез привитых сополимеров целлюлозы по реакции передачи цепи от радикала – инициатора может быть осуществлен с использованием для инициирования персульфата калия в условиях, затрудняющих диффузию этого инициатора в раствор мономера. При нагревании водных растворов персульфат ион распадается на ион и радикал по схеме:



Если распад персульфата происходит в присутствии целлюлозы, то в результате передачи цепи образуется макрорадикал целлюлозы, который иницирует привитую полимеризацию. В условиях, при которых

затрудняется взаимодействие радикала с мономером, образование гомополимера сводится к минимуму. Это условие выполняется при прививке мономера на волокно, обработанное водным раствором персульфата из паровой фазы. Количество гомополимера образующегося при прививке по этому методу не превышает 20% от общего количества прореагировавшего мономера. В работе в качестве мономера использовали акрилат кальция, а в качестве инициатора – персульфат калия.

Реакция синтеза протекает по следующей схеме:



Синтез привитых сополимеров проводился двумя методами. Для первого синтеза привитых сополимеров использовали водные растворы акрилата кальция различной концентрации: 2%, 7%, 12%, 17%. Навески вязкого волокна для обработки составляли 2 грамма, концентрация инициатора в растворе – 1%. Данные эксперимента представлены в табл. 1. Таблица 1 – Влияние концентрации мономера на выход привитого сополимера

Концентрация мономера	Привес, %	Выход, %
17%	15,56	1,74
12%	13,3	1,54
7%	2,24	1,25

Как видно из приведенных данных, с повышением концентрации мономера в растворе, увеличивается привес модифицированного волокна.

Анализ привитых сополимеров целлюлозы и акриловой кислоты проводили для определения содержания и количества привитого полимера. С увеличением концентрации мономера с 7% до 17% приводит к незначительному повышению содержания привитого и выходу привитого с 1,25% до 1,74%. Это связано с тем, что прививка идет неравномерно по объему волокна и сопровождается образованием гомополимера.

Для второго синтеза использовали растворы акрилата кальция с концентрацией 17%. Для обработки использовали навески вязкого волокна в количестве 2 грамм, а концентрация инициатора составила 0,5%, 0,75%; 1,5%. Данные представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Влияние концентрации инициатора на выход привитого сополимера

Концентрация инициатора в растворе	Привес, %	Выход, %
1,5%	27,5	0,65
0,75%	13,0	1,10
0,5%	11,5	1,54

С повышением концентрации инициатора в растворе с 0,5% до 1,5% значительно увеличивается привес модифицированного волокна с 11,5% до 27,5%.

На основании представленных данных можно сделать вывод о том, что уменьшение концентрации инициатора с 1,5% до 0,5% приводит к повышению выхода привитого материала с 0,65% до 1,54%. Это связано с тем, что прививка идет неравномерно по всему объему волокна и

сопровождается образованием гомополимера. Далее были выбраны оптимальные условия для обработки модифицированного волокна добавками, придающими целлюлозному материалу антибактериальный эффект.

Список использованных источников:

1. Фролова А. В., Генералов И. И. Сравнительный анализ антимикробной активности наночастиц металлов //Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2012. – Т. 11. – №. 4. – С. 53-58.

2. Роговин З.А. Химические превращения и модификация целлюлозы. – Химия, 1967. – 175 С.

© Акутина Ю.В., Середина М.А., 2023

УДК 582.093: 543.55

**СВОЙСТВА ВОДНО-СПИРТОВЫХ ИЗВЛЕЧЕНИЙ ИЗ ЛИСТЬЕВ
НЕКОТОРЫХ ЯГОДНЫХ КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ,
РАСПРОСТРАНЕННЫХ В СРЕДНЕЙ ПОЛОСЕ РОССИИ**

Астахова В.И., Ручкина А.Г., Тягунова Э.Д.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Замятина Н.Н.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова
Российской академии наук, Москва*

Ультразвуковая экстракция наиболее широко распространена для извлечения биологически – активных веществ (БАВ) из растительного сырья, так как этот метод является чрезвычайно эффективным и экономически выгодным в сравнении с традиционными. Однако, анализ научных публикаций по этому вопросу показывает необходимость подбора условий для конкретного вида сырья и группы извлекаемых БАВ. Ягоды и листья некоторых кустарниковых растений: малина, черная смородина, толокнянка, голубика широко используются в народной медицине, и в фармакопейной практике. Листья этих растений отличаются высоким содержанием фенольных соединений с доказанной биологической активностью. Однако в России эта тема пока не получила должного развития [1].

С целью определения возможности получения ультразвуковых экстрактов растительных биологически активных соединений фенольного типа с сохранением их антиоксидантного потенциала нами были проведены опыты по экстракции 50% водным этанолом из листьев

малины, черной смородины, толокнянки, голубики, с использованием зонда УЗТА-0.2/22-ОМ «Волна» (22 кГц).

На процесс экстракции серьезное влияние оказывают различные факторы: особенности растительного сырья, размер его частиц, природа экстрагента, соотношение «сырье – экстрагент», температура и время экстракции, число мацераций. Изменяя условия экстракции, можно регулировать данный процесс и влиять на выход биологически активных веществ. Оценку влияния условий экстракции проводили на серии экспериментов с изменением длительности воздействия ультразвука (5-15 минут) и соотношения сырье – экстрагент (от 1:6,5 до 1:20) [2].

Качество экстрактов оценивали по следующим параметрам: суммарное содержание фенольных соединений, суммарное содержание флавоноидов и антиоксидантная активность. Характеристики экстрактов определяли спектрофотометрически: фенольные соединения – с использованием реактива Фолина-Чокальтеу (PanReac AppliChem Spain lot: A5084) с калибровкой по галловой кислоте (CAS 149-91-7), суммарное содержание флавоноидов – с использованием хлорида алюминия [4] с калибровкой по кверцетину Ч ГОСТ 57990-2017 [3], общую антиоксидантную активность (АОА) – со стабильным хромофорным триарилгидразильным радикалом – 2,2'-дифенил-1-пикрил-гидразилом (ДФПГ•, 90%. Sigma-Aldrich Chem. Comp.). В качестве количественной характеристики антиоксидантных свойств экстракта использовали степень радикального захвата $RS = (A_0 - A_x) / A_0 \times 100\%$, где A_0 и A_x – величина поглощения раствора радикала до и после добавления образца (экстракта) при 520 нм соответственно [5]. Величину общей антиоксидантной активности изученных экстрактов выражали через концентрацию стандартного антиоксиданта – тролокса (6-гидрокси-2,5,7,8-тетраметил-хроман-2-карбоновая кислота) – водорастворимого структурного аналога витамина Е. Содержание экстрактивных веществ определяли по модифицированной методике ОФС.1.5.3.006.15 [6]. Результаты исследования приведены в табл. 1.

В экстрактах листьев голубики и толокнянки, в среднем, содержится больше фенольных соединений, чем в экстрактах листьев малины и черной смородины. При получении экстрактов из листьев малины и черной смородины наблюдается повышение выхода фенольных соединений из более концентрированных смесей и времени воздействия ультразвука 10 и 15 минут.

Для растений семейства вересковых имеется тенденция роста содержания флавоноидов с увеличением продолжительности времени экстрагирования и увеличением содержания растительного сырья. Для листьев малины в сериях экспериментов получены зависимости: чем выше концентрация сырья в смеси, тем больше требуется времени воздействия для получения наивысших показателей по содержанию флавоноидов.

В случае черной смородины больше всего флавоноидов получено при соотношении сырье:экстрагент 1:10 и продолжительности экстрагирования 15 минут.

Таблица 1 – Характеристики водно-спиртовых экстрактов листьев голубики, толокнянки, малины, черной смородины.

Соотношение сырье:экстрагент	Время экстракции, мин	Голубика	Толокнянка	Малина	Черная смородина
Содержание суммы фенольных соединений, мг/мл					
1:20	5	0,098±0,018	0,059±0,011	0,103±0,019	0,075±0,014
	10	0,112±0,020	0,095±0,017	0,09±0,016	0,085±0,015
	15	0,104±0,019	0,112±0,020	0,115±0,021	0,074±0,013
1:10	5	0,098±0,018	0,118±0,021	0,117±0,021	0,104±0,019
	10	0,158±0,028	0,119±0,021	0,146±0,026	0,088±0,016
	15	0,12±0,022	0,124±0,022	0,171±0,031	0,128±0,023
1:6,5	5	0,094±0,017	0,113±0,020	0,094±0,017	0,103±0,019
	10	0,12±0,022	0,16±0,029	0,164±0,030	0,178±0,032
	15	0,179±0,032	0,217±0,039	0,144±0,026	0,143±0,026
Содержание суммы флавоноидов, мг/мл					
1:20	5	0,045±0,008	0,021±0,004	0,087±0,016	0,037±0,007
	10	0,047±0,009	0,042±0,008	0,061±0,011	0,038±0,007
	15	0,049±0,009	0,054±0,010	0,052±0,009	0,035±0,006
1:10	5	0,054±0,010	0,047±0,009	0,056±0,010	0,038±0,007
	10	0,061±0,011	0,056±0,010	0,089±0,016	0,035±0,006
	15	0,068±0,012	0,058±0,010	0,061±0,011	0,063±0,011
1:6,5	5	0,052±0,009	0,054±0,010	0,031±0,006	0,023±0,004
	10	0,059±0,011	0,066±0,012	0,021±0,004	0,061±0,011
	15	0,073±0,013	0,089±0,016	0,08±0,014	0,051±0,009
Степень радикального захвата, %					
1:20	5	29±5	53±10	25±5	15±3
	10	40±7	62±11	26±5	19±3
	15	44±8	66±12	26±5	19±3
1:10	5	48±9	57±10	26±5	26±5
	10	52±9	68±12	27±5	27±5
	15	65±12	76±14	27±5	28±5
1:6,5	5	58±10	70±13	28±5	20±5
	10	75±15	75±15	30±5	30±5
	15	84±15	83±15	30±5	29±5

В целом, антирадикальные свойства экстрактов листьев голубики и толокнянки более, чем в 2 раза выше, чем экстрактов листьев малины и черной смородины. Для каждого вида сырья наблюдается пропорциональный рост значений при повышении содержания растительного сырья в смеси, характер зависимости и относительный уровень более ярко проявляется для экстрактов растений семейства вересковых.

Интересно отметить, что при анализе полученных данных не было установлено линейной взаимосвязи антиоксидантных свойств с содержанием фенольных соединений или флавоноидов, однако получена удовлетворительная корреляция между общей антиоксидантной активностью (ТЕАС, мкМ) и содержанием экстрактивных веществ в водно-спиртовых извлечениях (рис. 1).

Наблюдаемые зависимости свидетельствуют о сложных и неоднозначных проявлениях свойств многокомпонентных смесей биологически-активных веществ, какими являются экстракты растений; а также о необходимости продолжения исследований методов экстракции и свойств экстрактов.

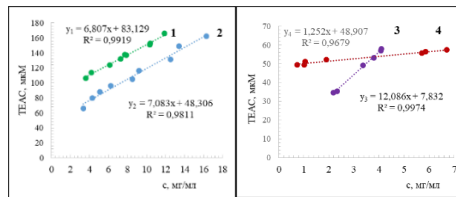


Рисунок 1 – Зависимость общей антиоксидантной активности экстрактов от содержания экстрактивных веществ, где: 1 – экстракт толокнянки, 2 – экстракт листьев голубики, 3 – экстракт листьев малины, 4- экстракт листьев черной смородины.

Список использованных источников:

1. Матвеева В.И., Ручкина А.Г., Кобраков К.И., Шпигун Л.К., Шмакова Н.С. Сравнительная характеристика экстрактов некоторых растений семейства вересковых и эффективности методов их получения // Химия растительного сырья. 2022. №2. С. 105-112

2. Дикорастущие полезные растения России. / Отв. ред. А.Л. Буданцев, Е.Е. Лесиовская. – СПб.: Изд-во СПХФА, 2001. – 663 с.

3. Лазарев А.С., Кляузова А.В., Ручкина А.Г., Кобраков К.И., Шпигун Л.К. Состав и антиоксидантные свойства экстрактов из листьев голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) // Химия растительного сырья. 2019. №4. С. 223–232. DOI: 10.14258/jcprgm.2019045498

4. Патент 2 475 724 РФ Способ количественного определения флавоноидов в растительном сырье флуориметрическим методом / Мальцева А.А., Брежнева Т.А., Сливкин А.И., Чистякова А.С. – Заявлено 06.05. 2011.- Оpubл. 20.02.2013. – Бюл. №5 – 6с.

5. Хасанов В. В., Рыжова Г. Л., Мальцева Е. В. Методы исследования антиоксидантов // Химия растительного сырья. 2004. №3. С. 63–75.

6. Государственная фармакопея РФ. XIV изд. М., 2018. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>

© Астахова В.И., Ручкина А.Г.,
Тягунова Э.Д., Замятина Н.Н., 2023

УДК 664.9.03:664.8.037.1:664.8.037.51

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЕРУЛОВОЙ КИСЛОТЫ
НА СВОЙСТВА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ СШИТОГО ХЛОРИДОМ КАЛЬЦИЯ
АЛЬГИНАТА НАТРИЯ**

Ахмедов М.М., Привалова Ю.И., Кильдеева Н.Р.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

На сегодняшний день важнейшей задачей становится развитие отечественной промышленности, а в особенности её медицинской отрасли, зависящей от поставок импортных искусственных шовных материалов. Индивидуальные шовные материалы обладают узкой специализацией ввиду различий в требованиях к материалу в зависимости от вида и локализации раны.

Широта ассортимента искусственных шовных материалов позволяет для каждого вида раны подобрать наиболее подходящую шовную нить. Рынок шовных нитей на сегодняшний день состоит из нескольких разновидностей материалов. Шовные нити могут быть изготовлены из резорбируемых и нерезорбируемых в организме материалов.

Нити из стали, полипропилена, нейлона сохраняют постоянную прочность после имплантации, однако затем требуется их извлечение после заживления раны. Нити белкового происхождения (шелк, кетгут), обладают способностью к биорезорбции, но могут провоцировать сильную иммунную реакцию организма.

Нити из синтетических полимеров – биodeградируемых полиэфиров (полидиоксанона, полиглекапрона, полигликолиевой кислоты, полимолочной кислоты, а также иные вещества и сополимеры) относят к категории специфичных шовных материалов, достаточно полно удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к материалам для лечения различных типов ран. При этом при использовании шовного материала из этих синтетических полимеров возможно воспаление близлежащих тканей из-за воздействия продуктов биоразложения – оксикислот (мономеров) на клетки организма. Полиэфир политриметиленкарбоната в процессе гидролиза выделяет слабую угольную кислоту, не приводящую к воспалению, однако его крупномасштабное производство предполагает использование опасных реактивов (фосгена) и соблюдение строгих требований по безопасности.

В настоящей работе была исследована возможность получения биорезорбируемых медицинских шовных нитей на основе сшитого альгината натрия – полисахарида, получаемого из бурых морских

водорослей. В качестве объектов исследования были использованы высоковязкие водные растворы натриевой соли альгиновой кислоты, различной концентрации, и использование различных сшивающих агентов как неорганической (CaCl_2) так и органической природы (феруловая кислота). Из исследованных растворов были получены полимерные пленки и волокна.

Для получения нерастворимых в воде моноволокон был изучен процесс ионной сшивки раствора альгината натрия солями хлорида кальция, различной молярной концентрации. Изучено влияние условий формования и состава формовочного раствора на свойства полученных волокон. В состав формовочного раствора добавляли дополнительный сшивающий агент (феруловую кислоту).

Ионная сшивка альгината натрия хлоридом кальция происходит по карбоксильным группам, сопровождаясь осаждением нерастворимого альгината кальция, схема ионной сшивки показана на рис. 1.

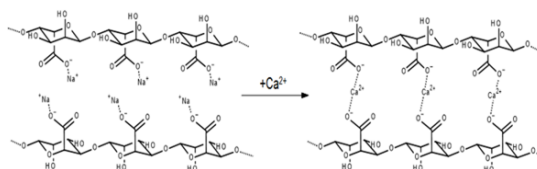


Рисунок 1 – Ионная сшивка альгината натрия ионами двухвалентного кальция, проходящая при взаимодействии растворов альгината натрия и хлорида кальция [1, 2].

Сшивка альгината натрия феруловой кислотой достигается за счет межмолекулярного взаимодействия карбоксильных и гидроксильных групп феруловой кислоты с гидроксильными группами альгината, не изменяя структуры самого альгината, схема сшивки альгината феруловой кислотой расположена на рис. 2.

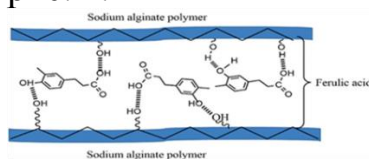


Рисунок 2 – Рисунок двух макромолекул альгината натрия, модифицированного феруловой кислотой [3].

В результате образования водородных связей в растворе альгината натрия и феруловой кислоты раствор преобразуется в вязкий гель, не изменяя при этом структуры самого альгината, что оставляет возможность подвергнуть полученный материал дополнительной ионной сшивке катионами кальция посредством ионной сшивки в осадительной ванне.

Формование волокна проводили из водного раствора альгината концентрации 4%, содержащего различные количества феруловой кислоты: 0.01, 0.025 и 0.1 моль на 1 моль галуроновой кислоты (являющейся звеном макромолекулы альгината натрия). Волокна, сшитые феруловой кислотой с соотношениями 0.01 и 0.025 моль/моль были

сформованы при нулевой фильерной вытяжке, а сшитые в соотношении 0,1 моль/моль – с коэффициентом 1,8 (+80%).

Для полученных образцов волокон были определены физико-механические свойства и приведено сравнение с альгинатными нитями, полученными в тех же условиях без предварительной сшивки феруловой кислотой. Разрывная нагрузка и предельное удлинение нитей показаны в виде графиков на рис. 3 и рис. 4.

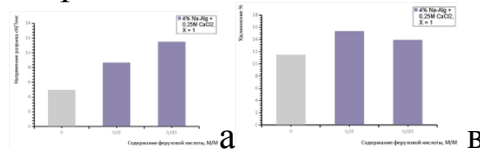


Рисунок 3 – Зависимость напряжения при разрыве (а) и максимального удлинения (б) для мононитей на основе сшитого ионами кальция альгината натрия, от содержания феруловой кислоты в формовочном растворе. Фильерная вытяжка 0%.

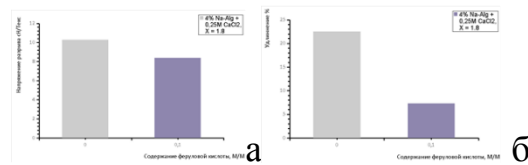


Рисунок 4 – Зависимость напряжения при разрыве (а) и максимального удлинения (б) для волокнистых изделий на основе сшитого ионами кальция альгината натрия, от молярной концентрации феруловой кислоты в формующем растворе. Фильерная вытяжка +80%.

Волокна, сформованные по мокрому способу из 4% раствора альгината натрия с добавлением 0,025 моль/моль феруловой кислоты в осадительную ванну 0,25М хлорида кальция, с при нулевой фильерной вытяжке обладают 13,9% удлинением и значением напряжения при разрыве 11,5 сН/текст.

Таким образом, были установлены оптимальные условия для получения хирургических шовных нитей методом формования мононитей альгината натрия, сшитых феруловой кислотой в осадительную ванну, содержащую раствор ионного сшивающего агента хлорида кальция. Для полученных нерастворимых в воде волокон было изучено влияние степени сшивки раствора альгината натрия феруловой кислотой при различных соотношениях на прочностные показатели. Изучено влияние вариативности коэффициента вытягивания в процессе фильерной вытяжки на физико-механические свойства получаемых нитей. Установлены значения фильерной вытяжки и степени сшивки альгината натрия феруловой кислотой, способствующие получению наиболее прочных и упругих волокон.

Работа выполнялась при участии Захаровой В.А.

Список использованных источников:

1. Yang J. S., Xie Y. J., He W. Research progress on chemical modification of alginate: A review //Carbohydrate polymers. – 2011. – Т. 84. – №. 1. – С. 33-39.
2. Paredes Juárez G. A. et al. Immunological and technical considerations in application of alginate-based microencapsulation systems //Frontiers in bioengineering and biotechnology. – 2014. – Т. 2. – С. 26.
3. Yerramathi B. B. et al. Structural studies and bioactivity of sodium alginate edible films fabricated through ferulic acid crosslinking mechanism //Journal of Food Engineering. – 2021. – Т. 301. – С. 110566.

© Ахмедов М.М., Привалова Ю.И., Кильдеева Н.Р., 2023

УДК 542.06

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
НАНОЧАСТИЦ СИЛИКАТА СЕРЕБРА
НА ФОТООТКЛИК БАКТЕРИОРОДОПСИНА**

Бокова Е.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Байгужин Г.Ф.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«МИРЭА – Российский технологический университет», Москва

Гребенников Е.П., Шмелин П.С., Порошин Н.О.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«МИРЭА – Российский технологический университет», Москва

Одной из актуальных проблем в области современного наукоемкого производства является разработка новых гибридных структур, в том числе с фотоактивными свойствами, основанными на их способности к переносу и преобразованию энергии.

Одним из наиболее всесторонне исследованных фотохромных белков, часто упоминаемом в научной литературе является бактериородопсин (БР) [1, 2]. Фотоцикл БР является разветвленным, о чем впервые упомянуто в 1993 году [3], а его разветвленный фотохимический цикл, состоящий по меньшей мере из двух состояний, обозначаемых как Р и Q, подробно описан в 2002 году [4].

Цель работы – исследование влияния наночастиц на основе силиката серебра на фотохимические свойства бактериородопсина в составе пурпурных мембран бактерий *Halobacterium Salinarum*.

Галофильные бактерии *Halobacterium salinarum* (штамм ET 1001) культивировали в жидкой среде следующего состава: вода дистиллированная, хлорид натрия (25%), сульфат магния (2%), хлорид калия (0,2%), цитрат натрия (0,3%), пептон (0,5%), дрожжевой экстракт (0,5%). Культивацию проводили в шейкере-инкубаторе «Мультитрон» при $T=38^{\circ}\text{C}$, постоянном освещении и скорости вращения шейкера 80 об/мин. Рост галобактерий контролировали измерениями поглощения. Полученную суспензию центрифугировали. Клеточную массу сушили в термостате при $T=40^{\circ}\text{C}$, а затем лизировали в избытке стерильной бидистиллированной воды в присутствии ДНКазы в течение 12 часов при $T=5-10^{\circ}\text{C}$, после чего обрабатывали ультразвуком в ультразвуковой ванне в течение 20 мин при $T=5-10^{\circ}\text{C}$. Бактериородопсин выделяли с помощью проточной центрифуги Avanti (скорость вращения до 20000 об/мин, радиус ротора 112 мм).

Известно, что бактериородопсин имеет две широкие полосы поглощения в видимой области с максимумами при 280 (отвечает поглощению остатков аминокислоты тирозина, входящих в состав полипептидной цепочки белка) и 570 нм (соответствует поглощению хромофорной группы – ретиналя). Исходя из этого, для характеристики чистоты бактериородопсина использовали коэффициент очистки $k_{280/570}$, который равен отношению оптической плотности на длине волны 280 нм к оптической плотности на длине волны 570 нм: $k_{280/570} = D_{280}/D_{570}$ (1).

Таким образом, в результате вышеописанных технологических операций были получены образцы бактериородопсина из *Halobacterium salinarum*, характеризующиеся значениями $k_{280/570} = 1,8-2,0$ и концентрацией БР 1,7-2,0 мг/мл. Для проведения последующих экспериментов раствор концентрировали до 10 мг/мл с помощью повторного осаждения бактериородопсина на проточной центрифуге с последующим растворением в нужном объеме жидкости.

Наночастицы силиката серебра получали по методике, описанной в работе [5]. Для этого 5 мл раствора нитрата серебра (0,2 мг/мл) при интенсивном перемешивании впрыскивали в 5 мл раствора, содержащего водный силикат натрия в той же концентрации. Небольшой избыток силиката натрия относительно расчетного по формуле использовался для более полного перевода нитрата серебра в его силикат.

Для исследования влияния наночастиц силиката серебра, в 4 мл полученного раствора наночастиц добавляли 0,4 мл раствора бактериородопсина с концентрацией 10 мг/мл. В течение нескольких минут раствор изменял окраску с фиолетовой (присущей

бактериородопсину) на желто-оранжевую. После изменения окраски раствора проводили исследование его спектральных свойств.

На рис. 1 представлены спектры поглощения полученной суспензии и исходного раствора бактериородопсина с итоговой суммарной концентрацией БР 1 мг/мл.

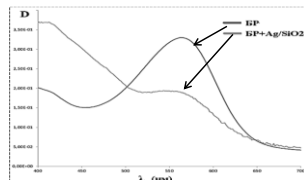


Рисунок 1 – Спектры поглощения полученной суспензии и раствора бактериородопсина

Полученные данные говорят о наличии влияния наночастиц силиката серебра на фотоцикл бактериородопсина, характеризующимся уменьшением интенсивности поглощения основного состояния БР в области 570 нм и увеличением вкладов от интермедиатов в области 400 нм.

Исследование фотоцикла бактериородопсина, модифицированного наночастицами силиката серебра проводили на экспериментальном стенде. Стенд для исследования фотохромных свойств суспензий с бактериородопсином, состоял из галогенового источника тестирующего излучения (ЛОМО), Nd: YAG лазера с $\lambda=532$ нм (модель LCS-DTL-318) и спектрометра S150-2-1024USB (SOLAR TII), работающего под управлением компьютера. Излучение от источника проходило через кювету с исследуемым раствором и фокусировалось на приемнике спектрометра. Измерения проводили в непрерывном режиме при времени экспозиции 200 мс.

Для исследования влияния наночастиц силиката серебра на фотоцикл бактериородопсина исследуемый раствор помещали на стенд и облучали лазерным излучением с длиной волны 532 нм и плотностью мощности 40 мВт/см².

На рис. 2 показаны изменения оптической плотности для бактериородопсина (концентрация 1 мг/мл) и структур, сформированных бактериородопсином и наночастицами силиката серебра на длинах волн 412, 470 и 570 нм. Их отличие может объясняться изменением параметров фотоцикла бактериородопсина с увеличением концентрации промежуточных интермедиатов в системе.

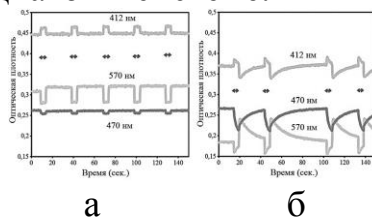


Рисунок 2 – Изменения оптической плотности во времени на длинах волн 412, 470 и 570 нм для: а) бактериородопсина, б) структур, образованных бактериородопсином и наночастицами

Таким образом, в результате работы получен бактериородопсин биотехнологическим способом и гибридные структуры на основе наночастиц силиката серебра и бактериородопсина. Проведено исследование влияния наночастиц силиката серебра на фотоотклик бактериородопсина.

Возможным объяснением наблюдаемых изменений в фотоцикле бактериородопсина в присутствии наночастиц силиката серебра могут быть изменение энергетических уровней БР в образующейся гибридной структуре или наличие плазмонного резонанса у наночастиц силиката серебра в присутствии БР, что приводит к увеличению времени релаксации интермедиатов М и Р и увеличению квантового выхода реакции фотопревращения БР в связи с усилением электромагнитного поля в образующейся гибридной структуре.

Список использованных источников:

1. Stuart, J. A., and Birge, R. R., 1996, Characterization of the primary photochemical events in bacteriorhodopsin and rhodopsin, in *Biomembranes* (A. G. Lee, ed.), JAI Press, London, pp. 33–140.

2. Lanyi, J., and Luecke, H., 2001, Bacteriorhodopsin, *Curr. Opin. Struc. Biol.* 11:415–419.

3. Popp, A., Wolperdinger, M., Hampp, N., Braüchle, C., and Oesterhelt, D., 1993, Photochemical conversion of the o-intermediate to 9-cis-retinal-containing products in bacteriorhodopsin films, *Biophys. J.* 65:1449–1459.

4. Gillespie, N. B., Wise, K. J., Ren, L., Stuart, J. A., Marcy, D. L., Hillebrecht, J., Li, Q., Ramos, L., Jordan, K., Fyvie, S., and Birge, R. R., 2002, Characterization of the branched-photocycle intermediates P and Q of bacteriorhodopsin, *J. Phys. Chem. B.* 106(51):13352–13361

5. Адамов Г. Е. и др. Исследование изменений концентрации интермедиатов бактериородопсина в присутствии наночастиц силиката серебра // Технологии и материалы для экстремальных условий. – 2019. – С. 198-206.

© Бокова Е.С., Байгужин Г.Ф.,
Гребенников Е.П., Шмелин П.С., Порошин Н.О., 2023

УДК 54.056:544-971+ 667.272/.276

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИКОЦИАНИНА В КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ ДЛЯ ОКРАСКИ ВОЛОС

Бокарева Н.А., Ручкина А.Г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Сергеева Я.Э.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», Долгопрудный*

К косметическим средствам предъявляют высокие требования. Они должны соответствовать современным стандартам эффективности, физиологической и экологической безопасности, этической адекватности. Поскольку характеристики конечного продукта определяются ингредиентами, входящими в рецептуру, необходим тщательный подбор компонентов системы. В связи с этим бурное развитие косметического рынка требует от производителей внедрения новых ингредиентов, выгодно отличающих конечный продукт [1].

Среди основных тенденций российского парфюмерно-косметического рынка особо отмечают растущие компетентность и требовательность потребителей; инновационность парфюмерно-косметической продукции; предпочтение парфюмерно-косметических товаров отечественного производства; увеличение спроса на многофункциональную косметику и косметику; использование концепции натуральности косметических средств [2].

На кафедре Органической химии РГУ им. А.Н. Косыгина проводятся работы по поиску удобных в применении красящих форм для тонирования волос на основе экстрактов хны. Для разработки линейки красок для волос различных цветов на основе хны обычно используют также другие красящие ингредиенты синего цвета.

На базе Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» проводятся исследования по культивированию и применению цианобактерии *Arthrospira platensis*. *A. platensis* – нитчатая цианобактерия, обитающая в природе в щелочных водах тропических и субтропических озер [3]. *A. platensis* содержит различные пигменты, которые могут быть полезны и биодоступны, в том числе и фикобилипротеины (ФБП), основным из которых является насыщенно синий С-фикоцианин, который и был выбран в качестве возможного пигмента для окрашивания волос. Порошок С-фикоцианина был получен в отделе биотехнологий и биоэнергетики НИЦ «Курчатовский институт» из биомассы

цианобактерии *A. platensis* исчерпывающей экстракцией с последующими стадиями ступенчатого осаждения сульфатом аммония, диализа и лиофильной сушки. Литературных данных о воздействии веществ, используемых в составах косметических средств, на фикоцианин нет.

В работе были использованы следующие материалы и ингредиенты: образцы натуральных женских волос темно-каштанового цвета, не подвергавшиеся ранее окрашиванию; осветляющая пудра «Magnetblondes. Ultimate powder 9» (Revlon professional, USA), крем-оксидант 9% «Conceptpro fytouch crème oxidant» (Concept, Россия), порошок из листьев хны Sanam (Bakhtrawan&sons, Пакистан), изоаскорбат натрия (INCI: Sodium Isoascorbate), трегалоза (INCI: Trehalose), этоксилированное касторовое масло (INCI: Castor Oil Ethoxylated), кокоил глицинат натрия (INCI: Sodium Cocoyl Glycinate) и катасол DDQ 50 (INCI: Katasol DDQ 50) в качестве неионогенного (НПАВ), анионного (АПАВ) и катионного поверхностно-активного вещества (КПАВ) соответственно.

Одним из недостатков использования натуральных компонентов в составе косметических средств может быть их нестабильность в широком диапазоне pH. Так как литературных данных о воздействии ПАВ на С-фикоцианин мы не обнаружили, то было предпринято исследование его поведения в растворах ПАВ.

С помощью электронных спектров поглощения оценена стабильность растворов С-фикоцианина разной концентрации (1,5-6%) в присутствии ПАВ (0,05-0,20%), трегалозы и/или изоаскорбата 0-20% при комнатной температуре в течение 7 суток в темноте.

С помощью электронных спектров поглощения показано, что в присутствии НПАВ и АПАВ (pH 8-9) наблюдаются изменения характерных полос поглощения из-за возможного нарушения хромофорной структуры, вызванных денатурацией белковой части молекулы С-фикоцианина. Смеси раствора С-фикоцианина с АПАВ и НПАВ со стабилизаторами показали примерно одинаковые результаты и сохранялись лучше, чем смеси с теми же ПАВ и стабилизаторами по отдельности. Смеси раствора С-фикоцианина с КПАВ со стабилизаторами сохранялись хуже, чем смеси раствора С-фикоцианина только с КПАВ. В присутствии КПАВ уже через 3 суток наблюдалось выпадение осадка. Рецептуры порошковых красящих составов для окраски волос приведены в табл. 1. Цвет состава в зависимости от состава (варианты % ввода): 1) русый; 2) темно-русый; 3) зеленый; 4) рыжий; 5) русый; 6) темно-русый; 7) зеленый; 8) рыжий; 9) русый; 10) темно-русый; 11) зеленый; 12) рыжий.

Таблица 1 – Рецептура и цвет порошковых красящих композиций

Ингредиент	% ввода											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Модифицированный экстракт хны	99,1	97,1	95,3	99,6	99,1	97,1	95,3	99,6	99,1	97,1	95,3	99,6
Фикоцианин	0,5	2,5	4,3	-	0,5	2,5	4,3	-	0,5	2,5	4,3	-
Castor Oil Ethoxylated	0,4	0,4	0,4	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Sodium Cocoyl Glycinate	-	-	-	-	0,4	0,4	0,4	0,4	-	-	-	-
Katasol DDQ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,4	0,4	0,4

Перед применением порошковые составы 1-12 смешивали с водой в соотношении 1:2,5 до получения однородного геля. Полученный красящий гель наносили на образцы обесцвеченных натуральных волос и выдерживали в течение 1 часа. Затем образцы тщательно промывали сначала водой, затем последовательно – шампунем и бальзамом для волос, после чего сушили при комнатной температуре.

Цветовые характеристики окрашенных образцов оценивали с помощью спектрофотометра Datacolormod.3880 (Швейцария) с программным обеспечением «Павлин» для решения задач текстильной колористики.

Добавки С-фикоцианина не оказали заметного влияния на цвет окрашенных образцов волос.

Результаты показали нестабильность С-фикоцианина в водных растворах ПАВ, даже в присутствии стабилизаторов (изоаскорбат, трегалоза), а также его неактивность в процессе окраски натуральных волос в составе предложенных рецептур. Необходимо дальнейшее изучение вопроса, как в вопросе подбора стабилизаторов, так и в вопросе разделения пигмент-белкового комплекса на составные части.

Список использованных источников:

1. Дирш, А. В. Современные тенденции на рынке красоты / А. В. Дирш // РМЖ. – 2008. – Т. 16, № 8. – С. 566-568. – EDN THWNBR.

2. Николаева М.А., Ний А.А. Анализ состояния и тенденций парфюмерно-косметического рынка в России // Экономические исследования. 2017. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sostoyaniya-i-tendentsiy-parfyumerno-kosmeticheskogo-rynka-v-rossii> (дата обращения: 16.03.2023).

3. Fais G., Manca A., Bolognesi F., Borselli M., Concas A., Busutti M., Broggi G., Sanna P., Castillo-Aleman Y.M., Rivero-Jiménez R.A., Bencomo Hernandez A.A., Ventura-Carmenate Y., Altea M., Pantaleo A., Gabrielli G., Biglioli F., Cao G., Giannaccare G. – Wide Range Applications of Spirulina: From Earth to Space Missions//Marine Drugs. – 2022. – V. 20. – N. 5. – P. 299.

© Бокарева Н.А., Ручкина А.Г., Сергеева Я.Э., 2023

УДК 544.4616+666.198

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ
ЛУБЯНЫХ ВОЛОКОН
В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

Гольцова С.В., Середина М.А., Захарова В.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Традиционной схемой получения углеродных материалов (УМ) является высокотемпературный пиролиз – карбонизация твердого углеродосодержащего сырья (древесина, природные угли, полимерные материалы) с последующей обработкой продукта карбонизации парами воды, двуокисью углерода (стадия активации) [1].

При химической активации используются главным образом некарбонизованные исходные материалы. Превращения такого сырья в УМ происходит под действием дегидратирующих агентов при высоких температурах. В этом случае кислород и водород избирательно и полностью удаляются из углеродосодержащего материала, при этом происходит одновременно карбонизация и активация. Процесс химической активации заключается в обработке сырья солями, которые при высокой температуре выделяют газ-активатор (например: CO_2 или O_2) [2].

Для промышленного развития производства УМ из растительного сырья большой интерес представляют лубяные волокна, в частности лён. Это возобновляемый доступный источник целлюлозного сельхозсырья для производства УМ [3].

С целью изучения термохимических превращений лубяных волокон при получении углеродных материалов необходимо исследовать кинетику термолиза.

Для проведения эксперимента были выбраны 2 вида лубяных материалов: образец №1 – сантехническое (трепанное) льняное волокно, образец №2 – джутовое волокно. Исходные образцы обрабатывались 5% водными растворами борной кислотой (БК) и полифосфатом аммония (ПФА). Выбор обоснован тем, что эти добавки являются эффективными замедлителями горения (ЗГ) для целлюлозных материалов [4].

Процесс термолиза проводили в муфельной печи в диапазоне температур 250-500°C со скоростью нагрева 23°C/мин. Температурный диапазон термолиза выбирался с учетом температуры интенсивной деструкции волокон. Изучена кинетика процесса термолиза, результаты представлены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1 – Результаты кинетики термоллиза льняного волокна

Наименование материала	Продолжительность, мин	КО при температуре термоллиза, %			
		250°C	350°C	400°C	500°C
Лён (исходный)	15	94,7	85,5	27,7	4,7
	30	92,9	35,9	17,8	2,2
	45	89,7	24,9	4,6	1,1
Лён (с БК)	15	92,8	68,8	42,7	10,4
	30	91,5	49,4	28,3	6,1
	45	88,1	38,2	34,2	3,5
Лён (с ПФА)	15	94,7	72,6	46,5	15,1
	30	92,6	47,5	35,3	8,7
	45	92,4	42,8	37,7	6,9

Таблица 2 – Результаты кинетики термоллиза джутового волокна

Наименование материала	Продолжительность, мин	КО при температуре термоллиза, %			
		250°C	350°C	400°C	500°C
Джут (исходный)	15	93,8	81,9	22,7	3,8
	30	92,4	37,2	9,7	2,5
	45	87,4	19,8	2,3	1,2
Джут (с БК)	15	92,4	77,3	41,6	15,4
	30	90,6	57,7	36,7	8,1
	45	86,9	36,1	33,3	4,1
Джут (с ПФА)	15	95,6	83,2	46,3	21,3
	30	93,2	51,4	41,6	10,8
	45	89,4	46,3	39,5	6,9

Изучив данные табл. 1 и табл. 2, можно заметить, что при температуре 350°C происходит резкое убывание массы лубяных волокон. Это характерно для образцов, содержащих большое количество целлюлозы (табл. 3). Это объясняется тем, что при температуре 350°C наблюдается максимальная скорость деструкции целлюлозы. Дальнейшее увеличение температуры (до 500°C) и продолжительности термоллиза приводит к ещё более значительному снижению выхода карбонизованного остатка (КО) термоллиза.

Таблица 3 – Химический состав лубяных волокон [5]

	Целлюлоза	Гемицеллюлоза	Лигнин	Жиры и воск	Пектиновые в-ва	Влагосодержание, масс. %
Лён, джут	60-80%	10-20%	2,0 -10%	1,5-2,5%	1,5-2%	6-10%

Лубяные волокна имеют в составе целлюлозу, гемицеллюлозу, лигнин, пектин, а так же воски, жиры, минеральные соли и даже природные красящие вещества. Мезофибриллы целлюлозы, состоящие в основном из пектина и гемицеллюлозы, заключены в аморфную полисахаридную матрицу. Пектин представляет собой полисахарид, а лигнин - ароматический, аморфный, высоко сложный полимер, состоящий из фенилпропановых звеньев, который действует, как связующий агент в волокне. Термическое биоразложение лубяных волокон начинается с гемицеллюлозы [5].

Для увеличения выхода КО термоллиза в технологии получения углеродных волокон используется обработка исходного сырья пиролизическими добавками, многие из которых являются замедлителями горения. Известно, что огнезащитное действие большинства добавок связано с катализом реакций дегидратации и ингибированием деполимеризации, а также они способствуют образованию графитоподобных структур или получения на поверхности материала негорючие углеродные пены с закрытыми порами [6].

Из представленных данных видно, что для всех исследуемых образцов наблюдается заметное увеличение выхода КО, так как ЗГ способствуют усилению процесса карбонизации и увеличению выхода КО.

Пиролитические добавки кислотного типа существенно интенсифицируют процессы деструкции целлюлозы при тепловых воздействиях, что выражается в низкотемпературном сдвиге реакций деструкции, связанных с основной потерей массы, а также реакций, приводящих к формированию ароматических структур [1].

Сравнение результата термолиза лубяных образцов, обработанных полифосфатом аммония и борной кислотой показывает высокий выход КО термолиза при температуре 350°C и продолжительности 30 минут (максимальной скорости разложения льняного и джутового волокна), что составляет около 50-60%, а у исходных образцов около 35-40%.

Фосфоразотосодержащая добавка при термообработке образует аммиак и фосфорную кислоту, которая в дальнейшем переходит в полифосфорную кислоту, образуя сшитую структуру. Данная структура защищает волокнистый материал от воздействий высоких температур при термоокислительной деструкции. В отличие от полифосфата аммония борная кислота при термолизе образует защитную пленку из тугоплавкого борного ангидрида на поверхностном слое волокна [4].

Результаты исследования термолиза модифицированных материалов были подтверждены методом термогравиметрического анализа (ТГА). Кривые ТГА представлены на рис. 1а.

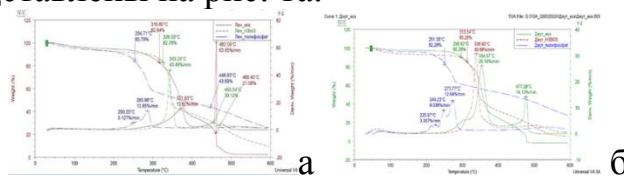


Рисунок 1 – а) ТГА льняного образца: исходного (красная линия), обработанного борной кислотой (зеленая линия), обработанного полифосфатом аммония (синяя линия); б) ТГА джутового образца: исходного (зеленая линия), обработанного борной кислотой (красная линия), обработанного полифосфатом аммония (синяя линия)

Исходное льняное волокно разлагается в интервале от 250°C до 470°C. На кривой ТГА с наличием двух пиков при температурах 371°C и 462°C. Первый пик с эндотермическим эффектом соответствует температуре максимальной деструкции целлюлозы, а второй пик – термической деструкции лигнина, которая протекает с очень высокой скоростью (63,8%/мин), по сравнению с деструкцией целлюлозы (15,6%/мин). Введение пиролитических добавок в льняное волокно приводит к изменению характера протекания процесса термолиза: температура максимальной скорости разложения целлюлозы смещается в область более низких температур, снижается скорость термораспада

целлюлозы и увеличивается выход КО, при использовании борной кислоты на 10%, а при введении полифосфата аммония на 20%.

Анализ кривых ТГА джутового волокна показывает, что при использовании борной кислоты температура максимальной скорости разложения волокна смещается в область низких температур незначительно (рис. 1б), а КО термолитического разложения увеличился с 40% до 56%. Температура максимальной скорости разложения волокна с полифосфатом аммония смещается почти на 80°C в область низких температур. Следует отметить, что термодеструкция волокна протекает в 3 стадии при температурах 225°C, 249°C и 273°C с общей скоростью 25%/мин, что связано с выделением полифосфорной кислоты и аммиака. Введение пиролитических добавок приводит к аналогичному увеличению выхода КО термолитического разложения, описанному в ТГА льняного волокна. Это свидетельствует о том, что механизмы пиролитических добавок подобраны верно.

Таким образом, в работе методами термогравиметрического анализа и термолитического разложения изучен процесс деструкции лубяных волокон при получении углеродных материалов. Установлено, что введение пиролитических добавок – борной кислоты и полифосфата аммония в материалы приводит к снижению скорости разложения и увеличению выхода карбонизованного остатка термолитического разложения модифицированных лубяных материалов. Результаты исследований будут использованы при изучении процесса карбонизации с целью получения углеродных сорбентов.

Список использованных источников:

1. Ермоленко И.Н., Люблинер И.П., Гулько Н.В. Элементосодержащие угольные волокнистые материалы. – М.: Наука и техника, 1982.-272с.
2. Кинле Х, Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение / Пер. с нем. – Л.: Химия, 1984. – 216с.
3. Гольцова С.В., Середина М.А. Исследование процесса термической деструкции льняного волокна при получении углеродных материалов //Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2022). – 2022. – С. 171-175.
4. Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов. – М.: Химия, 1980. 274с.
5. H.L. Bos, J. Mussig, M.J.A. / Van den Oever Mechanical properties of short-flax-fibre reinforced compounds Composites Part A, 37 (10) -2006.-, P.1591-1604.
6. Сазанов Ю.Н., Грибанов А.В. Карбонизация полимеров. – СПб.: Научные основы и технологии, 2013. – 296с.

© Гольцова С.В., Середина М.А., Захарова В.А., 2023

УДК 536.758

СЛЕДСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИБЛИЖЕННОЙ ФОРМУЛЫ СТИРЛИНГА ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ФАКТОРИАЛОВ В ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Додонова У.А., Евсикова С.И., Скородумов В.Ф.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

При теоретических расчетах физико-химических свойств различных веществ часто используется такое понятие, как факториал, который представляет произведение натуральных чисел от 1 до n включительно, например: $4! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$.

Здесь в случае вычисления факториалов больших чисел встает практически неразрешимая счетная проблема. Чтобы избежать этой проблемы, часто используется формула Стирлинга, один из вариантов которой имеет следующий вид: $n! = n^n e^{-n} \sqrt{2\pi n}$. (1).

Однако при аналитическом представлении различных функций, содержащих факториалы, множитель $\sqrt{2\pi n}$ в формуле (1) создает дополнительную нагрузку при вычислениях и усложняют представление функций. Поэтому в этом случае используют упрощенную формулу Стирлинга: $n! = n^n e^{-n}$. (2)

Наши расчеты с использованием средств Excel показывают, что результат использования упрощенной формулы Стирлинга (2) для вычисления факториала отличается от точного значения. Однако, когда мы переходим к логарифму факториала (что будет весьма полезно для дальнейшего обсуждения полученных результатов) точное и приближенное значение логарифма становятся приблизительно одинаковыми, что видно, например, из рис. 1.

Формулы	n									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$n! = 1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot n$	3 628 800	2,433E+18	2,65E+32	8,159E+47	3,041E+64	8,321E+81	1,198E+100	7,157E+118	1,486E+138	9,333E+157
$n! = n^n e^{-n} \sqrt{2\pi n}$	3 598 696	2,423E+18	2,65E+32	8,142E+47	3,036E+64	8,309E+81	1,196E+100	7,149E+118	1,484E+138	9,325E+157
$n! = n^n e^{-n}$	453 999	2,161E+17	1,93E+31	5,136E+46	1,713E+63	4,280E+80	5,705E+98	3,189E+117	6,242E+136	3,720E+156
$\ln(1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot n)$	6,560	18,386	32,424	47,912	64,483	81,920	100,078	118,855	138,172	157,970
$\ln(n^n e^{-n} \sqrt{2\pi n})$	6,556	18,384	32,422	47,911	64,482	81,920	100,078	118,854	138,172	157,970
$\ln(n^n e^{-n})$	5,657	17,335	31,285	46,711	63,234	80,631	98,756	117,504	136,795	156,571

Рисунок 1 – Таблица с точными и приближенными значениями факториалов

Для наглядности, некоторые результаты, представленные на рис. 1, показаны также на рис. 2.

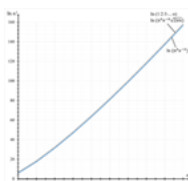


Рисунок 2 – График зависимости $\ln n!$ от n .

В различных физико-химических расчетах, как правило, используются не факториалы, а логарифмы факториалов. Поэтому для дополнительного количественного анализа мы вычислили разности факториалов, полученных по формуле Стирлинга (1) и упрощенной формуле Стирлинга (2), а также логарифмы этих разностей. Результаты расчетов представлены в таблице (рис. 3).

Формулы	n									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\Delta_1 = (1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot n) - (n^n \cdot e^{-n} \sqrt{2\pi n})$	30 104 381	1,012E+16	7,358E+29	1,698E+45	5,065E+61	1,155E+79	1,425E+97	7,451E+115	1,375E+135	2,774E+154
$\Delta_2 = (1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot n) - (n^n \cdot e^{-n})$	3 174 800 702	2,217E+18	2,460E+32	7,646E+47	2,870E+64	7,893E+81	1,141E+100	6,838E+118	1,423E+138	8,961E+157
$\ln(\Delta_1)$	4,479	16,005	29,867	45,230	61,705	79,063	97,154	115,872	135,138	154,891
$\ln(\Delta_2)$	6,502	18,346	32,391	47,883	64,458	81,897	100,057	118,835	138,153	157,952
$\ln(\Delta_1) - \ln(\Delta_2)$	2,023	2,341	2,524	2,653	2,753	2,835	2,903	2,963	3,015	3,062

Рисунок 3 – Абсолютная погрешность формулы Стирлинга

Для наглядности, некоторые результаты, представленные на рис. 3, показаны также на рис. 4.

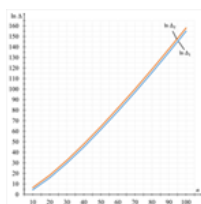


Рисунок 4 – График зависимости $\ln \Delta$ от n

Из рис. 3 и рис. 4 видно, что разность между $\ln \Delta_1$ и $\ln \Delta_2$ увеличивается с ростом n .

Рассмотренные выше формулы применяются при исследовании свойств растворов и смесей полимеров, где, как правило, n очень велико, порядка одного моля вещества. В этих расчетах очень часто используется число сочетаний из n элементов по k элементов, равное: $C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$ (3).

Рассмотрим теперь, насколько сильно отличаются расчеты числа сочетаний, сделанные при использовании точной формулы и формулы Стирлинга для вычисления факториалов. Например, рассмотрим подсчет (табл. 1) числа сочетаний при $n = 100$ и $k = 10$.

Таблица 1 – Число сочетаний при использовании точных и приближенных значениях факториалов в случае $n = 100$ и $k = 10$.

n = 100; k = 10		
Формулы	$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$	$\ln C_n^k$
$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$	$1,731 \cdot 10^{10}$	13,24
$n! = n^n e^{-n} \sqrt{2\pi n}$	$1,746 \cdot 10^{10}$	13,24
$n! = n^n e^{-n}$	$13,137 \cdot 10^{10}$	14,12

Аналогичные расчеты были проделаны при $n = 100$ и $k = 10, 20, 30, 40, 50$. Во всех случаях расхождения между точными и приближенными значениями были минимальными.

Для дополнительной проверки полученных результатов, аналогичные вычисления были сделаны с использованием языков программирования Pascal и Python. Оказалось, что полученные результаты полностью совпадают с результатами, полученными с помощью средств Excel.

По результатам расчетов с использованием языков программирования Pascal и Python, можно сделать вывод, что вычисления по точной и приближенной формуле Стирлинга в конечном итоге приводят примерно к одинаковым результатам.

Проделанные расчеты показывают, что вычисления факториалов по приближенной формуле приводят к заниженному значению факториала по сравнению с точным значением факториала.

Вычисления значения числа сочетаний по приближенной формуле приводят к завышенному значению факториала по сравнению с точным значением числа сочетаний.

Эти особенности расчетов факториалов и числа сочетаний больших чисел будут нами учитываться в дальнейшем при исследовании свойств полимеров.

Список использованных источников:

1. Глесстон С. Теоретическая химия. Пер. с английского. – М.: Издательство, 1950. 632 с.

2. Сивухин Д.В. Термодинамика и молекулярная физика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. – 552 с.

3. Савельев В. Курс общей физики: Учеб. пособие. В 3-х т. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 3-е изд., испр., – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987, – 320 с.

© Додонова У.А., Евсикова С.И., Скородумов В.Ф., 2023

УДК 536.758

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЫВОДА И ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИКИ БОЛЬЦМАНА

Додонова У.А., Евсикова С.И., Скородумов В.Ф.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В статистической термодинамике существуют фундаментальные и сложные вопросы, которые включают в себя определение микро- и макросостояния системы, вероятность и статистический вес состояния. Рассмотрим эту проблему более подробно. Для этого рассмотрим сначала систему из N одинаковых молекул, помещенных в закрытый сосуд с адиабатическими стенками, где полная энергия системы остается постоянной. Пусть межмолекулярное взаимодействие слабое. Это означает, что, с одной стороны, межмолекулярным взаимодействием можно пренебречь и можно говорить об энергии каждой молекулы в отдельности. С другой стороны, межмолекулярное взаимодействие

необходимо, т.к. только благодаря ему в системе и может установиться определенное статистическое распределение.

С классической точки зрения динамическое состояние системы описывается координатами x, y, z , а также соответствующими им импульсами p_x, p_y, p_z каждой молекулы. Таким образом, для рассмотрения поведения системы можно ввести шестимерное пространство, каждая точка которого характеризуется шестью координатами x, y, z, p_x, p_y, p_z . Такое пространство называется фазовым пространством молекулы, а его точки называются фазовыми точками. Мгновенное состояние отдельной молекулы полностью характеризуется положением ее фазовой точки в фазовом пространстве, а динамическое состояние всех N молекул – положением фазовых точек этих молекул в том же фазовом пространстве. Свяжем с каждой такой точкой ячейку определенного объема, которую будем называть фазовой ячейкой.

Для определения объема фазовых ячеек в шестимерном фазовом пространстве, рассмотрим случай, когда фазовая ячейка, соответствующая фазовой точке с координатами x, y, z, p_x, p_y, p_z представляет собой бесконечно малый шестимерный прямоугольный параллелепипед со сторонами $dx, dy, dz, dp_x, dp_y, dp_z$. В этом случае фазовый объем шестимерного параллелепипеда равен $dx dy dz dp_x dp_y dp_z$. Суммируя объемы всех фазовых ячеек фазового пространства, получим фазовый объем области, занимаемой рассматриваемой системой.

Число фазовых ячеек в фазовом пространстве молекулы бесконечно велико. Пронумеруем ячейки числами $1, 2, 3, \dots$, а энергию молекулы в i -й ячейке обозначим ε_i . Для облегчения статистических расчетов перейдем от полного динамического описания состояния молекулы (заданием ее координат и импульсов) к менее полному описанию. Для этого будем считать состояние отдельной молекулы описанным полностью, если указано, в какой фазовой ячейке она находится. Недостаток такого описания состояния системы состоит в том, что объемы фазовых ячеек не фиксированы и такая неопределенность в классической теории не может быть устранена, так как она допускает только непрерывные изменения состояния. При этом описание состояния частицы заданием ее координат и импульсов имеет границы применимости, определяемые соотношениями неопределенностей Гейзенберга, согласно которым координата x и соответствующий ей импульс p_x могут быть заданы только с неопределенностями Δx и Δp_x , удовлетворяющими условию $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar$, (1), где \hbar – постоянная Планка. Удобно выбрать объем фазовой ячейки равным h^3 . При таком выборе число квантовых состояний частицы в классической теории совпадает с числом состояний частицы в квантовой механике, что и делает оправданным указанный выбор объема ячейки.

Квантовая механика отказывается от описания динамических состояний системы координатами и импульсами частиц. Она допускает только дискретные состояния, когда система или частица не может перейти из одного состояния в другое непрерывно, так как промежуточных состояний не существует, а это значит, что переход совершается скачком.

Рассмотрим стационарные состояния системы, т.е. состояния, не изменяющиеся во времени, которые характеризуются уровнями энергии молекул $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots$. Эти уровни называют простыми (невырожденными), если молекула имеет несколько состояний с разными значениями энергии, и кратными (вырожденными), если молекула имеет несколько состояний с одним и тем же значением энергии. Будем считать, что все уровни энергии являются простыми. Предположим, что частицы (молекулы) принципиально различимы. Это положение лежит в основе статистики Больцмана. Таким образом, для характеристики состояния системы достаточно указать только числа частиц N_1, N_2, \dots в каждом квантовом состоянии.

Если система замкнута и ее энергия равна E , то невозможно микросостояние с энергией, отличающейся от E . Все возможные микросостояния системы называются допустимыми. Основная гипотеза статистической механики состоит в том, что все допустимые микросостояния замкнутой системы равновероятны. Доказательством этой гипотезы является то, что ее выводы подтверждаются опытом. Таким образом, количество различных квантовых состояний системы с одинаковой энергией E , называемое статистическим весом макросостояния, определяется формулой $G = \frac{N!}{N_1!N_2!\dots N_i!\dots}$. (2)

Найдем такое распределение частиц по квантовым состояниям, которому соответствует максимальное значение статистического веса G (максимальное значение энтропии S). Это будет состояние статистического равновесия системы, около которого происходят небольшие случайные отклонения величин. При отыскании максимума G (или S) учтем два дополнительных условия: $N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_i + \dots = N = \text{const}$, (3); $N_1\varepsilon_1 + N_2\varepsilon_2 + N_3\varepsilon_3 + \dots + N_i\varepsilon_i + \dots = E = \text{const}$. (4)

Формула (3) выражает постоянство числа частиц в системе, формула (4) – постоянство полной энергии системы. Только микросостояния, удовлетворяющие этим условиям, являются допустимыми, и только они должны приниматься во внимание. Все другие микросостояния являются невозможными.

Предположим, что общее число молекул N в закрытом сосуде и числа молекул $N_1, N_2, \dots, N_i, \dots$ в каждом квантовом состоянии очень велики. Это условие не может быть выполнено для всех N_i , так как общее число молекул N хоть и очень большое, но конечное. Поэтому целые числа N_i при достаточно больших номерах i неизбежно станут малыми и даже

могут обратиться в нуль при дальнейшем возрастании i . Однако такие молекулы составляют лишь ничтожную долю от общего числа молекул N , и их наличие никак не скажется на статистическом поведении всего газа.

Для вычисления факториалов больших чисел N и N_i можно использовать формулу Стирлинга $N! = \sqrt{2\pi N} \left(\frac{N}{e}\right)^N e^{\frac{\theta}{12N}}$, (5), где $0 < \theta < 1$.

Формулу (5) заменим упрощенной формулой Стирлинга: $N! = \left(\frac{N}{e}\right)^N$.. (6)

Подставляя формулу (6) в формулу (2) и учитывая формулу (3), получим: $G = \frac{N^N}{e^{-N}} \cdot \frac{e^{N_1} e^{N_2} \dots e^{N_i} \dots}{N_1^{N_1} N_2^{N_2} \dots N_i^{N_i} \dots} = \frac{N^N}{N_1^{N_1} N_2^{N_2} \dots N_i^{N_i} \dots}$ (7)

Формула для нахождения энтропии имеет вид: $S = k \ln G$, (8), где k – постоянная Больцмана.

Комбинируя формулы (7) и (8), получим $S = N \ln N - \sum_i N_i \ln N_i$ (9)

Для упрощения задачи, не будем использовать формулу (7), а найдем максимум энтропии (9). В этом случае имеем

$$dS = d \left(N \ln N - \sum_i N_i \ln N_i \right) + k \left(N \frac{dN}{N} + \ln N dN - \sum_i \left(\ln N_i dN_i + N_i \frac{dN_i}{N_i} \right) \right) =$$

$$= k(dN + \ln N dN - \sum_i (\ln N_i dN_i + dN_i)) = -k \sum_i \ln N_i dN_i = 0 \quad (10)$$

Применим метод неопределенных множителей Лагранжа, учитывая условия (3) и (4).

Тогда получим: $\sum_i \varepsilon_i \ln N_i = 0$ (11); $\sum_i dN_i = 0$, (12); $\sum_i \varepsilon_i dN_i = 0$. (13)

Умножая уравнение (11) на коэффициент α , а уравнение (12) на коэффициент β и складывая после этого уравнения (11), (12) и (13), получим: $\sum_i (\ln N_i + \alpha + \beta \varepsilon_i) dN_i = 0$, (14), где α и β – так называемые неопределенные множители Лагранжа, не зависящие от переменных N_i .

Поскольку дифференциалы dN_i независимы друг от друга, за исключением условий, налагаемых уравнениями в формулах (12) и (13), то уравнение (14) будет справедливо только в случае, когда первый сомножитель под знаком суммы в уравнении (14) равен нулю. Таким образом, получаем $\ln N_i + \beta + \alpha \varepsilon_i = 0$, откуда значение N_i будет находится по формуле (13): $N_i = \frac{1}{e^{\alpha + \beta \varepsilon_i}} = N_0 e^{-\beta \varepsilon_i}$ (15), где $N_0 = e^{-\alpha}$ – новая постоянная.

Для определения постоянной β заменим адиабатические стенки сосуда теплопроводящими, при этом оставляя объем V сосуда неизменным. В этом случае газ в сосуде перестанет быть изолированной системой, но его макроскопическое состояние останется тем же. Однако здесь необходимо учитывать, что температура окружающей среды равна температуре газа T и является постоянной.

При бесконечно медленном изменении температуры окружающей среды, газ не совершает работы, так как объем газа сохраняется

неизменным, а только обменивается теплом с окружающей средой. Поэтому изменение энергии системы: $dE = \delta Q = TdS$.

Энергии квантовых уровней $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots$ в таком процессе останутся неизменными. Они зависят лишь от внутренней структуры молекулы и от положения стенок сосуда, которое во время процесса не изменяется. Будет происходить лишь перераспределение молекул между различными уровнями, т.е. будут меняться средние числа заполнения n_i . Для изменения энергии газа получаем $dE = \sum_i \varepsilon_i dn_i$, а для изменения энтропии, согласно формулам (10) и (15), имеем: $S = -k \sum_i \ln n_i dn_i = k\beta \sum_i \varepsilon_i dn_i$. Подставляем эти значения в соотношение $dE = TdS$ получаем $\beta = \frac{1}{kT}$, (16),

а поэтому $N_i = N_0 e^{-\frac{\varepsilon_i}{kT}}$. (17)

Получили распределение Максвелла-Больцмана, которое является наиболее вероятным распределением и верно не только в классической, но и в квантовой статистике. Постоянная N_0 найдется из условия нормировки $\sum_i N_i = N_0 \sum_i e^{-\frac{\varepsilon_i}{kT}} = N$. (18)

Если квантовые уровни молекулы вырождены, то вместо формулы (17), очевидно, следует писать $N_i = N_0 g_i e^{-\frac{\varepsilon_i}{kT}}$, (19), где g_i – кратность вырождения уровня.

Заметим, наконец, что формула (17) применима для статистического описания не только отдельных молекулы, но и макроскопических систем. Возьмем большую изолированную систему Σ , которую можно мысленно разделить на одинаковые малые, но макроскопические подсистемы σ , слабо взаимодействующие между собой. Благодаря такому взаимодействию подсистемы могут обмениваться энергией и находиться в различных квантовых состояниях с энергиями ε_i .

К подсистемам применимы все рассуждения, проведенные выше для отдельных молекул. Среднее число подсистем, находящихся в i -м квантовом состоянии, будет по-прежнему определяться формулой (17). Но равновесное состояние подсистемы не зависит от того, какой средой она окружена, а зависит только от температуры этой среды. Поэтому можно изменить постановку вопроса.

Пусть σ – произвольная макроскопическая система, окруженная любой протяженной средой, температура которой поддерживается постоянной. Такую среду называют термостатом, а о малой системе σ говорят как о «системе в термостате». Формула (17) применима и к этому случаю. Число n_i определяет относительную вероятность того, что система σ при термодинамическом равновесии находится в i -м квантовом состоянии.

Понимаемая в таком смысле формула (17) называется каноническим распределением Гиббса. Это распределение представляет наиболее общую и удобную основу для построения статистической механики.

Таким образом, были сделаны следующие выводы:

1. Слабым межмолекулярным взаимодействием пренебрегать нельзя, так как иначе рассматриваемая система превратится в идеальный газ.
2. С точки зрения классической теории изменение состояния системы происходит непрерывно, а с квантовой точки зрения изменение состояния системы может происходить только скачком, дискретно.
3. В основе статистики Больцмана лежит положение о различимости частиц.
4. В основе статистики Больцмана лежит также гипотеза о равновероятности допустимых микросостояний замкнутой системы.
5. Распределение Максвелла-Больцмана применимо не только в классической, но и в квантовой статистике.

Список использованных источников:

1. Глесстон С. Теоретическая химия. Пер. с английского. – М.: Издательство, 1950. 632 с.
2. Савельев В. Курс общей физики: Учеб. пособие. В 3-х т. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 3-е изд., испр., – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987, – 320 с.
3. Сивухин Д.В. Термодинамика и молекулярная физика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. – 552 с.

© Додонова У.А., Евсикова С.И., Скородумов В.Ф., 2023

УДК 547.917.04

**ИЗУЧЕНИЕ НАБУХАНИЯ И РАСТВОРИМОСТИ
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПЛЕНОК ИЗ ХИТОЗАНА**

Журина М.С., Кильдеева Н.Р.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Хитозан является перспективным биополимером для применения в различных областях медицины, он обладает уникальными свойствами: отсутствием токсичности, биосовместимостью с живыми тканями, биологической активностью и способностью к биодegradации. Хитозан используется в новых разработках при создании систем с контролируемым высвобождением лекарственных соединений (ЛС) [1].

Набухание хитозановых пленок способствует разрыхлению структуры и высвобождению из их состава ЛС. Скорость этого процесса определяет фармакодинамические свойства лекарственной формы и, в конечном итоге, эффективность ее использования. Поэтому важным является исследование влияния различных факторов на процесс набухания

хитозановых пленок, полученных в различных условиях. Изучение растворимости пленок также является немаловажным при создании систем с контролируемым высвобождением, так как при использовании готовых изделий предполагается их контакт с биологическими жидкостями. В данной работе рассматривается влияние следующих факторов на процессы набухания и растворимости хитозановых пленок:

степени сшивки пленок природным сшивающим реагентом дженипином;

использования различных растворителей хитозана, применяемых при формировании пленок.

Использование дженипина (Gr), полученного из плодов гардении, для регулирования набухания и растворимости хитозановых пленок является обоснованным, так как его противовоспалительная активность и цитотоксический эффект были неоднократно доказаны [2, 3, 4].

Было изучено набухание пленок, сформированных методом полива на чашки Петри 2,5% раствора хитозана в 2,5% уксусной кислоте (УК). Полученные пленки содержали различное количество дженипина, соответствующее степеням сшивки 0,01 мольGr/мольNH₂ и 0,04 мольGr/мольNH₂. Процесс набухания исследовался гравиметрическим методом в течение 6 суток в дистиллированной воде (модуль ванны 130 мл/г).

На основании полученных данных был построен график зависимости степени набухания α от времени (рис. 1).

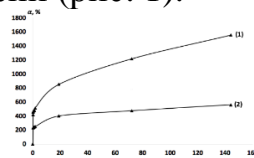


Рисунок 1 – Влияние степени сшивки хитозана дженипином на кинетику набухания. Соотношение мольGr/мольNH₂ 0,01 (1) и 0,04. (2) Растворитель хитозана 2,5% водный раствор УК.

Однозначно, можно сделать вывод о влиянии степени сшивки пленок дженипином на процесс набухания: набухание пленки, содержащей меньшее количество сшивающего реагента, происходило быстрее, ее степень набухания составила 1553% спустя 6 суток после начала эксперимента, в то время как степень набухания пленки, содержащей количество дженипина, соответствующее степени сшивки 0,04 мольGr/мольNH₂, на этот же момент времени составила всего 559%.

Качество растворителя оказывает значительное влияние на конформацию макромолекул хитозана в растворе, плотность их упаковки в полимерном материале и свойства получаемых пленок [5].

Нами было показано влияние на процесс набухания пленок замены части растворителя хитозана – 2,5% уксусной кислоты на этанол в соотношении 1:1. Получение пленок проводили также по сухому способу

путем испарения растворителя при комнатной температуре. Содержание сшивающего реагента дженипина в полученных пленках соответствовало степени сшивки 0,04 мольGr/мольNH₂. Результаты были представлены на рис. 2.

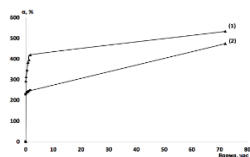


Рисунок 2 – Влияние растворителя хитозана, применяемого при формировании пленок на кинетику набухания: 1) растворитель хитозана – смесь 2,5%УК и этанола (1:1); 2) растворитель – 2,5%УК. Степень сшивки хитозана в обеих пленках составляла 0,04 мольGr/моль/NH₂

Набухание пленки, приготовленной в смешанном растворителе, происходило быстрее, что может быть связано с большей скоростью испарения растворителя и формированием более рыхлой неравновесной структуры пленок.

Было изучено влияние содержания сшивающего реагента на растворимость пленок, полученных из растворов в 2,5% уксусной кислоте. Исследование потери массы проводили путем в дистиллированной воде (модуль ванны 130 мл/г). Пленки извлекали через определенные промежутки времени и сушили при температуре 65°C до постоянной массы. Полученные данные представлены в виде зависимости потери массы от времени (рис. 3).

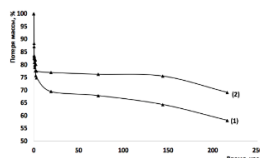


Рисунок 3 – Влияние степени сшивки хитозана дженипином на растворимость пленок. Соотношение мольGr/мольNH₂ 0,01 (1) и 0,04. (2). Растворитель хитозана 2,5% водный раствор УК.

Как видно из представленных на рис. 3 кинетических зависимостей, пленка с меньшей степенью сшивки растворялась быстрее и спустя 9 суток после начала эксперимента потеря массы достигла 41,9%, в то время как пленка с содержанием дженипина, соответствующем степени сшивки 0,04 мольGr/мольNH₂, за это же время растворилась на 30,9%.

Влияние растворителя хитозана, применяемого при формировании пленок, на кинетику растворения пленок представлено на рис. 4.

Пленка, сформованная в присутствии этанола, растворялась медленнее, чем пленка, при получении которой использовалась в качестве растворителя только 2,5%УК, что свидетельствует о более прочном связывании макромолекул дженипином в присутствии спирта.

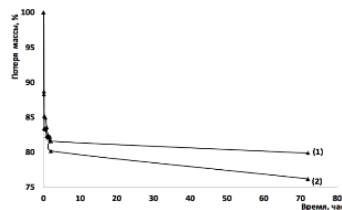


Рисунок 4 – Влияние растворителя на растворимость пленок из хитозана. 1) растворитель хитозана – смесь 2,5%УК и этанола (1:1); 2) растворитель – 2,5%УК. Степень сшивки хитозана в обеих пленках составляла 0,04 мольGr/моль/ NH_2

Изучив вопрос влияния различных факторов на процессы набухания и растворения пленок на основе хитозана, можно сделать следующие выводы:

установлено влияние степени сшивки природным сшивающим реагентом дженипином на пленки, при получении которых использовался один и тот же растворитель: чем меньше содержание дженипина, тем быстрее происходит процесс набухания; потеря массы пленок также происходит быстрее при меньшей степени сшивки;

установлено влияние растворителя на кинетику набухания и растворимость пленок из хитозана, сформированных по сухому способу. было установлено, что пленка, полученная с использованием этанола, набухала быстрее, в то время как растворение такой пленки происходило медленнее, чем у пленки, полученной из традиционного растворителя хитозана – 2,5% уксусной кислоты.

Таким образом, полученные данные описывают влияние различных факторов на свойства получаемых систем на основе хитозана, что актуально при исследовании и создании систем с контролируемым высвобождением лекарственных соединений.

Список использованных источников:

1. Ray M. et al. Development and characterization of chitosan-based polymeric hydrogel membranes //Designed Monomers and Polymers. – 2010. – Т. 13. – №. 3. – С. 193-206.

2. Tseng, T.H., Chu, C.Y., Huang, J.M., Shioh, S.J., Wang, C.J., 1995. Cro- cetin protects against damage in rat primary hepatocytes. Cancer Lett. 97, 61–67.

3. Koo H. J. et al. Antiinflammatory effects of genipin, an active principle of gardenia //European journal of pharmacology. – 2004. – Т. 495. – №. 2-3. – С. 201-208.

4. Jin J., Song M., Hourston D. J. Novel chitosan-based films cross-linked by genipin with improved physical properties //Biomacromolecules. – 2004. – Т. 5. – №. 1. – С. 162-168.

5. Qiao C. et al. Structure and properties of chitosan films: Effect of the type of solvent acid //Lwt. – 2021. – Т. 135. – С. 109984.

© Журина М.С., Кильдеева Н.Р., 2023

УДК 546.05:546.47:541.49:546.04

**КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЦИНКА (II)
С АРОМАТИЧЕСКИМИ КИСЛОТАМИ
КАК ПРЕКУРСОРЫ НАНОРАЗМЕРНОГО ОКСИДА ЦИНКА**

Жустарева К.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Хан Зуи Линь, Авраменко О.В.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», Москва

Утеньшев А.Н.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр проблем химической физики
и медицинской химии Российской академии наук, Москва*

Научный руководитель Ковальчукова О.В.

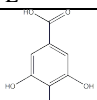
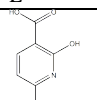


Введение в состав косметических средств наночастиц считается одной из наиболее популярных и новых технологий в косметической отрасли [1, 2]. Одним из самых распространенных видов наночастиц, используемых в косметических средствах, является оксид цинка ZnO, который является физическим солнцезащитным фильтром. Основное преимущество неорганических фильтров в том, что они не вызывают аллергию и раздражение. Но у них есть ряд минусов: оставление белесости на коже, не очень приятная органолептика (плотная текстура средства при большом проценте ввода). Этих недостатков лишены наноформы оксидов, поэтому экономически выгоднее и целесообразнее использовать именно их. Также установлено, что частицы ZnO меньшего размера демонстрируют более высокую эффективность в диапазоне УФ-Б лучей, а более крупные эффективнее против УФ-А лучей. Поэтому для равномерной и полной защиты по всему УФ-спектру необходимо использовать оба вида частиц. На сегодняшний день распространение кожных заболеваний, в том числе рака кожи, который продолжает занимать лидирующие позиции среди онкологических заболеваний, связанных с негативным влиянием ультрафиолетовых лучей, является одной из важнейших проблем в мире. Одной из ключевых задач косметической промышленности является разработка солнцезащитных косметических средств с использованием эффективных солнцезащитных фильтров. Поэтому поиск новых путей получения наноформы оксида цинка, как одного из наиболее безопасных УФ-фильтров, является актуальной задачей.

В качестве прекурсоров наноразмерных частиц оксида цинка в настоящей работе использованы комплексные соединения цинка с

некоторыми ароматическими гидроксикислотами. Органические молекулы данного класса способны к образованию прочных комплексов с катионами металлов, а при термическом разложении выделяют большое количество экологически чистых газообразных веществ (углекислого газа, азота и паров воды), которые способствуют диспергированию образующихся оксидов металлов до наноразмеров. Получение наноразмерных оксидов меди, кобальта, никеля и железа при термическом разложении их комплексных соединений с ароматическими гидроксикислотами было показано ранее в работе [3].

Методом спектрофотометрического титрования изучено взаимодействие катионов Zn^{2+} с некоторыми ароматическими гидроксикислотами, а также процессы ионизации органических молекул. Результаты расчета состава и констант образования комплексов некоторых ароматических гидроксикислот с цинком приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Состав и константы образования ($\lg \beta$) комплексов некоторых гидроксиароматических кислот с цинком

L	Состав комплекса	$\lg \beta$	№	L	Состав комплекса	$\lg \beta$
	ML	2,96	3.		ML2	10,59
	ML2	8,92	4.		ML	7,90

Пример изменения электронных спектров органических молекул представлен на рис. 1 на примере органической кислоты 4.

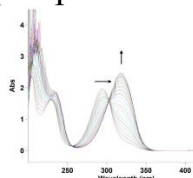


Рисунок 1 – Изменение в электронном спектре поглощения гидроксикислоты 4 при постепенном добавлении раствора хлорида цинка

Как видно из рис. 1, при постепенном добавлении раствора хлорида цинка к раствору гидроксикислоты наблюдается сдвиг лигандной полосы поглощения и увеличение интенсивности поглощения. В спектре наблюдается появление изобестических точек, что указывает на равновесные реакции комплексообразования.

При постепенном упаривании слабощелочного раствора ($pH=8$), содержащего смесь гидроксикислоты 4 и хлорида цинка выделены бесцветные игольчатые монокристаллы, пригодные для рентгеноструктурного анализа. Расшифровка кристаллической структуры позволила подтвердить образование комплексного соединения состава $Zn(L^4)_2(H_2O)_2$ (рис. 2), кристаллическая структура которого описана в работе [4].

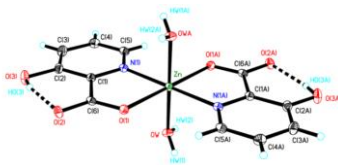


Рисунок 2 – Кристаллическая структура $Zn(L^4)_2(H_2O)_2$

Список использованных источников:

1. Ковальчукова О.В., Абсалан Я. Комплексные соединения металлов с органическими лигандами как прекурсоры наноразмерных оксидных катализаторов. Монография. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2022. - 189 с.

2. Мацакова Е. Г., Симакова Д. И. Наночастицы, проявляющие антибактериальные эффекты: свойства, получение, механизм действия, применение // Российские нанотехнологии. – 2020. – Т. 15. – №. 2. – С. 238-243.

3. Алабада Р., Авраменко О. В., Абсалан Я., Исаева Н. Ю., Ковальчукова О. В. Комплексные соединения переходных металлов с гидроксисахаридными карбоновыми кислотами как предшественники для синтеза наноразмерных оксидов металлов // Известия Академии наук. Серия химическая, 2020, № 5, С. 934-940.

4. Changyan Sun, Xiangjung Zheng, Linpei Jin. Supramolecular formation via hydrogen bonding in the Zn(II), Mn(II) and Cu(II) complexes with 3-hydroxypicolinic acid // J. Molec. Structure, 2003. V. 646. P. 201-210.

© Жустарева К.С., Хан Зуи Линь,
Авраменко О.В., Утеньшев А.Н., 2023

УДК 678.03

КОМПОЗИЦИИ ФТОРПОЛИМЕРНОГО ЛАТЕКСА И КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Зайкова Д.М., Редина Л.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Модифицирование полимеров является одним из развивающихся направлений в области получения материалов с новыми заранее заданными свойствами. Так, например, текстильные материалы с гидро-, олеофобными (или антиадгезионными) свойствами получают с использованием высокомолекулярных фторсодержащих препаратов, применяемых в форме водных дисперсий или латексов. Однако, в виду высокой стоимости эти препараты чаще всего входят в состав композиций. Взаимосвязь структуры и физико-химических характеристик в композициях фторполимерного латекса и полисахарида установлена в ряде научных публикаций. На примере латекса СКФ-26 в композиции с

альгинатом натрия и метилцеллюлозой показано, что эти добавки повышают свободную энергию поверхности субстрата, в результате чего улучшаются адгезионные характеристики. Данный материал получил название «искусственная кожа» и рекомендован для использования при лечении ожогов, поражений кожного покрова и быстрого заживления ран [1]. Так же известны композиции фторсодержащих полимеров с другим природным полимером – хитозаном. Такая композиция может сообщать волокнистому материалу антиадгезионные свойства наряду с антибактериальными, что позволяет использовать его в разных сферах промышленности [2].

В работе были получены новые композиции на основе фторполимерного латекса ЛФ-2 и карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ). Целью данной работы является исследование свойств композиций и обоснование оптимального состава для поверхностного модифицирования волокнистых материалов. Данное сочетание компонентов может снижать расход латекса и сообщать текстильному материалу комплекс новых свойств.

В качестве исходных материалов в данной работе использовали опытно-промышленный образец латекса на основе поли-1,1,5 тригидроперфторамилакрилата (ФГУП «РНИЦ «Прикладная химия», г. Пермь), содержащего четыре перфторированных атома углерода в радикале, что позволяет считать данный препарат экологически безопасным. Карбоксиметилцеллюлоза является производным целлюлозы, используется в качестве загустителя и для стабилизации водных растворов [3]. Указанные препараты показали полную совместимость при разном соотношении компонентов. Композиции на основе латекса ЛФ-2 и карбоксиметилцеллюлозы получали путем добавления к 1% водной дисперсии латекса рассчитанного объема 1% раствора карбоксиметилцеллюлозы таким образом, чтобы суммарное количество латекса и КМЦ оставалось 1%.

Были определены коллоидно-химические свойства композиций: размер частиц методами динамического светорассеяния (ДСР) на приборе Photocor Mini (Центр коллективного пользования Технопарк «Слава», Москва) и методом спектрофотометрии (СФ), электрокинетический (дзета) потенциал методом макроэлектрофореза, поверхностное натяжение методом отрыва платинового кольца от поверхности жидкости на приборе типа Дю-Нуи [4]. Результаты измерений коллоидно-химических свойств представлены в табл. 1.

При изучении размеров частиц (табл. 1) методом СФ, установлено, что при повышении количества карбоксиметилцеллюлозы размер частиц уменьшается, что, вероятно, связано с эмульгирующей способностью КМЦ. Показано, что частицы латекса и карбоксиметилцеллюлозы обладают отрицательным дзета-потенциалом, поэтому и частицы

композиции на их основе сохраняют аналогичный заряд. При введении в композицию карбоксиметилцеллюлозы до 20% значение потенциала уменьшается. Дальнейшее повышение содержания полисахарида в системе до 80% приводит к снижению электрокинетического потенциала до -58,1 мВ, затем происходит увеличение электрокинетического потенциала до уровня, характерного для 1% чистого латекса (-29 мВ). Изменение соотношения компонентов в образцах сказывается на поверхностном натяжении незначительно и варьируется от 37,8 до 43,1 мН/М, что может быть связано с низкой поверхностной активностью карбоксиметилцеллюлозы.

Таблица 1 – Коллоидно-химические свойства композиций и пленок на их основе

Состав ЛФ2:КМЦ,%	Поверхностное натяжение, мН/м	Дзета-потенциал, мВ	Размеры частиц, нм		Угол смачивания пленки, град при	
			метод СФ	метод ДСР	100°C	150°C
100:0	37,8	-29,1	161,5	46	80	73
80:20	37,8	-40,7	196,2	45	72	73
60:40	39,5	-58,1	198,4	47	75	72
40:60	43,1	-58,1	157,4	47	77	74
20:80	37,8	-34,8	216	46	74	72
0:100	69,9	-34,8	130	35	30	30

Для оценки эффективности действия полученных композиций ЛФ-2:КМЦ были изучены поверхностные свойства пленок. Для этого было проведено осаждение полимеров на стеклянной подложке. Осаждение проводили по следующей схеме: на приборные стекла наносили композиции с разным соотношением ЛФ-2:КМЦ, высушивали при 100°C и термофиксировали при 150°C. Эффективность оценивалась с помощью измерения краевого угла смачивания дистиллированной водой. Результаты показали, что с увеличением содержания в композиции гидрофильного компонента КМЦ до 80% краевой угол смачивания пленок практически не меняется и сохраняется на уровне чистого латекса, что говорит о формировании особой структуры латексных частиц, которая обусловлена возможными взаимодействиями между латексом и полисахаридом.

Список использованных источников:

1. Давыдова Г.А. Разработка новых биоматериалов типа «искусственная кожа» на основе фторполимерного латекса, модифицированного полисахаридами: автореф. дис. ... наук: 03.00.02. – Пушино, 2005. – 25с.
2. Землянская Д.В., Елизарьева А.В., Редина Л.В. Исследование свойств композиций фторполимерных латексов с хитозаном // Тез. докл. Всероссийской научной студенческой конференции «Интекс-2014».- М.: МГУДТ, 2014.- С. 69-70.
3. Карбоксиметилцеллюлоза - химические свойства, применение. – URL: <https://www.ataman-chemicals.com/ru/products/karboksimetilcelluloza-2078.html> (дата обращения: 19.03.2023)

4. Нейман Р.Э. Практикум по коллоидной химии (коллоидная химия латексов и поверхностно активных веществ). – М.: Высшая школа, 1974. – 176 с.

© Зайкова Д.М., Редина Л.В., 2023

УДК 628.316.6.094.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕСТРУКЦИИ ПАРАЦЕТАМОЛА
В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ НЕРАВНОВЕСНОЙ ПЛАЗМЕ,
ИНИЦИИРУЕМОЙ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ
ПОСТОЯННОГО ТОКА В СРЕДЕ ВОЗДУХА**

Игнатъев А.А., Иванова П.А., Иванов А.Н.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования*

«Ивановский государственный химико-технологический университет», Иваново

Экологические опасения по поводу новых загрязняющих веществ, особенно фармацевтических соединений, в последнее время значительно возросли [1]. Органические поллютанты неизбежно попадают в окружающую среду (ОС) в результате антропогенной деятельности. Это не остается без внимания, поскольку их наличие в природных экосистемах может приводить к возможным токсикологическим опасностям не только для рыб и животных, но и для человека в целом [2].

Особое место среди часто используемых препаратов занимает парацетамол. О его популярности среди населения говорит не только финансовая статистика и общие масштабы его производства, но и обнародованные данные мониторингов водоемов за последние десятилетия [3]. Парацетамол обнаруживается в воде в очень различных концентрациях (14,7 нг/л во Франции, от 24 до 435 нг/л в Таиланде, около 13,2 мкг/л в Коста-Рике, до 150 мкг/л в США, 218 мкг/л в Китае и 246 мкг/л в Англии), однако его присутствие несёт потенциальную угрозу объектам ОС [3]. В настоящее время активно ведутся исследования по влиянию различных видов систем очистки воды от парацетамола. Среди них особое внимание привлекло использование низкотемпературной плазмы для разрушения органических веществ из их водных растворов [3].

Исходя из этого, основной целью данной работы являлось изучение процессов разложения парацетамола в жидкой фазе в тлеющем разряде постоянного тока (ТРПТ) в среде воздуха.

Рабочие концентрации парацетамола составили от 6,29 до 37,05 мг/л. Для лучшего растворения колба, с растворенной в дистиллированной воде навеской, подогревалась на плитке (70°C) в течение 10 мин. Показатель рН приготовленного раствора находился в пределах 4,93-5,2, исходная

проводимость раствора равнялась 0. Эксперимент проводился на установке, схема которой представлена на рис. 1.

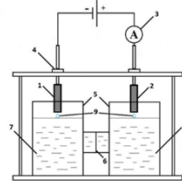


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки: 1 – катод; 2 – анод; 3 – амперметр; 4 – механизм опускания электродов; 5 – H-образная ячейка; 6 – целлофановая перегородка; 7 – ячейка с жидким анодом (ЖА); 8 – ячейка с жидким катодом (ЖК); 9 – разряд

Разряд постоянного тока атмосферного давления в воздухе возбуждался приложением постоянного напряжения между металлическим титановым электродом и поверхностью обрабатываемой жидкости. Для разделения процессов, проходящих в растворе под действием тлеющего разряда в анодной и катодной областях, использовался H-образный реакционный сосуд. В качестве жидкого электрода выступал водный раствор парацетамола.

Ячейки были разделены плотной, прозрачной целлофановой перегородкой толщиной 5 мкм. Рабочий объем раствора парацетамола составлял 200 мл. Расстояние от электрода до поверхности раствора – 5 мм. Зажигание разряда осуществлялось непосредственно пробоем разрядного промежутка. Ток в цепи определялся стрелочным миллиамперметром, что позволяет выставлять ток разряда непосредственно при обработке растворов [4]. Обработку проводили в среде воздуха при атмосферном давлении с разной длительностью горения разряда от 30 до 600 с соответственно. Сила тока разряда составляла 20 мА.

Измерения оптической плотности осуществлялись на спектрофотометре СФ-56. Концентрацию парацетамола определяли стандартным спектрофотометрическим методом (с учетом вычета базовой линии BL). Рабочая длина волны составила 242 нм [5]. Изменения pH среды и его проводимости отслеживались при помощи pH-метра РНТ-028. Для каждого исследуемого компонента раствора определение концентрации проводили в независимых экспериментах не менее 3 раз для каждого времени обработки раствора. Полученные значения усреднялись и рассчитывалась абсолютная случайная погрешность определения концентрации с доверительной вероятностью 0,95.

Эффективность очистки водных растворов от парацетамола, определялась степенью разложения (α) и оценивалась по формуле:

$\alpha (\%) = \frac{C_0 - C}{C_0}$, (1), где C_0 и C – начальная концентрация парацетамола до и после обработки соответственно, мг/л.

Энергетическая эффективность процесса разложения парацетамола оценивалась по формуле для расчета числа разрушенных молекул парацетамола a на 100 эВ введенной энергии для тлеющего разряда (при характерном времени деструкции τ): $\varepsilon = \frac{V_{\text{яч}} \cdot C_0 \cdot \alpha \cdot N_A \cdot e \cdot 100}{M \cdot W \cdot \tau}$, (2), где, ε – энергетическая эффективность или число разложившихся молекул на 100 эВ вложенной энергии; $V_{\text{яч}}$ – объем раствора в ячейке, л; α – степень разложения при характерном времени; N_A – число Авогадро; $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона; W – вкладываемая в тлеющий разряд мощность, Вт; τ – характерное время деструкции, с; $M = 151,163$ – молярная масса парацетамола.

В результате экспериментов, при токе разряда 20 мА, были получены зависимости в общем виде, представленные на рис. 2 и рис. 3. На полученных спектрах поглощения парацетамола после обработки его водных растворов в тлеющем разряде наблюдается гипохромный эффект с видимым сдвигом пика вправо на 3-6 нм (рис. 2). Согласно приведённым данным разложение парацетамола в жидком катоде идет гораздо активнее (рис. 3б).

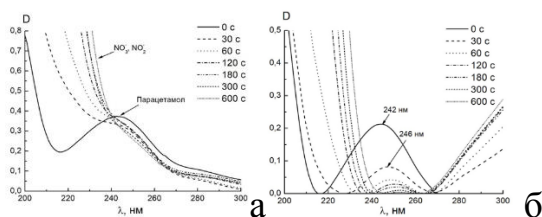


Рисунок 2 – Пример исходных спектров (а) и спектров с учетом вычета базовых линий (б) при обработке полос поглощения парацетамола для каждого времени обработки в ЖК, $I_p = 20$ мА, $C_0 = 6,29$ мг/л

Известно, что при контакте тлеющего разряда с водным раствором значительная часть мощности теряется в жидкости, вызывая высокие скорости ее испарения. В рамках эксперимента при токе разряда 20 мА в системе ЖА по истечении 600 секунд данного эффекта зафиксировано не было. В ЖК объем жидкости снизился на 4 мл. Испарение в системе жидкого катода приводит к незначительному концентрированию исходного соединения в растворе, что снижает общую степень его деструкции (при 600 с) на 1-2%.

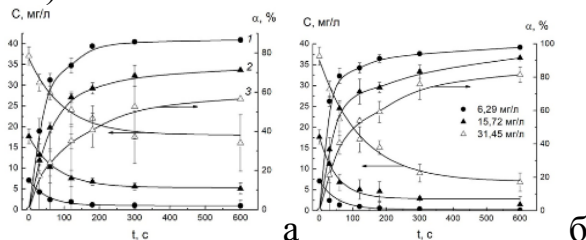


Рисунок 3 – Кинетика разрушения и степень деструкции парацетамола в ЖА (а) и в ЖК (б) от времени обработки раствора: 1 – $C_0 = 6,29$ мг/л; 2 – $C_0 = 15,72$ мг/л; 3 – $C_0 = 31,45$ мг/л, $I = 20$ мА

Полученные результаты убывания концентраций от времени обработки говорят, что снижение вкладываемой мощности в разряд напрямую влияют на эффективность деструкции парацетамола (рис. 3). Устойчивость соединения выражается тем, что увеличение времени обработки не позволяет достичь высокой степени разрушения парацетамола для концентраций исходного раствора выше 15 мг/л. Увеличению времени обработки до 600 с приводит к деструкции парацетамола в $97,23 \pm 2,3\%$ только для минимального содержания препарата (6,29 мг/л) в системе ЖК (табл. 1). Для концентраций 15,72 мг/л и 31,45 мг/л разложение парацетамола достигает лишь $91 \pm 6\%$ и $82 \pm 2,5\%$ соответственно (ЖК). В жидком аноде (ЖА) наблюдается выход на стационарное значение концентраций парацетамола при достижении ≈ 200 с обработки. Полученные зависимости хорошо аппроксимируются падающей экспонентой первого порядка со свободным членом. Первый кинетический порядок брутто процессов деструкции парацетамола, в его водном растворе под действием тлеющего разряда, достигается лишь для минимальной концентрации. В остальных случаях стоит говорить о псевдо-первом кинетическом порядке, как для ЖК, так и для ЖА.

Таблица 1 – Расчетные характеристики ($I = 20$ мА)

Тип	C_0 , мг/л	Характерное время деструкции, τ , с	Абс. погр., с	k , мс ⁻¹	$\varepsilon \cdot 10^{-3}$, мол./100 эВ	α при τ , %	$\alpha_{\text{макс.}}$ при 600 с, %
ЖА	6,29	45,33	$\pm 4,83$	22,06	19,44	51,81	$86,23 \pm 2$
ЖК		25,99	$\pm 3,56$	38,48	22,97	35,1	$97,92 \pm 2,3$
ЖА	15,72	68,39	$\pm 4,53$	14,62	25,6	41,45	$71,28 \pm 3,5$
ЖК		53,84	$\pm 10,3$	18,57	43,08	54,91	$91,65 \pm 6$
ЖА	31,45	126,63	$\pm 18,55$	7,9	26,56	37,98	$56,68 \pm 6,5$
ЖК		108,47	$\pm 17,22$	9,22	39,38	48,24	$82,53 \pm 2,5$

Результаты оценки энергетической эффективности разложения парацетамола на единицу вкладываемой мощности в разряд показали, что описанные величины зависят от начальной концентрации препарата в воде и от типа разрядной ячейки (табл. 1). С увеличением начальной концентрации, энергоэффективность процесса возрастает для каждой из подсистем и лежит в диапазоне от 0,019 до 0,043 молекул/100 эВ. В свою очередь, уменьшение показателя кислотности не зависит от начальной концентрации раствора и типа разрядной ячейки (рис. 4).

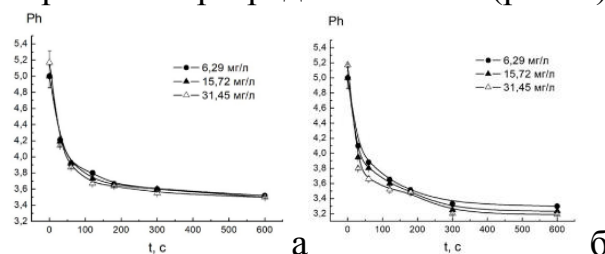


Рисунок 4 – рН парацетамола в ЖА (а) и в ЖК (б) от времени обработки при различных начальных концентрациях, $I = 20$ мА

Измерение электропроводности (рис. 5), показало, что с увеличением времени обработки раствора в ТРПТ данный показатель значительно возрастает для всех концентраций и типа ячеек. Одинаковое увеличение

электропроводности от времени обработки в плазме, не зависящее от концентрации парацетамола, подтверждает факт того, что кислотность изменяется только в результате образования азотной и азотистой кислот под действием тлеющего разряда в воздухе, и оценить влияния образования слабых органических кислот на такое глобальное изменение рН среды не представляется возможным. В жидком катоде уменьшение кислотности более явно, чем в жидком аноде, это связано с различными дополнительными процессами окисления и восстановлением воды, под действием потоков положительных ионов из плазмы на жидкий катод и электронов из плазмы на жидкий анод.

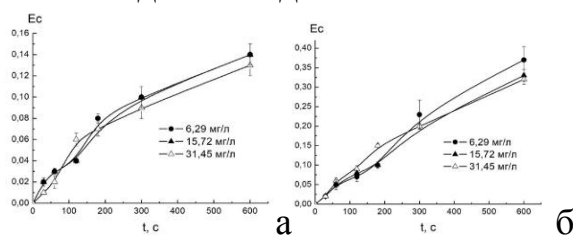


Рисунок 5 – Изменение проводимости раствора парацетамола в ЖА (а) и в ЖК (б) в зависимости от времени обработки при различных начальных концентрациях, $I = 20$ мА

Таким образом, исследование влияния плазмы тлеющего разряда на деструкцию стойких загрязнений, находящихся в воде, в частности парацетамола, требуют дальнейшего изучения, и нахождения оптимальных условий проведения процесса полной его минерализации до более простых соединений. Следующими этапами исследования является оценка баланса содержания общего углерода в продуктах плазмолиза и исходном веществе при воздействии ТРПТ на раствор парацетамола и моделирования системы с определением скоростей образования и расходования промежуточных продуктов его деструкции.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР: тема № Ф33В-2020-0009.

Список использованных источников:

1. Roccaro P., Sgroi M., Vagliasindi F.G.A. Removal of xenobiotic compounds from wastewater for environment protection: treatment processes and costs / P. Roccaro, M. Sgroi, F.G.A. Vagliasindi, // Chem. Eng. 32 (2013) 505–510.
2. Antunes S.C., Freitas R., Figueira E., Gonçalves F., Nunes B. Biochemical effects of acetaminophen in aquatic species: edible clams *Venerupis decussata* and *Venerupis philippinarum* / S.C. Antunes, R. Freitas, E. Figueira, F. Gonçalves, B. Nunes // Environ. Sci. Pollut. Res. 20 (2013) 6658–6666.
3. Slamani S. Initiation of Fenton process by plasma gliding arc discharge for the degradation of paracetamol in water/ S. Slamani // Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 2018. – T. 359. – С. 1-10.

4. Меерсон, А. М. Радиоизмерительная техника / А. М. Меерсон // Санкт-Петербург: Энергия, 1978. – 408 с.

5. Y. Baloul, O. Aubry, C. Colas, Paracetamol degradation in aqueous solution by non-thermal plasma, Eur. Phys. J. Appl. Phys. 79 (2017) 30802.

© Игнатьев А.А., Иванова П.А., Иванов А.Н., 2023

УДК 675.926.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЦЕПТУРНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫХ ТЕНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лотоцкий Н.Р., Коваленко Г.М., Дмитриев М.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Мягкие искусственные кожи – это многослойный полимерный композиционный материал, который состоит из основы волокнистого типа, а также одного или более полимерных слоёв, отличающихся по составу и/или строению. Эти слои могут быть получены из различных полимерных композиций, а именно: растворы, дисперсии, расплавы, пластизоли и др. В роли волокнистых основ могут выступать ткани, трикотаж, нетканые материалы, бумага и прочие. Их можно изготавливать разными способами и зачастую такие основы подвергают предварительной обработке разными полимерными системами [1].

К искусственным кожам технического назначения, которые могут быть получены как по каландровой, так и по наносной технологии относятся тентовые поливинилхлоридные материалы широкого ассортимента: для тентовых каркасных конструкций, автомобильной промышленности, продукции двойного назначения, спортивного инвентаря и активного отдыха.

Производство винилискожи предполагает усовершенствование технологий в нескольких направлениях: в изменении рецептуры в сторону использования нового полимерного сырья и технологических добавок, а также направленной модификации тентовых материалов путём нанесения полимерных покрытий на лицевой и изнаночный слои.

В направлении совершенствования рецептур в последние годы наметилась тенденция использования вместо эмульсионного поливинилхлорида (ПВХ-Е) микросуспензионного поливинилхлорида (ПВХ-МС), пластизоли на основе которого обладают большим «временем жизни».

Замена традиционно используемого в производстве искусственных кож пластификатора диоктилфталата (ДОФ) на менее токсичный

диоктилтерефталат (ДОТФ) и диизононилфталат (ДИНФ) продиктована условиями конкуренции на современном рынке.

Традиционно для снижения себестоимости винилискожи применяют наполнители мел, каолин. Использование в рецептуре при производстве тентовых материалов наполнителей микроразмерного ряда, в том числе микрорамора с одинаковым распределением частиц по размеру позволяет снизить количество дефектов в готовом материале.

Для повышения качества пластизолов, в том числе для снижения степени дисперсности компонентов, в качестве термостабилизаторов в настоящее время используют более технологичные металлоорганические соединения олова, бария, цинка и др. Для удаления пузырьков воздуха и интенсификации процесса вакуумирования пластизоля в качестве инновационной модифицирующей добавки применяют деаэраторы.

Использование в рецептуре полимерных микросфер (расширенных и нерасширенных) позволяет создавать пористую структуру с равномерным распределением пор по размеру, а также регулировать показатели эксплуатационных свойств винилискожи: истираемость, адгезию и прочность связи между слоями, воздухопроницаемость и др. [2].

Цель работы – разработка рецептуры для получения поливинилхлоридных тентовых материалов с повышенными показателями эксплуатационных свойств. Объектами исследования в работе являлись: ПВХ микросуспензионный марки 372NF («Русвинил», Россия), пластификатор ДОТФ («СИБУР», Россия), пластификатор диоктиладипинат (ДОА) («УЗП», Россия), наполнитель микрорамор марки «Omyacarb» («Алгол», Россия), полимерные микросферы марки «Expancel 909 DU 80» («Лега», Россия), стабилизатор марки «L-465» («Akdeniz Kimyasal Urunler», Турция), деаэратор марки «Newotec-010» («Newos», Германия).

Воздухопроницаемость определяли методом пропускания воздуха через образец на приборе для испытания на воздухопроницаемость «FF-12/A» («Metefem», Венгрия) при давлении 10 мм водного столба, показатель прочности при разрыве и относительное удлинение определялись на разрывной машине марки «Instron 4411» («ITW», США) по ГОСТ 14236-81.

Исходя из литературных данных, в классической рецептуре тентовых материалов используется эмульсионный поливинилхлорид ПВХ-ЕП, пластификатор ДОФ и стабилизатор стеарат кальция. Одной из основных задач работы является разработка рецептуры с использованием ПВХ-МС и ДОТФ, а также барий-цинкового стабилизатора. Согласно данным ряда предприятий, выпускающих тентовые материалы, применение вышеуказанных компонентов рецепта позволяет создавать тентовые материалы с повышенными показателями эксплуатационных свойств, в том числе с пониженной воздухопроницаемостью [3].

Лабораторные образцы плёночных материалов были получены ракельным способом на стекле с зазором ракли 200 мкм при температуре желирования 200°C. В табл. 1 представлен рецепт для лицевого и изнаночного слоёв поливинилхлоридных тентовых материалов.

Таблица 1 – Рецептура композиции для производства поливинилхлоридных тентовых материалов

Наименование	М.ч. на 100 м.ч. полимера	М.ч. на 100 м.ч. смеси	Объёмные части
ПВХ 372NF	100	51,75	36,19
ДОТФ	70	36,22	36,77
L-465	3	1,55	1,58
Newotec-010	0,25	0,13	0,13
Омыcarb	20	10,35	3,86
Итого:	193,25	100	78,53

Одной из областей применения тентовых материалов является создание воздухонепроницаемых изделий, а именно: надувные лодки, боновые заграждения, понтонные переправы и др. Воздухонепроницаемые поливинилхлоридные материалы производят методом дублирования двух ПВХ-плёнок по каландровой технологии, либо путём покрытия расплавами или растворами других полимеров, в том числе на основе полиэфируретана (ПЭУ).

В работе для достижения необходимой прочности связи между слоями при создании воздухонепроницаемых тентовых материалов и снижения их воздухопроницаемости, в пластизол были введены полимерные нерасширенные микросферы. Согласно данным производителя, средний размер микросфер лежит в диапазоне от 18 до 24 мкм., температура начала расширения – 120-130°C, температура окончания расширения – 175-190°C. Содержание микросфер в полимерной композиции составляло 3,4 и 5 массовых частей на 100 массовых частей ПВХ.

При модификации ПВХ-композиции полимерными микросферами на первом этапе необходимо было показать, что наполнение не приводит к значительному снижению физико-механических свойств. Данные приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели прочности и относительного удлинения ПВХ-плёнок

Тип образца	Прочность при разрыве, МПа	Относительное удлинение, %
ПВХ-плёнка без полимерных микросфер	7,3	35
ПВХ-плёнка с содержанием полимерных микросфер 3 м.ч.	7,1	31
ПВХ-плёнка с содержанием полимерных микросфер 4 м.ч.	6,8	26
ПВХ-плёнка с содержанием полимерных микросфер 5 м.ч.	6,6	22

По результатам испытаний физико-механических показателей ПВХ-плёнок можно сделать вывод, что прочность и относительное удлинение при разрыве снижаются незначительно и близки к аналогичным показателям для ПВХ-плёнок, выпускаемых в отрасли промышленности искусственных кож и плёночных материалов.

При создании воздухонепроницаемых изделий на основе ПВХ необходимо исключить возможность диффузии воздуха через материал. На воздухопроницаемость влияет ряд факторов: наличие микродефектов,

толщина материала, а также молекулярная и надмолекулярная структура основного плёнообразующего полимера.

Измерения воздухопроницаемости образцов проводились при заданном давлении 10 мм водного столба. Результаты испытаний воздухопроницаемости приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Показатели воздухопроницаемости ПВХ-плёнок

Тип образца	Воздухопроницаемость, л/ч
Плёнка поливинилхлоридная бытового назначения марки «МИ» (ГОСТ 9998-86)	635
ПВХ-плёнка без полимерных микросфер	805
ПВХ-плёнка с содержанием полимерных микросфер 3 м.ч.	875
ПВХ-плёнка с содержанием полимерных микросфер 4 м.ч.	875
ПВХ-плёнка с содержанием полимерных микросфер 5 м.ч.	876

Введение полимерных микросфер (табл. 3) не оказывает существенного влияния на показатели воздухопроницаемости в отличие от ненаполненных образцов. По сравнению с промышленным образцом воздухонепроницаемой плёнки марки «МИ» при наполнении микросферами показатель воздухопроницаемости снижается на 27,4%. Наличие в ПВХ-композиции микрорамора в качестве наполнителя также не приводит к повышению воздухопроницаемости.

Исходя из этого можно предположить, что дальнейшее нанесение отделочных слоёв на основе ПВХ или ПЭУ приведёт к снижению воздухопроницаемости до показателей, нормируемых для воздухонепроницаемых тентовых материалов.

Таким образом, в результате проведённых исследований разработана рецептура ПВХ-композиции для лицевых и изнаночных слоёв тентовых материалов. Показано, что введение в пластизол полимерных микросфер в количестве 3-5 массовых частей на 100 массовых частей ПВХ не приводит к значительному снижению показателей физико-механических свойств. Выявлено, что показатель воздухопроницаемости увеличивается в среднем на 8% при любом содержании полимерных микросфер в композиции. Для обеспечения требуемого уровня воздухопроницаемости следует наносить отделочные покрытия на основе ПВХ или ПЭУ.

Список использованных источников:

1. Андрианова Г.П., Полякова К.А., Фильчиков А.С., Матвеев Ю.С. Технология переработки пластических масс и эластомеров в производстве полимерных пленочных материалов и искусственной кожи. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ч. 2. - М.: КолосС, 2008. – 447 с.
2. Патент России № 2432201. 27.10.2011. Бюл. № 30. / Нордин О., Стрем Х., Ньюхольм К., Хаммер К.
3. Искусственные кожи и пленочные материалы: С74 Справочник/Литвиненко А. Г., Кипнис Б. Я., Брук Л. Я. и др.; под ред. В. А. Михайлова и Б. Я. Кипниса. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 400 с.

© Лотоцкий Н.Р., Коваленко Г.М., Дмитриев М.С., 2023

УДК 692.175.2

АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА МАСТЕРБАТЧЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИОЛЕФИНОВ И КВАЗИКРИСТАЛЛОВ

Миролюбова Т.В., Бенеманская Е.А., Редина Л.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва*

Неяглов О.С.

ООО «Наноком», Москва

Наиболее динамично-развивающимся сектором в области переработки полимеров является создание новых полимерных материалов с заданными свойствами. Одним из важнейших свойств, вызывающих интерес, является придание полимерным материалам антимикробной активности. Такие материалы используются не только для производства изделий медицинского назначения (защитные маски, нетканые укрывные материалы, одноразовые катетеры), но и при производстве стройматериалов, товаров народного потребления, игрушек, флаконов и, особенно, упаковочных материалов в виде пищевых лотков и гибких пленок. Глобальное использование полимерных пленок растет со скоростью более 3% в год и перешагнуло порог в 73 млн. т [1].

Полиолефины в настоящее время являются одними из самых распространенных крупнотоннажных полимеров, выпускаемых в нашей стране, и представляют собой весьма значительный класс термопластов универсального назначения. Полиэтилен (ПЭ) и полипропилен (ПП), а также их сополимеры, являются самыми перерабатываемыми полимерами в мире благодаря широкому варьированию способов их переработки (экструзия, литье под давлением и др.), относительной дешевизны и доступности. Однако известно, что они склонны к воздействию микроорганизмов [2], поэтому важно придать им микробиологическую защиту. Это позволит расширить функциональность и ассортимента готовых изделий на основе полиолефинов.

Модификация полимера может осуществляться различными способами, такими как ламинирование, распыление биоцидных растворов на поверхность полимера или прямое введение антимикробных агентов в полимерную матрицу. Прямая модификация с помощью мастербатчей (МБ) антимикробного назначения – довольно легкий и экономичный способ. Мастербатч – это гранулированный суперконцентрат активного агента или смеси компонентов, заключенных в полимерную матрицу. В суперконцентрат могут быть дополнительно включены красящий пигмент, технологические добавки (антиоксиданты и термостабилизаторы) для улучшенной переработки полимерного материала. Такая форма позволяет не только вводить наноразмерные частицы и очень малые количества

антимикробного агента (менее 1 масс.%), но и обеспечить равномерное распределение частиц наполнителя в готовом изделии [3]. Наиболее востребованы МБ, изготовленные на основе полиолефиновой матрицы из линейного полиэтилена низкой плотности (ЛПЭНП), ввиду доступности и дешевизны данного материала, а также совместимости с другими термопластичными полимерными матрицами из полистирола (ПС), полипропилена (ПП), полиамида (ПА) и др.

Известны различные антимикробные агенты растительного происхождения (бетулин, гуанид), а также химической природы – органические соединения (триклозан) или неорганические (оксиды, соли и комплексы металлов цинка (Zn), серебра (Ag), меди (Cu), в том числе наноразмерные). Последние являются крайне перспективными антибактериальными агентами, т.к. обладают широкой антимикробной активностью в отношении грамположительных (пневмококки, стафилококки, микобактерии, бациллы) и грамотрицательных (гонококки, менингококки, хламидии) бактерий. Они способны подавлять вирусы, дрожжеподобные грибки и простейшие, а также оказывать пролонгированное действие против устойчивости микроорганизмов [4, 5].

На сегодняшний день существует около 100 систем металлических сплавов, которые способны образовывать квазикристаллические фазы: это сплавы алюминия, меди, железа, галлия, магния, никеля, титана, циркония и др. [6]. Многие металлы, входящие в состав квазикристаллов, обладают доказанной антибактериальной активностью.

Квазикристаллы (КК) металлов – твердые тела, не образующие кристаллической решетки, но обладающие ориентационным дальним порядком с элементами некристаллографической симметрии. Эти соединения, содержащие икосаэдрическую фазу, обладают уникальными свойствами – высокой твердостью, высокой износостойкостью и антифрикционными свойствами, биоцидностью, низкой теплопроводностью и высокой коррозионной стойкостью.

Известны многочисленные микробиологические исследования антимикробных свойств различных металлов, их комплексных соединений и полимерных композиционных материалов на их основе [7-9]. В 2008 году Агентство по охране окружающей среды США (US EPA) признало медь первым антимикробным металлом. Основным значимым преимуществом меди по сравнению с другими металлами является тот факт, что большинство клинически значимых микроорганизмов не обладают устойчивостью к меди. Она обладает мощнейшим антибактериальным эффектом, твердые поверхности меди способны уничтожить 99,9% микроорганизмов в течение двух часов после контакта [10, 11]. Известно даже исследование о подавлении коронавируса, которое показало, что многослойные пленки на основе полиэтилена (ПЭ) и полиэтилентерефталата (ПЭТФ), насыщенные комплексом разных типов

меди (дендритной, сферической, чешуйчатой) начинают проявлять антимикробный эффект в течение 30 минут, разрушая клетки вируса до полного уничтожения [12].

Бактерицидная активность меди в основном обусловлена высвобождением ионов, которые влияют на целостность мембраны и / или бактериальной стенки, вызывают внутриклеточный окислительный стресс и являются генотоксичными, что приводит к гибели микроорганизмов [11, 13]. В работе [14] проведено исследование антимикробной активности чистого порошка квазикристаллов Al-Cu-Fe и Al-Cu-Fe-B, в результате которого установлено, что при выщелачивании КК в щелочном растворе NaOH, происходит селективное растворение алюминия с поверхности квазикристаллов и обогащение поверхности медью и железом. Выщелоченные КК (рис. 1) проявляют высокие антимикробные свойства. Методом диффузного теста на агаре с использованием бактерий *E.aerogenes* ширина зон подавления роста составила более 15,6 мм

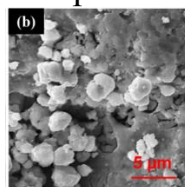


Рисунок 1 – Изображение выщелоченного квазикристалла Al-Cu-Fe

Целью данной работы было исследование способности ПКМ с КК подавлять микроорганизмы. Получение ПКМ в виде мастербатча, на основе линейного полиэтилена низкой плотности содержащего в качестве антибактериального агента – квазикристаллы различного состава – Al-Cu-Fe и Al-Cu-Fe-B производства компании ООО «Нанокон», проводилось в компании ООО «Полистом» на линии грануляции, включающей двухшнековый экструдер Leistritz с целью более равномерного распределения наполнителя внутри полимерной матрицы из полиэтилена. Состав и степень наполнения ПКМ представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Композиционный состав ПКМ

Номер образца	Полимерная матрица	Состав квазикристаллов	Степень наполнения, %
0	ЛПЭНП	---	0
1	ЛПЭНП	Al-Cu-Fe	20
2	ЛПЭНП	Al-Cu-Fe	10
3	ЛПЭНП	Al-Cu-Fe	5
4	ЛПЭНП	Al-Cu-Fe	3
5	ЛПЭНП	Al-Cu-Fe-B	20
6	ЛПЭНП	Al-Cu-Fe-B	10
7	ЛПЭНП	Al-Cu-Fe-B	2

Из полученных мастербатчей были приготовлены «диски» диаметром 0,5-1,5 см, для этого гранулы нагревали в термошкафу при температуре 120°C в течение 10 минут. Затем размягченные гранулы прессовали с помощью устройства для прессования до толщины 0,1-1 мм. После этого подготовленные образцы подверглись поверхностной обработке шлифующим устройством с насадкой «абразивная шарошка» с двух сторон в течение 1-2 минуты.

После проведения механической обработки определяли антибактериальные свойства композиционного материала. Их оценивали стандартным методом по МУК 4.2.1890-04, исследование чувствительности микроорганизмов, помещенных на твердую питательную среду – мясопептонный агар (МПА). Образцы мастербатчей помещали в стерилизованные чашки Петри с предварительно засеянным газоном суточной культуры выбранного микроорганизма *Bacillus subtilis* В-50 в питательной среде. Чашки с образцами инкубировали в термостате 24 часа при 35°C, по истечении выдержанного времени были определены зоны задержки роста микроорганизмов.

Результаты микробиологического исследования сравнивали с контрольным образцом чистого полиэтилена, который, как было установлено в ранее проведенных исследованиях, не обладает антибактериальными свойствами. Кроме того, установлено, что мастербатчи на основе ЛПЭНП с квазикристаллами Al-Cu-Fe, Al-Cu-Fe-B без последующей механической обработки также не проявляют бактерицидной активности. Это может быть связано с недостаточным выходом КК на поверхность мастербатча, т.е. большая часть КК остается заключенной внутри полимерного гранулята. Результаты микробиологических исследований образцов мастербатчей, подвергнутых последующей механической обработке, представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты микробиологического исследования ПКМ, содержащих квазикристаллы

Номер образца	Тип квазикристалла	Степень наполнения, %	Зона подавления роста, мм
0	-	0	0
1	Al-Cu-Fe	20	6±0,5
2	Al-Cu-Fe	10	5±0,5
3	Al-Cu-Fe	5	3±0,5
4	Al-Cu-Fe	3	2±0,5
5	Al-Cu-Fe-B	20	1,5±0,5
6	Al-Cu-Fe-B	10	1,3±0,5
7	Al-Cu-Fe-B	2	1±0,5

Из данных этой таблицы видно, что существует концентрационная зависимость, т.е. с повышением концентрации КК в композите, увеличивается зона подавления роста микроорганизмов. Это может быть связано с большей суммарной концентрацией меди в составе МБ. Максимальный уровень свойств (6 мм) достигается при использовании КК состава Al-Cu-Fe при степени наполнения 20%. Следует отметить, что применение квазикристаллов, содержащих дополнительно бор, показало в 4 раза меньший результат антибактериальной активности (всего 1-1,5 мм).

Таким образом, установлено, что композиты, содержащие в своем составе квазикристаллы, включающие медь, обладают антимикробными свойствами при условии пост-механической обработки, которая позволяет высвободить квазикристаллы из полимерной матрицы и обогатить ими поверхность полимерного материала. На степень антимикробной активности влияют следующие факторы: степень наполнения

мастербатчей квазикристаллами, химический состав квазикристаллов и поверхностная обработка.

Было также отмечено, что применение квазикристаллов, как и любых других металлов в составе полимерного композиционного материала, в результате их окисления вызывают изменение цветности материала. Полимерная матрица перестала быть прозрачной и приобрела серый металлический оттенок. Как было указано выше мастербатчи могут включать не только антимикробный агент, но и пигмент, одновременно окрашивая готовое изделие. Таким образом КК могут быть перспективными материалами в разработке в т.ч. композитов и покрытий биоцидного назначения – медицинские изделия, отделочные внутрибольничные материалы, материалы, используемые в местах скопления людей – ручки тележек, поручни метрополитена, сиденья кинотеатров, а также защитные пленочные материалы для облицовки панелей лифтов и домофонов.

Список использованных источников:

1. Smithers Pira. The Future of Global Plastic Films to 2021. // [Интернет сайт компании Smithers] URL: <https://www.smithers.com/services/market-reports/materials/the-future-of-global-plastic-films-to-2021> (дата обращения: 18.03. 2023).

2. Об использовании антимикробных добавок / Кузьмич, В. В. [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции "Информационные технологии в политических, социально-экономических, правовых и технических системах" [Электронный ресурс] / Белорусский национальный технический университет; сост. В. Л. Червинский. – Минск: БНТУ, 2019.

3. Миролюбова Т.В., Редина Л. В., Чмутин И.А., Курносова А.А. Получение полимерного композиционного материала, наполненного наночастицами серебра, и исследование его антимикробных свойств// Хим. волокна. 2022 г. №5. С. 22-25.

4. Мелешко А. А., Афиногенова А. Г и др. Антибактериальные неорганические агенты: эффективность использования многокомпонентных систем //Инфекция и иммунитет, 2020, Т. 10, №4, С. 639-654.

5. Abo-zeid Y., Williams G.R. The potential anti-infective applications of metaloxide nanoparticles: a systematic review. Wiley Interdiscip. Rev. Nanomed. Nanobiotechnol. 2019. v.12. №3. P. 1-36.

6. Martins M.A., Passos T.A., Gomes R.M. Caracterização de compósitos de alumínio reforçado com partículas quasicristalinas produzidos por stir casting/laminação // Revista Materia. 2020. №2. v.25. P. 1-9.

7. Muwaffak, Z.; Goyanes, A.; Clark, V.; Basit, A.W.; Hilton, S.T.; Gaisford, S. Patient-specific 3D scanned and 3D printed antimicrobial polycaprolactone wound dressings. Int. J. Pharm. – 2017. – v. 527. – P.161–170.

8. Самофалов А. С., Тихонова Я. В., Артюшкова Е. Б., Секерина И. Ю., Завидовская К. В., Лазурина Л. П. Изучение антимикробной активности полимерных форм, содержащих комплексные соединения меди и железа // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1.

9. Монтеро Д.А., Арельяно К., Пардо М. [и др.] Антимикробные свойства нового композитного покрытия на основе меди с потенциалом для использования в медицинских учреждениях. Борьба с инфекциями, устойчивыми к противомикробным препаратам. – 2019. –v.8. – Р. 3.

10. Prado J. V., Vidal A. R., Durán T. C. Aplicación de la capacidad bactericida del cobre en la práctica médica. Rev. Med Chil. – 2012. –v.140. – Р.1325-1332.

11. Винсент М., Дюваль РЕ, Хартеманн П., Энгельс-Дойч М. Контактное уничтожение и антимикробные свойства меди. J. Приложение Microbiol. – 2018. – Р. 1-15.

12. Антимикробная медная пленка [Электронный ресурс] URL: <http://udk.by/image/catalog/pdf/antivirusCu.pdf?ysclid=lfdyv9asil384685030> (дата обращения: 18.03.2023).

13. Грасс Г., Ренсинг С. и др. Металлическая медь как антимикробная поверхность. Приложение Environ Microbiol. 2011. V.77. P.1541-1547.

14. Antimicrobial behavior of leached Al–Cu–Fe- based quasicrystals / Aqib Zahoor, Taha Aziz, Soumble Zulfqar, Aisha Sadiq, Rashid Ali, Rub Nawaz Shahid, Naeem ul Haq Tariq, Attaullah Shah, Khurram Shehzad, Fahad Ali, Hasan Bin Awais // Applied Physics A. 2020. v.6. P. 1-9.

© Миролюбова Т.В., Бенеманская Е.А.,
Редина Л.В., Неяглов О.С., 2023

УДК 66.067.8.081.3:667:66.099.6

**СОРБЦИОННО-АКТИВНОЕ ВОЛОКНО
ДЛЯ УДАЛЕНИЯ КАТИОНОВ МЕДИ(II)
ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ**

Переpletчиков К.О., Клоков И.Д.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Процесс адсорбции является одним из малозатратных среди методов очистки сточных вод, высокоэффективным выгодным методом удаления тяжелых металлов.

α -кератиновые волокна шерсти, образующие длинные полипептидные цепи, обладают уникальными физическими и химическими свойствами, функциональные группы шерсти участвуют в

реакции сорбции для удаления ионов металлов из сточных вод. Например, Cu(II) и Zn(II) связываются с карбоксильными группами в поперечных цепях белка [1]. В исследовании [2, 3] сравнивают эффективность сырой шерсти и отходов шерсти для удаления ионов Zn(II), Pb(II) и Cu(II) из сточных вод.

Целью работы является увеличение эффективности сорбции за счет крашения шерсти красителем с сорбционными свойствами. Для этого была подобрана оптимальная методика крашения шерстяного волокна и проведен анализ сорбции окрашенного волокна.

Навеску красителя массой 5% от массы волокна растворяли в дистиллированной воде. Красильную ванну нагревали до 40°C. К красителю добавили 1 мл 25% раствора аммиака. Ввели в красильную ванну шерстяное волокно. Довели до кипения в течении 30 минут и выдерживали в течении 20 минут. Затем охлаждали до 60°C в течении 10 минут. После шерсть промыли в горячей воде, затем в холодной воде. Нанесли закрепляющий агент. Модуль ванны 50.

Нами были выбраны 2 красителя для последующего крашения шерстяного волокна и сорбции ионов меди (II). Структурная формула и название представлены на рис. 1. Красители были синтезированы по методикам, описанным в работе Anh Van Nguyen [4].

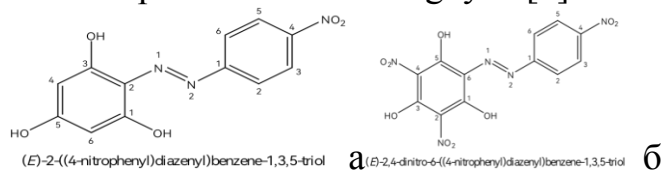


Рисунок 1 – Структурная формула и название: а) красителя № 1; б) красителя № 2

Окрашенное волокно массой 3 грамма плотно набивали в бюретку. Через бюретку пропускали 15 мл раствора Cu²⁺ концентрацией 100 ppm, отбирали аликвоту.

Аликвоты исследовали рентгенофлуоресцентным методом для измерения концентрации ионов меди. Для волокна, окрашенного красителем №1, сорбция составила 45.4 ppm, для волокна, окрашенного красителем №2, сорбция составила 39.7 ppm.

Таким образом, можно сделать вывод, что шерстяное волокно, окрашенное красителем с сорбционными свойствами, способно поглощать ионы меди (II) из водных растворов. При этом степень поглощения зависит от структуры красителя. В красителе №2 введение в молекулу дополнительных нитрогрупп уменьшило его сорбционные свойства.

Список использованных источников:

1. Simonič M. et al. Adsorptive Removal of Heavy Metal Ions by Waste Wool //Journal of Natural Fibers. – 2022. – С. 1-14.
2. Farrokhnia A., Abdolahpour S., Abbasi Z. Removal of Pb (II) Ion and Safranin Dye from Aqueous Solution by Sheep Wool //Iranian Journal of

Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE). – 2019. – Т. 38. – №. 5. – С. 155-163.

3. Babincev L. et al. Measurement of heavy metals in industrial wastewater by filters based on perlon and wool //Journal of Water Process Engineering. – 2020. – Т. 37. – С. 101354.

4. Van Nguyen A. et al. Novel Products of Nitrosation of a Series of Trihydroxybenzene Derivatives and Their Complexation with Cu (II), Cd (II) and Fe (III): Synthesis, Characterization, and Theoretical Modeling //ChemistrySelect. – 2021. – Т. 6. – №. 14. – С. 3461-3467.

© Переплетчиков К.О., Клоков И.Д., 2023

УДК 677.076.422

ИССЛЕДОВАНИЕ КАПИЛЛЯРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕТКАНЫХ СТЕЛЕЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Петрова Е.К., Кожевникова О.В., Коваленко Г.М., Бокова Е.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Нетканые материалы – это одно из перспективных сфер развития отрасли лёгкой и текстильной промышленности. Мобильность и простота технологического процесса производства нетканых полотен, экологическая безопасность, практически полное отсутствие отходов – всё это позволяет считать данное направление современным и востребованным в будущем [1, 2]. Правильно подбирая и варьируя такие характеристики волокон как: длина, толщина, тонины, степень извитости, усадка и многие другие, можно получать материалы с заранее заданным комплексом свойств, что актуально для современного потребителя [3, 4].

В настоящее время наблюдаются тенденции к использованию в смесках натуральных волокон. Создание нетканых материалов на основе волокон конопли, льна, бамбука, крапивы позволяет получать инновационные изделия для обувной промышленности (стельки, подкладки, межподкладки) с повышенными показателями гигиенических свойств, а также решать ряд экологических проблем по утилизации отходов при производстве натурального волокна [5, 6].

Цель работы – проектирование нетканых стелечных материалов на основе смесок синтетических и натуральных волокон с высокими показателями гигиенических свойств.

Объектами исследования в работе являются синтетические (полиэфирные и бикомпонентные (полиэфир-полипропилен)) и натуральные волокна (бамбуковые, льняные, конопляные), а также

нетканые материалы на их основе (табл. 1). Образец 1 – нетканое полотно (ПЭТФ-БКВ); образец 2 – нетканое полотно (ПЭТФ-БКВ) с добавкой бамбукового волокна (Б); образец 3 – нетканое полотно (ПЭТФ-БКВ) с добавкой котонизированных льняных волокон (КЛ); образец 4 – нетканое полотно (ПЭТФ-БКВ) с добавкой котонизированных конопляных волокон (КК).

Таблица 1 – Состав смесок образцов нетканых материалов

Номер образца	Вид и количество волокна			
	ПЭТФ: БКВ	Б	КЛ	КК
Образец 1	80-20	-	-	-
Образец 2	80-20	50	-	-
Образец 3	80-20	-	50	-
Образец 4	80-20	-	-	50

Условные обозначения в табл. 1: КЛ – котонизированное льняное волокно; КК – котонизированное конопляное волокно

Все нетканые композиционные материалы были получены в Инжиниринговом центре РГУ им. А.Н. Косыгина на полупроизводственной линии механическим способом формирования холста и его скреплением методом иглопрокалывания, последующей термообработкой в термокамере при температуре 150°C.

Все смеси состояли из 80% полиэфирного волокна, 20% бикомпонентного волокна и 50 массовых частей натуральных волокон – бамбука, льна и конопли.

Первым этапом работы было определение объемного впитывания жидкостей неткаными материалами. В качестве смачивающих жидкостей использовали воду при температуре 20°C и жидкость, имитирующую пот состава: дистиллированная вода – 150 мл, NaCl – 3г., (NH₄)₂CO₃ – 0,1г., Na₂HPO₄ – 0,03г., мочевины – 3,6г., молочная кислота – 0,2 г. (табл. 2). Далее в работе определены капиллярные характеристики полученных нетканых полотен (табл. 3).

Таблица 2 – Физико-химические показатели смачивающих жидкостей

Смачивающая жидкость	Показатели			
	t, °C	ρ, г / см ³	η, Нс / м ² ·10 ⁻³	σ, мДж / м ²
Вода	20	0,990	1	72,75
Жидкость, имитирующая пот	20	1,051	1,2	55,33

Таблица 3 – Капиллярные характеристики материалов, полученные на основании объемного впитывания воды

Жидкость	№ образца	V _m , мм	t ₀ , мин	k, мин ⁻¹	Cos Θ	Θ°
Вода	1	0,4762	62,79	0,032	0,0012	89004'
	2	1,124	3,907	0,256	0,0080	89026'
	3	0,758	12,95	0,057	0,0030	89010'
	4	0,559	23,52	0,065	0,0020	89007'
Жидкость, имитирующая пот	1	1,6949	2,4544	1,2037	0,0064	89022'
	2	4,3478	0,2047	4,8852	0,0171	89006'
	3	2,0408	1,421	1,2755	0,0041	89007'
	4	3,2258	0,8308	1,6781	0,0022	89006'

Наибольшая скорость объемного впитывания наблюдается у образцов, содержащих бамбуковое волокно, наименьшую скорость имеет образец на основе синтетических волокон. По потожемкости материалы образуют ряд, аналогичный объемному впитыванию воды: материал с

бамбуковым волокном > материал с котонизированным конопляным волокном > материал с котонизированным льняным волокном > полностью синтетический нетканый материал из полиэфирных и бикомпонентных волокон.

На втором этапе в работе изучена кинетика набухания нетканых полотен в воде и жидкости, имитирующей пот. По кинетическим закономерностям набухания можно косвенно судить о процессах сорбции, диффузии и характере пористой структуры нетканых материалов.

На рис. 1а представлены графики зависимости степени набухания нетканых волокнистых холстов от времени в воде и жидкости, имитирующей пот.

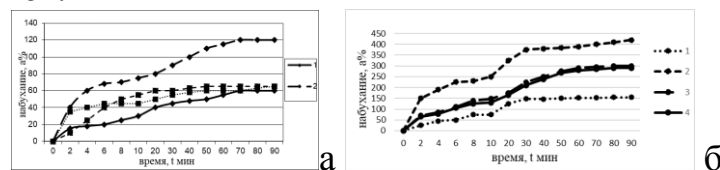


Рисунок 1 – Кинетика набухания нетканых полотен: а) в воде; б) в жидкости, имитирующей пот. Обозначения: 1– образец из полиэфирных волокон; 2 – образец из полиэфирных и бамбуковых волокон; 3 – образец из полиэфирных и котонизированных льняных волокон; 4 – образец из полиэфирных и котонизированных конопляных волокон.

Видно (рис. 1а), что наибольшая степень набухания наблюдается у образцов, содержащих бамбуковые волокна (120%). Предельная степень набухания остальных образцов находится на уровне 60%.

Установлено, что процесс набухания нетканых полотен в жидкости, имитирующей пот, выше, чем в воде (рис. 1б). Предельная степень набухания образцов, содержащих бамбуковое волокно, составляет более 400%, а для нетканых материалов из синтетических волокон без добавления натуральных почти в три раза превышает этот показатель по воде. Такое увеличение сорбционной ёмкости в процессе набухания можно объяснить увеличением термодинамического сродства жидкости, имитирующей пот и волокон.

Таким образом, материалы, содержащие натуральные волокна обладают высокой потовпитываемостью, вследствие состава смеси и своей структуры и превосходят синтетические материалы по сорбционной активности по отношению к воде. Проведённые исследования позволяют проектировать нетканые стелечные и подкладочные материалы с повышенными показателями гигиенических свойств.

Список использованных источников:

1. Айзенштейн Э.М., Клепиков Д.Н.//Вестник химической промышленности, июнь, 2017, № 3(96), с. 14.
2. Агеев А.А., Волков В.А. Поверхностные явления и дисперсные системы в производстве текстильных материалов и химический волокон.// Учебник для вузов. – М: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004.С-464.Сырье и

упаковка// Взгляд в будущее: новый отчёт от INDA и EDANA, специальный выпуск №5, 2016 г.

3. Сергиенков А.П.// Полимерные материалы// новые разработки по совершенствованию и расширению ассортимента нетканых материалов 2015, № 8, с. 26.

4. Л.Е. Калинина, В.Г.Калашников // Производство синтетических кож в Японии// Министерство лёгкой промышленности СССР. Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований легкой промышленности. Москва, 1974 год, 68 с.

5. Мезенцева Е., Рухлова Е., Иванов В., PLASTINFO // полимерная индустрия тенденции рынка нетканых материалов // Тенденции рынка нетканых материалов 2020, 2020 г.

6. Жукова С. В. Исследование новых сортов конопли и разработка технологии получения однотипной пеньки. Диссертация канд. техн. наук; МГУДТ - Москва, 2006 г. , - 267с.

© Петрова Е.К., Кожевникова О.В.,
Коваленко Г.М., Бокова Е.С., 2023

УДК66.014

НАТУРАЛЬНЫЕ ГЕЛЕОБРАЗОВАТЕЛИ В КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ

Попова П.Н., Караваева Е.Б.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

С развитием косметической промышленности и растущим интересом потребителей к экологичным и натуральным компонентам в косметических средствах, важность использования безопасных и биоразлагаемых ингредиентов становится все более актуальной. В частности, натуральные гелеобразователи, способные образовывать вязкоэластические структуры, являются одним из ключевых элементов в формулировках многих косметических продуктов.

С развитием косметической промышленности и растущим интересом потребителей к экологичным и натуральным компонентам в косметических средствах, важность использования безопасных и биоразлагаемых ингредиентов становится все более актуальной. В частности, натуральные гелеобразователи, способные образовывать вязкоэластические структуры, являются одним из ключевых элементов в формулировках многих косметических продуктов. Позволяют сделать продукт с нужной консистенцией и интересной реологией.

В данной статье мы обсудим преимущества использования натуральных гелеобразователей, таких как экологичность и безопасность для чувствительной кожи, а также представим обзор популярных натуральных гелеобразователей, включая агар-агар, ксантановую камедь и гуаровую камедь. Мы рассмотрим их источники происхождения, преимущества и применение в косметических средствах.

Кроме того, в статье будут приведены примеры косметических продуктов с использованием натуральных гелеобразователей, таких как гели для душа и ванны, маски для лица и тела, скрабы, кремы и лосьоны, а также гели для волос.

В заключении мы обсудим влияние натуральных гелеобразователей на качество косметических средств и рассмотрим перспективы и будущее использования натуральных гелеобразователей в косметической индустрии. Это позволит ученым, разработчикам и производителям косметики, а также потребителям, получить обширный обзор возможностей и преимуществ применения натуральных гелеобразователей в косметических продуктах.

Гелеобразователи – это вещества, способные образовывать гель, структуру с повышенной вязкостью и желатиноподобными свойствами. Они используются в различных отраслях, включая косметику, где играют важную роль в формировании текстуры и стабилизации продуктов. Гелеобразователи могут быть натуральными или синтетическими, в зависимости от их источника и химической структуры. Химическая природа гелеобразователей – линейные или разветвленные полимерные цепи с гидрофильными группами, которые вступают в физическое взаимодействие с водой в продукте. Эффект загущения в случае натуральных гелеобразователей достигается обычным набуханием природный полимеров.

Рост интереса к натуральным компонентам в косметике. Сегодня все больше потребителей предпочитают косметические средства с натуральными ингредиентами из-за их экологичности, безопасности и благоприятного воздействия на кожу. Это привело к росту интереса к натуральным гелеобразователям, которые обладают рядом преимуществ перед синтетическими аналогами и способны обеспечить дополнительные функциональные свойства для косметических продуктов. Молекулы натурального гелеобразователя свернуты в клубки, при попадании в водную среду клубок молекулы гелеобразователя раскручивается, при этом ограничивается подвижность молекул воды, а вязкость раствора растет [1].

Преимущества использования натуральных гелеобразователей:

1. Экологичность. Натуральные гелеобразователи получают из возобновляемых источников, что делает их более экологичными по сравнению с синтетическими аналогами. Они биоразлагаемы и не

оказывают негативного воздействия на окружающую среду, что особенно важно в контексте растущей тревоги о загрязнении пластиком и негативных последствиях применения химических веществ.

2. Безопасность для чувствительной кожи. Натуральные гелеобразователи обладают нежной текстурой и меньше раздражают кожу, делая их подходящими для чувствительной кожи и людей с аллергическими реакциями на синтетические компоненты. Они также могут обеспечить дополнительные ухаживающие свойства, такие как увлажнение, питание, заживление и успокаивающий эффект.

Обзор популярных натуральных гелеобразователей.

Агар-агар – полисахарид, получаемый из различных видов красных морских водорослей, таких как *Gelidium* и *Gracilaria*. Он состоит из агарозы и агаро-пектина, обладающих гидрофильными свойствами и способностью образовывать желеобразные структуры при низких концентрациях.

Агар-агар обладает высоким уровнем стабилизации и загущения, что делает его подходящим для широкого спектра косметических продуктов. Кроме того, он обладает увлажняющим и успокаивающим действием, способствуя улучшению состояния кожи. Благодаря своей биосовместимости и низкому потенциалу раздражения, агар-агар применяется в уходовых средствах, таких как гидрогели, маски, кремы и лосьоны [2].

Ксантановая камедь – экстрацеллюлярный полисахарид, получаемый в результате ферментации сахаров с помощью бактерии *Xanthomonas campestris*. Она обладает высокой стабилизирующей и вязкостными свойствами, что делает её востребованной в косметической индустрии.

Ксантановая камедь обладает рядом преимуществ, таких как высокая устойчивость к изменению pH, температуры и солевой среды, что делает её идеальной для создания стабильных косметических формулировок. Ксантановая камедь также обладает увлажняющим и смягчающим действием на кожу, что позволяет использовать её в разнообразных продуктах, включая кремы, лосьоны, гели и маски [3].

Гуаровая камедь – гелеобразующий агент, получаемый из семян гуарового боба (*Cyamopsis tetragonoloba*), растущего в Индии и Пакистане. Она состоит из галактоманнана, полисахарида, состоящего из молекул маннозы и галактозы, что обеспечивает ей гелеобразующие свойства.

Гуаровая камедь обладает отличными стабилизирующими, загущающими и эмульгирующими свойствами, что делает её подходящей для использования в различных косметических продуктах. Она обладает высокой совместимостью с другими компонентами и благоприятным воздействием на кожу, таким как увлажнение, смягчение и улучшение эластичности. Гуаровая камедь применяется в продуктах для ухода за

кожей, волосами и ногтями, таких как кремы, маски, шампунь, кондиционеры и лаки для ногтей [4].

Примеры косметических средств с натуральными гелеобразователями:

1. Гели для душа и ванны. Натуральные гелеобразователи, такие как агар-агар и ксантановая камедь, могут использоваться для создания гелей для душа и ванны с приятной текстурой и эффективными очищающими свойствами.

2. Маски для лица и тела. Натуральные гелеобразователи обеспечивают оптимальную консистенцию масок для лица и тела, способствуя их легкому нанесению и смыванию, а также обеспечивая дополнительные ухаживающие свойства, такие как увлажнение и питание кожи.

3. Скрабы. Натуральные гелеобразователи используются в скрабах для создания стабильных формулировок с гомогенным распределением абразивных частиц, обеспечивая эффективное удаление омертвевших клеток кожи и улучшение ее текстуры.

4. Кремы и лосьоны. Натуральные гелеобразователи обеспечивают кремам и лосьонам идеальную текстуру, улучшая их распределение на коже и обеспечивая превосходное покрытие и увлажнение. Использование агар-агара, ксантановой и гуаровой камеди также улучшает стабильность этих продуктов, предотвращая разделение фаз и обеспечивая продолжительное сохранение их свойств [5].

5. Гели для волос. Натуральные гелеобразователи, такие как агар-агар и ксантановая камедь, используются в гелях для волос для создания продуктов с оптимальной консистенцией, обеспечивающих удержание прически, увлажнение и защиту волос от негативных воздействий окружающей среды.

Натуральные гелеобразователи значительно улучшают качество косметических средств, обеспечивая стабильность, приятную текстуру и дополнительные ухаживающие свойства. Они предоставляют возможность создавать экологичные и безопасные продукты, которые отвечают запросам современных потребителей и обладают преимуществами перед синтетическими аналогами [6].

С учетом возрастающего интереса к натуральным и экологичным продуктам, можно ожидать, что использование натуральных гелеобразователей в косметической индустрии продолжит расти. Развитие науки и технологий позволит оптимизировать процессы получения этих веществ, расширить спектр их применения и снизить затраты на производство [7]. В свою очередь, это приведет к созданию новых инновационных косметических средств с улучшенными свойствами и более высокой степенью удовлетворения потребностей потребителей.

Список использованных источников:

1. Баранова, И.И. (2014). Гелеобразователи на основе природных полимеров в косметических средствах. Вестник Московского университета. Серия 2: Химия, 55(1), 54-60.
2. Воронков, М.Г., Батюшкова, Е.А., & Щербакова, О.И. (2016). Применение гидроколлоидов в косметических средствах. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий, 8(74), 233-237.
3. Демина, Т.С., & Муравьева, Г.И. (2017). Полимеры на основе природных сырьевых источников в косметологии. Вестник Томского государственного университета. Биология, 3(39), 156-170.
4. Pavlov, G. M., & Skorik, Y. A. (2013). Natural and synthetic polyelectrolytes in cosmetics. Polyelectrolytes: Properties, Functions, and Applications, 1-25.
5. Chaudhary, A., Nanda, S., & Tomar, P. (2011). Natural polysaccharides: Versatile excipients for controlled drug delivery systems. Asian Journal of Pharmaceutical Sciences, 6(5), 275-286.
6. Williams, P. A., & Phillips, G. O. (2009). Handbook of hydrocolloids. Elsevier.
7. Patel, S., & Patel, H. (2015). Natural bioadhesive biodegradable nanoparticle-based topical ointments: A rational approach to wound healing. Journal of Microencapsulation, 32(7), 665-674.

© Попова П.Н., Каравеева Е.Б., 2023

УДК 541.64:539.2

РАСЧЕТ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛИСАХАРИДА ХИТОЗАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АТОМНЫХ ВКЛАДОВ

Потеева Я.И., Гаврютина С.Н., Захарова В.А., Кильдеева Н.Р.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Поиск новых путей применения конкретных полимеров может быть затруднен рядом экспериментальных исследований и условий их проведения, проблемой подбора материалов и сырья, поддержанием единства условий проведения ряда экспериментов, что в свою очередь ограничивает возможность проверки многообразия научных гипотез. Прежде чем реализовывать идею эмпирическим путем необходимо оценить ее целесообразность, предсказав необходимые свойства полимера расчетным путем.

Целью данной расчетной работы является получение теоретической информации о физических свойствах биополимера хитозана, в частности значения критерия растворимости полимера в различных растворителях, его поверхностной энергии и адгезии.

В настоящее время существуют несколько подходов к количественной оценке физических свойств полимеров на основе их химического строения. Среди таких подходов выделяют такие методы, как метод «групповых вкладов» Ван Кревелена, являющийся чисто эмпирическим методом, основанным на аддитивных выражениях; полуэмпирический метод атомных вкладов А.А. Аскадского и Ю.И. Матвеева, оценивающий характеристики полимеров на основе представлений физики твердого тела; топологический метод Дж. Бицерано, основанный на корреляционных зависимостях физических свойств со множеством правил; а так же метод, в основе которого лежит молекулярная механика – моделирование взаимодействия групп Портера.

В основе данной работы лежит метод групповых инкрементов А.А. Аскадского и Ю.И. Матвеева (метод атомных вкладов) [1, 2]. На основе химического строения полимера, в частности строения его повторяющегося звена был рассчитан ряд характеристик. Поскольку метод полуэмпирический и основан на представлениях о физике твердого тела, получаемые коэффициенты имеют физический смысл. Преимуществом такого метода можно считать небольшое расхождение между теоретически полученными и экспериментальными данными – 3-5%.

Фундаментальной характеристикой метода является Ван-дер-Ваальсовый объем атомов, составляющих повторяющееся звено полимера, учитывающий межмолекулярные взаимодействия. Расчет ведется на основании повторяющегося звена полимера. Данный параметр необходим в целях получения теоретических данных об энергии когезии, поверхностном натяжении и растворимости биополимера хитозана.

Расчет проводился для звена хитозана, показанном на рис. 1. В данном звене общее количество атомов 22, из них 6 углерода (С), 11 водорода (Н), 4 кислорода (О) и 1 азот (N).

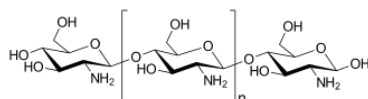


Рисунок 1 – Строение звена хитозана

Инкременты объемов некоторых атомов были взяты из источника [2], инкременты объемов атомов, непредставленных в источнике, были рассчитаны по формулам 1 и 2.

ΔV_i – инкремент собственного (Ван-дер-Ваальсового) объема каждого атома в молекуле вещества рассчитывается следующим образом:

$\Delta V_i = \frac{4}{3}\pi R^3 - \sum_i \frac{1}{3}\pi \square_i^2 (3R - \square_i)$, (1), где R – Ван-дер-Ваальсов радиус рассматриваемого атома; \square_i – высота шарового сегмента, который отсекается на данном атоме соседним, химически связанным с ним атомом, которая вычисляется по формуле: $\square_i = R - \frac{R^2 + d_i^2 - R_i^2}{2d_i}$, (2)

Для предварительной оценки растворимости полимеров в различных растворителях, а также друг в друге была введена такая характеристика как параметр растворимости Гильдебранда (δ). Способ предсказания растворимости состоит в сопоставлении величин параметра растворимости полимера и растворителя. Данная оценка позволяет с хорошей точностью предсказать растворение полимера в растворителе, при этом следует учесть, что с помощью такого сопоставления можно лишь уверенно исключить те растворители, в которых растворения полимера происходить не будет.

Важно отметить, что в ходе работы, при оценке растворимости учитывали как энергетические, так и энтропийные члены.

Расчеты данной работы производились по представленным ниже формулам, результаты представлены в табл. 1.

Расчет плотности энергии когезии: $\delta^2 = \frac{\sum_i \Delta E_i^*}{N_A \sum_i \Delta V_i}$, (3), где $\sum_i \Delta E_i^*$ – энергия когезии, $\sum_i \Delta V_i$ – Ван-Дер-Ваальсовый объем, N_A – число Авогадро.

Расчет поверхностного натяжения полимера определяется из

$$\gamma_{\Pi} = C_i \frac{\sum_i \Delta E_i^*}{(\sum_i \Delta V_i)^{2/3} m^{1/3}}$$

соотношения: $\gamma_{\Pi} = C_i \frac{\sum_i \Delta E_i^*}{(\sum_i \Delta V_i)^{2/3} m^{1/3}}$, (4), где $\sum_i \Delta V_i$ – Ван-Дер-Ваальсовый объем, $\sum_i \Delta E_i^*$ – энергия когезии, m – число атомов в повторяющемся звене полимера, C_i – инкремента, зависящая от строения полимерного звена.

Условие растворимости: $\mu < 2\rho\Phi(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + a})$, (5); $\mu = \frac{\delta_{\Pi}^2}{\delta_p^2}$, (6), где δ_{Π} и δ_p – параметры Гильдебранда для полимера и растворителя соответственно.

$a = \frac{\gamma_{\Pi n}}{\gamma_p}$, (7), где γ_{Π} и γ_p – поверхностное натяжение полимера и растворителя соответственно.

$\Phi = \frac{4(V_p V_n)^{1/3}}{(V_p^{1/3} + V_n^{1/3})^2}$, (8), где V_n и V_p – мольные объемы полимера и растворителя соответственно (в расчете на 1 звено).

Расчет межфазного натяжения: $\gamma_{pn} = \gamma_p + \gamma_n - 2\Phi(\gamma_p \gamma_n)^{1/2}$, (9), где γ_{Π} и γ_p – поверхностное натяжение полимера и растворителя соответственно.

В расчете энергии когезии учитывалось диполь-дипольное взаимодействие, обусловленное наличием полярных групп.

Таблица 1 – Полученные численные параметры растворителей для оценки критерия растворимости

Растворитель	μ , ед.	δ_p , (Дж/см ³) ^{1/2}	γ_p , дин/см	V_p , см ³ /моль	Φ , ед.	γ_{pn} , дин/см
Этанол	0,805	26,59	23,6	59,06	0,986	1,12
H ₂ O (25°C)	1,007	23,77	72,86	18,01	0,906	18,16
H ₂ O (70°C)	1,007	23,77	64,42	18,01	0,906	14,78
Уксусная кислота	0,633	26,31	28,8	57,19	0,985	0,89
Феруловая кислота	1,157	22,164	30,04	147,1	0,999	0,06
Галловая кислота	0,987	24,007	32,14	100,07	0,999	0,101

Дополнительные рассчитанные параметры для хитозана таковы: $\delta_n = 23,85$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_{pn} = 29,95$ дин/см, $V_n = 120$ см³/моль

В результате расчета адгезионного смачивания полимера растворителем, с учетом действующих на макромолекулу сил, установлена растворимость в воде, этаноле, уксусной, феруловой и галловой кислотах. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Оценка критерия растворимости, на основании полученных данных

Полимер	Растворитель	T	Параметры Гильдебранда для полимера		Учет мольных объемов полимера и растворителя	Вывод
Хитозан	C ₂ H ₅ OH	25°C	0,805	<	1,12	P
	H ₂ O	25°C	1,007	>	0,783	HP
		70°C	1,007	>	0,833	HP
	Уксусная кислота	25°C	0,633	<	1,28	P
	Феруловая кислота	25°C	1,157	<	1,29	P
	Галловая кислота	25°C	0,987	<	1,34	P

Условные обозначения в табл. 2: «P» свидетельствует о растворимости полимера [2], «HP» – о нерастворимости.

Работа когезии напрямую зависит от поверхностного натяжения и равна его удвоенному значению на границе раздела, описывается следующей формулой: $W_k = 2\gamma_p$ (10), где, W_k - работа когезии; γ_p - величина свободной энергии поверхности.

Результаты расчета по формулам 4 и 10 представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Полученные численные параметры поверхностной энергии и работы когезии

Полимер	$\sum_i \Delta E_i^*$, Дж/моль	$\sum_i \Delta V_i$, А ³	γ_p по уравнению, Дж/м ²	W_k , Дж/м ²
Хитозан	46677,96	136,2	29,95	59,9

Проведенные расчеты позволяют судить о возможности растворения биополимера хитозана в ряде полярных растворителей, а также оценить величину поверхностной энергии. Впервые было проведено математическое прогнозирование и получены численные значения, которые можно использовать в дальнейшей экспериментальной работе. Полученные данные могут способствовать расширению спектра изучения свойств хитозана и прогнозировать его применение в различных областях, таких как медицина, косметическая и пищевая промышленность. Полученные результаты имеют существенное значение для разработки

новых материалов и технологий, что в свою очередь может привести к созданию более эффективных продуктов и процессов.

Список использованных источников:

1. Аскадский А. А., Размадзе Т. Р. Универсальная расчетная схема для оценки поверхностного натяжения органических жидкостей и полимеров //Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 1991. – Т. 33. – №. 5.

2. Аскадский А. А., Кондращенко В. И. Компьютерное материаловедение полимеров. - Москва, - Научный мир, 1999. – 544 с.

© Потеева Я.И., Гаврютина С.Н.,
Захарова В.А., Кильдеева Н.Р., 2023

УДК 541.64:539.2

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПРОТОНИРОВАННЫХ БЛОКОВ АЛЬГИНОВОЙ КИСЛОТЫ
МЕТОДОМ АТОМНЫХ ВКЛАДОВ**

Привалова Ю.И., Захарова В.А., Кильдеева Н.Р.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Для оценки эмпирических физико-химических параметров исходных материалов, таких как растворимость, диэлектрическая проницаемость, поверхностное натяжение, релаксационные процессы и модули равновесия, а также теплофизических свойств необходимо специализированное оборудование, временные затраты на анализ и оценка воспроизводимости полученных результатов, достаточная квалификация персонала и ряд расходных средств. На сегодняшний день, для получения достоверных значений физико-химических параметров полимерного сырья достаточно использования специальных программ, система расчета которых базируется на суммировании ряда атомных констант, характеризующих вклады в энергию межмолекулярного взаимодействия, энергию химических связей, Ван-дер-Ваальсовый объем и т.д. Большинство математических подходов аддитивного типа, заложенных в ЭВМ, основаны на эмпирическом методе групповых вкладов Ван Кревелена [1], полуэмпирическом физическом подходе Ю.И. Матвеева [2], корреляционных зависимостях индексов связанности Дж. Бицерано [3].

Целью работы является получение количественных показателей растворимости, значения поверхностного натяжения и межслоевой адгезии путем адаптации метода аддитивного атомного прогнозирования свойств Аскадского А.А. [4], для расчета заряженного полиэлектролита

природного происхождения, который может лечь в основу формирования программы для ЭВМ и численной базы для сравнения с экспериментальными значениями.

Метод атомного прогнозирования Аскадского А.А. базируется на известных табличных инкрементах Ван-дер-Ваальсовых объемов атомов и высоте его шарового сегмента, с учетом химически связанного с ним атома. Соответственно, зная величину атомных радиусов, входящих в повторяющееся звено полимера и длины химических связей между атомами можно рассчитать Ван-дер-Ваальсовый объем повторяющегося звена и построить модель этого звена.

В случае биополимеров, таких как полисахариды, расчеты удобно вести исходя из молярного объема звена, пренебрегая концевыми группами.

Для оценки совместимости биополимеров друг с другом, а также для прогноза их растворимости в различного рода растворителях пользуются расчетными параметрами Гильдебранда. Растворимость полимера имеет большое практическое значение при поисках путей его переработки и эксплуатации. Информация о надмолекулярной структуре дает представление о таких базовых процессах как когезия, адгезия и адсорбция.

Целью настоящей работы являлась теоретическая оценка совместимости (растворимости) альгиновой кислоты с рядом технологически важных низкомолекулярных соединений: этанола, уксусной кислоты и ароматических карбоновых оксикислот: феруловой и галловой.

Расчет был проведен для альгиновой кислоты (рис. 1). В протонированном звене общее количество атомов 38, из них 12 углерода (С), 14 водорода (Н) и 12 кислорода (О).

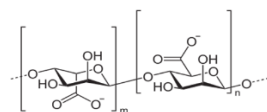


Рисунок 1 – Строение звена альгиновой кислоты

В ходе работы, при оценке растворимости учитывали как энергетические, так и энтропийные члены. Расчеты проводились по формулам, представленным ниже, а результаты представлены в табл. 1.

Расчет плотности энергии когезии: $\delta^2 = \frac{\sum_i \Delta E_i^*}{N_A \sum_i \Delta V_i}$, (1), где $\sum_i \Delta E_i^*$ - энергия когезии, $\sum_i \Delta V_i$ - Ван-Дер-Ваальсовый объем, N_A - число Авогадро.

Расчет поверхностного натяжения полимера производится по

формуле: $\gamma_{II} = C_i \frac{\sum_i \Delta E_i^*}{(\sum_i \Delta V_i)^{2/3} m^{1/3}}$, (2), где $\sum_i \Delta V_i$ - Ван-Дер-Ваальсовый объем,

$\sum_i \Delta E_i^*$ - энергия когезии, m – число атомов в повторяющемся звене полимера, C_i - инкремента, зависящая от строения полимерного звена.

Условие растворимости: $\mu < 2\rho\Phi(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + a})$, (3), $\mu = \frac{\delta_n^2}{\delta_p^2}$, (4),

где δ_n и δ_p - параметры Гильдебранда для полимера и растворителя соответственно.

$a = \frac{\gamma_{pn}}{\gamma_p}$, (5), где γ_n и γ_p - поверхностное натяжение полимера и растворителя соответственно.

$\Phi = \frac{4(V_p V_n)^{1/3}}{(V_p^{1/3} + V_n^{1/3})^2}$, (6), где V_n и V_p - мольные объемы полимера и растворителя соответственно (в расчете на 1 звено).

Расчет межфазного натяжения: $\gamma_{pn} = \gamma_p + \gamma_n - 2\Phi(\gamma_p \gamma_n)^{1/2}$, (7), где γ_n и γ_p - поверхностное натяжение полимера и растворителя соответственно.

В расчете энергии когезии учитывалось диполь-дипольное взаимодействие, обусловленное наличием полярных групп.

Таблица 1 – Полученные численные параметры для оценки критерия растворимости

Растворитель	μ , ед.	δ_p , (Дж/см ³) ^{1/2}	γ_p , дин/см	V_p , см ³ /моль	Φ , ед.	γ_{pn} , дин/см
C ₂ H ₅ ОН	0,93	26,575	36,72	47,49	0,93	0,012
СН ₃ СООН	0,88	27,33	39,77	45,28	0,93	0,13
Феруловая кислота	0,63	32,37	47,25	82,6	0,97	0,86
Галловая кислота	0,65	31,89	57,84	124,26	0,99	2,75

Дополнительные рассчитанные параметры для альгиновой кислоты:

$\delta_n = 25,65$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 35380$ дин/см, $V_n = 230,66$ см³/моль.

В результате расчета адгезионного смачивания полимера растворителем, с учетом действующих на макромолекулу сил, установлена растворимость в уксусной кислоте, этаноле и карбоновых оксикислотах: галловой и феруловой. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Оценка критерия растворимости, на основании полученных данных

Полимер	Вид растворителя	T	Параметры Гильдебранда для полимера		Учет мольных объемов полимера и растворителя	Вывод
Альгиновая кислота	C ₂ H ₅ ОН	25°C	0,93	<	1,32	Р
	СН ₃ СООН	25°C	0,88	<	1,29	Р
	Феруловая кислота	25°C	0,63	<	1,19	Р
	Галловая кислота	25°C	0,65	<	1,07	Р

Условные обозначения в табл. 2: Р – свидетельствует о растворимости полимера [5].

Работа когезии напрямую зависит от поверхностного натяжения и равна его удвоенному значению на границе раздела, описывается следующей формулой: $W_k = 2\gamma_n$ (8), где, W_k - работа когезии; γ_n - величина свободной энергии поверхности.

Результаты расчета по формулам 2 и 8 представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Полученные численные параметры поверхностной энергии и работы когезии

Полимер	$\sum_i E_i^+$, Дж/моль	$\sum_i \Delta V_i$, А ³	γ_{II} по уравнению, Дж/м ²	W_k , Дж/м ²
Альгиновая кислота	103359,02	260,8	35,38	70,76

Полученные расчетные данные позволяют судить о возможности растворения альгиновой кислоты в ряде полярных растворителей, а также оценить величину поверхностной энергии. Нами было проведено математическое прогнозирование и получены численные значения, которые были подтверждены в экспериментальной работе. Полученные данные могут способствовать расширению спектра изучения свойств альгиновой кислоты и ее производных, для прогнозирования ее применения в различных сферах, таких как медицина, косметическая и пищевая промышленность. Полученные результаты имеют существенное значение для разработки новых материалов и технологий с использованием исследованных низкомолекулярных соединений, что в свою очередь может привести к созданию более эффективных продуктов и процессов.

Список использованных источников:

1. Van Krevelen D. W. Cohesive properties and solubility //Properties of polymers. – 1990. – С. 189-225.
2. Аскадский А. А., Матвеев Ю. И. Химическое строение и физические свойства полимеров. – Химия, 1983. С. 248
3. Bicerano J. Prediction of the properties of polymers from their structures //Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews. – 1996. – Т. 36. – №. 1. – С. 161-196.
4. Аскадский А. А., Размадзе Т. Р. Универсальная расчетная схема для оценки поверхностного натяжения органических жидкостей и полимеров //Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 1991. – Т. 33. – №. 5.
5. Vargaftik N. B., Volkov B. N., Voljak L. D. International tables of the surface tension of water //Journal of Physical and Chemical Reference Data. – 1983. – Т. 12. – №. 3. – С. 817-820.

© Привалова Ю.И., Захарова В.А., Кильдеева Н.Р., 2023

УДК 677.469:677.473

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОК ИЗ ХИТОЗАН-МЕЛАНИНОВОГО КОМПЛЕКСА И ИЗУЧЕНИЕ ИХ СВОЙСТВ

Прудникова В.О., Сажнев Н.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В последние годы произошли большие изменения в полимерных упаковочных пленках на биологической основе для решения серьезных экологических проблем, вызванных синтетическими упаковочными материалами. Хитозан и его производные являются одними из наиболее распространенных биополимеров после целлюлозы. Материалы на основе хитозана широко применяются в различных научных областях благодаря своим биологическим и физическим свойствам: биосовместимости, биоразлагаемости, противомикробной способности и способности легко формировать пленки. Различные пленки на основе хитозана применяют в области упаковки пищевых продуктов. Большинство обзорных статей, связанных с пленками на основе хитозана, посвящены антибактериальным пленкам для упаковки пищевых продуктов. Применение пленок на основе комплекса из хитозана и меланина для упаковки пищевых продуктов в качестве антибактериальных или барьерных пленок, или в качестве раневых покрытий представляется перспективным направлением в науке [1, 2].

Меланин представляет собой нерегулярный светопоглощающий полимер, содержащий индолы и другие промежуточные продукты, полученные в результате окисления тирозина. Меланин широко распространен в царстве животных и растений. Это основной пигмент, присутствующий в поверхностных структурах позвоночных [3].

Благодаря своей способности питаться широким спектром органических отходов, черная солдатская муха *Hermetia illucens* является естественными переработчиками органических отходов и эффективными производителем белка, жира и других важных биологически активных веществ, таких как хитин и меланин [4].

Основываясь на этой информации, можно предположить, что в комплексе с хитозаном меланин может обладать большей биосовместимостью, пленки из него могут обладать хорошими гигиеническими и барьерными свойствами.

Растворы хитозан-меланинового комплекса с заданной концентрацией для получения пленок, готовили в водных растворах уксусной кислоты (2 мас.%) по точным навескам сухого полимера ($\pm 0,0002$

г). Формование плёнок толщиной от 50 мкм, содержащих сшивающий реагент дженипин или глутаровый альдегид, осуществляли методом полива на чашки Петри растворов из смеси хитозана и фиброина. Пленки выдерживали при комнатной температуре для испарения растворителя до постоянной массы. Сшивающий реагент, в данном случае, придает пленкам дополнительную устойчивость к воде. Фото полученных пленок на рисунке 1.

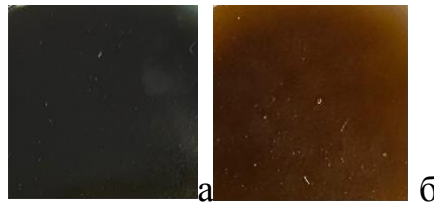


Рисунок 1 – Пленки из хитозан-меланинового комплекса: а) сшитая дженипином, рН 4,33, степень сшивки 0,04 моль/моль; б) сшитая глутаровым альдегидом, рН 4,33, степень сшивки 0,04 моль/моль.

Для лучшей сохранности продуктов обычно используют полимерные материалы, обладающие наибольшими барьерными свойствами, т.е. имеют способность препятствовать проникновению газов (таких как кислород, углекислый газ), водяного пара и посторонних запахов. Стабильная атмосфера внутри пакета способна предотвратить развитие пагубных микроорганизмов и сохранить продукт для дальнейшего безопасного потребления.

Были изучены паропроницаемость, гигроскопичность и влагоотдача. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Барьерные свойства пленок из хитозан-меланинового комплекса.

Состав пленки	Степень сшивки	рН	Паропроницаемость, мг/см ² *ч	Гигроскопичность, %	Влагоотдача, %
Хитозан-меланиновый комплекс 2 мас.% + глутаровый альдегид	0,02	4,33	1,54	34,87	42,11
	0,005	4,33	1,31	35,87	42,73
	0,02	5,5	1,55	114,62	119,13
	0,005	5,5	1,46	121,26	125,60
Хитозан-меланиновый комплекс 2 мас.% + дженипин	0,02	4,33	1,21	29,46	37,43
	0,005	4,33	1,51	30,63	38,53
	0,02	5,5	1,56	119,09	125,07
	0,005	5,5	1,83	127,65	131,38

Полученные данные по определению барьерных свойств указывают на возможность применения в качестве упаковочных материалов пленок из хитозан-меланинового комплекса. В качестве таких пленок предложены образцы, модифицированные глутаровым альдегидом и дженипином со степенью сшивки 0,005 моль/моль и рН раствора 4,33

Список использованных источников:

1. Dong W. et al. Characterization and antioxidant properties of chitosan film incorporated with modified silica nanoparticles as an active food packaging //Food Chemistry. – 2022. – Т. 373. – С. 131414.

2. Flórez M. et al. Chitosan for food packaging: Recent advances in active and intelligent films //Food Hydrocolloids. – 2022. – Т. 124. – С. 107328.

3. El-Naggar N. E. A., Saber W. E. I. A. Natural melanin: current trends, and future approaches, with especial reference to microbial source //Polymers. – 2022. – Т. 14. – №. 7. – С. 1339.

4. Khayrova A., Lopatin S., Varlamov V. Obtaining chitin, chitosan and their melanin complexes from insects //International Journal of Biological Macromolecules. – 2021. – Т. 167. – С. 1319-1328.

© Прудникова В.О., Сажнев Н.А., 2023

УДК 541.64:539.2

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
И СВОЙСТВ ПОЛИСАХАРИДА АГАРА
МЕТОДОМ АТОМНЫХ ВКЛАДОВ**

Растригина В.О., Захарова В.А., Кильдеева Н.Р.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Целый ряд физико-химических параметров полимеров и сополимеров возможно спрогнозировать, базируясь лишь на известной или смоделированной структурной формуле соответствующего мономерного звена. Уже сегодня такие расчеты избавляют химиков от необходимости синтезировать бесперспективные мономеры или изучать свойства полимеров, минуя эмпирический подбор условий их синтеза.

Целью расчетной работы на примере полисахарида агара является расширение возможностей получения теоретической информации о растворимости различного рода биополимеров, в различных полярных растворителях и получении количественных значений межфазной поверхностной энергии.

На сегодняшний день существует три основных подхода количественной оценки свойств на основе химической структуры полимеров. Один из подходов, разработан Ван Кревеленом и основан на идее «групповых вкладов» [1]. Согласно этой теории, необходимо составить простые эмпирические формулы аддитивного типа, где функциональные группы или фрагменты цепи вносят одинаковый вклад в рассчитываемые свойства. Данный подход является эмпирическим, как отмечают его авторы, и позволяет рассчитывать свойства многих линейных полимеров с высокой степенью точности.

Второй подход, развиваемый длительное время А.А. Аскадским с Ю.И. Матвеевым [2], является полуэмпирическим. Согласно данному математическому подходу, уравнения физических свойств выводятся из концепций физики твердого тела, а метод калибруется с использованием

физических свойств полимерных эталонных материалов, свойства которых хорошо изучены. В результате параметры уравнений имеют четкий физический смысл (например, энергия дисперсионных взаимодействий, энергия сильных межмолекулярных взаимодействий, включая водородные связи, объем Ван-дер-Ваальса и т.д.). Используя данный расчетный метод, многие физические свойства могут быть оценены с достаточной точностью, причем число полимеров с самыми разнообразными структурами не ограничено.

Третий подход, разработанный Дж. Бисерано, является одним из наиболее современных и основан на индексе связности, который на практике сводится к поиску различных корреляций физических свойств, с набором условий для нахождения коэффициента корреляционной зависимости [3].

Данная расчетная работа основана на аддитивном атомистическом методе прогнозирования свойств полимерных материалов [2]. Аддитивная модель основана на сумме Ван-дер-ваальсовых объемов атомов, которые преобразуются в поверхностные энергии с помощью математической модели, учитывающей длинноцепную структуру полимеров и сополимеров.

Агар (рис.1) представляет собой смесь двух полисахаридов нерегулярного, линейного строения: агарозы (агаробиозы) и агаропектина (сульфата агарозы). Далее расчет вели для агарозы.

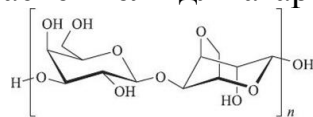


Рисунок 1 – Строение звена агарозы

Все последующие расчеты проводились для элементарного звена агарозы, в котором общее количество атомов 39, из них 12 углерода (С), 18 водорода (Н), 9 кислорода (О).

Расчеты проводились по ниже представленным формулам, а результаты приведены в табл. 1.

Расчет плотности энергии когезии: $\delta^2 = \frac{\sum_i \Delta E_i^*}{N_A \sum_i \Delta V_i}$, (1), где $\sum_i \Delta E_i^*$ - энергия когезии, $\sum_i \Delta V_i$ -Ван-Дер-Ваальсовый объем, N_A - число Авогадро.

Расчет поверхностного натяжения полимера производится по

$$\gamma_{\pi} = C_i \frac{\sum_i \Delta E_i^*}{(\sum_i \Delta V_i)^{2/3} m^{1/3}}$$

формуле: $\gamma_{\pi} = C_i \frac{\sum_i \Delta E_i^*}{(\sum_i \Delta V_i)^{2/3} m^{1/3}}$, (2), где $\sum_i \Delta V_i$ - Ван-Дер-Ваальсовый объем, $\sum_i \Delta E_i^*$ - энергия когезии, m - число атомов в повторяющемся звене полимера, C_i - инкремента, зависящая от строения полимерного звена.

Условие растворимости: $\mu < 2\rho\Phi(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + a})$, (3), $\mu = \frac{\delta_n^2}{\delta_p^2}$, (4),

где δ_n и δ_p - параметры Гильдебранда для полимера и растворителя соответственно.

$a = \frac{\gamma_{pn}}{\gamma_p}$, (5), где γ_n и γ_p - поверхностное натяжение полимера и растворителя соответственно.

$\Phi = \frac{4(V_p V_n)^{1/3}}{(V_p^{1/3} + V_n^{1/3})^2}$ (6), где V_n и V_p - молярные объемы полимера и растворителя соответственно (в расчете на 1 звено).

Расчет межфазного натяжения: $\gamma_{pn} = \gamma_p + \gamma_n - 2\Phi(\gamma_p \gamma_n)^{1/2}$, (7), где γ_n и γ_p - поверхностное натяжение полимера и растворителя соответственно.

Таблица 1 – Численные параметры для оценки критерия растворимости

Растворитель	μ , ед.	δ_p , (Дж/см ³) ^{1/2}	γ_p , дин/см	V_p , см ³ /моль	Φ , ед.	γ_{pn} , дин/см
Этанол	1,1	26,59	23,6	58,4	0,95	7,65
H ₂ O (25°C)	1,2	23,77	72,86	18,01	0,84	21,5
H ₂ O (70°C)	1,2	23,77	64,47	18,01	0,84	19,0
Галловая кислота	0,9	32,03	58,17	100	0,98	2,6

Дополнительные рассчитанные параметры для агара: $\delta_n = 29$ (Дж/см³)^{1/2}, $\gamma_n = 48$ дин/см, $V_n = 233$ см³/моль

В результате расчета адгезионного смачивания полимера растворителем, установлена растворимость в галловой кислоте. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Оценка критерия растворимости, на основании полученных данных

Полимер	Растворитель	T	Параметры Гильдебранда для полимера		Учет молярных объемов полимера и растворителя	Вывод
Агар-агар	Этанол	25°C	1,1	<	0,9	НР
	Галловая кислота	25°C	0,9	<	1,8	Р
	H ₂ O	25°C	1,2	<	1,2	НР
		70°C	1,2	<	1,2	НР

Условные обозначения в табл. 2: «Р» – свидетельствует о растворимости полимера [2], а «НР» – о нерастворимости.

Работа когезии напрямую зависит от поверхностного натяжения и равна его удвоенному значению на границе раздела, описывается следующей формулой: $W_k = 2\gamma_n$ (8), где, W_k - работа когезии; γ_n - величина свободной энергии поверхности.

Результаты расчета по формулам 2 и 8 представлены в табл. 3. Таблица 3 – Полученные численные параметры поверхностной энергии и работы когезии

Полимер	$\sum_i \Delta E_i^+$, Дж/моль	$\sum_i \Delta V_i$, А ³	γ_n по уравнению, Дж/м ²	W_k , Дж/м ²
Агар-агар	134644,5	264	48	96

Проведенные расчеты позволяют судить о возможности растворения биополимера агара в вышеперечисленном ряде полярных растворителей, а также оценить величину поверхностной энергии. Впервые было проведено математическое прогнозирование и получены численные значения,

которые можно использовать в дальнейшей экспериментальной работе. Полученные данные могут способствовать расширению спектра изучения свойств агара и прогнозировать его применение в различных областях, таких как медицина, косметическая и пищевая промышленность. Полученные результаты имеют существенное значение для разработки новых материалов и технологий с использованием исследованных низкомолекулярных соединений, что в свою очередь может привести к созданию более эффективных продуктов и процессов.

Список использованных источников:

1. Ван К. Д. В. Свойства и химическое строение полимеров. – 1976.
2. Аскадский А. А., Размадзе Т. Р. Универсальная расчетная схема для оценки поверхностного натяжения органических жидкостей и полимеров //Высокомолекулярные соединения. СерияА. – 1991. – Т. 33. – №. 5.
3. Vicerano J. (ed.). Computational modeling of polymers. – CRC press, 1992. – Т. 25.
4. Vargaftik N. B., Volkov B. N., Voljak L. D. International tables of the surface tension of water //Journal of Physical and Chemical Reference Data. – 1983. – Т. 12. – №. 3. – С. 817-820.

© Растрюгина В.О., Захарова В.А., Кильдеева Н.Р., 2023

УДК 004.942

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ХИМИИ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЧЕБНОЙ ПЛАТФОРМЫ
PHET INTERACTIVE SIMULATIONS**

Сердюкова М.В., Улыбина Д.Н., Гвоздкова И.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В настоящее время различные электронные ресурсы содержат в свободном доступе разнообразные интерактивные модели, которые могут быть встроены в лабораторные работы по естественнонаучным дисциплинам, предназначенные для обучающихся высших учебных заведений [1-5]. К таким ресурсам относятся Библиотека «1С:Урок» [1-3], учебная платформа PHET INTERACTIVE SIMULATIONS [1, 4] и другие разработки.

Электронные ресурсы позволяют оптимизировать получение знаний, умений и навыков, которые обучающиеся должны получить в соответствии с учебными программами дисциплин. На их основе могут быть разработаны виртуальные лабораторные задания, которые можно

выполнять в любом месте, где есть доступ к компьютеру и/или Интернету, что способствует развитию успешного сочетания очной и дистанционной форм обучения и реализации индивидуальных учебных траекторий.

Учебная платформа PHET INTERACTIVE SIMULATIONS [4] содержит интерактивные модели по физике, химии, биологии и математике; является бесплатной, предоставляет возможность перевода на различные языки (в том числе на русский язык), имеет мобильное приложение. Главным недостатком этого ресурса является отсутствие описания происходящих на экране процессов.

В настоящий момент русифицированная версия платформы PHET INTERACTIVE SIMULATIONS содержит следующие интерактивные модели по химии, на основе которых можно проводить различные виртуальные эксперименты по изучению основных химических законов (<https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?locale=ru>): «Полярность молекулы», «Изотопы. Относительная атомная масса», «Молекулы и свет», «Формы молекул»; «Формы молекул. Основы», «Реагенты, продукты и оставшиеся компоненты», «Шкала pH: основы», «Шкала pH», «Балансировка химических уравнений», «Кислотно-основные растворы», «Молярная концентрация», «Растворы», «Молярность», «Строение атома», «Сахар и соляные растворы», «Скорость реакций», «Растворимость солей», «Обратимые реакции».

Авторы спроектировали компьютерные лабораторные работы по химии на основе моделей PHET INTERACTIVE SIMULATIONS «Молекулы и свет» и «Шкала pH: основы», которые предназначены для студентов вузов.

В лабораторной работе «Изучение взаимодействия молекул с электромагнитным излучением», разработанной на основе модели «Молекулы и свет», проводится виртуальный эксперимент по исследованию типов взаимодействия молекул различных веществ с разными видами электромагнитного излучения. К указанным типам взаимодействий относятся возбуждение падающими фотонами вращательного движения молекулы, колебательного движения атомов в молекуле, излучение света молекулой при рассеянии падающего фотона, разрушение молекулы под действием падающего электромагнитного излучения.

Работа выполняется по вариантам в следующем порядке.

1. Запустить виртуальный эксперимент по ссылке https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_ru.html и выставить элементы управления виртуальным экспериментом в соответствии с рис. 1.

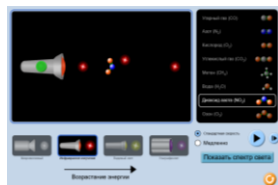


Рисунок 1 – Выполнение виртуальных экспериментов по изучению взаимодействия молекул различных веществ с разными видами электромагнитного излучения с помощью модели платформы PHET INTERACTIVE SIMULATIONS «Молекулы и свет».

2. Изучить взаимодействие указанных в варианте молекул с микроволновым, инфракрасным, видимым и ультрафиолетовым излучениями; заполнить табл. 1, указав тип реакции молекул на электромагнитное излучение каждого вида; сделать фото всех экспериментов.

Таблица 1 – Результаты экспериментов по изучению взаимодействия молекул с электромагнитными излучениями

Тип молекулы	Реакция молекулы на электромагнитное излучение			
	Микроволновое излучение	Инфракрасное излучение	Видимый свет	Ультрафиолетовое излучение
1.
2.
3.

3. Объяснить полученные результаты с помощью формул, выражающих закон сохранения и превращения энергии в процессах рассеяния молекулами падающих фотонов.

Лабораторная работа «Изучение зависимости pH водного раствора от объема воды», разработанная на основе модели «Шкала pH: основы», предполагает выполнение виртуальных экспериментов по измерению водородного показателя водных растворов различных веществ.

Водородный показатель, обозначаемый pH, характеризует концентрацию ионов водорода $[H^+]$ и кислотность среды: $pH = -\lg [H^+]$.

При вычислении pH концентрация ионов водорода должна быть выражена в моль/л. В чистой воде и в нейтральных растворах $pH = 7$, в кислотных растворах $pH < 7$, в щелочных растворах $pH > 7$.

Величина pH определяет многие процессы в живых организмах. Так, pH крови человека и животных имеет значения $7,32 \div 7,46$. При других значениях этого показателя биохимические реакции в указанных организмах не протекают. Для произрастания растений нужны почвы только с определенными значениями pH, характерными для данного вида растения. Например, пшеница «любит» слабощелочные почвы, которыми являются черноземы; мхи и лишайники «предпочитают» кислые почвы и т.д. Свойства природных вод, в частности, их коррозионная активность, зависят от значений pH: чем оно меньше, тем кислее вода и тем быстрее идет коррозия металлов.

Работа выполняется по вариантам в следующем порядке.

1. Запустить виртуальный эксперимент по ссылке <https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale-basics/latest/ph-scale->

basics_ru.html и выставить элементы управления виртуальным экспериментом в соответствии с рис. 2.

2. Заполнить емкость указанной в варианте жидкостью объемом 0,2 л, измерить ее рН и зафиксировать измеренное значение; добавляя воду в емкость и фиксируя ее объем V , измерять рН полученного водного раствора; данные измерений фиксировать в табл. 2; всего провести 10 измерений; сделать фото измерений.

3. Построить график зависимости $pH(V)$, указать на нем масштаб по каждой оси, а также наименования, размерности и приборные ошибки измеренных величин; составить уравнение полученной линии и объяснить график.



Рисунок 2 – Выполнение виртуального эксперимента по изучению рН водного раствора от объема воды в нем с помощью модели платформы PHET INTERACTIVE SIMULATIONS «Шкала рН: основы».

Таблица 2 – Результаты экспериментов по изучению рН водного раствора

Объем воды V , л	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
рН раствора

Приборную ошибку в работе принимают равной половине цены деления измерительной шкалы или половине последнего разряда значения определяемой величины при ее измерении цифровым прибором.

Для иллюстрации взаимосвязи между двумя измеренными величинами студентам рекомендуется воспользоваться двумерными точечными диаграммами MS Excel, размещенными во вкладке «Вставка» (группа «Диаграммы») [6]. Составление уравнений, описывающих полученные в экспериментах графические зависимости, может быть осуществлено по экспериментальным точкам с помощью встроенной в MS Excel статистической функции ЛИНЕЙН [6]. Для обработки результатов измерений рекомендуется также использовать и другие статистические функции MS Excel: СРЗНАЧ (для вычисления среднего значения измеренной величины и средней случайной абсолютной ошибки измерений); СТАНДОТКЛОН.В (для вычисления величины $S_{n1/2}$, S – среднеквадратичная случайная абсолютная ошибка измеренной величины, n – число измерений) [1, 6, 7].

Проведенный авторами анализ показал, что в настоящий момент только несколько цифровых ресурсов содержат русифицированные интерактивные модели по химии, которые могут быть встроены в компьютерные лабораторные работы по изучению химических закономерностей, процессов и технологий. Наряду с учебной платформой PHET INTERACTIVE SIMULATIONS, такие модели представлены

издательством цифрового контента «ФИЗИКОН» (<https://physicon.ru/eor-list/5-himija>). Однако они не являются бесплатными.

Преимущества альтернативных электронных ресурсов, которые могут быть использованы на кафедрах вузов для разработки лабораторного практикума по химии, могут быть оценены при помощи методики, основанной на комплексном многокритериальном сравнении характеристик компьютерных технологий методом анализа иерархий [8].

Список использованных источников:

1. Бутырский И.Д., Никульшина К.В., Гвоздкова И.А. Проектирование лабораторных работ для студентов вузов с использованием электронных ресурсов // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2022): сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Часть 3. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2022. С. 39 – 43.

2. Библиотека интерактивных материалов. URL: <https://urok.1c.ru/library/>.

3. Гвоздкова И.А. Разработка компьютерных лабораторных работ по классической механике на основе электронных ресурсов Библиотеки «1С:Урок» // Новые информационные технологии в образовании. Сборник научных трудов XXII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Д.В. Чистова. Москва, 2022. – М.: ООО "1С-Паблишинг", 2022. С. 243 – 248.

4. PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. URL: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/>.

5. Гвоздкова И.А. Проектирование компьютерного практикума по физике для студентов высших учебных заведений на основе ресурсов 1С:Виртуальной лаборатории // Новые информационные технологии в образовании. Сборник научных трудов XXI международной научно-практической конференции "Новые информационные технологии в образовании" (Технологии 1С в цифровой трансформации экономики и социальной сферы) 2 - 3 февраля 2021 г. / Под общ. ред. проф. Д.В. Чистова. Часть 1. – М.: ООО "1С-Паблишинг", 2021. С. 244 – 247.

6. Гвоздкова И.А. Теория вероятностей и математическая статистика (с практикумом) : учебное пособие. – Москва : КноРус, 2023.

7. Бондарева А.В., Ищенко А.О., Гвоздкова И.А. Исследование уровня обеспечения радиационной безопасности в помещениях РГУ им. А.Н. Косыгина // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2022): сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Часть 4. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2022. С. 113 – 117.

8. Гвоздкова И.А., Гвоздкова Ю.Д. Методика оценки конкурентных преимуществ технологий "1С: Предприятие 8" при решении задач образовательной деятельности в условиях цифровизации экономики //Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 19-й международной научно-практической конференции //Под общ. ред. Д.В. Чистова. – Ч.1. – М.: ООО "1С-Паблишинг", 2019. – С. 289 - 292.

© Сердюкова М.В., Улыбина Д.Н., Гвоздкова И.А., 2023

УДК [547.8561-546.7]:628.543

**ДИЗАЙН, ДОЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ,
СИНТЕЗ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ
ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ
НЕКОТОРЫХ АЗОПРОИЗВОДНЫХ
2,4,6-ТРИГИДРОКСИТОЛУОЛА**

Совостьянов Н.Ю., Селезнев В.С., Кузнецов Д.Н., Кобраков К.И.
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва*

Одним из важных вопросов синтетической органической химии был и остается вопрос об антропологической и экологической безопасности вновь синтезируемых, неописанных ранее органических соединений.

В принципе все такие соединения независимо от предполагаемой области их практического применения должны после их синтеза, выделения, очистки и индентификации структуры проходить соответствующие токсикологические и биологические испытания. Однако реальная мировая практика органического синтеза показывает, что эта задача в силу очевидных экономических, технических, временных ограничений в настоящее время практически не выполнима. Можно также добавить, что изучение токсических и негативных биологических свойств химических объектов на «живых объектах» (подопытных животных) в ряде стран категорически запрещено, а в других является негативным брендом.

Во многих исследовательских лабораториях и центрах мира разрабатываются альтернативные методы и методики оценки вышеуказанных свойств органических соединений, основанные на методологиях «in silico» и «in vitro».

В продолжение и развитие работ по оценке синтетического потенциала продуктов химической трансформации 2,4,6-тринитротолуола (тротила) в настоящем исследовании решалась задача изучения влияния химического строения diazosоставляющих в структуре азопроизводных

2,4,6-тригидрокситолуола – потенциальных азокрасителей для текстильных материалов на их свойства.

Для решения поставленной задачи реализован дизайн серии структуроподобных соединений 1-7, отличающихся положением карбоксильной группы в бензольном кольце азосоставляющей (соед 1-3), количеством диазосоставляющих (соед. 4), наличием некоторых дополнительных групп в структуре диазосоставляющей (соед. 5, 7). Для оценки влияния на свойства соединения природы тригидроксибензильного радикала был запланирован синтез соединения 6.

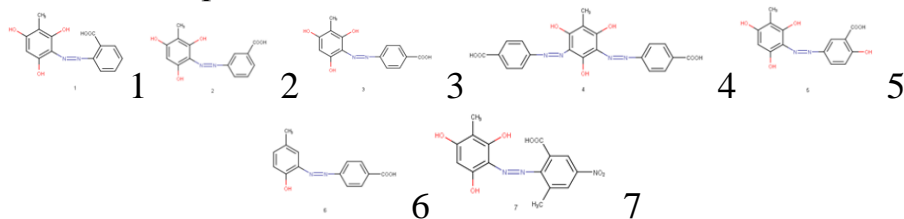


Рисунок 1 – Соединения 1-7

На первом этапе исследования выполнена пропедевтическая оценка острой токсичности, а также канцерогенности, мутагенности, тератогенности и гематогенности запланированных к синтезу соединений. Результаты приведены в табл. 1 и табл. 2. Расчеты проводились по программе QUSAR [1].

Таблица 1 – Оценка острой токсичности соединений 1-7

Rat IP LD50 (mg/kg)	Rat IV LD50 (mg/kg)	Rat Oral LD50 (mg/kg)	Rat SC LD50 (mg/kg)	Rat IP LD50	Rat IV LD50	Rat Oral LD50	Rat SC LD50
443,500	324,600	2386,000	959,200	4	5	5	4
372,100	338,700	2514,000	1165,000	4	5	5	5
506,500	366,600	3000,000	1472,000	5	5	5	5
536,000	400,000	5572,000	1764,000	5	5	5	5
373,200	392,100	2518,000	1145,000	4	5	5	5
690,200	345,000	4213,000	917,000	5	5	5	4
89,730	140,100	1641,000	407,000	4	4	4	4

Условные обозначения в табл. 1: Rat IP – Внутривенный способ введения; Rat IV – Внутривенный способ введения; Rat Oral – Пероральный способ применения; Rat SC – Подкожный способ введения

Из данных, приведенных в табл. 1 следует, что все соединения относятся к группе малотоксичных или нетоксичных. Мы провели сравнительную оценку (понимая всю условность метода) в ряду изучаемых соединений методом «суммы баллов» сложив полученных числа по горизонтали. Очевидно, что чем больше получаемая сумма, тем меньше должна быть токсичность. Например, для соединения 4 эта сумма составляет 8272. В соответствии с использованным подходом соединения 1-7 расположены в ряд по возрастанию острой токсичности: $4 < 6 < 3 < 5 < 2 < 1 < 7$. Наименее токсичными «прогнозируются» соединения 4, 6 и 3, имеющие в диазосоставляющей карбоксильную группу в п-положении относительно азогруппы.

Для соединений 1, 2, 5 прогнозируется примерно одинаковый уровень токсичности. Заметно токсичнее должно быть соединение 7,

содержащее в бензольном кольце diazosоставляющей наряду с карбоксильной группой в о-положении (соед. 1) также метильную группу (о'-положение) и NO₂-группу (п-положение).

Таблица 2 – Оценка потенциальной канцерогенности, мутагенности, тератогенности, гематогенности соединений 1-7.

Carc Pa/Pi		Mutag Pa/Pi		Terat Pa/Pi		Hemat Pa/Pi	
0,610	0,011	0,685	0,005	0,646	0,030	0,598	0,066
0,582	0,013	0,672	0,005	0,568	0,040	0,541	0,079
0,559	0,014	0,617	0,005	0,605	0,035	0,548	0,078
0,557	0,014	0,610	0,005	0,464	0,055	0,547	0,051
0,582	0,013	0,650	0,005	0,631	0,032	0,621	0,028
0,772	0,005	0,645	0,005	0,651	0,029	0,626	0,059
0,823	0,005	0,917	0,003	0,648	0,029	0,710	0,040

Условные обозначения в табл. 2: Pa/Pi – Потенциальная активности/инактивность; Carc – карциногенность; Mutag – мутагенность; Terat – тератогенность; Hemat – гематогенность.

Анализ данных приведенных в табл. 2. позволяет заключить, что соединение 4 имеет наименьшие показатели по всем видам прогнозируемой токсичности, а соединение 6 наибольшее по трем из четырех. По «сумме баллов» соединения располагаются в ряд 4<3<2<5<1<6<7, который практически совпадает с рядом по острой токсичности.

С учетом того, что в шести соединениях из семи в структуре молекулы имеется остаток тригидроксибензола представлялось интересным оценить такие важные свойства как антиоксидантная и антиканцерогенная активности. Расчет проводили по PASS. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Расчет антиоксидантной и антиканцерогенной активности соединений 1-7.

	Antiox Pa/Pi		Anticarc Pa/Pi	
1	0,293	0,024	0,172	0,156
2	0,291	0,025	0,185	0,138
3	0,312	0,021	0,197	0,123
4	0,245	0,037	0,180	0,145
5	0,316	0,020	0,204	0,115
6	0,165	0,085	0,210	0,110
7	0,279	0,028	-	-

Из данных, приведенных в табл. 3 следует, что наибольшие антиоксидантная и антиканцерогенная активности «прогнозируются» для соединения 5, содержащего остаток салициловой кислоты, а наименьшая – для соединения 6, не содержащего тригидросифенильного радикала. Конечно, в целом по результатам прогноза соединения 1-7 выраженной антиоксидантной способностью не обладают, но как дополнительное полезное свойство в комплексе свойств потенциального красителя определенное значение имеет. Для сравнения предсказанный уровень «антиоксидантности» соединения 5 – 0,316, а штатного антиоксиданта «ионол» – 0,580. Потенциальные фармакофорные свойства соединений 1-7 оценивались по системе PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances) [2].

Все соединения представляют безусловный интерес для дальнейшего экспериментального изучения, т.к. для каждого из них прогнозируется широкий спектр от 30 до 60 видов разнообразных фармакофорных свойств с вероятностью 70-90%.

Синтез соединений 1-7 проведен реакцией азосочетания 2,4,6-тригидрокситолуола с солями диазония, полученными из соответствующих аминокислот. В синтезе соединения 6 в качестве азосоставляющей использован п-крезол. Все азосоединения получены с выходами 50-90% в зависимости от строения диазосоставляющей.

Структуры всех синтезированных соединений подтверждены спектрами ПМР и ИК-спектроскопии. В ЭСП синтезированные соединения имеют полосы поглощения λ_{max} в области 390-420 нм, что позволяет рассматривать их в качестве потенциальных красителей для текстильных волокон и материалов.

Соединениями 1-7 проведено крашение образцов ткани из полкапроамида по стандартной методике крашения дисперсными красителями [3]. Получены образцы, окрашенные в цвета желто-оранжево-красной гаммы.

Проведено испытание по ГОСТ [4] устойчивости окраски полученных образцов к мокрой обработке (стирке). В результате испытания все образцы получили от 4 до 5 баллов, что говорит о высокой устойчивости к мокрой обработке. Было проведено отдельное испытание образцов, окрашенных красителями 3 и 6 при повышении температуры до 80°, в результате которого из образца поликапроамидной ткани окрашенного соединением 6 почти полностью вымылся краситель, тогда как образец ткани окрашенный красителем 3 почти не изменился в цвете. Это подтверждает важность наличия тригидроксифенильного радикала.

Также было проведено исследование хелатирующей способности тканей, окрашенных красителями 1-6. Для этого образцы помещали в ванну с раствором соли металла и обрабатывали при перемешивании стеклянной палочкой в течении 30 мин. при комнатной температуре. По окончании испытания образцы вынимали из раствора и отжимали. Далее при помощи атомно-абсорбционного спектрофотометра КВАНТ.З были исследованы полученные остаточные ванны, на наличие в них ионов металлов. Полученные результаты сравнивались с приготовленными эталонными растворами солей металлов. Исследование проводилось с солями металлов Cu, Cr и Ni. Модуль ванны – 50.

По итогу испытания было выявлено, что наибольшими хелатирующими свойствами обладало волокно, окрашенное соединением 5, оно сорбировало до 50% ионов металла. Образцы, окрашенные соединениями 1-4, показали результаты от 20% до 40%, тогда как ткань, окрашенная соединением 6 показала результат менее 5%, что говорит о

важности наличия тригидроксифенильного фрагмента в молекуле красителя.

В заключение статьи можно отметить, что полученные в ходе исследований результаты подтверждают, что наличие тригидроксифенильного радикала добавляет множество практически важных свойств получаемым соединениям, таких как биологическая активность, понижение потенциальной токсичности, устойчивость окрасок на волокне, а также хелатирующую активность окрашенных материалов.

Список использованных источников:

1. Institute of Biomedical Chemistry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pharmaexpert.ru/PASSOnline/>

2. Institute of Biomedical Chemistry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.way2drug.com/gusar/acutoxpredict.html>.

3. В.В. Сафонов, Н.В. Журавлева, М.В. Коновалова, И.И. Меньшова, Е.В. Панкратова, О.Ю. Погожих, Н.П. Пузикова, С.Ф. Садова, А.Е. Третьякова, И.М. Шкурихин. Практикум по химической технологии отделочного производства. Учебное пособие. /Под редакцией доктора химических наук, профессора В.В. Сафонова. - М.: ГОУВПО “МГТУ им. А.Н. Косыгина”, 2008. - 595 с.

4. ГОСТ 9733.4-83 <https://docs.cntd.ru/document/1200018520>

© **Совостьянов Н.Ю., Селезнев В.С.,
Кузнецов Д.Н., Кобраков К.И., 2023**

УДК 678

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МИКРОСФЕР В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛАСТИЗОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

Бокова Е.С., Полетаева А.Н., Соловьева Д.Р.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Многочисленные работы по изучению структуры и свойств, поливинилового спирта связаны с его гелеобразующей способностью [1-6]. При этом, не менее наукоемкой и практически значимой областью полимерной химии, является переработка ПВС через пластизоли смеси, обладающие свойствами пластично-вязкой среды.

Такие пластично-вязкие дисперсно-наполненные системы на основе поливинилового спирта вызывают к себе повышенный научно-практический интерес в связи с возможностью их применения в производстве популярного и востребованного в последнее время изделия детского ассортимента – воздушного пластилина.

Исходя из органолептических свойств воздушного пластилина, очевидно, что его легкость, и пластичность, не могут быть обеспечены применением традиционных наполнителей, таких как мел, кварцевая муки, аэросил и т.п., которые, напротив будут утяжелять готовые изделия.

Решить вопрос обеспечения требуемой органолептики, в совокупности с обеспечением других параметров эксплуатационных свойств, позволяет использование сверхлегких наполнителей в виде полых микросфер.

Целью настоящей работы явилась разработка базовой дисперсно-наполненной композиции на основе поливинилового спирта и полимерных полых микросфер для получения воздушного пластилина с требуемым комплексом свойств.

В качестве полимерного связующего в работе использовали поливиниловый спирт (ПВС) 4-88 KURARAY POVAL – низкомолекулярный тонкодисперсный порошок.

В качестве пластификаторов ПВС использовали дистиллированную воду (ГОСТ 6709-72) (пластификатор первого рода) и глицерин (ГОСТ 6824-96) (пластификатор второго рода).

В качестве сшивающего агента использовали водный раствор тетрабората натрия (ГОСТ 4199-76).

В качестве эмульгатора сухих компонентов рецепта использовали ПАВ «НИКОЛЬ» (НПО НИИПАВ – РФ), включающий анионные ПАВ (более 30%), неионогенные ПАВ (5 – 15%), амфотерные ПАВ (5 – 15%), консервант и воду. Согласно рекомендациям производителя, использовали водный раствор ПАВ (с содержанием воды 90% и 0,5% консерванта).

Для придания композиции легкости и воздушности в качестве наполнителя были использованы стеклянные (ГК «ИНОТЭК» – РФ) и влажные расширенные полимерные микросферы (Expancel – Akzo Nobel Швеция) (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики микросфер, используемых в исследовании.

Состав	Размер частиц, мкм	Насыпная плотность
Марка 25 (стекло)	20-120	0,13 г/см ³
Марка 461 DET 40 d25 (акрилонитрил, метилметакрилат, винилиденхлорид)	30-50	0,05 г/см ³

Вязкость пластизоля определяли на ротационном вискозиметре (REOTEST 2) в диапазоне логарифма скоростей сдвига от 0,176 до 0,477 при T=20±0,5°C.

Методом электронной сканирующей микроскопии (Phenom GSR) оценивали структуру микросфер и их распределение в полимерной матрице.

Поведение пластизолой в процессе хранения, при стандартных условиях в герметичной упаковке, и в процессе эксплуатации оценивали органолептически и визуально каждые 15 дней в течении 6 месяцев, далее каждый месяц по достижению срока хранения 12 месяцев. В качестве органолептических показателей использовали мягкость, эластичность,

легкость, отсутствие прилипания к рукам. Для контроля формы изделия из пластилина формировали индикаторный шарик $d=20\pm 2$ мм и наблюдали за изменением его формы с круглой до эллипсоподобной без приложения дополнительной нагрузки.

На основании анализа рецептур пластичных масс, теоретических знаний, а также результатов многочисленных эмпирических исследований в работе был предложен базовый рецепт композиции и определены основные технологические параметры получения на его основе пластичной массы для воздушного пластилина.

Согласно рекомендациям производителей микросфер, их содержание в рецепте, по отношению к полимеру, может составлять от 100 до 400%. Исходя из этого, содержание микросфер в разработанных композициях составляло 1:1; 2:1; 3:1 по отношению к ПВХ.

Соотношение ПВХ-пластификатор составляло 1:0,5; 1:1; 1:1,5 по массе. Количество эмульгатора – 1:2 по массе. Количество сшивающего агента – 1:0,5; 1:1; 1:1,5.

Пластизоли на основе ПВХ марки 4-88 были получены с наполнителем из двух вариантов микросфер (стеклянных и полимерных), использованных в одинаковых количествах по отношению к полимеру.

Образцы с наполнителем из стеклянных микросфер не обладали требуемыми эксплуатационными свойствами. Содержание микросфер 1:1 не обеспечивало образцам легкости и воздушности. При содержании микросфер 1:2 композиция была похожа на мокрый песок при полном отсутствии пластичности. Композиции с содержанием 1:3 обладали определенной пластичностью и легкостью.

Образцы, наполненные стеклянными микросферами из-за большого процентного содержания пластификатора (150%), обладали низкой вязкостью и излишней адгезией к кожным покровам уже на стадии приготовления композиции. Содержание сшивающего агента не влияло на свойства готовой композиции.

Образцы, наполненные полимерными полыми микросферами на основании визуальных и органолептических методов контроля, соответствовали требуемым характеристикам и были отобраны для дальнейших исследований.

При формовании шариков из массы со стеклянным наполнителем на руках ощущался зернистый налет микросфер. Все индикаторные шарики со стеклянными микросферами за 24 часа затвердевания в разной степени потеряли форму. За 14 дней хранения в герметичной упаковке все образцы пластилина потеряли пластичность, высохли и приобрели «крошащуюся» структуру. Поэтому дальнейшее использование стеклянных микросфер оказалось не целесообразным.

Контрольные шарики из пластилина с полимерными микросферами полностью высохли на воздухе в течение 24 часов и сохраняли свою первоначальную круглую форму.

Образец с полимерными микросферами как оптимальный с точки зрения органолептического анализа, был помещен в герметичную упаковку для хранения в стандартных условиях в течение 12 месяцев. После хранения он полностью сохранил первоначальные свойства: легкость, мягкость, пластичность. Застывший индикаторный шарик по истечении 12 месяцев не потрескался, не раскрошился и полностью сохранил свою форму.

На рис. 1 представлены микрофотографии стеклянных и расширенных полимерных микросфер, а также их распределение в полимерной матрице. Частиц каждого из видов микросфер, имеют правильную сферическую форму, однако, стеклянные микросферы не калиброваны и содержат колотые фрагменты, их распределение в полимерной матрице неоднородное. Полимерные микросферы распределены однородно, и в целом система выглядит как гомогенная.

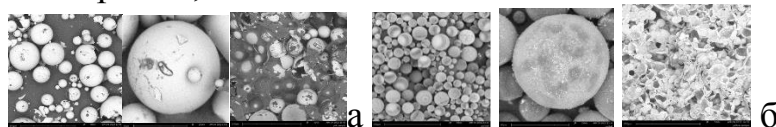


Рисунок 1 – Микрофотографии микросфер и их распределения в полимерной матрице: а) стеклянные, б) полимерные.

Для пластизолов характерна высокая вязкость или даже полная нетекучесть при низких напряжениях сдвига, благодаря этому готовые изделия не теряют форму до затвердевания композиции. Затвердевание отформованных изделий во всем объеме без нарушения однородности системы может проходить как в процессе желатинизации при нагревании, так и в результате испарения дисперсионной среды [1, 2, 7].

Практически не изменяющееся значение структурной вязкости (рис. 2) у композиции наполненной полимерными микросферами через 12 месяцев хранения при стандартных условиях, по сравнению со свежеприготовленной, свидетельствует о стабильности пластичной массы, изготовленной по согласно данной рецептуре.

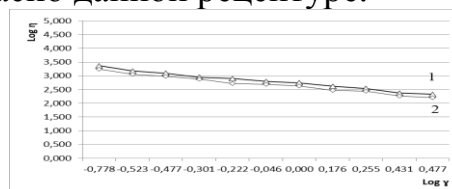


Рисунок 2. – Зависимость вязкости пластизола на основе ПВС с полимерными микросферами от скорости сдвига: 1 – свежеприготовленная композиция; 2 – композиция через 12 месяцев хранения при стандартных условиях.

Таким образом, в работе теоретически обоснована и предложена базовая композиция на основе пластизоля поливинилового спирта и

полимерных микросфер для создания пластичной массы типа воздушный пластилин с требуемым комплексом свойств.

Показано, что комплекс свойств разработанной пластичной массы, ее стабильность в течение всего срока испытаний (12 месяцев), достигаются за счет использования в качестве основного полимера низкомолекулярного тонкодисперсного, частично гидролизованного ПВС, пластифицированного глицерином и водой, сшитого тетраборатом натрия, высоко наполненного расширенными полимерными микросферами.

Список использованных источников:

1. Николаев А.Ф. Водорастворимые полимеры/А.Ф. Николаев, Г.И. Охрименко, Химия, -Л.: 1979.С 40-41.

2. Ушаков С.Н. Поливиниловый спирт и его производные/С.Н. Ушаков, Из-во АН СССР, -М.: 1960. 553 с.

3. Папков С.П., Студнеобразное состояние полимеров. М.: Москва: Химия, 1974. 252 с.

4. Коллоидная химия: учебник и практикум для СПО / Ю. Ю. Гавронская, В. Н. Пак. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 287 с. – Серия: Профессиональное образование.

5. Моргачева, А.А. Гидрогели на основе модифицированного поливинилового спирта и модифицированного 2-гидроксиэтилкрахмала. М.: -2018 г.// Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук. С. 13.

6. Гусев, И.В. Разработка высокоструктурированных гидрогелевых депо-материалов для направленной доставки лекарственных препаратов. М –2015 г.// Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. С. 15-17.

7. Энциклопедия полимеров. Том 2. С 541-544.

© Бокова Е.С., Полетаева А.Н., Соловьева Д.Р., 2023

УДК 547.9:582

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГЕКСАНОВЫХ ЭКСТРАКТОВ
ЛИСТЬЕВ RUBUS FRUTICOSUS L. И RUBUS CAESIUS L.**

Старовойтова М.О., Караваева Е.Б.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Ежевика – это обобщенное название более десятка видов растений, объединенных в род Робус, относящийся к семейству Розовые. На территории России чаще всего встречаются два вида растения: Ежевика сизая (*Rubus caesius L.*) и Ежевика кустистая (*Rubus fruticosus L.*).

Согласно отчету компании ООО «Индексбокс Маркетинг», США представляют собой крупнейший в мире рынок импортной малины и ежевики, занимая 45% от общего объема импорта, который составил 208 тыс. тонн. Канада (44 тыс. тонн) заняла второе место в рейтинге, за ней следуют Германия (42 тыс. тонн), Великобритания (37 тыс. тонн), Испания (35 тыс. тонн), Нидерланды (24 тыс. тонн) и Франция (22 тыс. тонн). Доля всех этих стран в общем объеме импорта составила около 44%. Спрос на ягоду стремительно растет.

Ежевика до сих пор является малораспространенной на территории России ягодной культурой несмотря на то, что в некоторых странах мира она входит в группу лидирующих промышленных культур.

По данным National Institute on Aging (NIA), ежевика входит в топ-10 продуктов с самым высоким содержанием антиоксидантов. Поэтому ее часто называют суперпродуктом.

В 100 г ежевики содержится 25% суточной нормы витамина С (поддержание иммунной системы организма) и К (необходим для правильной свертываемости крови и укреплении костной ткани). В народной медицине многих стран ежевика используется при заболеваниях верхних дыхательных путей, гриппе и простуде.

Острое воспаление легких, моделированное на животных путем инъекции каррагинана в плевральную полость. На основании гистохимических исследований тканей легких показано, что экстракт из плодов ежевики (*Rubus vulgaris* Weine, Nees), содержащий до 80% цианадин-3-О-глюкозида, в дозах 10-30 мг/кг на каррагинановой модели воспаления демонстрировал профилактическое действие [1].

Листья ежевики можно рассматривать как малоосвоенный побочный продукт ее культивирования. Ежегодно сотни тысяч тонн потенциального пищевого и лечебного сырья теряются. В связи с вышеизложенным представляется своевременным и перспективным изучение возможностей комплексного использования указанного сырья.

В качестве объектов исследования были выбраны листья ежевики двух видов кустистой (*Rubus fruticosus* L.) и сизой (*Rubus caesius* L.), собранные летом в период вегетации в Московском регионе в 2021 г. и высушенные в разных условиях температурного режима (25°C, 40°C).

Также в качестве объектов для сравнения были выбраны листья ежевики кустистой (*Rubus fruticosus*), собранные ООО «Целебные травы Северного Кавказа» Россия, р. Адыгея, г. Майкоп, листья ежевики сизой (*Rubus caesius* L.), собранные ООО «Компания Хорст» Россия, г. Барнаул. Для лучшего извлечения биологически активных веществ сырье было измельчено и просеяно через сито с отверстиями 2 мм.

В ежевики сизой листьях содержится аскорбиновая кислота (80-271 мг %), флавоноиды – лейкоантоцианидины, антоцианы: моно- и диглюкозиды пеларгонидина, 3-глюкозид цианидина, 3-рутинозид

цианидина, органические кислоты, инозит, дубильные вещества. В результате фитохимического анализа в побегах ежевики сизой установлено наличие хлорофилла, 9 каротиноидов, из которых 5 относятся к производным β -каротиноидов и 4 – ксантофилла, 6 гидроксикоричных кислот (кофейная, хлорогеновая, неохлорогеновая, изохлорогеновая, протокатехиновая, феруловая кислоты), 6 свободных и 4 связанных сахара, 2 гидроксibenзойные кислоты (галловая и эллаговая), 8 флавоноидов и 16 аминокислот. Среди флавоноидов идентифицированы следующие: кемпферол, лютеолин, кверцетин, изокверцитрин, астрагалин, гиперозид, рутин и кемпферол – 3-O- α -L-арабофуранозид.

Листья ежевики содержат в основном β -каротин (рис. 1). Каротины являются исходными веществами (провитаминами) для синтеза в организме человека витамина А [2]. Определение содержания каротиноидов проводили спектрофотометрическим методом. Около 2 г сырья помещали в колбу вместимостью 100 мл и экстрагировали с 25 мл экстрагента при перемешивании 1,5 ч. Затем фильтровали через бумажный фильтр (2 мл извлечения в мерную колбу на 25 мл). Определяли оптическую плотность на спектрофотометре при длине волны 450 нм и 664 нм [3, 4].

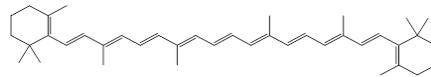


Рисунок 1 – Структурная формула β -каротина.

Содержание суммы каротиноидов, (в пересчете на β - каротин в мг %) рассчитывали по формуле: $C = \frac{D_1 * 0.00208 * P * 10}{D_0 * A}$ [3], где D_1 - оптическая плотность исследуемого раствора; D_0 - оптическая плотность раствора стандартного образца бихромата калия – 0,508; 0,00208 – количество β -каротина в миллиграммах в растворе, соответствующем по окраске раствора стандартного образца бихромата калия; A – навеска абсолютно сухого сырья.

Содержание хлорофиллов в пересчете на феофетин А в мг% (X) рассчитывают по формуле: $X = \frac{D * V * N}{E_{1\text{см}}^{1\%} * g} * 1000$, [3], где D - оптическая плотность раствора; V - объем хлороформного извлечения, мл; N - кратность разведения; $E_{1\text{см}}^{1\%}$ - удельный коэффициент экстинкции 1% раствора феофетина А при длине волны $\lambda=668\pm 2\text{нм}$; g – навеска сырья, г [3].

Спектры поглощения в гексане показали наличие каротиноидов (характерные три пика поглощения) и хлорофилла (длина волны 670 нм). Спектр поглощения приведен на рис. 2.

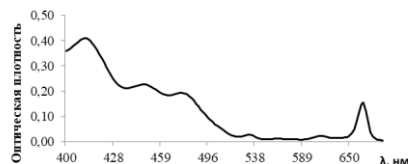


Рисунок 1 – Спектры поглощения экстракта листьев ежевики в гексане.

Таблица 1 – Содержание суммы каротиноидов и суммы хлорофилла в листьях ежевики

Наименование сырья	Температура сушки сырья, °С	Содержание суммы хлорофиллов, %	Содержание суммы каротиноидов, мг%
Rubus fruticosus L.	25	1,17	10,87
Rubus fruticosus L.	40	2,71	9,51
Rubus fruticosus L. (аптечное сырье)	-	0,14	0,98
Rubus caesius L.	25	1,82	6,68
Rubus caesius L.	40	3,36	5,32
Rubus caesius L. (аптечное сырье)	-	0,13	1,45

В результате исследований было установлено, что содержание каротиноидов разрушается при увеличении температуры сушки сырья, тогда как хлорофилл в этих условиях устойчив. Содержание липофильных веществ в аптечном сырье значительно ниже, чем в собранном в Московском регионе.

Список использованных источников:

1. Rossi A, Serraino I, Dugo P, Paola RD, Mondello L, Genovese T. Protective effects of anthocyanins from black berry in a rat model of acute lung inflammation // Free Radic Res. 2003.- С 891–900.

2. Печинский, С. В. Структура и биологические функции каротиноидов / С. В. Печинский, А. Г. Курегян // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2013. – № 9. – С. 4–15.

3. Наймушина Л.В., Карасева А.Ю. Спектрофотометрическое исследование накопления хлорофилла и его производных в экстрактах Melissa лекарственной при использовании двухфазной системы растворителей // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья. 2012. - С. 277-279

4. Дейнека, В.И. Каротиноиды: строение, биологические функции и перспективы применения / В.И. Дейнеко, А.А. Шапошников, Л.А. Дейнеко и др. // Научные ведомости. – 2008. – № 6. – С. 19–25.

5. Ветров Л.П., Гарная С.В., Долганенко Л.Г. Определение содержания липофильных веществ и суммы каротиноидов в растительном сырье // Химико-фармацевтический журнал.-1989.-№3.-С. 320

© Старовойтова М.О., Каравеева Е.Б., 2023

УДК 691.175.664

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ПОЛИРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Терашкевич Д.И., Бокова Е.С., Гинзбург А.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Одной из областей применения пористых полимерных материалов является микроэлектроника, в частности процесс химико-механической планаризации (ХМП) полупроводниковых пластин. Процесс ХМП представляет собой комбинаторику химического воздействия и абразивного истирания в результате трехтельного контакта между полируемой пластиной, абразивной суспензией и полировальным материалом. Несмотря на то, что полировальный материал относится к категории расходных, именно он, благодаря своей структуре и комплексу свойств, обеспечивает глобальную планаризацию полупроводника, что необходимо для дальнейшего производства чипов и другой продукции для микроэлектроники [1-3].

В отсутствие полировальных материалов отечественного производства и наложенными санкциями на применяемые ранее материалы производства США, Японии и других стран, остро встает задача разработки Российских аналогов. Как правило, работы по протопетированию включают в себя блок исследований по изучению структуры и показателей свойств промышленных образцов.

В ранее проведенных работах был проведен всесторонний структурный анализ шести образцов полировальных материалов ведущих иностранных производителей: IC 1000TM (производство DOW, США); IC 1010 TM (производство DOW, США); Аналог IC 1000 (производство Китай); Politex TM (производство DuPont, США); TWI-817 TM (производство Thomas West, США); Fujibo 804 CZM (производство Fujibo, Япония). Предложена классификация исследуемых образцов, учитывающая способ формирования пористой структуры полировальных материалов, их твердость, описание структуры [4].

Полученные результаты структурного анализа необходимы для реализации прогнозного подхода к проектированию и получению полировальных материалов с определенной пористостью и размером пор, при этом не менее важна химическая идентификация основного полимера в изделии.

Цель работы – исследование химического состава промышленных образцов полировальных материалов.

В качестве основных объектов исследования были рассмотрены перечисленные выше образцы полировальных материалов. В качестве методов химической идентификации использовали метод инфракрасной спектроскопии (ИКС), дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрического анализа (ТГА). Измерения проводили на ИК-Фурье спектрофотометре IFS-113V фирмы «BRUKER» методом МНПВО с применением программы исправления спектров, с погрешностью 0,01%. Спектральный диапазон прибора составлял от 40000 до 4 см^{-1} ; разрешение $0,1\text{ см}^{-1}$. Спектры обрабатывали на компьютере с помощью пакета прикладных программ. Термический анализ полировальных материалов осуществляли с помощью калориметра теплового потока марки TA 3000 «Metler» (Швейцария). Скорость нагрева составляла $10^\circ\text{C}/\text{мин}$. Температурный интервал $+40-600^\circ\text{C}$. Полученные результаты обрабатывали и переводили в кривую, где отмечали температуры физико-химических переходов. Термогравиметрический анализ проводили с использованием дериватографа ДВ-1 (Венгрия). Масса навески составляла 95-105 мг, скорость нагрева в вакууме $3^\circ\text{C}/\text{мин}$.

По результатам ранее проведенных исследований была выдвинута гипотеза о применении для производства всех анализируемых образцов полировальных материалов полиэфируретанов (ПЭУ) [5].

Уретановая группа $-\text{CONH}-$ представляет собой своеобразный «гибрид» амидной $-\text{CONH}-$ и сложноэфирной $-\text{OCO}-$ групп. В спектрах полиуретанов, как правило, наблюдается четкая интенсивная полоса в области $3400-3280\text{ см}^{-1}$, которая совпадает с полосой в спектрах поглощения N-однозамещенных амидов. В зависимости от вида образуемой водородной связи полоса валентных колебаний $-\text{NH}-$ сдвигается в низкочастотную сторону на $100-150\text{ см}^{-1}$. Из спектров, представленных на рис. 1, очевидно, что для всех исследуемых материалов, за исключением материала Politech, это значение составляет 3327 см^{-1} . Образование водородных связей сопровождается значительным увеличением интенсивности и полуширины полосы $-\text{NH}-$, кроме того, в спектре появляется еще одна полоса колебаний в области $3060-3080\text{ см}^{-1}$, что также можно наблюдать на приведенных ИК-спектрах (3120 см^{-1}).

Водородные связи могут образовывать не только уретановые группы, но и другие, например, кислород простого или сложного эфира, ароматические ядра, амидная группировка, мочевиная группа, и др. Основные типы водородных связей в полиуретанах как на основе простых, так и сложных полиэфиров это связи между $-\text{NH}-$ уретановой группой, карбоксиллом сложноэфирной группы или кислородом простого эфира. Также возможно образование водородных связей, где акцептором протона является кислород алкоксильной группы уретана или сложного эфира

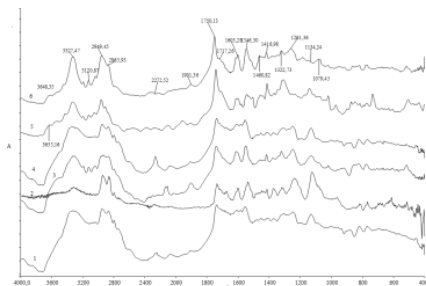


Рисунок 1 – ИК спектры: 1) IC 1000; 2) Politeх; 3) Аналог IC1000; 4) IC 1010; 5) Thomas West; 6) Fujibo

В волновой области $1000-1300\text{ см}^{-1}$ расположены полосы, характеризующие колебания простой или сложноэфирной части уретановой группы (для исследуемых материалов это $1134-1322\text{ см}^{-1}$). Колебания уретановой группы $-C=O-$ и $-C-O-C$ проявляются в виде высокочастотных полос поглощения в области $1230-1300\text{ см}^{-1}$ и низкочастотных – $1020-1170\text{ см}^{-1}$, что также наблюдается у исследуемых материалов.

На ИК-спектрах образцов присутствует также интенсивная полоса поглощения от 1450 до 1525 см^{-1} , соответствующая валентным колебаниям арильного радикала, что подтверждает ароматическую природу диизоцианата, используемого при синтезе полимеров.

В спектрах практически всех образцов наблюдается пик $1730,13\text{ см}^{-1}$ отнесенный к колебаниям свободного от водородных связей ассоциированного карбонила. Положение полосы валентных колебаний неассоциированной карбонильной группы зависит от положения и строения заместителей при атоме азота.

В целом, на всех ИК-спектрах имеет место интенсивная полоса поглощения в диапазоне длины волн от 1600 до 1750 см^{-1} , которая отвечает за уретановую группировку, широкая полоса поглощения от 3500 до 3120 см^{-1} , которая отвечает за валентные колебания $NH-$ и $OH-$ групп, входящих в состав макромолекулы полиэфируретана, а также полоса валентных колебаний $3630-3650\text{ см}^{-1}$, характерная для образования внутримолекулярных водородных связей.

В целом, практически полное совпадение частот валентных колебаний ассоциированных групп NH и COO для исследованных в работе полимеров и отсутствие какого-либо смещения в их спектрах позволяет предположить, что, у исследуемых материалов, за исключением материала Politeх, образование водородных связей носит близкий характер.

Анализируя спектры ПУ очевидно, что для столь сложных химических соединений имеет место наложение характеристических частот, наличие обертонов и комбинационных тонов, в связи с чем, необходимо привлечение дополнительных данных.

Согласно данным ДСК и ТГА все исследуемые материалы можно разделить на две группы. Это деление совпадает с делением

полировальных материалов на «жесткие»: IC 1000; Аналог IC1000; DOW IC 1010 (рис. 2а – типичная кривая на примере IC 1000) и эластичные: Politex; Thomas West; Fujibo (рис. 2б – типичная кривая на примере Politex).

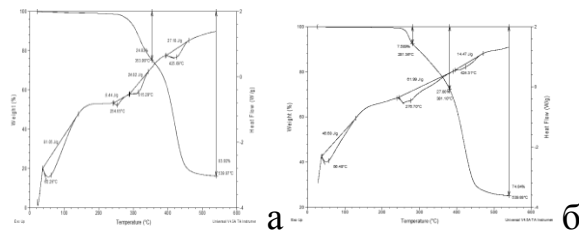


Рисунок 2 – Кривые ДСК и ТГА: а) для материала IC 1000; б) для материала Politex

На ДСК-граммах «жестких» материалов (рис. 2а) отчетливо видны четыре эндопика в интервале температур 40-80; 250-300; 420-500°C, на ДСК-граммах эластичных материалов (рис. 2б) – три, в интервале температур 40-80; 250-300; 400-500°C.

Первый интервал плавления может быть отнесен к потере термостабильности полиэфирной связи, второй – уретановой, третий – карбонильной. Очевидно, что третий эндопик не явно выражен на ДСК-граммах эластичных материалов, что может свидетельствовать о слабой сегрегации жестких блоков. Четвертый эндопик не типичен для полиэфируретанов. Можно было бы предположить, что в процессе синтеза использован избыток полидиизоцианата и такой катализатор, которые могли бы привести к образованию устойчивых термостойких полиизоциануратных связей или в образцах содержится наполнитель неорганической природы, например абразивный порошок на основе диоксида или карбида кремния. Вторым вариантом более вероятен, поскольку в материале после полного разложения остается лишь 25-30% коксообразующего остатка.

Анализируя кривые ТГА, очевидно, что в целом по температурам они соотносятся с кривыми ДСК и свидетельствуют о высокой термостойкости исследуемых материалов по сравнению с классическими полиуретанами. Для всех полировальных материалов характерна незначительная потеря массы, порядка 1,5-7% при $T=260-280^{\circ}\text{C}$, резкая потеря массы – в интервале температур от 350,400 до 500°C, после чего кривые ТГА практически для всех образцов выходят на плато.

Таким образом, в настоящей работе изучены ИК спектры полировальных материалов, а также их термические характеристики.

Установлено, что все материалы произведены из полиэфируретанов. Предположено, что практически полное совпадение частот валентных колебаний ассоциированных групп NH и COO для исследованных в работе полимеров и отсутствие какого-либо существенного смещения в их спектрах, свидетельствует об образовании водородных связей идентичного характера. Вместе с тем, в ИК-спектрах всех анализируемых образцов

имеют место наложения характеристических частот, обертоны и комбинационные тона, что требует привлечения дополнительных более точных методов идентификации химического состава.

Термический анализ показал, что все исследуемые материалы относятся к категории термостойких, что предположительно указывает на избыток диизоцианата в реакционной среде синтеза, который может вступать в реакцию самополимеризации, образуя более прочные и устойчивые связи. Не исключено также присутствие в материале мелкодисперсного термостойкого абразивного наполнителя, что представляется логичным, исходя из применения полировальных материалов в условиях абразивного износа. Последнее утверждение требует дополнительных исследований.

Список использованных источников:

1. Prasad, A. The Effect of Polymer Hardness, Pore Size and Porosity on the Performance of Thermoplastic Polyurethane-Based Chemical Mechanical Polishing Pads / Abaneshwar Prasad, George Fotou, Shoutian Li - Journal of Materials Research, 2013 - 15p.

2. Li, Y. Microelectronic applications of chemical mechanical planarization / Yuzhuo Li - John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2007 - 732p.

3. Imada K. Method of producing polishing sheet material. / U.S. Patent No. 5094670, 1992. M.F. Hoffstein and T. Shinagawa: Inverted cell pad material for grinding, lapping, shaping and polishing. U.S. Patent No. 4841680, 1989.

4. Терашкевич Д.И., Бокова Е.С., Гинзбург А.С., Коваленко Г.М. Анализ микроструктуры полировальных материалов на основе полиуретанов // Пластические массы, № 1-2. С. 3-6

5. Bokova E.S., Terashkevich D.I., Kovalenko G.M., Evsyukova N.V. Application of composite polymer materials in chemical-mechanical polishing of dielectric layers of integrated circuits // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. № (6). pp. 286-292.

© Терашкевич Д.И., Бокова Е.С., Гинзбург А.С., 2023

УДК 677.469:677.473

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ХИТОЗАН-МЕЛАНИНОВЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Филатова Д.О., Сажнев Н.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Интерес к насекомым как к источнику ценных биологически активных веществ значительно возрос за последние несколько лет. Насекомые служат альтернативным источником хитина, который составляет до 40% их экзоскелета. Хитозан, деацетилированное производное хитина, привлекает внимание ученых благодаря своим уникальным свойствам, таким как: антимикробная активность, пленкообразующая способность, ранозаживление и др. [1]. Кроме того, некоторые уникальные виды насекомых могут быть использованы для получения хитин- и хитозан-меланиновых комплексов.

Меланин играет важную роль в окрашивании, заживлении ран и врожденном иммунитете у насекомых. Известны два вида меланинов: эумеланин (который придает коричнево-черную окраску) и флеомеланин (красно-желтая окраска). Хорошо известно, что меланины обладают фотозащитной функцией – они защищают кожу от вредного воздействия ультрафиолета и видимого излучения, меланин способен рассеивать 99% поглощенного ультрафиолетового и видимого излучения, что делает его оптимальным фотопротектором [2].

Благодаря синергетическому эффекту хитозан и меланин могут усиливать биологическую активность друг друга, обеспечивая широкий спектр потенциальных применений [3].

Волокнистый материал, полученный методом электроформования, должен обладать нерастворимостью в воде. Для этого необходимо провести химическую сшивку волокон из хитозан-меланинового комплекса при помощи бифункциональных соединений: глутаровый альдегид, дженипин и т.д.

Растворы хитозан-меланинового комплекса с заданной концентрацией для электроформования готовили в водных растворах уксусной кислоты (2 мас.%) по точным навескам сухого полимера ($\pm 0,0002$ г). Нановолокнистый материал получали методом электроформования на приборе Nanospider NS-Lab (Elmarco, Чехия).

Для определения условий формования в электрическом поле, предварительно была изучена зависимость времени гелеобразования в 2%-ном растворе комплекса в процессе сшивки глутаровым альдегидом и дженипином от содержания сшивающего реагента (рис. 1).

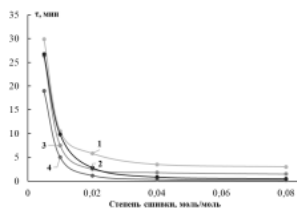


Рисунок 1 – Зависимость времени гелеобразования в 2%-ном растворе хитозан-меланинового комплекса pH 4,3 и 5,6 в процессе сшивки дженипином или глутаровым альдегидом: 1 – реагент дженипин, pH 4,3; 2 – реагент глутаровый альдегид, pH 4,3; 3 – реагент дженипин, pH 5,6; 4 – реагент глутаровый альдегид, pH 5,6.

Для успешного формирования волокон из фиброина и его смесей с хитозаном, необходимо соблюдать определенные показатели концентрации, динамической вязкости и электропроводности формовочных растворов. Для формирования были выбраны растворы с pH 5,6, так как у таких растворов гелеобразование происходит на порядок быстрее за счет достижения степени протонирования аминогрупп у макромолекул хитозан-меланинового комплекса 0,5. При этом важно, чтобы растворы для электроформования были выдержаны до часа в нормальных условиях для начала химической сшивки, но при этом не был зафиксирован рост вязкости растворов. Состав формовочных растворов и параметры формирования приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Электроформование волокон из водных растворов фиброина и его смесей с хитозаном.

Состав смеси	Сшивающий реагент/ степень сшивки, моль/моль	U наноспайдера, кВ	Характеристика	D волокон, нм
Хитозан-меланин, 4 мас.%, уксусная кислота 70%	Дженипин, 0,08	>50	-	-
Хитозан-меланин:ПВС, 1:3, уксусный раствор 2%		46,7-51,2	Стабильное	250±50
Хитозан-меланин, 4 мас.%, уксусная кислота 70%	Глутаровый альдегид, 0,08	>50	-	-
Хитозан-меланин:ПВС, 1:3, уксусный раствор 2%		47,8-53,4	Стабильное	250±50

Как видно из таблицы, осуществить электроформование из чистых растворов хитозан-меланинового комплекса достаточно проблематично, осуществить удалось формирование из растворов, содержащих 3 части поливинилового спирта (по массе). Снимки полученных волокон приведены на рис. 2.

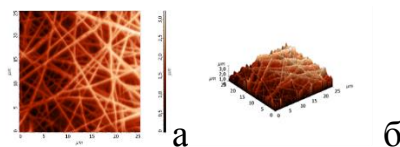


Рисунок 2 – АСМ-изображения электроформованных волокон из хитозан-меланинового комплекса, сшитого глутаровым альдегидом (степень сшивки 0,08 моль/моль, pH 5,6): а) 2D-изображение; б) 3D-изображение.

Таким образом были получены образцы нановолокон из хитозан-меланинового комплекса со средним диаметром 250 нм, устойчивые к воде. Такие волокна можно использовать в качестве раневых покрытий и в тканевой инженерии для роста и пролиферации живых клеток.

Список использованных источников:

1. Wang J., Zhuang S. Chitosan-based materials: Preparation, modification and application //Journal of Cleaner Production. – 2022. – P. 131825.
2. Ghattavi K. et al. Melanin pigment derived from marine organisms and its industrial applications //Dyes and Pigments. – 2022. – Т. 201. – С. 110214.
3. Погарская Н. Технология получения хитозан-меланинового комплекса из подмора пчёл и его применение в ветеринарии и медицине. – Litres, 2022.

© Филатова Д.О., Сажнев Н.А., 2023

УДК 54-3

АНАЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Флягин Г.А., Канатов А.В., Кулаков А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Аддитивные технологии находят многочисленные применения в различных областях, таких как аэрокосмическая, автомобильная, биомедицинская и производство товаров народного потребления. Среди множества материалов, используемых в аддитивном производстве, полимерные материалы широко применяются благодаря уникальному сочетанию таких свойств, как легкость, гибкость, низкая стоимость, простота обработки и адаптивность. В статье рассматриваются различные виды полимерных материалов, используемых в аддитивных технологиях, их свойств и области применения.

Аддитивное производство представляет собой процесс создания трехмерных объектов сложной геометрии, путем добавления материала слой за слоем, в отличие от традиционных методов производства, которые включают субтрактивные процессы, такие как механическая обработка или формовка. Аддитивное производство обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным производством, таких как высокая скорость производства, снижение отходов материала, большая свобода проектирования и возможность создания сложных геометрических форм [3].

Полимерные материалы, используемые в производстве, можно разделить на две основные категории: термопластичные и термореактивные материалы [1].

Термопласты – это полимерные материалы, которые могут быть расплавлены и сформованы в нужные формы, а затем затвердевают, чтобы сохранить свою форму.

Терморективные материалы – это полимерные материалы, которые после отверждения не могут быть снова расплавлены и сформованы.

Термопластичные полимеры, такие как акрилонитрил-бутадиен-стирол (ABS), полиэтилентерефталат (PET) и поликарбонат (PC), широко используются в аддитивном производстве. Эти материалы обладают рядом преимуществ, таких как простота обработки, низкая стоимость, хорошая механическая и термическая стабильность, низкая токсичность и биоразлагаемость.

Для реализации особых свойств объекта, используются терморективные полимеры, которые обладают более высокой термической стабильностью и механической прочностью по сравнению с термопластами. Примеры терморективных полимеров, используемых в аддитивном производстве, включают эпоксидные смолы, фенольные смолы и силиконовые эластомеры.

Свойства полимерных материалов делают их пригодными для использования в различных областях, таких как прототипирование, функциональные детали, оснастка, медицинские имплантаты и потребительские товары. Например, такие полимерные материалы широко используются в производстве восстановительных протезов, ортопедических имплантатов и зубных протезов. В аэрокосмической и автомобильной промышленности полимерные материалы используются для обеспечения снижения веса деталей, таких как корпус двигателя и структурные элементы [4].

Несмотря на многочисленные преимущества полимерных материалов в аддитивном производстве, существует также ряд проблем, которые требуют дальнейших исследований и поиска путей их решения. Одной из основных проблем является ограниченная термическая стабильность и механическая прочность по сравнению с металлическими материалами. Другая проблема заключается в непостоянстве свойств материалов, особенно термопластов, на которые могут влиять условия обработки и тип используемого полимера [2].

Исследования и разработки в области обработки и определения характеристик полимерных материалов в аддитивных технологиях позволяют находить новые применения в современной промышленности.

На современном этапе развития легкой промышленности, считается возможным внедрение аддитивных технологий. Для отработки технологии нанесения полимеров на текстиль, проводятся лабораторные испытания, с использованием специальных инструментов (3D-принтеров, специальных экструдеров, программных обеспечений и т.д.), позволяющих определить требуемые условия и режимы работы для нанесения покрытия (рис. 1).

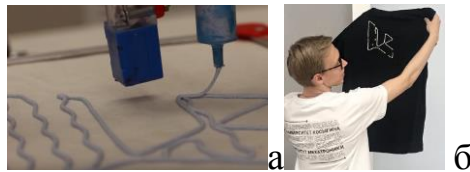


Рисунок 1 – а) нанесение полимера на ткань; б) полимер на текстильном изделии.

Выяснилось, что материал способен надежно фиксироваться на ткани, при этом, образец сохраняет свою гибкость и эластичность. Образец устойчив к механическим повреждениям и имеет значительный запас по разнонаправленным нагрузкам в процессе стирки.

В заключение следует отметить, что полимерные материалы обладают уникальными свойствами, которые делают их хорошо подходящими для использования в аддитивном производстве и находят применение в различных областях. Несмотря на проблемы, связанные с использованием полимерных материалов в аддитивном производстве, они представляют собой экономически эффективный, легкий и адаптируемый вид материалов.

Список использованных источников:

1. «Plast-ru» [Электронный ресурс] // URL: <https://plast-ru.ru/> (дата обращения: 18.03.2023)

2. Грищенко В.К., Маслюк А.Ф., Гудзера С.С. Жидкие фотополимеризующиеся композиции: учеб. пособие; Наукова Думка. – Киев, 1985. – 206 с.

3. «Iqb Technologies» [Электронный ресурс] // URL: <https://iqb.ru/> (дата обращения: 18.03.2023)

4. «Хабр» [Электронный ресурс] // URL: <https://habr.com/ru/all/> (дата обращения: 18.03.2023)

© Флягин Г.А., Канатов А.В., Кулаков А.А., 2023

УДК 677.494.744.42

ВЛИЯНИЕ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ ПИРОЛИТИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ПРОЦЕСС ТЕРМОЛИЗА ПОЛИКАРБОНАТА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Фролов Е.И., Середина М.А., Захарова В.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Углеродные материалы, которые в настоящее время находят широкое применение в разных отраслях промышленности, получают из различного вида сырья такого как полимеры, нефтяные пеки, древесина и

другие. Одним из основных критериев выбора такого сырья является высокое содержание углерода в молекуле применяемого материала органического происхождения.

Поликарбонат (ПК) – это многоцелевой прочный пластик, который может быть использован в совершенно различных отраслях промышленности, начиная от изготовления пуленепробиваемых стекол, заканчивая компакт-дисками [1]. На сегодняшний день наблюдается тенденция к все более широкому использованию поликарбоната в различных областях техники и для бытового потребления. Ароматическая структура и высокое содержание углерода в макромолекуле поликарбоната является основным критерием для получения на его основе углеродного материала.

Первой и основной стадией получения углеродного материала является термоокислительная деструкция полимера. Чтобы управлять скоростью этого процесса в структуру полимера вводятся пиролитические добавки, разной химической природы и строения.

Пиролитические добавки применяются для регулирования процессов термолитического разложения и карбонизации полимерных материалов. К ним относятся фосфор-, азот-, металлсодержащие антипирены, которые в процессе термолитического разложения выделяют химические соединения такого рода, замедляющие процесс окисления углерода. По своей сути азот и фосфор в таких соединениях являются синергистами, то есть повышают эффективность действия друг друга [2, 3].

В работе в качестве пиролитических добавок при термолитическом разложении поликарбоната использовали такие соединения как: полифосфат аммония (ПФА) и полифосфат меламина (ПФМ-101). Исследование антипиренов проводили методом термогравиметрического анализа (ТГА). Данные ТГА полифосфата аммония и полифосфата меламина представлены на рисунках 1а, рис. 1б соответственно.

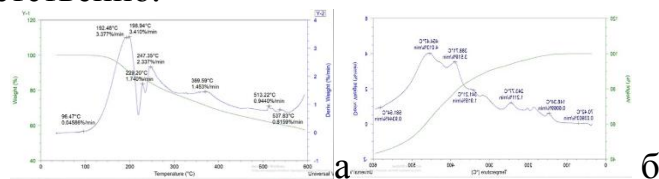


Рисунок 1 – Кривая ТГА: а) полифосфата аммония; б) полифосфата меламина

Из кривой ТГА ПФА показывает, что термолитическое разложение протекает в температурном интервале от 100°C до 600°C в три стадии при температурах 192°C, 247°C и 369°C. При температуре свыше 247°C происходит поэтапная дегазация пиролитической добавки и скорость разложения составляет 2,3%/мин.

Как видно из рис. 1б, термоокислительная деструкция полифосфата меламина происходит в довольно широком температурном диапазоне от 275°C до 550°C, но при температуре свыше 550°C заканчивается процесс

термораспада с образованием фосфороазотсодержащих структур, препятствующих процессу окисления, и при этом скорость деструкции составляет 4%/мин.

Исследована кинетика процесса термолиза поликарбоната в присутствии полифосфата аммония и полифосфата меламина. Термолиз полимерных композиций проводили в лабораторной печи при температурах от 400°C до 550°C и продолжительностью от 10 до 40 минут. Содержание добавок было везде одинаковым – 5% от массы полимера, при этом масса самого полимера составляла около 0,5 г. Результаты экспериментов представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты термолиза поликарбоната в присутствии ПФА и ПФМ-101

Добавка	Продолжительность термолиза, мин	Карбонизованный остаток при температуре		
		400°C	500°C	550°C
Без добавки	10	98,2	94,0	31,5
	20	98,3	67,3	22,2
	30	96,2	37,2	7,4
	40	96,1	27,4	1,8
ПФМ-101	10	91,1	80,0	32,7
	20	83,9	63,6	31,5
	30	78,9	26,8	16,4
	40	71,2	23,6	9,4
ПФА	10	96,4	91,2	36,4
	20	94,4	76,4	30,4
	30	93,1	37,7	12,7
	40	91,8	34,5	9,3

Согласно литературным данным [4] термическая деструкция поликарбоната протекает в узком температурном интервале от 400°C до 550°C с очень высокой скоростью и максимальной потерей массы при 500°C. Как видно из данных табл. 1, при температуре 400°C добавки оказывают незначительное влияние на термолиз полимера, выход КО термоокислительного разложения свидетельствует об образовании свободных кислых гидроксильных групп, которые конденсируются, дегидрируются, образуя сшитые ультрафосфаты. При температуре максимальной деструкции поликарбоната, которая составляет 500°C, выход карбонизованного остатка (КО) термолиза увеличивается с 27,4% до 34,5% при использовании ПФА, а влияние ПФМ-101 незначительно, что свидетельствует о различном механизме действия указанных добавок. При температуре 550°C выход карбонизованного остатка увеличивается с 1,8% до почти равных значений 9,4% и 9,3% при использовании ПФМ-101 и ПФА соответственно. На этой стадии выделение газов заметно снижается, при этом происходит термическое разложение полифосфорной кислоты и образование циклических структур. При более высокой температуре установлено, что выход карбонизованного остатка уменьшается.

Таким образом, исследуемые пиролитические добавки могут быть использованы в качестве катализаторов карбонизации при получении углеродных материалов из поликарбоната.

Список использованных источников:

1. Применение поликарбоната в различных сферах производств. [Электронный ресурс]/ URL: <https://toplast.ru/poleznoe/nauchnyie-stati/primenenie-polikarbonata-v-razlichnyix-sferax-proizvodstva> (дата обращения 16.03.2023)
2. Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов.- М.:Химия,1980.-274 с.
3. М.Ксантос Функциональные наполнители для пластмасс/М.Ксантос;пер. с англ. В.Кулезенева.-СПб:Научные основы и технологии,2010-462 с.
4. Giulia Bozzano, Mario Dente Renato, Del Rosso. Poly(bisphenol A carbonate) Recycling: High Pressure Hydrolysis Can Be a Convenient Way// Material Recycling – Trends and Perspectives.2012.-№4.-P.115-132.

© Фролов Е.И., Середина М.А., Захарова В.А., 2023

УДК 665.58

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ГЕЛЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ХЛОРИНОВОГО ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА

Шашкова М.М., Караваева Е.Б.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Елина Н.А.

Акционерное общество «СВОБОДА», г.Москва

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Москва

Исследовано влияние полимерных гелеобразователей на фотофизические свойства хлоринового фотосенсибилизатора в составе косметической композиции в форме геля. С целью использования в фотодинамической терапии в области косметологии разработаны косметические композиции, обладающие необходимыми потребительскими свойствами. Было показано, что лучшие фотофизические свойства имеет гель на основе полиакрилата натрия.

Фотодинамическая терапия (ФДТ) – это современный терапевтический метод, который в последние годы находит все большее применение в лечении неонкологических заболеваний, а также предраковых состояний и рака различных типов и локализаций. Метод отличается минимальной инвазивностью, а также обладает большей селективностью в отношении опухолевых клеток по сравнению с традиционными терапевтическими методами [1].

Метод ФДТ основан на динамическом взаимодействии между молекулами фотосенсибилизатора (ФС), светом с определенной длиной волны и молекулярным кислородом. Терапия заключается в местном или системном применении ФС, который накапливается в паталогических тканях и активизируется под действием облучения.

Кроме лечения онкологических заболеваний, ФДТ применяется в лечении дерматологических, офтальмологических, сердечно-сосудистых, неврологических, желудочно-кишечных заболеваний и болезней опорно-двигательной системы [1].

Применение данного метода в косметологии только начинает свое развитие, но имеет достаточный положительный клинический опыт. Существуют данные о «побочном» эффекте от ФДТ у онкологических больных в виде осветления кожных покровов, повышения эластичности кожи, исчезновения мелких морщин. Обнаружение данного эффекта привело к тому, что фотодинамическая терапия применяется как высокоэффективный метод для эстетической коррекции инволютивных изменений кожи [2-4].

Важной задачей является разработка таких косметических продуктов, которые имеют удобную форму в применении и сохраняют свою эффективность и безопасность в течении всего срока хранения.

Важным фактором для продуктивной ФДТ является эффективность генерации синглетного кислорода. Ранее было показано, что ФС склонны к образованию агрегатов, вследствие чего снижается их фотодинамическая активность. Было показано, что в водном растворе агрегаты преобладают в условиях кислого pH, а введение амфифильных полимеров способствует снижению агрегации [5, 6].

Разработанные косметические композиции включают в себя полимерный гелеобразователь с содержанием от 0,5% до 1,7%, глицерин в качестве влагоудерживающего агента, консервант на основе феноксэтанола и этилгексилглицерина LekoGuard©EP, фотосенсибилизатор. Раствор гидроксида натрия используется как нейтрализатор для полимеров. Водородный показатель довели до $7,0 \pm 0,2$; для измерения готовили 10% раствор средства.

В качестве фотосенсибилизатора был выбран продукт, который представляет собой водорастворимые производные хлорина Е6 в виде натриевой соли. Для получения геля применяли следующие полимеры: полиакрилат натрия, карбомер, поликватерниум-37 и акрилат/С10-30 алкил акрилатный кроссполимер.

Для оценки поглощающей способности полученных косметических форм готовили раствор средства с концентрацией 10 г/л. Спектры поглощения были получены с помощью двухлучевого спектрофотометра Shimadzu UV-1800 (Shimadzu, Япония). Результаты приведены на рис. 1.

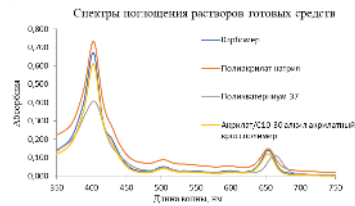


Рисунок 1 – Спектры поглощения растворов готовых средств

Для всех используемых гелеобразователей в видимой области спектра наблюдалось два характерных максимума поглощения при 404 нм и 654 нм (табл. 1). Показатели поглощения для растворов, содержащих полиакрилат натрия, были максимальными. Для гелеобразователя поликватерниум-37 величина поглощения в полосе Соре (404 нм) наименьшая, также наблюдается сдвиг максимума поглощения в длинноволновую область с 654 нм на 663 нм.

Дальнейшие исследования проводили для средства на основе полиакрилата натрия.

Таблица 1 – Максимумы поглощения растворов готовых средств

	Поглощение при $\lambda=404$ нм	Поглощение при $\lambda=654$ нм
Карбомер	0,67	0,14
Полиакрилат натрия	0,73	0,15
Поликватерниум -37	0,41	0,13 (пик при 663 нм)
Акрилат/С10-30 алкил акрилатный кроссполимер	0,61	0,12

Косметические средства должны сохранять свои свойства в течение всего заявленного срока годности. Для исследования изменений свойств используются моделированные условия хранения. Гель на основе полиакрилата натрия хранился в течение одного месяца на свету и в условиях термостатирования при 42°C. Один месяц хранения в термошкафу при 42°C приравнивается к хранению в течение одного года при нормальных условиях.

По истечении одного месяца хранения была произведена оценка поглощающей способности средств. Для этого готовили раствор средства с концентрацией 10 г/л. Полученные спектры представлены на рис. 2.

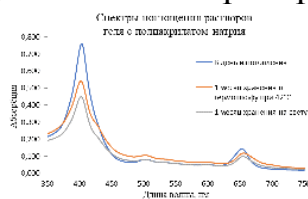


Рисунок 2 – Спектры поглощения растворов геля с полиакрилатом натрия

Полученные данные показывают, что после одного месяца хранения в условиях ускоренного старения поглощение фотосенсибилизатора в составе геля сохраняется, но уменьшается со временем. Хранение на свету при нормальных условиях ведет к значительному снижению поглощения и, как следствие, снижению эффективности средства. В этой связи для сохранения фотофизических свойств фотосенсибилизатора не рекомендуется хранение средства на свету, а для предотвращения влияния света упаковка не должна быть прозрачной.

Список использованных источников:

1. Correia J.H., Rodrigues J.A., Pimenta S., Dong T., Yang Z. Photodynamic therapy review: principles, photosensitizers, applications, and future directions//Pharmaceutics. 2021, 13 (9), 1332.
2. Панова О.С., Дубенский В.В., Дубенский В.В., Петунина В.В., Бейманова М.А., Санчес Э.А., Гельфонд М.Л., Шилов Б.В., Белхароева Р.Х. Фотодинамическая репаративная регенерация кожи с применением наружного геля-фотосенсибилизатора на основе хлорина еб // Biomedical Photonics. – 2021. – Т. 10. – № 3. – С. 4-11.
3. Бочкова Н.В., Холупова Л.С., Юрченко Д.О. Опыт применения нового методологического подхода к фотодинамической терапии в косметологии // Медицинский алфавит. Серия «Дерматология». – 2019. – Т. 2. – 26 (401). – С. 25–28.
4. Стенько А. Г., Бочкова Н. В., Индилова Н. И. Фотодинамическая терапия: оценка эффективности при инволютивных изменениях кожи // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2018. – Т. 1. – № 4. – С. 174-177.
5. Paul S., Selvam S., Heng P.W., Chan L.W. Elucidation of monomerization effect of PVP on chlorin e6 aggregates by spectroscopic, chemometric, thermodynamic and molecular simulation studies// Journal of fluorescence. – 2013. – Vol.23. – №5. – P.1065-1076.
6. Горох Ю.А., Аксенова Н.А., Соловьева А.Б., Ольшевская В.А., Зайцев А.В., Лагутина М.А., Лузгина В.Н., Миронов А.Ф., Калинин В.Н. Влияние амфифильных полимеров на фотокаталитическую активность водорастворимых порфириновых фотосенсибилизаторов // ЖФХ. – 2011. – Т. 85. – № 5. – С. 959–963.

© **Шашкова М.М., Караваева Е.Б., Елина Н.А., 2023**

УДК 699.844.1

ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ, СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ЕЕ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Алямкина А.А., Бородина Е.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В работе проведен анализ значения звукоизоляции помещений и современного способа ее расчета и моделирования.

Звуки и шумы, среди которых живут люди, являются неотъемлемой частью жизнедеятельности и наносят нам и окружающей среде вред, последствия которого мы даже не можем представить. Любые звуки,

исходящие от улиц и шумных компаний, производств, железных дорог и трасс являются шумом.

Именно транспортные шумы – одни из самых распространённых и вредоносных. Многие автомобильные дороги располагаются в непосредственной близости к жилым домам, поэтому наблюдается превышение существующих норм уровней шума на 5-30 дБ в жилой застройке.

Опросы общественного мнения о шуме также определяют транспортный шум как основной источник раздражения. Например, 1200 опросов в трёх крупных городах США показали, что 55% общего шума занимает автотранспорт. Вторым источником шума являются самолёты, их доля составляет 15% от общего шума. Третий источник образуют человеческие голоса, на долю которых приходится 12% [1].

Эффект воздействия акустической нагрузки на тот или иной организм зависит от ряда различных характеристик, таких как: частота, интенсивность, временная специфика звука. При этом немаловажную роль играет длительность акустического влияния: поражение наступает быстрее при большем периоде воздействия шума.

Нормирование акустической нагрузки необходимо во избежание негативного воздействия на человека и его окружающую среду. В Российской Федерации обязательные требования, установленные для защиты от шума содержатся в СП 51.13330.2011 [2]. Нормативные параметры должны соблюдаться на любом из этапов, таких как проектирование, строительство и эксплуатация зданий различных размеров.

Внутренние и внешние шумы необходимо изолировать надлежащим образом, что является одной из немаловажных мер по защите жителей плотной городской застройки.

Специалисты дают определение звукоизоляции как снижение уровня звукового давления при прохождении волны сквозь ограждающую конструкцию (преграду). Посредством уменьшения и поглощения шума возможно достичь необходимую изоляцию звука. Децибелы (дБ) – количественная мера звукоизоляции ограждающих конструкций.

Меры, принятые на этапе проектирования здания играют существенную роль для формирования изоляции звука [3]. Чаще всего, после воздвижения здания исправить недостаточную звукоизоляцию оказывается невозможным, если ранее в проекте не были предусмотрены и осуществлены в действительности мероприятия по достижению требуемой шумоизоляции [4]. В этой связи величина изоляции шума должна определяться наиболее точными и эффективными способами.

Расчёт акустических характеристик привычным способом не всегда может учитывать все влияющие факторы, кроме того, не исключает

возникновения ошибок, так как подобные расчеты достаточно сложны и зачастую выполняются с большим количеством допущений и поправок.

В настоящее время существует возможность программного моделирования и расчёта потерь звука при его прохождении через ограждающую конструкцию, что поможет предварительно оценить акустическую обстановку в здании еще до этапа его постройки, на стадии проектирования. В современности существует специализированное программное обеспечение, которое не только выполняет вычисления автоматически и учитывает все условия оценки уровня шума, но и наглядно представляет результаты работы.

Не только акустический, но и тепловой комфорт помещений достигается эксплуатацией соответствующих стеклопакетов, которые должны удовлетворять этим параметрам.

Программный комплекс COMSOL Multiphysics успешно проходит тестирование расчёта тепловых процессов, движение тепловых потоков сквозь преграды, а также получает расчётную сетку [5, 6]. Он с высокой точностью и наглядной визуализацией позволяет определить многие особенности физических процессов, протекающих в узлах строительных объектов, включая стеклопакеты, применяемые для современных зданий.

Показатель Sound Transmission Loss (STL, дБ), учитывающий уровень потерь при передаче звука через ограждающую конструкцию, также может быть рассчитан COMSOL Multiphysics и определяется по формуле (1): $STL = 10 \lg\left(\frac{W_{in}}{W_{tr}}\right)$, (1), где W_{in} – полная мощность, падающая на конструкцию; W_{tr} – общая передаваемая мощность.

Существует разработанная посредством COMSOL Multiphysics модель в трёхмерной геометрии, которая включает стеклопакет со всеми составляющими и соответствует модели Sound Transmission Loss Through a Window [6].

Таким образом, с помощью COMSOL Multiphysics получают величину акустических характеристик оконных блоков. Полученные величины помогают в оценке потерь звука, проходящего в здание с улицы сквозь ограждающие конструкции, во всем диапазоне частот и, соответственно, определяют один из главных параметров состояния внутренней среды – уровень звукового давления внутри помещения, который регламентируется отечественной нормативной документацией.

COMSOL Multiphysics имеет широкие возможности не только для расчета и моделирования тепловых и звуковых процессов, но и других физических процессов: механических, световых, электромагнитных и позволяет анализировать взаимосвязанные и отдельные физические процессы, создавать различные модели, применяемых во всех областях инженерных и научных исследований.

Данный программный комплекс способен к проведению стационарного и нестационарного, линейного и нелинейного анализа. Физические свойства возможно указывать в виде аналитических функций. Возможность моделирования представлена в одномерном, двухмерном и трехмерном пространстве.

Таким образом, метод расчета и моделирования звукоизоляции с помощью программного обеспечения, в частности с помощью COMSOL Multiphysics, является одним из точных современных способов определения ее величины, позволяющим дать оценку акустической обстановки еще на этапе проектирования зданий.

Список использованных источников:

1. Wesler, J. E. Surface Transportation Noise and Its Control / J. E. Wesler. – Text : electronic // Journal of the Air Pollution Control Association. – 2012. – Vol. 23. – № 8. – P. 4. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00022470.1973.10469830?needAccess=true> (date accessed: 12.12.2021)

2. СП 51.13330.2011. Защита от шума: Свод правил: Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 28 декабря 2010 г. N 825 и введен в действие с 20 мая 2011 г. – Текст: электронный. – 2011. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084097> (дата обращения: 13.12.2021).

3. Деркач Н.В., Шаповаленко Я.И. Сущность звукоизоляции и способы ее осуществления // Журнал Academy №10 (25), 2017 с.30

4. Шубин И.Л., Аистов В.А., Пороженко М.А. Звукоизоляция ограждающих конструкций в многоэтажных зданиях. Требования и методы обеспечения // Строительные материалы. 2019. №3. С. 33-43.

5. Сучилин В.А., Кочетков А.С., Губанов Н.Н. Моделирование в COMSOL Multiphysics энергопотерь сооружений ЖКХ в зависимости от условий эксплуатации // Журнал СОК, 2019. №4. С. 74–79.

6. Сучилин В.А., Кочетков А.С., Губанов Н.Н. Моделирование в COMSOL Multiphysics энергосбережения типовых зданий ЖКХ при реконструкции и ремонте // Журнал СОК, 2020. №6. С. 44–50.

© Алямкина А.А., Бородина Е.С., 2023

УДК 578.424; 614.442

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИНФЕКЦИЙ, ПЕРЕДАЮЩИХСЯ ВОЗДУШНО-КАПЕЛЬНЫМ ПУТЁМ

Аношина А.В., Лабаш А.Т., Седяров О.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В 2020 году человечество столкнулось с пандемией COVID-19 – инфекцией, вызванной коронавирусом SARS-CoV-2. Вспышка этого заболевания произошла в Китае в конце 2019 года, затем распространилась в другие страны, в том числе в Россию, и обрела масштаб пандемии. На сегодняшний день число заболевших в России и других странах продолжает увеличиваться, но уже более медленными темпами.

С целью снижения роста заболеваемости правительства всего мира принимали различные меры, в частности: ограничение работы некоторых отраслей промышленности; социальное дистанцирование; ограничение на перемещение людей и обязательное ношение масок. Высокая смертность от данного вируса, скорость его распространения, сложность лечения и необходимость быстрого принятия мер для обеспечения безопасности населения – всё это побудило учёных всего мира начать более тщательное изучение распространения вирусных инфекций.

Так, например, выяснилось, что рекомендации, которыми пользовались медики при установлении безопасной дистанции, были выработаны в 1930-х годах, когда учёные определили, на каком расстоянии становится неопасен кашляющий или чихающий человек, и создали модели распространения капель [1]. В результате исследования американские физики из Массачусетского технологического института установили, что данные модели устарели. Это объясняется тем, что воздушное облако, образующееся в результате кашля или чихания человека, может распространяться на расстояние до 7-8 метров, в то время как установленные социальные дистанции по рекомендациям ВОЗ составляют 1 метр, а Центра по контролю и профилактике заболеваемости США – 2 метра.

В настоящее время к актуальным инфекциям, передающимся воздушно-капельным путём, относятся COVID-19, грипп, ОРВИ, ветряная оспа и т.д. Вирусные инфекции передаются главным образом через частицы вирусной жидкости (то есть капли и аэрозоли), которые образуются в дыхательных путях инфицированного человека и выделяются изо рта и носа во время дыхания, разговора, кашля и чихания. Есть два пути их дальнейшего распространения и передачи здоровому человеку в зависимости от размера частиц [2]:

1. Напрямую – мелкие частицы (<5 мкм), называемые аэрозолями, быстро испаряются, когда они попадают в окружающую среду, и остаются взвешенными в воздухе, образуя ядра, которые могут оставаться в воздухе в течение нескольких часов, а впоследствии вдыхаться человеком.

2. Косвенно – Капли, размер которых превышает критический (>5 мкм), оседают под действием силы тяжести быстрее, чем испаряются, и таким образом загрязняют окружающие поверхности.

Чаще всего при изучении данной темы исследователи выделяют четыре основных процесса, которые отвечают за образование частиц дыхательного аэрозоля и к которым относят: кашель, чихание, разговор и дыхание [3]. Иногда к перечисленным вариантам добавляют ещё и крик [4]. Каждый из перечисленных вариантов характеризуется целым набором параметров, оказывающих влияние на распространение аэрозоля в воздухе (табл. 1). Из приведённой ниже таблицы видно, что за распространение заражённого воздуха, выдыхаемого инфицированным человеком, в большей степени ответственны чихание и кашель.

Таблица 1 – Параметры механизмов дыхания [5-8]

Событие	Средний размер частиц, мкм	Скорость выброса воздуха, м/с	Количество выделяемых капель, шт.
Кашель	90	50 – 120	3000 за раз
Чихание	80	45	40000 за раз
Разговор	75	16	2600 в секунду
Дыхание	0,17	0,6	720 в секунду

Также на распространение заражённого выдыхаемого воздуха влияет среда, в которой находится человек, и её характеристики: находится ли человек на улице или в помещении; размеры помещения (если рассматривается закрытое пространство); наличие/отсутствие вентиляции или других факторов, влияющих на движение объёма воздуха; температура, влажность воздуха и т.д.

Необходимо отметить, что немаловажную роль играет и положение человека в пространстве (сидя, стоя, лёжа) и относительно других людей. Всё, начиная от положения головы при, например, кашле, кашляет ли человек в локоть, насколько он болен, какие препятствия перед ним, размер капель аэрозоля, а также есть ли на нём маска или другое средство индивидуальной защиты органов дыхания, влияет на то, куда они попадут.

Существует два подхода к изучению динамики дыхания человека и распространения инфекций с его помощью: тестирование на основе физических моделей и численное моделирование.

Первый вариант является сложным в осуществлении, но тем не менее используется в ряде исследований [9, 10]. Его трудоёмкость заключается в том, что необходимо учитывать целый ряд факторов: пол, возраст, рост, образ жизни членов испытываемой группы, а также обеспечивать постоянство окружающей среды для каждого участника исследования.

В связи с перечисленными выше причинами наибольшее применение для изучения распространения инфекций получило численное

моделирование. Использование моделей, основанных на вычислительной гидродинамике (CFD), является хорошо известным способом изучения и моделирования воздушного потока и производительности систем внутренней вентиляции [11].

В последнее время проводят подобные исследования по аэрозольной и капельной передаче в различных замкнутых пространствах, таких как классные комнаты, салоны самолётов, рестораны, общественный транспорт, клиники и т.д.

Моделирование с помощью методов CFD, в отличие от моделирования на основе физических моделей, позволяет учитывать сложный процесс переноса вирусов в окружающей среде, который не может быть воссоздан с помощью физического моделирования. Это позволяет получить более точные результаты, чем при использовании физических моделей. Также численное моделирование помогает более оперативно оценить риски заражения в условиях чрезвычайных ситуаций и оценить эффективность различных подходов к борьбе с инфекциями в случае эпидемии.

В ходе CFD-моделирования решаются нелинейные уравнения Навье-Стокса, что позволяет моделировать очень сложные потоки жидкости в различных условиях и областях. CFD также применяется в биологической и экологической областях; в начале 1994 года был разработан новый код для моделирования взвешенных в воздухе частиц [12], а в последующие десятилетия на основе этого метода было проведено множество научных исследований загрязнения воздуха и окружающей среды, а также выбросов/передачи микроорганизмов.

Большая часть исследований в рассматриваемой области включает в себя моделирование CFD с использованием OpenFoam [13]. OpenFOAM – это бесплатное программное обеспечение CFD с открытым исходным кодом, разработанное в 2004 году. Оно имеет большую базу пользователей в большинстве областей техники и науки, как из коммерческих, так и из академических организаций. OpenFOAM имеет широкий спектр функций для решения чего угодно: от сложных потоков жидкости, включающих химические реакции, турбулентность и теплопередачу, до акустики, механики твердого тела и электромагнетизма.

Естественные потоки, создаваемые в результате выдоха человека, такие как кашель, чихание, разговор и дыхание, можно рассматривать как «струйные» воздушные потоки. Такой подход объясняется тем, что они образуются из одного источника за одно усилие выдоха и обладают относительно симметричной конической геометрией [14].

Распространение и рассеивание аэрозольного облака в воздухе моделируются в различных исследованиях с помощью подхода Эйлера-Лагранжа, поскольку этот подход учитывает отдельные частицы и вычисляет траекторию каждой из них отдельно [15]. Большое количество

высвобождаемых частиц при дыхательном действии необходимо для получения соответствующего описания потоков выдоха. Для воздушного носителя используются уравнения Рейнольдса и Навье-Стокса (RANS) со стандартной моделью турбулентности $k - \epsilon$.

В концепции Эйлера-Лагранжа все частицы рассматриваются как дискретные частицы, где местоположение и скорость каждой частицы прослеживаются через сетку с использованием второго закона движения Ньютона.

Подводя итог, можно сказать, что изучение распространения инфекций, передающихся воздушно-капельным путём, является важным направлением исследований в виду эпидемиологической ситуации в мире. Главным образом инфекционные заболевания передаются от человека к человеку в результате кашля, чихания, дыхания и разговора. Каждый из этих процессов характеризуется основными параметрами (размер, скорость и количество капель), которые учитываются при CFD моделировании. Создание моделей является важным этапом изучения данной темы для понимания динамики движения частиц воздуха и последующей разработки рекомендаций по защите населения от заражения.

Список использованных источников:

1. Bourouiba L. Turbulent gas clouds and respiratory pathogen emissions: Potential implications for reducing transmission of COVID-19 // *Jama*. – 2020. – Т. 323. – №. 18. – С. 1837-1838.
2. Evaporation and dispersion of respiratory droplets from coughing / L. Liu, J. Wei, Y. Li, A. Ooi // *Indoor Air*. – 2017. – Т. 27. – № 1. – С. 179-190.
3. CFD Simulation of the Airborne Transmission of COVID-19 Vectors Emitted during Respiratory Mechanisms: Revisiting the Concept of Safe Distance / Mariam, A. Magar, M. Joshi [и др.] // *ACS Omega*. – 2021. – Т. 6. – № 26. – С. 16876-16889.
4. Wilson N. M. et al. The effect of respiratory activity, non- invasive respiratory support and facemasks on aerosol generation and its relevance to COVID- 19 // *Anaesthesia*. – 2021. – Т. 76. – №. 11. – С. 1465-1474.
5. Han Z. Y., Weng W. G., Huang Q. Y. Characterizations of particle size distribution of the droplets exhaled by sneeze // *Journal of the Royal Society Interface*. – 2013. – Т. 10. – №. 88. – С. 20130560.
6. Dhand R., Li J. Coughs and sneezes: their role in transmission of respiratory viral infections, including SARS-CoV-2 // *American journal of respiratory and critical care medicine*. – 2020. – Т. 202. – №. 5. – С. 651-659.
7. Sheikh K. Talking can generate coronavirus droplets that linger up to 14 minutes // *NY Times*. – 2020.
8. Wang C. C. et al. Airborne transmission of respiratory viruses // *Science*. – 2021. – Т. 373. – №. 6558.
9. Bahramian, A. Effect of indoor temperature on the velocity fields and airborne transmission of sneeze droplets: An experimental study and transient

CFD modeling. / A. Bahramian, M. Mohammadi, G. Ahmadi // The Science of the total environment. – 2023. – Т. 858. – № 2. – С. 159444.

10. Официальный сайт Imperial College London. – URL: <https://www.imperial.ac.uk> (дата обращения: 22.01.2023). – Текст: электронный.

11. Ahmadzadeh, M. Investigating the effect of air conditioning on the distribution and transmission of COVID-19 virus particles / M. Ahmadzadeh, E. Farokhi, M. Shams // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Т. 316. – С. 128147.

12. Ginger, L. G. The chemistry of the lipids of tubercle bacilli: LXXI. The determination of terminal methyl groups in branched chain fatty acids / L. G. Ginger // Journal of Biological Chemistry. – 1944. – Т. 156. – № 2. – С. 453-456.

13. Официальный сайт OpenFOAM. – URL: <https://www.openfoam.com/> (дата обращения: 16.02.2022). – Текст: электронный.

14. Airflow dynamics of human jets: sneezing and breathing - potential sources of infectious aerosols / J. W. Tang, A. D. Nicolle, C. A. Klettner [и др.] // PLoS ONE. – 2013. – Т. 8. – № 4. – С. 1-7.

15. Hossain, M. Modeling aerosol cloud aerodynamics during human coughing, talking, and breathing actions / M. Hossain, N. H. Faisal // AIP Advances. – 2021. – Т. 11. – № 4.

© Аношина А.В., Лабаш А.Т., Седяров О.И., 2023

УДК 621.31

АНАЛИЗ РАЦИОНАЛЬНОСТИ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕРАЦИИ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

Антонова Е.М., Нефедов С.Ф.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул*

В настоящее время мы наблюдаем устойчивый уровень урбанизации и развитие технологий, что становится неотъемлемой частью нашей жизни. Увеличение городского населения, постройка новых сооружений, внедрение новых технологий в быту и на производстве – все это ведет к увеличению энергопотребления. Исходя из данных соображений следует вывод о необходимости увеличения производимых мощностей.

На сегодняшний день по оценкам экспертов в среднем ископаемых энергоресурсов хватит примерно на 30 лет, газа – на 100 лет. На ТЭС приходится более 60% вырабатываемой электроэнергии РФ [1]. Однако

производство энергии способом сжигания газа, нефти, угля и т.д. пагубно влияет на экологическую ситуацию в мире. Принцип работы ТЭС основан на преобразовании тепловой энергии пара, получаемой в результате сжигании топлива в топках паровых котлов, в электроэнергию. Пар проходит через паровую турбину, вращая ее, а генератор преобразует механическую энергию турбины в электроэнергию, которая и поставляется потребителям.

При сжигании топлива выделяется огромное количество вредных веществ (окиси, углеводороды, твердые частицы), которые в результате выбрасываются в атмосферу, загрязняя ее. Кроме того, при сбросе сточных вод происходит не только химическое загрязнение нефтепродуктами после промыва оборудования, поверхностей паровых котлов и других систем, но и тепловое. Сброс нагретой воды приводит к повышению температуры во всем водоеме, что влечет за собой уменьшение кислорода, содержащееся в воде, и увеличение токсичности содержащихся примесей. Это все способствует нарушению существующей экосистемы и размножению болезнетворных микроорганизмов и бактерий, которые могут вызвать серьезные заболевания при попадании в питьевую воду.

Использование источников альтернативной энергии имеет ряд экологических преимуществ – это позволяет существенно снизить выброс вредных веществ в атмосферу и водоемы, а также уменьшить количество потребляемых невозобновляемых ресурсов [2].

Помимо этого, возобновляемых источников энергии (ВИЭ) имеют и экономические преимущества: использование неиссякаемых ресурсов, которые не требуют финансовых затрат на их добычу и транспортировку. Их использование позволяет снизить затраты на энергоносители, а в силу относительно небольших габаритов электростанции и отсутствия отрицательного влияния на качество воздуха, они могут быть размещены вблизи от энергопотребителей. Это также снижает потери при передаче электроэнергии.

Одними из самых распространенных способов выработки электроэнергии с использованием ВИЭ являются ветрогенераторы и солнечные панели. Для оптимальной работы важен грамотный подбор оборудования с учетом особенностей местности.

Отличительной характеристикой ветрогенераторов является форма оси, которая принципиально влияет на работу. Принято выделять два вида: горизонтальный и вертикальный [3].

Горизонтальные ветрогенераторы являются более эффективными, так как за счет конструкции они задействуют большую часть энергии воздушного потока, нежели вертикальные. Однако это же является и недостатком данного вида, так как данным генераторам необходима настройка по направлению ветра. Кроме того, для таких генераторов

необходима высокая опора, которая будет обеспечивать оптимальный режим контакта с потоками ветра.

КПД вертикальных ветрогенераторов заметно ниже, так как воздействие воздушного потока происходит на все лопасти, что замедляет вращение. В то же время такие виды генераторов работают при любом направлении ветра, не требуют установки на высоте, а значит, упрощается обслуживание и ремонт.

Значительными достоинствами солнечных панелей является их автономность, долгий срок службы (до 25 лет), бесшумность и возможность установки дополнительных панелей для увеличения системы мощности.

В основе принципа действия солнечных батарей лежит процесс преобразования световой энергии в электрическую – фотоэффект, – который происходит благодаря свойствам полупроводниковых материалов. По свойствам материала и выделяют разновидности солнечных панелей: монокристаллические, поликристаллические и амфорные. Монокристаллические являются наиболее подходящими для солнечных регионов, так как такие панели лучше остальных поглощают прямые солнечные лучи. Несмотря на это, такие панели улавливают рассеянный свет гораздо хуже, нежели поликристаллические. Амфорные панели также обладают более высоким КПД при рассеянном свете, но отличаются от кристаллической своей гибкости [4].

В реальности погода во всех регионах страны в течение года постоянно меняется: от солнечной до пасмурной и ветренной. Кроме того, в зависимости от местности отличается как скорость ветров, так и интенсивность солнечного излучения. Информация о среднегодовой скорости ветра и излучения солнечной радиации на территории российской Федерации представлена на рис. 1. В периоды сильных ветров солнечный свет рассеивается из-за атмосферных явлений. Поэтому солнечные панели будут малоэффективны, и большая часть энергии будет вырабатываться на ветреных установках.

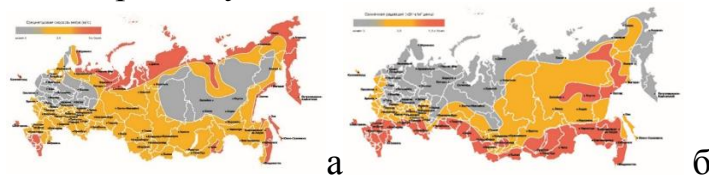


Рисунок 1 – Карта: а) среднегодовых скоростей ветров на территории РФ; б) среднегодового излучения солнечной радиации на территории РФ

В безоблачную погоду интенсивность излучения выше, так как ничего не препятствует падению солнечного света на землю, а сила ветра, как правило, незначительна. Следовательно, основным генератором будут служить солнечные панели. Таким образом, мы можно заметить, что совместное использование генераторов с использованием различных ВИЭ

позволяет добиться максимальной выработки электроэнергии на протяжении всего времени.

Однако, применение данных технологий имеет и собственные недостатки. Основной проблемой подобных генераторов является необходимость накапливания и возврата излишков энергии из-за неравномерного потребления. Кроме того, не стоит забывать о технических особенностях: мощные ветрогенераторы являются источниками сильного шума, а для установки солнечных панелей требуются немалые площади.

Исходя из изложенных выше рассуждений, можно сделать вывод, что применение генераторов на основе ВИЭ стоит рассматривать как одну из приоритетных задач развития электроэнергетики России [5]. Очевидно, что применение только одной технологии неэффективно. Помимо этого, для решения данной задачи необходимо развитие технических средств преобразования и аккумулирования вырабатываемой электроэнергии для обеспечения качества электроснабжения потребителей. Грамотный подбор оборудования, опирающегося на различные ВИЭ, с учетом климатической зоны позволит добиться максимально выгодного использования возобновляемых источников энергии.

Список использованных источников:

1. Теплоэнергетика России [Электронный ресурс] : Сайт «Энергосети России» – (Специальная литература). – Режим доступа: <https://energoceti.ru/articles/teploenergetika-rossii> – Загл. с экрана.

2. Преимущества возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс] : Сайт «Yashel technologies» – (Специальная литература). – Режим доступа: <https://yashel.tech/preimushhestva-ispolzovaniya-vozobnovlyaemyh-istochnikov-energii/> – Загл. с экрана.

3. Какие виды ветрогенераторов наиболее эффективны: особенности, достоинства и недостатки [Электронный ресурс] : Сайт «Energo.house» – (Специальная литература). – Режим доступа: <https://energo.house/veter/vidy-vetrogeneratorov.html/> – Загл. с экрана.

4. Виды солнечных батарей: сравнительный обзор конструкций и советы по выбору панелей [Электронный ресурс] : Сайт «Совет инженера» – (Специальная литература). – Режим доступа: <https://sovet-ingenera.com/eco-energy/sun/vidy-solnechnyx-batarej.html#i-3> – Загл. с экрана.

5. Проблемы использования ветряных электростанций в России [Текст]: Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. – Издательство: Уфимский государственный авиационный технический университет (Уфа), 2022. – СС. 321-323.

© Антонова Е.М., Нефедов С.Ф., 2023

УДК 66.047.76

РАСЧЁТ КИНЕТИКИ СУШКИ ПЛОСКИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЁННОГО УРАВНЕНИЯ МАССОПЕРЕДАЧИ

Баранова Я.П.

Научный руководитель Кошелева М.К.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Одной из важнейших причин, сдерживающих разработку и внедрение в промышленность энергоресурсосберегающего оборудования, в том числе для проведения одного из самых энергозатратных процессов – процесса сушки является отсутствие инженерных методов расчета [1-3]. Особенно остро данная проблема стоит в отделочном производстве текстильных предприятий, где от проведения процесса сушки во многом зависит качество готового материала и на проведение данного процесса расходуется достаточно большое количество электрической и тепловой энергии [1]. Для сушки на этих предприятиях используется как контактная, так и конвективная сушка тканей и нетканых материалов.

Создание обобщённого метода расчета массообменных процессов, в том числе тепломассообменного процесса конвективной и контактной сушки плоских текстильных материалов является существенным результатом [4-9].

Применительно к процессам сушки обобщенное уравнение массопередачи имеет вид: $-M \left(\frac{dU}{d\tau} \right) = K_{du}(A_d - d)(U - V_u) = K_{du} \cdot \Delta$, (1), где K_{du} - константа скорости процесса сушки, сохраняющая свое постоянство в течении всего процесса, то есть независимо от периода сушки; A_d - верхняя асимптота; V_u - нижняя асимптота; U - текущая влажность материала; d - влагосодержание сушильного агента (воздуха); Δ - движущая сила процесса, являющаяся произведением двух сомножителей - движущих сил по теплоносителю и по материалу [3, 8, 9].

Для определения необходимой продолжительности сушки уравнение (1) проинтегрировано. При этом текущее влагосодержание сушильного агента выражено через текущую влажность объекта сушки с использованием уравнения рабочей линии, которое связывает между собой влагосодержание сушильного агента и влажность материала [9]:

$$\beta \cdot M \cdot v(U_0 - U) = L \cdot (d - d_0) \quad (2).$$

Из уравнения (2) следует: $d = a - gU$ (3), где $a = gU_0 + d_0$, $= \beta \cdot M \cdot v/L$.

Подставляя значение d из уравнения (3) в уравнение (1), получим:

$$-M \left(\frac{dU}{d\tau} \right) = K(A - U)(U - B), \quad (4), \quad \text{где } A = \frac{A_d - a}{g} \quad (5), \quad K = K_{du} \cdot g, \quad B = B_U.$$

В уравнение (4), в отличие от уравнения (1), входит только одна переменная, что позволяет его проинтегрировать. В результате интегрирования получается [9]:

$$\tau = \left(\frac{M}{K(A-B)} \right) \ln \left(\frac{(A-U)(U_0-B)}{(A-U_0)(U-B)} \right) = \left(\frac{M}{K(A-B)} \right) z, \quad (6), \quad \text{где } U_0 - \text{ начальное влагосодержание материала; } z - \text{ натуральный логарифм безразмерного концентрационного комплекса.}$$

Уравнение (6) может быть использовано для обобщения экспериментальных данных как контактной, так и конвективной сушки плоских текстильных материалов [3, 8, 9].

Для моделирования процесса сушки распространение получило модифицированное обобщенное уравнение массопередачи, получаемое из уравнения (6) заменой A на U_0 и U_0 на A . В результате уравнение (6) принимает вид [3, 9]:

$$\tau = \left(\frac{M}{K(A-B)} \right) \ln \left(\frac{(U_0-U)(A-B)}{(U_0-A)(U-B)} \right) = \left(\frac{M}{K(A-B)} \right) z' \quad (7).$$

Обобщённое уравнение массопередачи (ОУМ) в таком виде целесообразно применять, когда наряду с массообменным процессом протекают и процессы другой физической природы, например, когда часть влаги удаляется механическим путём.

Использование ОУМ для расчета кинетики процесса сушки возможно при известных параметрах A , B и K .

Значения A , B и K можно определить на основе экспериментальных кинетических кривых сушки, используя метод нелинейной регрессии (метод Гаусса-Ньютона). Блок-схема расчёта параметров уравнения (6) представлена в [9].

С использованием компьютерного инструмента Python разработана программа на основе алгоритма расчёта кинетики по обобщенному уравнению массопередачи.

Все расчеты реализованы в среде Jupyter Notebook на языке программирования Python. При решении были использованы библиотеки numpy, xlrd, pandas, matplotlib, pylab, scipy, math, smath.

С помощью этих библиотек были произведены сложные математические расчеты, построены графики, были импортированы файлы с данными xlrd-файла.

Список использованных источников:

1. Кошелева М.К. Процессы и аппараты текстильных технологий в примерах, лабораторных работах и тестах. Москва: ИНФРА-М. 2019. 321 с.

2. Гуляев Ю.В., Белгородский В.С., Кошелева М.К. Обзор материалов симпозиума "Вторые международные Косыгинские чтения "Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и

оборудование", приуроченные к 100-летию РГУ имени А.Н. Косыгина" Теоретические основы химической технологии. 2020. Т. 54. № 3. С. 392-396.

3. Сажин Б.С., Кошелева М.К., Сажина М.Б. Процессы сушки и промывки текстильных материалов // под ред. проф. Б.С. Сажина: Монография. - М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ». 2013. 301 с.

4. Сажин В. С. Основы техники сушки. М: Химия. 1984. 320с.

5. Реутский В.А., Сажин Б.С. Обобщенный аналитический метод расчёта процессов хемосорбции // ЖПХ 1982. Т.55, N 9. 2013-2017 с.

6. Реутский В.А., Сажин Б.С. Расчет процессов абсорбции и десорбции с использованием асимптотических концентраций поглощаемого компонента // ЖПХ. Т. 60. N 8. 1761-1765 с.

7. Сажин Б.С., Реутский В.А., Кошелева М.К. Метод расчета процесса промывки тканей после печати // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1987. N 6. 68-71 с.

8. Сажин Б.С., Реутский В.А. Расчёт кинетики сушки тканей с использованием обобщенного уравнения массопередачи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1984. № 4. С. 59-62 с.

9. Власов А.Е. Разработка обобщённого метода расчета процессов контактной и конвективной сушки нетканых клееных материалов: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.17.08 / Моск. текст. академия. Москва. 1992. 15 с.

© Баранова Я.П., 2023

УДК 66.011

МЕТОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТАХ

Белоусов А.С., Овсянников Д.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Для обеспечения технологического суверенитета РФ большое значение будет иметь подготовка соответствующих кадров, в частности инженеров, обладающих навыками исследования и разработки нового оборудования и процессов. В концепции технологического развития [1] ключевое внимание уделяется именно повышению эффективности взаимодействия двух процессов: научных исследований и разработки технологий. Для подготовки таких кадров, придется, в определенной степени, менять содержание учебных планов. Однако разработка новых планов обычно требует подготовки и занимает достаточно много времени. Поэтому было бы целесообразно провести опережающую работу по оценке

требуемых знаний и навыков, апробации необходимых подходов для рассматриваемой области. В данной работе предлагается проводить такую апробацию в рамках выпускной квалификационной работы (ВКР), по возможности используя при этом базовые принципы технологического проектирования.

Отметим, что даже просто применение принципов проектной методики дает студентам, дополнительно к получаемым знаниям, навыки решения проблем путем самостоятельных действий на примере конкретной разработки. Далее рассмотрим подходы к проектированию, характерные для инженерных специальностей, изучающих устройства с текучими средами внутри аппаратов. К этой группе специальностей относятся, например, промышленная теплотехника, химические технологии, задачи легкой, текстильной и ряда других отраслей промышленности. Для рассматриваемой группы производств характерна сложность технологических решений, высокая энергонасыщенность и материалоемкость, большая протяженность и сложность коммуникаций, глубокие функциональные взаимозависимости материальных, энергетических и информационных потоков [2]. Для такого оборудования характерны сложные внутренние потоки субстанций [3], в частности взаимодействие гидродинамических и тепловых явлений.

Для сложных технических объектов такого рода разработаны обширные методики конструирования и технологического проектирования, которые заложены в системах документов (системах стандартов), регламентирующих проектные, строительные, монтажные и эксплуатационные работы на территории РФ. Основные, имеющие отношение к рассматриваемой теме системы, это: ЕСКД – единая система конструкторской документации; ЕСТД – единая система технологической документации.

Из-за сложности объектов, количество документов (ГОСТОВ, методических указаний и т.п.) в этих системах насчитывает сотни единиц. Поэтому в ВКР применяются сокращенно и выборочно лишь некоторые элементы принципов и методов проектирования, заложенные в этих системах стандартов.

Анализ системы ЕСКД показывает, что она устанавливает нормы и правила по оформлению и обращению конструкторской документации на изделие или оборудование, которое фактически уже ранее разработано. Аналогичный подход принят и в ЕСТД, как на оборудование, так и на процессы, технологии, регламенты работы. Очевидно, что по этой же причине в учебных стандартах данной группы специальностей для ВКР разделены и, в общем, изолированы и практически не взаимодействуют два основных вида деятельности: научно-исследовательская или проектная. Таким образом, методические материалы, необходимые именно для совместной работы по исследованию, разработке

(усовершенствованию) и проектированию оборудования или процессов фактически отсутствуют.

Для того чтобы оценить возможность апробации в ВКР совместного применения методов научного исследования и технологического проектирования с элементами, характерными для усовершенствования оборудования, рассмотрим возможность варьирования между задачами ВКР. Состав задач, решаемых в ВКР, может определяться в результате компромисса между различными требованиями: 1 – правилами текущего стандарта образования по направлению; 2 – принципами и требованиями технологического проектирования; 3 – текущими базовыми знаниями студентов; 4 – временными возможностями ВКР; 5 – правилами годового финансирования и планирования работ вуза. Естественно, что требования 1, 3 должны остаться неизменными, а в требованиях 2 и 4 можно изменить акценты. Ниже изложен вариант организации работ такого рода.

Предлагается заменить технический объект, обычно рассматриваемый в ВКР как производственный, на упрощенный и малогабаритный вариант (например, учебный или лабораторный стенд) по соответствующей специальности). В этом случае упрощается описание объектов, оно становится более наглядным и можно включить в работу необходимые дополнительные элементы [4, 5]. Основные базовые элементы и этапы технологического проектирования, применяемые в ВКР при этом, сохраняются, однако, за счет уменьшения числа единиц оборудования и уменьшения масштабов появляется возможность ввести дополнительные элементы работы.

Рассмотрим возможные дополнения. В первую очередь необходим развернутый этап предпроектных исследований. В рамках этого этапа проводится ряд работ: изучение существующих объектов по данной теме, исследование возможных новых закономерностей и явлений в исследуемых объектах, прогнозирование их развития; критический анализ и теоретическое обобщение решаемых и возможных новых задач; выполняется оценка имеющегося методического обеспечения; проводится анализ развития технических средств: датчиков измерений, вторичных приборов, источников движения сред и генерации их свойств; вспомогательного оборудования. Обосновывается целесообразность усовершенствования установки, или создания нового стенда, и в итоге формируются технические требования к функциям и структуре установки.

Этап разработки технического задания (ТЗ) формируется на основе предпроектных исследований и, дополнительно к обычным элементам, ТЗ может содержать: характеристику объектов исследований; возможные варианты испытаний на объектах; уточненные технические требования и показатели, расширенные диапазоны измерений; стадии и этапы создания установки; порядок испытаний, опытной эксплуатации и технологической эксплуатации.

Этап технического (технорабочего) проекта разрабатывается на основе ТЗ. Дополнительно к типовым элементам технологического и конструкторского проектирования может содержать: разработку структуры установки и состава ее подсистем; основные операции и схемы процессов исследований и испытаний; разработка принципиальных схем и состава компонентов, подсистем и средств обеспечения системы; расчет ожидаемых показателей; формирование требований к измерительным устройствам, к возможным испытаниям нестандартных блоков установки; спецификацию компонентов, в том числе заданий на изготовление сторонним исполнителям и собственными силами; составление технических заданий и заявок на разработку нестандартных блоков; формирование заявок на изготовление отдельных блоков и на закупку приобретаемых компонентов; смету затрат.

В результате технорабочего проекта разрабатываются окончательные технические решения, дающие полное представление о создаваемой установке с заданными функциями и техническими характеристиками. Разрабатывается документация, необходимая для изготовления и испытания опытного образца установки.

Поскольку общий объем работ в проектировании данного типа значительно увеличивается, а временной фактор ВКР ограничен, то для реализации комплекса работ в новом формате необходимо: 1 – составлять комплексные бригады из нескольких исполнителей; 2 – проводить работы, по крайней мере, в две стадии, то есть делить по времени на два или более года.

Некоторые работы могут балансироваться между первой и второй стадиями. Это, например, изготовление и испытания отдельных компонентов установки.

Во вторую стадию укрупненно можно рекомендовать следующие работы: часть работ по изготовлению и сборке компонентов; монтаж и наладка компонентов установки; разработка методики и программы испытаний установки в целом и ее подсистем для определения реальных возможностей и диапазонов исследований; проведение пуско-наладочных испытаний, доработки компонентов, уточнение возможностей работы установки и проведения опытной эксплуатации; разработка программ и документации на опытную эксплуатацию; проведение опытной эксплуатации с целью определения фактических показателей и возможностей установки, устранения дефектов и неисправностей; приемочные испытания для определения соответствия ТЗ; технологическая эксплуатация установки, разработка методического и расчетного обеспечения, выполнение исследований и разработок, планирование дальнейшего развития и усовершенствования установки.

Таким образом, предложенная схема организации ВКР позволяет опережающим образом апробировать методологию расширенного

исследовательского и технологического проектирования, и проводить обучение элементам разработки нового оборудования и процессов.

Список использованных источников:

1. Концепция технологического развития РФ до 2030 года планируется утвердить в марте [Электронный ресурс] /ТАСС. – 23.01.2023. — Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/16860437>.

2. Дворецкий С. И., Кормильцин Г. С., Калинин В. Ф. Основы проектирования химических производств: уч. пособие /М.: Машиностроение-1, 2005. – 280 с.

3. Белоусов А.С. Гидродинамика турбулентных течений в аппаратах с закрученными потоками // Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности: сб. научных трудов Международной конференции, посвящённой 105-летию со дня рождения А. Н. Плановского. Т. 1. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2016. – С. 111-115.

4. Шарпар Н. М., Коверженко М. Д. Конструкционные особенности экспериментального стенда для исследования процессов теплообмена в условиях свободной и вынужденной конвекции // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Часть 4. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2022 – С. 153 -156.

5. Белоусов А.С., Абрамин В.Ю., Измайлова Г.Ш. Исследовательские и проектные задачи расчета промышленных теплообменников // Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2021. –с. 56 – 61.

© Белоусов А.С., Овсянников Д.А., 2023

УДК 66.011

**ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ РАЗРАБОТКИ
ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ ТЕПЛООБМЕННИКОВ**

Белоусов А.С., Шарпар Н.М., Зябликов Г.О., Пигин Н.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В данной работе предлагается проводить разработку лабораторных стендов теплообменников в рамках диплома (выпускной квалификационной работы – ВКР), по возможности используя при этом базовые принципы конструкторского и технологического проектирования. Теплообменные аппараты широко распространены во многих отраслях

промышленности [1, 2]. В объектах промышленной теплотехники, химических технологиях теплообменники могут занимать 30-70% от числа единиц оборудования в установках. Исследование и проектирование теплообменников и близких к ним устройств с внутренними потоками текучих сред [3] распространено также в легкой, текстильной и других отраслях промышленности.

Выполнен аналитический обзор существующих лабораторных установок, обнаружен ряд особенностей технической реализации и методических задач, решаемых на стендах по этой теме. Приблизительно имеющиеся на рынке и в вузах учебные установки можно разделить на две группы: первая группа (рыночная) предлагается в виде типовых малогабаритных стендов со значениями ширины стенда L и высоты H как $H \leq 1,6$; $L \leq 1,6$ м. Эти установки насыщены современными датчиками, микропроцессорами, имеются выходы на подключение компьютеров и тепловизоров. Вторая группа содержит нестандартные установки, сделанные самими вузами. Эти стенды сделаны фактически в виде полупромышленных установок, их габариты порядка $\approx 3,0 \times 2,2$ м.

Методические задачи, решаемые в обеих группах, базируются на приближенных уравнениях конвективного теплообмена. Например, для турбулентного режима течения критериальные уравнения имеют вид:

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25} \epsilon_l, \quad (1),$$

$Nu = 0,4 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25} \epsilon_\phi$, (2), где Re – критерий Рейнольдса, Pr – критерий Прандтля, Pr_{CT} – критерий Прандтля при температуре стенки, ϵ_l – поправочный коэффициент, учитывающий развивающееся течение на начальном участке трубы, который зависит от отношения длины трубки к диаметру L/d , ϵ_ϕ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние угла атаки пучка труб. Уравнение (1) описывает теплоотдачу в прямых трубах и каналах, уравнение (2) – поперечное обтекание гладких труб, расположенных в шахматном порядке.

Движущая сила выражается через осредненную по всему аппарату разность температур потоков:

$$\Delta T = \frac{(\Delta T_{max} - \Delta T_{min})}{\ln(\Delta T_{max} / \Delta T_{min})}, \quad (3), \text{ где } Re - \Delta T_{max} \text{ и } \Delta T_{min} -$$

большая и меньшая разность температур теплоносителей на концах теплообменника.

Основной особенностью расчетных задач для рассматриваемых установок является цепочка осреднений и упрощений для различных элементов процесса теплообмена. Критериальные уравнения для коэффициентов теплоотдачи исходно описывают локальную область вблизи стенки, причем для гидродинамически стабилизированного течения. Анализ показал, что эти осреднения и упрощения, а также

искажения полей на входе в малогабаритные установки приводит к тому, что экспериментальные данные и расчетные оценки коэффициентов теплоотдачи могут расходиться вплоть до 25-30%.

Для учебного применения важно рассмотреть также связь этих лабораторных работ и последующих курсовых и дипломных. В существующих работах основной задачей лабораторных является получение коэффициента теплопередачи, который в дальнейшем используется для определения необходимой площади теплообменника и, в итоге, производится выбор типового аппарата из каталога. Таким образом, фактически решается задача потребителя готовых разработок оборудования.

Длинные нестандартные стенды второй группы отчасти повышают точность измерений, но они слишком громоздки. Следовательно, задачу усовершенствования установок можно поставить другим образом: используя новые возможности приборов подобрать геометрию и режимы работы аппаратов, повышающие воспроизводимость измерений и дополняющими задачу потребителя исследовательскими элементами. При этом, как следует из обзора, изучаемые эффекты должны быть достаточно сильными, чтобы преодолеть возможные погрешности.

Основной геометрический параметр – диаметр трубок – обычно находится в следующем диапазоне: для кожухотрубных теплообменников 0,016-0,025 м, а для аппаратов типа труба в трубе (ТТ), наиболее характерны размеры 0,025-0,057 м. Однако, в последние годы намечается тенденция к уменьшению размеров трубок. По данным работы [4] желательный диапазон диаметров трубок аппаратов составляет в среднем 0,008-0,016 м. В авиакосмической технике и в судостроении применяются малые трубки диаметром 0,004-0,012 м. Таким образом, в лабораторном стенде желательно исследовать два варианта трубок: А1 – аппарат ТТ с трубками малого диаметра и А2 – аппарат с трубками среднего диаметра. Для этих диаметров в лабораторной установке желательно обеспечить соотношение $L/d > 30$ (ошибка не более 7%). Тогда для всех режимов можно в первом приближении не учитывать развивающийся пограничный слой на начальном участке [5]. Наиболее сильные физические эффекты для основного режимного параметра – числа Рейнольдса, как известно, наблюдаются в области $2000 < Re < 10000$.

Для оценочных расчетов в намеченных областях исследования использован подход системного анализа [2, 6]. В этом случае уравнения течения двух сред можно записать в виде:

$$-\frac{1}{Bo} \cdot \frac{d^2 T_1}{dz^2} + \frac{dT_1}{dz} = \frac{K \cdot F \cdot (T_1 - T_2)}{G \cdot c_p}, \quad (4)$$

$$-\frac{1}{Bo} \cdot \frac{d^2 T_2}{dz^2} + \frac{dT_2}{dz} = -\frac{K \cdot F \cdot (T_1 - T_2)}{G \cdot c_p}, \quad (5), \text{ где } K \text{ – коэффициент теплопередачи, } F \text{ – поверхность теплообмена, } G, \text{ – расход теплоносителя, } c_p \text{ – теплоемкость,}$$

Bo – критерий Боденштейна, T_1 , T_2 – температура теплоносителя и хладагента.

Для оценки диапазонов возможных исследований на установке выполнены расчеты с использованием уравнений (1-5) и моделей расчета из [2, 6]. На рис. 1 представлены в безразмерном виде данные приближенных расчетов, характеризующие планируемые аппараты стенда и возможные диапазоны их исследования. На рис. 1а представлены характеристики теплоотдачи аппаратов ТТ, с трубками А1 (малый диаметр) и А2 (средний диаметр) для ламинарного и переходного режимов течения. Как видно из этих данных коэффициенты теплоотдачи трубок в обеих областях отличаются в несколько раз. Тенденции изменения коэффициентов в зависимости от числа Re для обеих трубок сходны. В ламинарной области при увеличении Re происходит слабое увеличение коэффициента теплоотдачи трубок. При достижении первого критического значения критерия Рейнольдса тенденция резко изменяется. В начале переходной области теплоотдача с очень высоким темпом возрастает, затем при переходе в турбулентную область стремится практически к линейному возрастанию. Такие резкие изменения физики теплоотдачи обусловлены появлением и развитием турбулентных пульсаций. Значительное преимущество теплоотдачи малой трубки обосновывает конструкцию кожухотрубных теплообменников с многочисленным пучком тонких трубок.

На рис. 1б показаны зависимости от числа Рейнольдса отношения эффективности теплоотдачи в кожухе кожухотрубного теплообменника к теплоотдаче в кольцевом канале теплообменника ТТ, (безразмерный коэффициент K_e рассчитан для трубок одинакового диаметра). Как видно преимущество этой характеристики кожухотрубного аппарата наиболее очевидно в области $Re=6000-10000$. При $Re>20000$ это преимущество в значительной степени теряется.

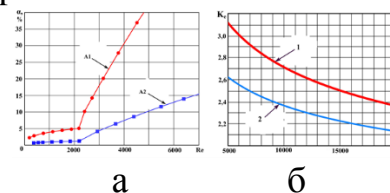


Рисунок 1 – а) коэффициенты теплоотдачи различных трубок. Данные даны в % по отношению к α_1 при $Re=10000$. А1 – Аппарат ТТ с малой трубкой; А2 – Аппарат ТТ со средней трубкой; б) коэффициент сравнительной эффективности пучка трубок в кожухотрубном теплообменнике. 1 – для шахматных пучков; 2 – для коридорных пучков

Проведенные исследования позволили обосновать основные технические требования к проектируемым стендам: необходимо помимо старой методической задачи ввести в проект исследовательские элементы, используя новые возможности измерений и новые конструкции аппаратов:

ограничения по ширине и высоте стенда $H \leq 1,6$; $L \leq 1,6$ м; ограничение «калибра» труб: $L/d \geq 30$; необходимо иметь на стенде три аппарата, в том числе два типа ТТ с соотношением диаметров $d_2/d_1 \geq 3$, и один кожухотрубный, с диаметром внутренних труб $d_k \approx d_2$; требуется обеспечить широкий диапазон реализации и измерения малых расходов $0,05 \leq Q \leq 3,0$ литр/мин.

Таким образом, обоснована схема организации стендов и требования к ним, которые позволят апробировать в ВКР методологию расширенного исследовательского и технологического проектирования и проводить на стенде обучение элементам исследования и разработки нового оборудования и процессов.

Список использованных источников:

1. Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А. и др. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс, 8-е изд., стер. в 2 кн., кн. 1 / Под ред. Айнштейна В.Г. – М.: Лань, 2019. – 916 с.

2. Белоусов А.С., Абрамин В.Ю., Измайлова Г.Ш. Исследовательские и проектные задачи расчета промышленных теплообменников // Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы. Ч.1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2021. – С. 56 – 61.

3. Дворецкий С.И., Кормильцин Г.С., Калинин В. Ф. Основы проектирования химических производств: уч. пособие / М.: Машиностроение-1, 2005. – 280 с.

4. Коноплев А.А., Алексанян Г.Г., Рытов Б. Л., Берлин А. А. Об эффективных трубчатых теплообменниках // Теоретические основы химической технологии. – 2015. – Т. 49, № 1. – С. 65 – 73.

5. Овсянников Д.А., Белоусов А.С. Анализ пространственного моделирования на основе модели развивающихся течений вязкой среды // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Часть 4. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2022 – С. 109 – 113.

6. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств / 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 403 с.

© Белоусов А.С., Шарпар Н.М.,
Зябликов Г.О., Пигин Н.С., 2023

УДК 697.85

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОАЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЫМОВЫХ ТРУБ

Белоусов А.С., Овсянников Д.А., Брыксин М.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Высотные дымовые трубы – конструктивно сложный элемент основных сооружений теплоэлектростанций, тепловых электростанций, а также промышленных предприятий многих отраслей промышленности. Они обеспечивают экологическую защиту территорий, окружающих промышленные предприятия [1]. Выход из строя дымовой трубы приводит к остановке производств, а также к значительным затратам на ремонт. Данные промышленной безопасности дымовых труб показывают, что большинство из них эксплуатируются более 50 лет, и давно отработали свой нормативный срок. Поэтому чрезвычайно важен диагностический контроль состояния труб. Применение метода неразрушающего контроля – тепловизионной диагностики позволяет обнаружить дефекты труб без остановки их работы. Для диагностики термограмм тепловизора желательно анализировать как характеристики изоляции труб, так и режимы внутреннего течения. Соответственно в данной работе рассматривается развитие, как технических средств тепловидения, так и новых возможностей исследования аэродинамики течений в дымовых трубах.

Для оценки актуальных возможностей тепловидения в работе был проведен анализ развития этой аппаратуры в последние десятилетия. Установлено, что за этот срок произошло существенное изменение качества аппаратуры и, в целом, возможностей тепловизионного анализа, важных для диагностики дымовых труб (ДТТ). С точки зрения ДТТ рассматриваемый период можно разделить на два этапа. На первом этапе (примерно 2000-2010 гг.) тепловизионная диагностика проводилась с помощью наземных измерений. Технология наземной ДТТ и слабые технические возможности аппаратуры приводили к ряду погрешностей: снижение качества замеров при больших углах к измеряемой поверхности, необходимости уделенной установки приборов и т.п.

На втором этапе (примерно 2010-2023 гг.) за счет ряда технических усовершенствований были созданы тепловизоры, специально разработанные для использования с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Фактически это стало новым видом оборудования – беспилотными тепловизионными комплексами (БТК).

Отметим, что в последние годы в мире происходит экспоненциальный рост БПЛА. Например, в 2022 г. мировой рынок БПЛА составил около 2,5 трлн. рублей, а российский – около 20 млрд. рублей. Сейчас принимаются меры по развитию технологий БПЛА в РФ [2], в том числе по контролю промышленных объектов. По прогнозам в 2025 российский рынок должен увеличиться примерно до 81 млрд. рублей. Однако пока на российском рынке тепловизионная диагностика промышленных тепловых объектов применяется в основном для анализа крупномасштабных линейно-протяженных объектов (линий электропередач, нефте-газопроводов). При этом используются БПЛА самолетного типа. Для полноценного анализа дымовых труб необходимо более совершенные функции камеры и применение мультикоптера. Сравнительный анализ упомянутых выше первого и второго этапов ДТТ, показал следующие тенденции. Сначала рассмотрим функции тепловизоров, которые уже были на первом этапе и улучшены на втором: разрешение тепловизора увеличилось с 100x100 пикселей до 1200x100 пикселей; максимальная температура с 200°C до 1500°C; температурная чувствительность увеличилась с 0,5°C до 0,05°C. Однако наиболее важны новые функции БТК: бортовая операционная система, которая обеспечивает полный доступ ко всем функциям камеры и управлению полетом; полная потоковая передача данных в реальном времени и контроля во время полета; простое визуализированное управление камерой через сервисные программы; оптическое зуммирование; автоматическая фиксация температурных неоднородностей по заданным параметрам; возможность совмещения функций двух камер в видеорежиме; комплекты разработки, которые позволяют пользователям разрабатывать собственные приложения и др. Таким образом, новые возможности аппаратуры БТК во многом решают различные проблемы погрешностей наземной диагностики. Для задач расшифровки термограмм дальнейшее улучшение диагностики может лежать в области пространственного моделирования турбулентных течений [3, 5].

При расчете теплоаэродинамики дымовых труб обычно используют приближенные представления о равномерном линейном потоке в трубе [6].

Однако результаты диагностики труб говорят о возможных неравномерностях течений [6, 7]. Рассмотрим применение методов пространственной гидродинамики (CFD – computational fluid dynamics) для оценки этих неравномерностей. Такая оценка имеет также важное значение для установки приборов контроля выбросов теплостанций [8].

Рассмотрим высотную конусную дымовую трубу с односторонним вводом газохода в виде наклонного патрубка. В расчете возможно два варианта краевых условий на входе: первый – с равномерным полем скоростей, параллельным оси газохода и второй – с горизонтальным входным потоком. Рассчитывались осредненные уравнения Навье-Стокса с

моделью турбулентности второго порядка. Уравнения для пульсаций представлены в виде:

$\left(\frac{DV_i \cdot V_j}{Dt}\right) = \Phi_{ij} - G_{ij} + P_{ij} - \varepsilon_{ij} + D_{ij}$, (1), где Φ_{ij} - тензор, отражающий генерацию пульсаций; G_{ij} - генерация за счет сил плавучести; P_{ij} - порождение или разрушение компонентов вследствие пульсаций давления; D_{ij} - диффузионный член; ε_{ij} - диссипация пульсаций.

Оценки неравномерности надо проводить в режиме постпроцессинга, который содержит функциональные возможности визуализации различного вида [3]. Однако обычно применяемые для анализа картины течений, контурные поля и т.п. не всегда удобны для числовых обобщений прикладного характера [4, 5, 8]. В данной работе для оценок неравномерности течений в дымовой трубе предложено применить выборку скоростей вдоль линейных направляющих, параллельных оси трубы. На рис. 1 представлены полученные в результате расчетов и такой выборки, значения безразмерной радиальной составляющей скорости для первого и второго варианта краевых условий на входе в газоход.

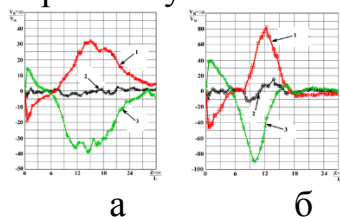


Рисунок 1 – а) значения радиальной скорости по высоте газоотводящей трубы при равномерном потоке на входе в патрубок газохода. 1 – направляющая $\bar{R} = -0,71 \cdot R_{out}$; 2 – направляющая $\bar{R} = 0$; 3 – направляющая $\bar{R} = 0,71 \cdot R_{out}$. б) значения радиальной скорости по высоте газоотводящей трубы при горизонтальном потоке на входе в патрубок газохода; направляющие – те же.

Как видно из этих результатов, изменение краевых условий значительно влияет на числовые характеристики течения. Величина отклонений радиальной скорости во втором варианте существенно увеличилась, соответственно изменится избыточное давление газов и характер термограмм. Поэтому диагностику с помощью комплексов БТК современного уровня целесообразно сочетать с пространственным анализом течений в дымовых трубах.

Список использованных источников:

1. Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях / Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям, ИТС 22-2016. – М.: Бюро НДТ, 2016. – 198 с.

2. В московском парке "Руднево" создадут федеральный центр беспилотных авиасистем [Электронный ресурс] /ТАСС. – 17.11.2022. – Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/16355353>.

3. Telea A. C. Data Visualization: Principles and Practice - Second Edition. CRC Press, 2014 - 617 p.

4. Белоусов А.С., Голованов В.В., Геллер Ю.А. Моделирование 3-D структур турбулентных течений в вихревых аппаратах // Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование: сб. научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина»: т.2.– М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2019. – С. 134–138.

5. Белоусов А.С., Абрамин В.Ю., Овсянников Д.А. Идентификация локальных явлений в технологических аппаратах // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий: сб. научных трудов. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – с. 47 – 51.

6. Дужих, Ф.П., Осоловский В.П., Ладыгичев М.Г. Промышленные дымовые и вентиляционные трубы /под ред. Ф.П. Дужих – М.: Теплотехник, 2004. – 464 с.

7. Акатьев В.А., Метелкин Е.В., Волкова Л.В. Внутритрубная оптическая дефектоскопия функционирующих дымовых труб // Дефектоскопия. – 2015. – № 9. – С. 79–86.

8. Росляков П. В., Хохлов Д. А., Зайченко М. Н., Ионкин И. Л.. Особенности закрученных потоков в дымовых трубах // Теплообмен и гидродинамика в закрученных потоках: материалы VIII международной конференции, М., 18–21 октября 2021 года. – М: Издательский дом МЭИ, 2021. – С. 126-127.

© Белоусов А.С., Овсянников Д.А., Брыксин М.А., 2023

УДК 66.047.76

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА СУШКИ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ГИГРОСКОПИЧЕСКОЙ ВАТЫ

Беляева А.С.

Научный руководитель Кошелева М.К.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Современным и актуальным способом решения вопросов экологической и производственной безопасности является не борьба с

имеющими место вредными и опасными факторами, а совершенствование технологических процессов, приводящее к существенному снижению этих выбросов. При совершенствовании технологии большое внимание на сегодняшний день уделяется использованию современных способов интенсификации процессов [1].

Тепловую сушку можно отнести к числу наиболее энергоёмких технологий, на которую расходуется около 12% всех затрат энергии в производстве. Энергосберегающие мероприятия в сушильных установках включают энергосберегающие технологии, кинетические способы и теплотехнологические способы.

Один из важных путей повышения эффективности сушилок – это совершенствование процесса сушки и сушильного оборудования посредством внедрения способов интенсификации тепломассообменных процессов [1].

Проведён анализ особенностей процесса сушки в технологии получения медицинской ваты, установлено, что сушка проводится непрерывным способом с использованием нагретого воздуха в качестве сушильного агента на ленточных сушилках с достаточно толстым слоем волокна на транспортёре, что увеличивает продолжительность сушки.

Процесс сушки является одним из главных этапов в обработке хлопкового волокна при получении ваты. Необходимо не допустить высвобождение и свободной и связанной влаги, иначе это приведёт к потере гидрофильных свойств и эластичности. Если волокно пересушено, то оно подлежит трудоёмкому и длительному восстановлению с помощью обработки паром и вылёживанию в помещениях с повышенной влажностью, поскольку будут потеряны гидрофильные свойства и эластичность [2]. В тех случаях, когда основные физические свойства хлопка при сушке не должны изменяться, удаляется только свободная влага [3, 4]. Выбор способа интенсификации процесса сушки хлопкового волокна в процессе получения ваты должен проводиться с учётом особенностей процесса на основании сравнительного анализа способов интенсификации и их экологической и производственной безопасности. Кроме того, должны учитываться свойства самого хлопкового волокна.

В табл. 1 представлены данные, полученные экспериментальным методом, по максимальной сорбционной влажности для хлопкового волокна и его влагосодержание при относительной влажности воздуха равной 0,7 ($\varphi = 0,7$) [5]. Сорбционные свойства характеризуют материал как объект сушки и имеют значение при выборе метода интенсификации процесса.

Таблица 1 – Сорбционные свойства волокон хлопка

Вид хлопкового волокна	Максимальная сорбционная влажность, %	Количество сорбционной влаги при относительной влажности воздуха, $\varphi = 0,7$	Количество удаляемой при сушке сорбированной влаги, %
Хлопок суровый	25,5	8,0	17,6
Хлопок мерсеризованный	29,0	9,5	19,5

Анализ литературных источников показал, что имеются работы, посвящённые интенсификации процесса сушки хлопкового волокна различными способами, хотя публикации, касающиеся технологии и безопасности процесса сушки хлопкового волокна непосредственно в процессе его переработки при получении медицинской ваты, практически отсутствуют.

В результате проведенных экспериментальных исследований в [6] установлено, что наибольшая эффективность наблюдается при совместном воздействии нагретого сушильного агента и ультразвуковых колебаний. Из представленных авторами зависимостей следует, что многочастотное ультразвуковое воздействие обеспечивает прирост эффективности сушки до 20% по сравнению с воздействием на одной фиксированной частоте [6].

Таким образом, наиболее изученный способ интенсификации процесса сушки – это ультразвуковое воздействие. Однако в дальнейшем необходимо провести сравнение эффективности и экономичности данного способа с такими способами интенсификации как сушка токами высокой частоты, вакуумная сушка и др.

Интенсификация сушки является сложным процессом, который оказывает влияние на качество получаемого продукта и воздействует на человека в рабочей зоне и на окружающую среду.

Необходимо проводить анализ эффективности различных технических решений, при этом учитывая на стадиях проектирования и апробации требования охраны окружающей среды, рационального природопользования [7].

Одной из проблем, которую надо решать при разработке технических решений, является проблема классификации возможных нежелательных последствий по степени опасности и необратимости, и, соответственно, принятие необходимых мер по их предотвращению. Для каждого класса технических решений используется различная совокупность концепций. Основой подхода является нахождение таких объективных закономерностей, которые можно эффективно использовать для охраны окружающей среды [7].

Список использованных источников:

1. Гуляев Ю.В., Белгородский В.С., Кошелева М.К. Обзор материалов симпозиума "Вторые международные Косыгинские чтения "Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование", приуроченные к 100-летию РГУ имени А.Н. Косыгина" Теоретические основы химической технологии. 2020. Т. 54. № 3. С. 392-396.

2. Егоров, П. Н. Технология ваты (одежной и медицинской гигроскопической) / П. Н. Егоров, Г. А. Вайнштейн. – Москва: Гизлегпром, 1955. – 182 с.

3. Ульдяков, А. И. Сушка хлопка-сырца / А. И. Ульдяков. – Москва: Легкая индустрия, 1975. – 142 с.

4. Ульдяков, А. И. Интенсификация процесса сушки хлопка-сырца с применением токов высокой частоты: Прогрессивная техника, технология, передовой производственный опыт в промышленности и на транспорте/ Ин-т науч.-техн. информации и пропаганды Госплана УзССР / А. И. Ульдяков, Г. В. Банников. – Ташкент: без издательства, 1969. – 9 с.

5. Кошелева, М. К. Анализ свойств объектов технологической обработки в химической и текстильной промышленности: учебно-методическое пособие / М. К. Кошелева. – Москва: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – с.22.

6. Ультразвук. Аппараты и технологии / В. Н. Хмелев, А. В. Шалунов, С. С. Хмелев, С. Н. Цыганок ред. – Барнаул: Алтайский гос. технический ун-т им. И. И. Ползунова, 2015. – 687 с.

7. Хмелев, В. Н. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве / В. Н. Хмелев, О. В. Попова. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 1997. – 168 с.

© Беляева А.С., 2023

УДК 62-97/-98

ВЫБОР РАБОЧЕГО ВЕЩЕСТВА И ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА СУШИЛЬНОГО УЧАСТКА ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

Бусурманкулова М.Ж.

Научный руководитель Антаненкова И.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Важным направлением развития промышленной теплотехники является использование возобновляемых источников энергии и сбросной энергии. Сбросная энергия, которую возможно использовать на том же предприятии – это вторичные энергетические ресурсы (ВЭР). Использование ВЭР осуществляется в теплоутилизационных установках, в качестве которых могут быть использованы теплообменные аппараты различных конструкций, термотрансформаторы, в частности, теплонасосные установки (ТНУ). В молочной промышленности технологические процессы являются энергоемкими, так, например, при производстве сгущённого молока и сухого молока требуется энергия в виде водяного пара, которая в последующем используется для увеличения

концентрации продукта. Как следствие, имеет место выход ВЭР в виде конденсата сбросного пара. Особо актуально применение ТНУ в цехах, связанных с процессами сушки продукта, например в цехе производства сухого обезжиренного молока.

Задачи, рассматриваемые в работе: изучение особенностей и рабочих параметров технологий молочной промышленности; расчет и анализ параметров утилизируемой теплоты ВЭР и потребителей тепловой энергии; расчет оптимальных параметров цикла ТНУ; проектирование (выбор) оборудования для ТНУ; технико-экономическое обоснование и оценка экологической эффективности проекта.

В данной статье рассматривается расчет и анализ параметров утилизируемой теплоты вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) и потребителей тепловой энергии. Первоначально необходимо определить, что такое вторичные энергетические ресурсы. Вторичные энергетические ресурсы – это энергия, которая образуется в процессе производства продукции, но не используется и выбрасывается в окружающую среду. Далее, необходимо произвести расчет параметров утилизации теплоты ВЭР. Расчет проводится на основе термического баланса, который позволяет определить количество теплоты, которое можно использовать в дальнейшем. После расчета параметров утилизации теплоты ВЭР, производится анализ параметров потребителей тепловой энергии, чтобы определить, в каком объеме можно использовать утилизованную теплоту. В итоге, анализ параметров утилизируемой теплоты вторичных энергетических ресурсов и потребителей тепловой энергии позволяет определить возможности по повышению эффективности использования энергоресурсов, а также снижению затрат на производство.

Исходя из целей и требований проекта, а также доступных ресурсов и материалов, определяем оптимальные параметры, такие как температура, давление рабочей среды, ее энтальпия и т.д.

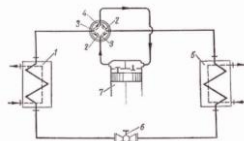


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы теплового насоса.

Для примерного понимания выше представлена примерная установка на рис.1. Данный аппарат состоит из следующих частей: 1 – наружный теплообменник; 2 – направление движения хладагента при охлаждении помещения; 3 – направление движения хладагента при отоплении помещения; 4 – четырехходовой кран-переключатель; 5 – внутренний теплообменник; 6 – регулирующий вентиль; 7 – компрессор.

Теплонасосная установка – это технологическое оборудование, которое используется для переноса тепла из одного источника в другой. Основной принцип работы теплонасосной установки заключается в

использовании тепловой энергии, которая уже находится в окружающей среде, для обеспечения процесса нагрева внутренней среды. При проектировании оборудования для теплонасосной установки необходимо учитывать ряд факторов. В первую очередь, выбор оборудования будет зависеть от типа источника тепловой энергии, а также от характеристик среды, которую необходимо обогреть. Для выбора оборудования следует определить источник тепловой энергии, который будет использоваться для нагрева внутренней среды (в качестве источника тепловой энергии могут использоваться грунт, вода, воздух или тепловые насосы). Кроме того, необходимо учитывать мощность теплонасосной установки, ее габариты и технические характеристики. В зависимости от потребностей, могут быть выбраны различные варианты теплообменников, компрессоров и других компонентов. При выборе оборудования для теплонасосной установки также стоит учитывать энергетическую эффективность оборудования и его стоимость. Важно выбрать оптимальное соотношение между качеством и стоимостью оборудования, чтобы обеспечить максимальную эффективность работы теплонасосной установки.

В общем и целом, проектирование (выбор) оборудования для теплонасосной установки – это процесс, который требует учета множества факторов. Однако, правильный выбор оборудования позволит обеспечить эффективный и экономичный процесс нагрева внутренней среды. Техно-экономическое обоснование и оценка экологической эффективности технологий теплонасосной установки в молочной промышленности. В настоящее время проблема экологической устойчивости и энергоэффективности становится все более актуальной в различных отраслях промышленности, включая молочную. Одним из способов ее решения является применение технологий тепловой энергии, таких как тепловые насосы. Технология теплового насоса позволяет использовать тепло из окружающей среды, такой как воздух, вода или земля, для обогрева зданий или производственных помещений. В молочной промышленности помимо подогрева внутренней рабочей среды, используемой в производственных процессах, тепловые насосы также могут использоваться для поддержания оптимальной температуры в производственных помещениях. Техно-экономическое обоснование и оценка экологической эффективности технологий тепловой энергии, таких как тепловые насосы, является важным шагом при их внедрении в молочной промышленности. Это позволяет определить эффективность использования этих технологий и их влияние на окружающую среду. Важными факторами, которые необходимо учитывать при технико-экономическом обосновании и оценке экологической эффективности технологий тепловой энергии, являются затраты на оборудование, энергопотребление, экологические последствия и потенциальная экономия энергии. Технологии тепловой энергии, включая тепловые насосы, могут

значительно снизить затраты на энергопотребление и уменьшить негативное влияние на окружающую среду. Также, использование технологий тепловой энергии может привести к значительной экономии затрат на производство.

Подводя итог, можно сказать, что технико-экономическое обоснование и оценка экологической эффективности технологий тепловой энергии, таких как тепловые насосы, является важным шагом в развитии молочной промышленности. Она позволяет определить эффективность использования этих технологий и их влияние на окружающую среду, что является важным аспектом в повышении экологической устойчивости и энергоэффективности промышленности в целом. При выборе рабочего вещества и параметров теплонасосной установки для энергосберегающего комплекса сушильного участка производства молока необходимо учитывать несколько факторов. В первую очередь, следует определиться с типом теплонасосной установки, которая будет использоваться. Далее, необходимо определиться с рабочим веществом. Одним из наиболее эффективных вариантов являются фреоны, которые не только обладают высокой тепловой эффективностью, но и наносят минимальный вред окружающей среде. Также стоит учитывать параметры самой установки, такие как температурный режим, производительность и давление. Необходимо выбрать установку, которая соответствует требуемым параметрам производства молока и обеспечивает достаточную скорость сушки. В целом, выбор рабочего вещества и параметров теплонасосной установки должен основываться на балансе между эффективностью и экономичностью, а также на соответствии требованиям производства.

Список использованных источников:

1. Сухих А.А. Методика сравнения термодинамической эффективности циклов холодильных и теплонасосных установок // Вестник международной академии холода/ Сухих А.А., Антаненкова И.С. 2012. №4. С. 21-25.

2. StudFiles: файловый архив студентов: сайт. -М, 2019 -.- URL: <https://studfile.net>. Текст: электронный.

© Бусурманкулова М.Ж., 2023

УДК 331.453

ИГРОВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ В ОБУЧЕНИИ ОХРАНЕ ТРУДА

Глазачев И.Д.

Научный руководитель Отрубянников Е.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Игровые компьютерные модели – это широкое название для видеоигр, но по своей сути, это компьютерная программа, взаимодействие пользователя с которой происходит в формате игры. Игра, несмотря на то что кажется простым понятием, довольно абстрактна. Считается, что игра – это процесс обучения каким-либо навыкам без риска для игрока [1]. При этом играет человек в первую очередь для удовольствия. В современном мире игры стали для определенных людей способом заработка на жизнь и своего рода работой, но рассматривать вопрос остается ли в таких условиях игра игрой в рамках данной работы не целесообразно. В самом определении игры как процесса обучения, заложен большой потенциал для образовательного процесса.

Стоит отметить, что в современных реалиях игры сформировались как отдельный вид искусства, аналогичный живописи, фотографии, кино. Как и у других видов искусства, у игр формируются свои особенности. Так, они отличаются большим погружением потребителя из-за высокой вовлеченности, что является особенностью не только компьютерных игр. Разыгрывание игровых событий в виртуальном мире позволяет сделать их масштабными и специфичными. В видеоигре мы можем изобразить экстремальные условия, такие как пожар, землетрясение, наводнение, так, чтобы игрок в них поверил и погрузился, при этом не боясь за свою жизнь. Это является большим преимуществом компьютерных игр, так как в игре живого действия на создание чего-то похожего потребовались бы серьезные капитальные вложения. Настольные игры или викторины в свою очередь не погружают игрока в процесс с помощью визуального ряда, вместо этого используются чувства и эмоции.

Охрана труда – это задача по сохранению здоровья и жизни сотрудников предприятия. Стоит отметить, что данную задачу решают предприятия разного толка и функционала, как офисные организации, так и газодобывающие компании. Отличается лишь степень риска и значительность возможных угроз. С этим связаны сложности в процессе обучения охране труда, так как любой образовательный процесс требует вовлеченности и мотивации. Работа может выполняться и не замотивированным человеком, однако это значительно снизит его

эффективность, а также повысит утомляемость [2]. С рутинной, мало интересной работой время идет медленно, задачи выполняются неэффективно, а усталость наступает достаточно быстро. Основная причина в вовлеченности участника [3]. Если какой-то процесс не интересен, то и его эффективность этого процесса будет падать. Процесс изучения охраны труда, имеет очень низкую вовлеченность, так как в отличие от профессиональных навыков, не влияет прямым образом на доход. Особую роль тут играет психология человека, в частности склонность ниже оценивать риски, зависящие от него самого [4].

Игра как процесс нацелена вовлекать человека и этот процесс начинает казаться значимым, что подталкивает игрока выполнять внутриигровые задачи, которые на самом деле могут являться значимыми и вне игры. Это процесс называется игрофикацией [5]. Игрофикация имеет весьма широкое применения, но изначально она использовалась в маркетинге. В частности, авиакомпания начали использовать бонусы за полётные мили, как оплату или скидку на снятие отельных номеров или покупку следующих билетов. Участнику становится интересно набрать как можно больше миль, а когда задача выполняется – появляется ощущение выполненной цели. Таким образом происходит принуждение игрока к выполнению определенных задач и создается ощущения значимости и важности достигнутых целей.

Игрофикация в обучении, в свою очередь направление более широкое. В последние годы всё большую популярность набирает такое направление как игровой подход в обучении, когда учащийся активно участвует в познавательном процессе, выполняя творческие задания [3]. Дело в том, что игры сами по себе предполагают получение какого-то навыка. В целом, наш мозг создан для решения задач и получает от этого процесса удовольствие, проблемы начинаются, когда задачи кажутся бессмысленными, слишком простыми или легкими, теряется ощущение испытания, человек выходит из так называемого состояния потока [6]. Состояние потока – термин популярный в игровом дизайне, но само состояние существует во всех видах деятельности и заключается оно в полном сосредоточении на какой-то задаче и погруженность в нее. Состояние потока также можно назвать моментом полной вовлеченности [6].

С целью игрофикации процесса обучения применяются настольные игры, викторины, интерактивные видео, игры живого действия, но особенно актуальным направлением на текущий момент являются компьютерные игры. Связано это с их особенностями, описанными выше в статье, но кроме прочего компьютерные игры обладают преимуществами любого цифрового продукта: так, после разработки выпуск любого количества копий не требует дополнительных ресурсов, удобны видеоигры и в распространении, они не требуют каких-либо дополнительных средств

кроме компьютера, который сейчас имеется у большинства людей. Особенно распространённость персональных компьютеров повысилась после пандемии коронавируса, когда многие люди были вынуждены работать из дома. Это также аспект в пользу компьютерных игр – отсутствует необходимость собирать множество людей в одном помещении, обучение может происходить удаленно.

Отдельным ответвлением компьютерных игр можно обозначить симуляторы виртуальной реальности. Они не имеют больших отличий от общего потока игры, но выделяются большим уровнем погружения в происходящее, человек лучше ощущает пространство, в котором происходит игра. В некоторой степени такие средства позволяют человеку даже столкнуться со страхом высоты или открытого пламени, что позволяет привыкнуть к опасности в спокойных условиях и увереннее чувствовать себя при реальной угрозе. Тренажеры с применением виртуальной реальности уже на протяжении некоторого времени становятся стандартом в обучении.

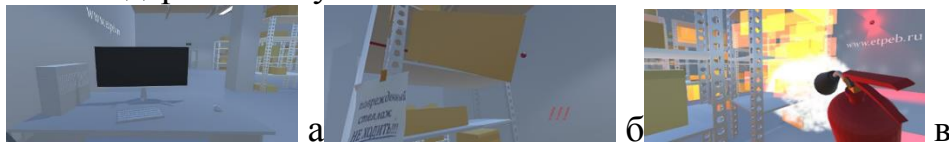


Рисунок 1 – а) складское пространство в разработанном прототипе игры; б) сценарный эпизод из прототипа игры; в) эпизод использования дополнительного оборудования в процессе игры.

Для изучения вопроса с практической точки зрения в рамках данной работы был создан прототип обучающей игры в среде разработки Unity. Прототип состоит из рабочего складского пространства (рис. 1а). Как любое производство, данное пространство имеет ряд источников опасностей, взаимодействие с которыми необходимо выполнять игроку. В частности, он должен перемещаться по обозначенным проходам, избегать их захламления и блокирования (рис. 1б). В игре воссозданы несколько сценариев, в которых игроку необходимо принимать решения, связанные с безопасностью и охраной труда. К примеру, в случае пожара игроку необходимо включить сигнализацию и приступить к тушению возгорания, либо покинуть помещение в случае возникновения угрозы для жизни. После непосредственного принятия какого-либо решения игроку дается учебная информация, о том, почему конкретный вариант действий в данной ситуации является правильным либо же неправильным. В случае ошибки игрок проходит задание заново, по средствам чего и происходит обучение и запоминание игроком правильного алгоритма действий. Кроме этого обучение происходит через демонстрацию игроку работы некоторых устройств безопасности. Работу некоторых из них игрок может только наблюдать, так, в игре показано тушение огня пожарными спринклерными оросителями, с другими же средствами обучающийся непосредственно взаимодействует, в частности, применяет огнетушитель (рис. 1в). В

первую очередь, планируется развитие прототипа в сторону добавления большего количества помещений, а соответственно игровых сценариев и преподносимых знаний, а также создание других локаций с их специфическими угрозами и правилами безопасности, например, производственные цеха или химические лаборатории. Кроме этого, рассматривается возможность создания различных режимов игры: для ознакомления с правилами охраны труда и для проверки знаний обучающегося.

Стоит отметить что прототип игры, выполненный в данной работе, выполнялся индивидуально при относительно невысоком уровне навыков программирования на языке C# и трехмерного моделирования в программе Blender. Однако это позволило создать игру-тренажер, которая достаточно понятно и убедительно симулирует рабочее пространство с интерактивными объектами, различные травматические ситуации и дающий базовые знания по охране труда.

Так же стоит отметить применение в процессе обучения обычных игр. Такая практика получила широкое распространение в мире. Обычно для образовательного процесса полезными оказываются различные симуляторы, например такие как Cities: Skylines погружающий игрока в проблемы экономики города, проектирования инфраструктуры, экологии и так далее. К этой же категории можно отнести Kerbal Space Program, применяемую NASA. Игра посвящена строительству ракет и других космических аппаратов. Она имеет достаточно точную физику, из-за чего в процессе игры так или иначе приходится понимать базовые принципы, используемые в реальных космических миссиях. Всё это дополняется модификацией KerbalEdu, делающей упор на обучение школьников. Похожая ситуация произошла с игрой Minecraft Игра получила отдельное образовательное издание: Minecraft Education Edition, и уже применяется в школах различных стран. При этом даже обычное издание используется педагогами для большего вовлечения детей. Ещё одним примером может служить игра Variant Limits – приключенческая игра с загадками, особенностью которой является необходимость решать загадки завязаны с математическими вычислениями.

Из приведенных примеров видно, что игровая индустрия имеет большой потенциал в образовании, такой что порой даже созданные изначально для развлекательных целей продукты получают уверенное применение в процессах обучения. При этом само направление разработки такого рода продукта является актуальным из-за необходимости развития культуры безопасности и практического повышения квалификации персонала предприятий в вопросах охраны труда.

Список использованных источников:

1. Архипенко Я. И. Игра как метод обучения // Образовательный портал «Справочник». – Дата последнего обновления статьи: 01.03.2023.

https://spravochnick.ru/pedagogika/teoriya_obucheniya/igra_kak_metod_obucheniya/

2. Прокина Е. О. Основные причины демотивации персонала и её последствия / Е. О. Прокина. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2015. – № 10 (90). – С. 768-771.

3. Игровая форма учебного процесса как способ вовлечения учащихся / В. Е. Скачок, В. В. Баранов, А. А. Котлярович [и др.]. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 39 (277). – С. 263-265.

4. Бажанов В. А., Гондаренко М. В. Проблема когнитивных искажений при оценке рисков и принятии инновационных решений // Ценности и смыслы. 2012. №5 (21). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-kognitivnyh-iskazheniy-pri-otsenke-riskov-i-prinyatii-innovatsionnyh-resheniy> (дата обращения: 01.03.2023).

5. Бахметьева И. А., Яйлаева Р. Н. Игрофикация в образовании // Colloquium-journal. 2019. №21 (45).

6. Казакова Наталья Юрьевна Принципы проектирования обусловливающих достижение состояния «Потока» аспектов в гейм-дизайне // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 2: Филология и искусствоведение. 2016. №1 (172).

© Глазачев И.Д., 2023

УДК 577.115

ПЛАЗМЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОТОПЛИВА

Горбунова П.Ю.

Научный руководитель Седляров О.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В настоящее время мы наблюдаем, как все больше промышленно развитых стран стремятся к полному запрещению выбросов оксида углерода. На практике такое стремление означает существенное снижение выбросов углекислого газа во всех направлениях развития нашего высокоиндустриального общества.

В настоящее время проблема состоит в том, что рынок естественным путем снижает издержки потребителя, но не обязательно сокращает соответствующие выбросы диоксида углерода. Поэтому многие считают, что такое сокращение уже приближается к максимально достижимым показателям.

Проблемы снижения выбросов CO₂ обычно касаются двух отраслей промышленности: добычи, транспортировки и переработки углеводородов

и производства тепловой и электрической энергии, на которые приходится около 25 и 40%, соответственно, всех выбросов CO₂. Помимо этих двух отраслей, внедрение CCUS-технологий (улавливание, утилизация и хранение углерода) должно в полной мере относиться и к технологиям переработки ОПП (в том числе и с использованием плазменных технологий), при реализации которых образуется большое количество CO₂.

Таким образом, улавливание, использование и хранение углерода (CCUS) – глобальная проблема для всех стран и необходимо разработать экологичные, возобновляемые чистые виды топлива, которые удовлетворят мировой спрос при смягчении последствий изменения климата.

Методы связывания углерода условно можно разделить на три группы: физические, химические и биологические.

К биологическим методам связывания углерода относят процессы, при которых углекислый газ преобразуется в органические вещества в клетках микроводорослей или высших растений.

В отличие от физико-химических методов улавливания CO₂, микроводоросли сохраняют свою способность эффективно связывать углекислый газ даже при его крайне низких атмосферных концентрациях, используя при этом в качестве источника энергии естественный солнечный свет. Преимущество использования микроводорослей для улавливания CO₂ заключается в том, что захваченный биомассой микроводорослей углерод доступен для преобразования в продукты с высокой добавленной стоимостью – для изготовления красителей, антиоксидантов, косметических средств и фармацевтических препаратов для лечения онкологических, неврологических и офтальмологических заболеваний.

Микроводоросли имеют короткий жизненный цикл, основанный на процессе фотосинтеза. С точки зрения процесса фотосинтеза, они более эффективно, чем наземные растения, связывают углекислый газ, что может способствовать снижению выбросов парниковых газов. МВ по существу являются миниатюрными биотехнологическими и химическими заводами. Многие микроводоросли особенно богаты маслами (более 80 мас. % на сухую биомассу) и могут использоваться для производства биотоплива [1].

Микроводоросли могут быть использованы в пищевой промышленности в качестве кормовых добавок и нутрицевтиков, так как являются богатыми источниками белка, аминокислот, ненасыщенных жирных кислот, витаминов и минералов. Также микроводоросли используются для производства внеклеточных полимерных веществ и полигидроксиалканоатов, которые имеют множество промышленных применений, например, для производства биоразлагаемых пластиков [2].

Микроводоросли наилучший вариант улавливания, использования и хранения углерода. Наиболее развивающаяся область использования микроводорослей в настоящее время – это получение биодизеля из их

липидов. Так, в некоторых видах водорослей при оптимальных условиях культивирования содержание липидов превышает таковое в масличных растениях.

Среди всех видов зелёных водорослей наиболее коммерчески успешными и широко используемыми в промышленности являются представители рода хлорелла [2].

Состав жирных кислот определяли газохроматографическим методом. Кислоты состоят из смеси ненасыщенных жирных кислот, таких как олеиновая (18:1), линолевая (18:2) и линоленовая кислота (18:3). Насыщенные жирные кислоты, пальмитиновая (16:0) и стеариновая (18:0), присутствуют в незначительной степени. В исследовании Кнота (2008), пальмитиновая, стеариновая, олеиновая и линолевая кислоты наиболее распространены как жирные кислоты, содержащиеся в биодизеле.

Наибольшее количество жирных кислот получается при условии, что в питательной среде содержится повышенное содержание азота, как следствие, топливо получается более высоко качества.

В лабораторных условиях было получено биотопливо из *C. vulgaris* для дизельных двигателей. Оценивалось влияние условий роста на свойства биодизеля. Было установлено, что свойства полученного топлива соответствуют стандартам ASTM (American Society for Testing and Materials) [3].

На рис. 1 показан состав метиловых эфиров жирных кислот биотоплива, полученного из микроводоросли хлореллы, а также выход биотоплива, который представляет собой отношение общей массы метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) к общей массе сухого остатка биомассы [1].

Эфир жирной кислоты	Молекулярная масса	Молекулярная формула	Относительное содержание, %
Метил тетрадеканат	242	C ₁₄ H ₃₀ O ₂	29.2
Метил гексадеканат	270	C ₁₆ H ₃₄ O ₂	10.1
Метил-9-гексадеканат	268	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	37.2
Метил октадеканат	298	C ₁₈ H ₃₈ O ₂	1.1
Метил-12-октадеканат	296	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	4.5
Метил-9,12-октадеканат	294	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	13.8
Выход биодизельного топлива (от массы сухого остатка), %			28.2

Рисунок 1 – Состав метиловых эфиров жирных кислот биодизельного топлива, полученного из микроводоросли Хлореллы.

На основании полученных данных можно утверждать, что микроводоросль хлорелла обладает наилучшими характеристиками для использования в производстве биотоплива: быстрым ростом и высокой продуктивностью биомассы при подходящем содержании липидов; легкостью культивирования в условиях окружающей среды; подходящим профилем кислотного состава [1].

Использование микроводорослей наиболее выгоднее для получения биотоплива, чем с использованием других культур, используемых обычно для этих же целей. Из масла микроводорослей переэтерификацией в одну стадию получают компонент биодизельного топлива.

Биомасса, полученная в результате переработки микроводорослей, может быть использована либо для продажи внешним потребителям, либо в качестве компонента сырья для переработки в Комплексе ВТПК + БАТ (высокотемпературный плазменный конвектор + блок алга-технологий).

Таким образом, совмещение процесса плазменной переработки ОПП с использованием ВТПК и алга-технологий с участием микроводорослей *C. Vulgaris* позволяет дополнительно получать биодизельное топливо, биомассу и глицерин. Кроме того, регулирование площади БАТ, где происходит выращивание микроводорослей, позволяет увеличить степень внутреннего использования вырабатываемого CO_2 и проводить практически полную замену природного газа горючими компонентами пирогаза и биодизелем.

Реализация (ВТПК + БАТ) – сопряжённой технологии позволяет значительно улучшить показатели процесса по декарбонизации за счёт использования возобновляемых источников (отходы, микроводоросли), снижения потребления природного газа, полным выделением CO_2 из продуктов и использованием его в самом процессе.

Проведённый анализ вариантов технологических схем плазменной переработки отходов различного морфологического состава, предусматривающих полное извлечение CO_2 из образующихся газовых потоков, показывает перспективность объединения ВТПК с блоком алга-технологий (ВТПК + БАТ). Такое объединение позволяет увеличить степень внутреннего использования CO_2 до 88% и в значительной степени (вплоть до 98%) заменить природный газ в ГТУ производимым биодизелем и газовыми компонентами, содержащимися в пирогазе. Использование получаемого CO_2 в Комплексе и замена природного газа биодизелем и газообразными продуктами переработки возобновляемого сырья (отходов) позволяет отнести предлагаемую технологию к числу «зелёных», что делает её более привлекательной не только в экономическом, но и в экологическом плане по сравнению с традиционной технологией колосникового сжигания [2].

Таким образом, применение сопряжённой технологии ВТПК + БАТ позволяет сделать её экологически и экономически привлекательной.

Список использованных источников:

1. Saeedi dehaghani A.H., Pirouzfard V. Производство биодизельного топлива из микроводорослей *Chlorella sp.* и *Spirulina* // Нефтехимия. - 2018. - №4. - С. 496–502.

2. А.В. Артемов, А.В. Переславцев, С.А. Вошинин, С.С. Тресвятский, С.В. Коробцев, Ю.А. Крутяков, А.Г. Хина. Декарбонизация в совмещённом процессе получения биодизельного топлива (техно-экономический анализ) // Энергия: экономика, техника, экология. - 2022. - №7. - С. 55.

3. Культивирование и использование микроводорослей *Chlorella* и высших водных растений ряска *Lemna* / Н. А. Политаева, Ю. А. Смятская, Т. А. Кузнецова и др. 2017

© Горбунова П.Ю., 2023

УДК 623.746.-519

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОВОДНОГО
БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СВЯЗИ
В ЗОНАХ ПОИСКОВЫХ ОПЕРАЦИЙ**

Гуськов А.С., Отрубянников Е.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В современном мире технологические достижения и развитие компьютерных технологий привели к тому, что многие операции, ранее требовавшие крупных и многочисленных команд для выполнения, стали автоматизированными. В этом контексте беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стали широко применяться в различных сферах жизни человека – от аэросъемки до доставки товаров. Беспилотники также используют при поисково-спасательных операциях, особенно в труднодоступной местности. В частности, БПЛА применяют для повышения качества сотовой связи, координации спасательных групп, передачи данных, обеспечения стабильного интернет-соединения. В данной работе будет рассмотрен эксперимент по определению мощности сигнала, получаемого с роутера, установленного на БПЛА и апробирована возможность применения проводного БПЛА для повышения качества связи в зонах поисковых операций.

Использование БПЛА, как ретранслятора мобильной связи или спутникового сигнала, возможна как на больших дирижаблях, так и на более компактных устройствах, таких как квадрокоптеры. В работе [1] описывается использование дирижаблей, как ретрансляторов спутниковой связи. Такое воздушное судно может находиться на высоте от 20 до 23 километров и способно обеспечить сигнал в окружности диаметром 438,8 км. Использование мультироторных БПЛА в качестве вышек сотовой связи рассмотрено в [2]. Автор рассказывает об использовании различными странами мобильных дронов для быстрого развёртывания связи и передачи данных. На основе данной работы предложена концепция проводного дрона, для использования в целях повышения качества связи в зонах поисковых операций. С целью подтверждения возможности

использования был проведен эксперимент по размещению передающего устройства WiFi на мультироторный БПЛА.

Для проведения эксперимента использовался портативный роутер, со следующими характеристиками: поколение сетей мобильной связи: 2G, 3G; частоты WiFi сигнала: 2.4 ГГц; вес 70 г. БПЛА вида квадрокоптер с характеристиками: максимальная высота полёта 600 метров; наличие GPS; вес 1216 г; возможность поднятие полезной массы около 1 кг. На БПЛА была размещена дополнительная аккумуляторная батарея для навесного оборудования весом 300 грамм.

Проведение экспериментальной части работы выполнялось в двух точках – открытая территория и лесная местность. Эксперимент проводился в зоне, разрешенной для полётов БПЛА, с плохим уровнем покрытия сотовой связи для выбранного оператора, с целью имитации условий осложненной обстановки в процессе поисково-спасательных операций.

Для первого эксперимента было выбрано поле площадью 30625 квадратных метров. Замеры проводились в светлое время суток, при ясной погоде. На горизонтальной поверхности были расставлены ориентиры от 0 (место взлёта БПЛА) до 100 метров, с шагом в 20 метров, замеры на интервале 100 метров в высоту, с шагом в 10 метров. Полученные данные мощности сигнала и скорости интернет-соединения фиксировались для дальнейшего сбора и анализа.

Второй эксперимент проводился в лесной местности, с преобладающими хвойными видами деревьев. На земле были нанесены разметки аналогичны разметки первому эксперименту. Для лесного массива замеры проводились на высоте до 100 метров, с шагом в 20 метров. Полученные данные были аналогичным образом записаны и обработаны, в последствие по ним было составлено два графика изображённых на рис. 1. Значения по оси ординат взято в модуле, для удобства представления.

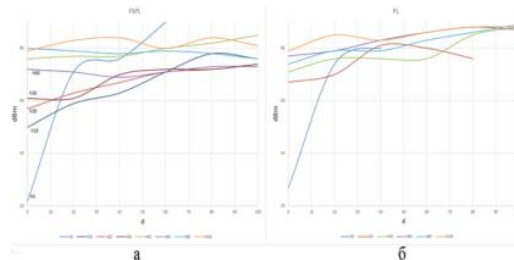


Рисунок 1 – Мощность сигнала: а) на открытой местности, б) в лесистой

По результату проведения экспериментов стоит отметить, что на некоторых графиках отсутствуют данные, что связано с потерей сигнала с источником WiFi. В частности такая ситуация воспроизводится только на уровне земли, причём, по обоснованным причинам, в лесной местности сигнал потерялся на 20 метров раньше. При замере уровня мощности в лесной местности потеря сигнала была на высоте 20 метров удалённости

100 метров, это связано с тем, что БПЛА находился на высоте ниже уровня деревьев. Стоит отметить, что исходящий от пульта управления БПЛА сигнал имеет частоту 2.4 ГГц, что совпадает с рабочей частотой WiFi. Однако, данные сигналы были разведены по различным каналам. Они не перекрывали друг друга, тем самым можно признать отсутствие взаимного влияния. Стоит также отметить, что проведение экспериментов затребовало много времени, потраченное, в частности, на зарядку аккумуляторных батарей для БПЛА. Время полёта с подвешенным грузом увеличило нагрузку на двигатели, тем самым увеличив энергопотребление. Время полёта сократилось до 16 минут от заявленного производителем 25 минут. Чего недостаточно при координации поисково-спасательных отрядов и поддержании стабильного интернет-соединения, даже при использовании множественных подменяющих друг друга БПЛА.

Рассчитать потери мощности WiFi можно теоретическим путём, для чего существуют два подхода [3]. FSPL (free-space path loss) – потеря мощности сигнала на расстоянии, при котором он распространяется в свободном пространстве без препятствий и помех. PL (Path loss) – потери мощности сигнала на расстоянии при его распространении через среду или же при прохождении через препятствия. Для того чтобы рассчитать FSPL нужно воспользоваться следующей формулой:

$FSPL = 20 \lg(d) + 20 \lg(f) + 32,44$ (1), где d – расстояние до роутера (м); f – частота сигнала (МГц); 32,44 – константа, которая учитывает потери мощности на расстоянии 1 метра.

Чтобы рассчитать PL используется следующая формула [4]:

$PL = 20 \lg\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) + K$ (2), где d – расстояние до роутера (м); π – 3,14; λ – длина волны сигнала (3G – 0,12 м, 2G – 0,33 м); K – константа, которая зависит от характеристик использованных антенн и свойств среды.

Полученные результаты показали хорошую сходимость по двум методам расчета.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что использование БПЛА для экстренного обеспечения связи и интернет-соединения практичное решение. Для кратковременного получения доступа к сети, можно использовать аккумуляторные БПЛА. Для создания продолжительно доступа к сети связи и интернету необходимо использовать БПЛА проводного типа, к которому будет поступать электроэнергия с земли посредством кабеля. На земле может быть установлен, как электрогенератор, так и аккумулятор с большим запасом энергии, что позволит беспилотнику продолжительное время находиться в воздухе. Наиболее подходящей высотой, при которой будет соблюдаться баланс между тяжестью кабеля и высотой, на которую поднят дрон с модулем WiFi, являются следующие значения: для открытой местности – 20 метров, а для леса – 40 метров. Чем выше будет высота проводного

БПЛА, тем связь с ближайшей вышкой сотовой связи будет лучше, однако при поднятия проводного БПЛА на значительную высоту будет идти нагрузка на двигатели, так как масса кабеля будет увеличиваться. Стоит отметить, что проводной БПЛА может управляться по питающему проводу или дополнительной физической коммуникационной линией, что позволит избежать проблем с наложением частот или созданием помех.

Список использованных источников:

1. Кузин К.А. Применение ретрансляторов спутниковой связи на беспилотных летательных аппаратах / К. А. Кузин. – Текст: непосредственный // Инновационная наука. – 2019. – № 4. – С. 58-60.

2. Полтавский, А. В. Телекоммуникация систем связи и управления на платформах беспилотных воздушных судов / А. В. Полтавский. – Текст: непосредственный // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2021. – № 2. – С. 58-69.

3. Juwiler, I. Analysis of total signal decay and capacity of information data in wireless atmospheric communication links. Part 2 / I. Juwiler, I. Bronfman, N. Vlaunstein. – Текст: непосредственный // Информационно-управляющие системы. – 2020. – № 1. – С. 54-62.

4. Mokrov, E. V. Performance Evaluation of Dynamic LSA Operation through a model of a stand-alone cell / E. V. Mokrov, I. A. Gudkova. – Текст: непосредственный // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2016. – № 1. – С. 35-41.

© Гуськов А.С., Отрубяников Е.В., 2023

УДК 677.076.4:662.997

**ТЕПЛООБМЕН В ВЫСОКОПОРИСТОМ ПЛОСКОМ СЛОЕ
ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА**

Жмакин Л.И., Шарпар Н.М., Сорокин А.Н., Полуцыган Е.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Пористые текстильные материалы находят широкое применение в технике, включая использование их в качестве абсорберов солнечной энергии [1, 2]. Обычно для охлаждения пористых структур на практике используется метод пропускания воздуха через капилляры твердого тела [3, 4]. Для решения задачи мы будем рассматривать тонкий плоский слой материала (рис. 1) и предположим, что передача теплоты внутри этого слоя происходит через его теплопроводность в твердой фазе [5, 6], при этом температуры твердого скелета (матрицы) и воздуха практически

одинаковы в любой точке пористой структуры. Эти допущения значительно упрощают процесс решения задачи.

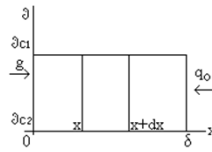


Рисунок 1 – Тонкий слой пористого текстильного материала, продуваемого потоком охлаждающего воздуха

Рассмотрим тонкий плоский слой материала толщиной δ с постоянным коэффициентом теплопроводности λ_c . Размеры слоя в направлениях осей OY и OZ велики, и температурное поле внутри можно считать одномерным, последнее справедливо и для температуры охлаждающего воздуха. Введем избыточную температуру $\vartheta = t - t_B$, где t_B – температура нагнетаемого воздуха. Тогда на поверхности пластины при $x=0$ температура стенки равна v_{c2} . Указана плотность теплового потока q_0 при $x=\delta$. На противоположной поверхности стенки задана скорость фильтрации w , удельный массовый расход охлаждающей среды $g = \rho w$, $\text{кг}/(\text{м}^2 \times \text{с})$ с постоянной теплоемкостью C_p и плотностью ρ . Требуется определить, как меняется температура в стенке с пористой структурой. Как правило, пористость ε определяется как соотношение объема пор к общему объему материала. Если пористость равномерна, то можно предположить, что на поверхности, перпендикулярной к направлению потока охлаждения, сечение для прохождения воздуха составляет $f_v = \varepsilon$, а сечение твердой матрицы, отвечающей за теплопроводность, равно $f_c = 1 - \varepsilon$.

Очевидно, что массовый расход внутри структуры с пористым материалом будет равен g/ε . Процесс переноса тепла в пористых материалах можно представить как совместное воздействие теплопроводности самого материала и теплообмена между твердой матрицей и жидкостью, протекающей через поры материал [5]. Плотности стационарного теплового потока за счет теплопроводности самой пластины в сечениях x и $x+dx$ [7] запишем так:

$$q_x = -\lambda_c \frac{d\vartheta}{dx} (1 - \varepsilon); \quad q_{x+dx} = -\lambda_c \frac{d}{dx} \left(\vartheta + \frac{d\vartheta}{dx} dx \right) (1 - \varepsilon),$$

тогда $dq = q_{x+dx} - q_x = g c_p d\vartheta$ или же (после элементарной подстановки)

$$\frac{d^2\vartheta}{dx^2} - \frac{g c_p}{\lambda_c(1-\varepsilon)} \frac{d\vartheta}{dx} = 0. \text{ Если обозначить } \frac{g c_p}{\lambda_c(1-\varepsilon)} = \phi_c, \text{ то это уравнение примет}$$

следующий вид $\frac{d^2\vartheta}{dx^2} - \phi_c \frac{d\vartheta}{dx} = 0$. Его общее решение записывается так

$\vartheta = C_1 \exp(\phi_c x) + C_2$, а постоянные C_1 и C_2 находятся из граничных условий: при $x=0$ $v_{c2}=0=C_1+C_2$, а при $x=\delta$

$$-\lambda_c \frac{d\vartheta}{dx} = -\lambda_c (C_1 \exp(\phi_c \delta) (\phi_c)) = q_0.$$

Отсюда $C_1 = \frac{q_0}{\lambda_c \phi_c \exp(\phi_c \delta)}$. $\Leftrightarrow C_2 = -C_1$. Распределение температуры в пластине в конечном итоге $\vartheta(x) = \frac{q_0}{\lambda_c \phi_c \exp(\phi_c \delta)} (\exp(\phi_c x)) - \frac{q_0}{\lambda_c \phi_c \exp(\phi_c \delta)}$ или же $\vartheta(x) = \frac{q_0}{\lambda_c \phi_c \exp(\phi_c \delta)} [\exp(\phi_c x) - 1]$.

Некоторые результаты расчета стационарного теплообмена в плоском тонком слое текстильного материала показаны на рис. 2.

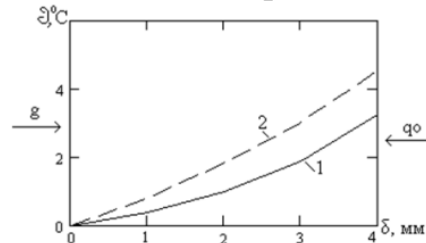


Рисунок 2 – Избыточная температура в пористом слое ткани, продуваемом воздухом при следующих исходных данных: удельный расход воздуха $g=0,05$ кг/м²с (кривая 1) и $0,025$ кг/м²с (кривая 2); пористость $\varepsilon=0,6$; радиационный поток $Q_0=500$ Вт/м²; теплопроводность волокнистого скелета $\lambda_c=0,3$ Вт/м град

Поскольку в рамках этой модели принято, что температура воздуха в каждой точке пористого слоя почти не отличается от температуры волокон (вследствие высоких значений коэффициентов объемной теплоотдачи), то избыточные температуры воздуха также описываются зависимостями, приведенными на рис. 2.

Список использованных источников:

1. Zhmakin L.I., Sharpar N.M. Simulation of heat transport in a solar air collector with porous absorber. *Fibre Chemistry*. 2018. Т. 49. № 5. С. 338-341.
2. Шарпар Н.М., Жмакин Л.И., Османов З.Н. Солнечный воздухонагреватель транспирационного типа. Патент на полезную модель RU 194490 U1, 12.12.2019. Заявка № 2019100504 от 11.01.2019.
3. Sharpar N.M., Zhmakin L.I., Osmanov Z.N. Experimental determination of the longitudinal component of the coefficient of air permeability of textile materials. *Fibre Chemistry*. 2017. Т. 49. № 1. С. 60-63.
4. Шарпар, Н. М. Исследование теплоотдачи нетканых материалов для проектирования теплозащитной одежды / Н. М. Шарпар, Л. И. Жмакин, С. Г. Алексеев, М. В. Ляхов // *Костюмология*. – 2021. – Т. 6. – № 4. – URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/17TLKL421.pdf>.
5. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергия, 1969. – 439 с.
6. Черунова И.В. и др. Исследование влияния пористости на теплопроводность однослойных вспененных материалов типа "Неопрен" // *Технология текстильной промышленности*. – 2021. – № 3 (393). – URL: https://ttp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2021/07/393_16.pdf.

7. Воеводин В.В. Численные методы алгебры. Теория и алгоритмы. – М.: Физмалит, Наука, 1966. – 248 с.

© Жмакин Л.И., Шарпар Н.М.,
Сорокин А.Н., Полуцыган Е.О., 2023

УДК 681:785:574

СПЕКТРОСКОПИЯ КАК МЕТОД ДИСТАНЦИОННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Зязев Б.Ю., Любская О.Г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В настоящее время непрерывно увеличивается потребность в осуществлении экологического мониторинга в связи с увеличением влияния человека на окружающую среду, обусловленного, прежде всего, существующей на данный момент моделью экономической деятельности, которая подразумевает непрерывное увеличение производства товаров и услуг, что непосредственным образом сказывается на состоянии окружающей среды.

Трансформация промышленных гигантов в относительно компактные производственные комплексы, выстраивание новых и более интенсивное использование старых логистических цепочек, переселение граждан из многоквартирных домов в объекты индивидуального жилищного строительства приводит к нарушению существования стабильных биоценозов, изменению структуры земной поверхности, увеличению количества строительного, бытового мусора и токсических веществ в окружающей среде.

В связи с этим экологический мониторинг в формирующихся условиях природопользования осуществлять гораздо сложнее, зачастую традиционные методы, которые были приемлемы несколько десятков лет назад, в настоящее время неосуществимы технически.

Поэтому возникает необходимость в разработке и использовании специальных приборов, позволяющих задействовать ранее не используемые физические принципы при проведении экологического мониторинга, лежащего в основе экологического контроля. Одним из таких методов исследования является спектроскопия.

Фурье-спектроскопия – наиболее предпочтительный метод для оценки состояния окружающей среды, так как позволяет производить не только качественное определение различных веществ в водной и воздушной средах, но и осуществлять их количественную оценку [1].

Установлено, что подавляющее большинство загрязняющих веществ (в том числе и отравляющих) имеют колебательно-вращательные спектральные линии поглощения или излучения в инфракрасном диапазоне волн (2.5-13 мкм). Каждое вещество имеет уникальный спектр испускания или поглощения, что позволяет практически безошибочно определять наличие данного вещества в окружающей среде, определяя с помощью Фурье-спектроскопии длину волны излучения/поглощения. При этом амплитуда волны будет обусловлена количественными характеристиками (концентрация) вещества, которые можно определить на основании закона Бугера-Ламмберта-Бера и решения уравнений переноса [2].

О спектральных характеристиках таких, представляющих угрозу жизни и здоровью живых организмах веществ, как диоксид и монооксид азота, акрилонитрил, аммиак, ацетон, ацетонциангидрид, ацетоуксусный эфир, бензол, дихлорэтан, изопропанол, ортокисилол, метилкарилат, метан и метанол, пропиленоксид, сернистый ангидрид, цианводород, трифосген, толуол, тиофосген, угарный газ (монооксид углерода), фтористый водород, хлорпикрин, этанол и окись этилена накоплено значительное количество данных.

В настоящее время используются два основных спектрорадиометрических способов неразрушающего контроля – активный и пассивный, причем для нас более интересен пассивный способ, при котором регистрируется собственное инфракрасное излучение газа на фоне подстилающей поверхности, имеющей свое фоновое излучение. В качестве подстилающей поверхности может выступать как атмосфера, так и различные твердые тела – поверхность почвы, здания и сооружения.

Если молекула газа или пара состоит из нескольких атомов, то она как правило излучает/поглощает полосатый спектр, в то время как нагретая жидкость или твердая поверхность обладает непрерывным спектром, в котором присутствуют все длины волн.

Однако, существует научно-техническая проблема, которая заключается в том, что с одной стороны имеются обширные научные данные по спектральным характеристикам различных химических веществ, в том числе сильнодействующих и ядовитых, которые сведены в базу, а с другой стороны на данный момент не создано прибора, обладающего характеристиками, необходимыми для использования его в качестве инструмента для проведения определенных этапов экологического мониторинга, такими как мобильность, компактность, высокая светосила, высокая чувствительность, селективность [3].

Разрабатываемый прибор должен соответствовать следующим критериям: содержать базу данных спектров, в которой присутствует информация, необходимая для идентификации полученных данных а также проведения диагностики прибора; возможность обработки и

интерпретации качественных и количественных характеристик определяемых веществ, работать в широком диапазоне температур; определять дистанционно наличие и концентрацию искомого вещества, на как можно большей дистанции и с наибольшей точностью [4, 5].

Данный прибор незаменим при оценке производственных процессов, а также масштабов техногенных аварий. Зачастую возникают такие условия, когда сам объект контроля недоступен, или концентрация ядовитых веществ настолько высока, что представляет опасность для жизни и здоровья человека.

Метод спектроскопии имеет ряд преимуществ перед химическими методами исследования состояния окружающей среды. Известно, что для получения точного результата при исследовании химическими методами, прежде всего необходимо осуществить правильный забор проб – получить представительную пробу, отражающую первоначальный состав воздуха и накопить в ловушке-концентраторе достаточное количество веществ, необходимых для проведения химического анализа, что не всегда возможно, особенно в случае если одно и то же вещество может присутствовать в виде пара, и аэрозоля одновременно, а также при определении суперэкотоксикантов в связи с их незначительной концентрацией. Кроме того, сам зонд имеет свой химический состав и также вносит искажения в конечный результат.

Спектроскопия лишена данных недостатков. Исследование производится дистанционно, обработка результатов измерений занимает значительно меньше времени чем при применении химического метода, возможен обмен результатами измерения в режиме реального времени, что позволяет создавать различные автоматизированные системы.

Чем более низкую температуру имеет подстилающая поверхность, тем меньше фиксируется естественных помех, что позволяет фиксировать даже незначительные количества искомым химическим веществ, что особенно актуально в районах Арктики.

Развитие информационных технологий существенно расширяет технические возможности, а также возможности применения данных приборов. При расположении базы данных спектров в облачных хранилищах, а не непосредственно в приборе, и обеспечив передачу данных между облачным хранилищем и измерительным прибором. В этом случае отсутствует необходимость в статической базе спектров в памяти прибора, а также можно пересылать данные для анализа с использованием облачных вычислений.

Спектроскопия Фурье – практически универсальный метод исследования состояния окружающей среды, позволяющий в режиме реального времени производить обнаружение и определять концентрацию различных веществ в водной и воздушной среде, однако существуют определенные технические проблемы, возникающие при создании

приборов и устройств для проведения исследований, которые имеют практическое решение.

Список использованных источников:

1. Зуев В. Е., Кабанов М. В., Перенос оптических сигналов в земной атмосфере (в условиях помех), М., 1977
 2. Госсорг Ж. «Инфракрасная термография. Основы, техника, применение». М., Мир, 1988
 3. «Справочник по инфракрасной технике» т. 1.-М., Мир, 1995
 4. Балашов А.А., Букреев В.С., Жижин Г.Н., Культепин Н.Г., Нестерук И.Н., Перминов Е.Б., Фурье-спектрометр высокого разрешения ($0,01 \text{ см}^{-1}$) для спектральной области 0.6-100 мкм, Препринт №10/130 ИСАН, 1976, 52 с
 5. Балашов А.А., Вагин В.А., Хорохорин А.И., Крадецкий В.В., Морозов А.Н., Фуфурин И.Л., Шилов М.А. Трассовый Фурье-спектрорадиометр - газоанализатор ФСР-03 // ПТЭ, 2013. № 3. С. 142-143
- © Зязев Б.Ю., Любская О.Г., 2023

УДК 66.047.76

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОЙ СУШКИ
ПЛОТНЫХ ШЕРСТЯНЫХ ТКАНЕЙ**

Исаев М.В., Кошелева М.К.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Шалунов А.В.

Бийский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск

Тепловая сушка, являясь составной частью многих технологий, относится к числу наиболее энергоёмких процессов. Конвективные сушильные установки преобладают среди установок для сушки, в том числе для тканей, поэтому вопросы повышения эффективности, включающие и интенсификацию, и энергосбережение, и техносферную безопасность рассматривается применительно к конвективной сушке.

Анализ материалов международных выставок и литературных источников показывает, что среди современных энергоэффективных способов интенсификации массообменных процессов, в том числе в химической технологии отделки тканей, одним из самых эффективных является наложение физических полей, в том числе ультразвукового поля [1-4].

Применительно к процессу сушки тканей интенсификация при использовании ультразвукового воздействия изучена недостаточно, хотя повышение эффективности процесса сушки при обоснованном выборе параметров ультразвукового воздействия и вида излучателей может быть высоким, т.е. позволит не только интенсифицировать процесс сушки, но и снизить его энергоёмкость и негативное воздействие на окружающую среду и в рабочих зонах.

Проводились исследования интенсифицированного ультразвуком периодического процесса сушки различных тканей, однако непрерывный процесс сушки исследуется впервые.

Целью работы является исследование кинетики непрерывного процесса конвективной сушки типовой плотной шерстяной ткани, интенсифицированного ультразвуковым воздействием.

Реализация цели работы потребовала проведения экспериментальных исследований процесса сушки.

Объектом сушки является типовая шерстяная ткань высокой плотности, которая используется для изготовления средств индивидуальной защиты и др.

Экспериментальные исследования процесса сушки текстильных материалов проводились в Центре ультразвуковых технологий Бийского технологического университета.

Была поставлена задача создания специального стенда для изучения непрерывной акусто-конвективной сушки [2]. В табл. 1 приведены параметры ультразвукового контактного воздействия на ткань в процессе её сушки.

Таблица 1 – Основные технические характеристики ультразвукового воздействия

Мощность, Вт	≤ 1000
Частота ультразвуковых колебаний, кГц	20
Питание от сети переменного тока напряжением, В	220±22
Амплитуда колебаний рабочего инструмента, мкм	≥ 70

В табл. 2 представлено сравнение экспериментальных данных по кинетике сушки плотной шерстяной ткани при различных видах энергетического воздействия – это ультразвуковое воздействие, обдув нагретым воздухом, сочетание этих воздействий. Кроме того, в экспериментальных исследованиях менялась скорость сушильного агента.

Таблица 2 – Сравнение экспериментальных данных по кинетике сушки плотной шерстяной ткани при различных видах энергетического воздействия (сушка до кондиционной влажности)

Режим сушки	Время сушки до U=12,2%, мин
УЗ, T=20°C, V=8,5 м/с	213
T=50°C, V=8,5 м/с	97,5
T=80°C, V=6 м/с	72,4
УЗ, T=50°C, V=8,5 м/с	71
УЗ, T=80°C, V=6 м/с	57,5

Обозначения в табл. 2: УЗ – ультразвуковое воздействие; T – температура; V – скорость сушильного агента (воздуха).

Как видно из табл. 2 медленнее всего процесс идёт при использовании только УЗ.

Результаты анализа экспериментальных кривых кинетики сушки показали, что наиболее эффективным для данной ткани является комбинированное воздействие (ультразвуковое и тепловое) при температуре сушильного агента (воздуха) 80°C. Скорость сушильного агента может составлять 6 м/с, вместо 8,5 м/с.

Установлено так же, что действие ультразвукового поля на кинетику процесса оказывается эффективнее при более низких температурах воздуха. Это совпадает с выводами других авторов по кинетике ультразвуковой сушке различных материалов, в частности, растительных пищевых продуктов.

При выборе рациональных параметров ультразвукового воздействия, использовании средств индивидуальной защиты в рабочей зоне негативного воздействия на техносферу можно избежать. Следует отметить, что полученные результаты могут служить основой для модернизации существующих и создания новых промышленных установок для сушки текстильных материалов с применением ультразвукового воздействия. Однако, проектирование нового энергоресурсоэффективного оборудования и модернизация существующего оборудования требуют проведения дополнительных экспериментальных исследований процессов интенсифицированной сушки, моделирования и разработки методов расчёта процесса.

Список использованных источников:

1. Кошелева М.К. Процессы и аппараты текстильных технологий в примерах, лабораторных работах и тестах. Москва: ИНФРА-М. 2019. 321 с.

2. Хмелев В.Н., Нестеров В.А., Кошелева М.К., Генне Д.В., Тертишников П.П. Разработка экспериментального стенда для исследования непрерывной конвективной сушки текстильных материалов при контактном ультразвуковом воздействии. Промышленные процессы и технологии. 2022. Т. 2. № 2. С. 64-76.

3. Гуляев Ю.В., Белгородский В.С., Кошелева М.К. Обзор материалов симпозиума "Вторые международные Косыгинские чтения "Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование", приуроченные к 100-летию РГУ имени А.Н. Косыгина" Теоретические основы химической технологии. 2020. Т. 54. № 3. С. 392-396.

4. Kosheleva M.K., Rudobashta S.P., Dorniyak O.R., Dmitriev V.M. Mass conductivity of flat fibrous materials during their convective drying. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2023. V. 66. N 1. P. 120-125.

© Исаев М.В., Кошелева М.К., Шалунов А.В., 2023

УДК 547

**«ONE-POT»
СИНТЕЗ 2,4-ДИАМИНО-5-(5-АМИНО-3-ОКСО-2,3-ДИГИДРО-1Н-
ПИРАЗОЛ-4-ИЛ)-5Н-ХРОМЕНО[2,3-В]-ПИРИДИН-3-
КАРБОНИТРИЛА**

Калашникова В.М.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева», Москва*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского
Российской академии наук, Москва*

Элинсон М.Н., Рыжкова Ю.Е.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского
Российской академии наук, Москва*

В настоящее время в синтетической химии активно ведется поиск «идеального способа синтеза». Этот метод должен удовлетворять ряду требований: минимальное количество синтетических стадий; хороший выход конечного соединения; реагенты не нарушают экологических стандартов; небольшие время- и энергозатраты; а также безопасность и возможность осуществления всего процесса в одной реакционной зоне («one-pot»-процесс) [1]. Вышеперечисленным условиям полностью соответствуют мультикомпонентные реакции (МКР) – один из наиболее простых способов быстрого образования сложных молекул с высокими выходами [2].

Скаффолды – органические каркасы, сочетающие в себе широкий спектр биологического действия и сходство по ряду структурных признаков с природными биологически активными соединениями [3]. Привилегированные скаффолды – это полужесткие гетероциклические системы, которые определяют тип ориентации различных функциональных заместителей для распознавания молекулой-мишенью.

Хромено[2,3-в]пиридины, являются известным классом биологически активных соединений, которые обладают широким фармакологическим потенциалом, поскольку они проявляют антимикробную [4], антипролиферативную [5] антигистаминную [6] и противоастматическую [7] активности. Хромено[2,3-в]пиридины также применяют в качестве ингибиторов коррозии низкоуглеродистой стали, благодаря их особым физико-химическим свойствам [8].

Производные 5-аминопиразола также представляют интерес для фармацевтической и агрохимической промышленности [9]. Производные 5-аминопиразола являются мощными ингибиторами гамма-аминомасляной

кислоты (ГАМК), обладающими селективностью по отношению к рецепторам насекомых и млекопитающих [10], а также противогрибковыми [11] и антибактериальными [12] свойствами (рис. 1).

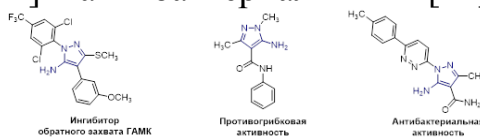


Рисунок 1 – Некоторые биологически активные производные 5-аминопиразола

Таким образом, соединения, включающие в себя фрагменты хромено[2,3-*b*]пиридина и аминопиразола представляют особый интерес для фармацевтической химии и являются перспективными в отношении биологических реакций.

В настоящей работе было проведено исследование мультикомпонентной трансформации салицилового альдегида 1, 2-аминопроп-1-ен-1,1,3-трикарбонитрила 2 и 2-цианоацетогидразида 3 непосредственно в 2,4-диамино-5-(5-амино-3-оксо-2,3-дигидро-1Н-пиразол-4-ил)-5Н-хромено[2,3-*b*]-пиридин-3-карбонитрил 4 с выходом 83% в смеси пиридин/этанол (1:3) (рис. 2).

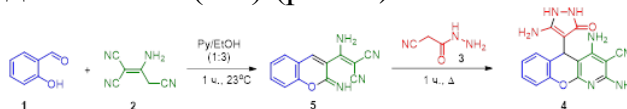


Рисунок 2 – Схема получения 2,4-диамино-5-(5-амино-3-оксо-2,3-дигидро-1Н-пиразол-4-ил)-5Н-хромено[2,3-*b*]-пиридин-3-карбонитрила 4

Учитывая экспериментальные данные и наши предыдущие исследования [13-14], предложена следующая схема реакции салицилового альдегида 1, 2-аминопроп-1-ен-1,1,3-трикарбонитрила 2 и 2-цианоацетогидразида 3 (рис. 3).

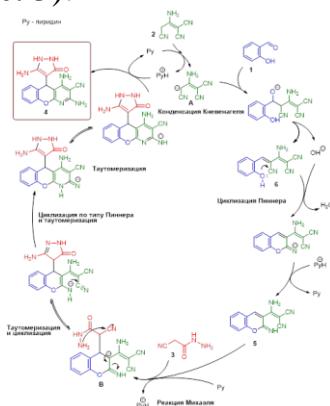


Рисунок 3 – Схема механизма получения 2,4-диамино-5-(5-амино-3-оксо-2,3-дигидро-1Н-пиразол-4-ил)-5Н-хромено[2,3-*b*]-пиридин-3-карбонитрила 4

Первая стадия процесса в «one-pot» трансформации – образование аддукта Кневенагеля 6. После этого, соединение 6 подвергается циклизации Пиннера под действием гидроксид-аниона [15]. В результате образуется 4-Н-хромен 5. Затем, происходит присоединение 2-

цианоацетогидразида 3 с образованием аниона В. Далее в ходе последовательных циклизации и таутомеризации получается 5-аминопиразолоновое кольцо. Последней стадией является еще одна циклизация Пиннера с образованием целевого 2,4-диамино-5-(5-амино-3-оксо-2,3-дигидро-1H-пиразол-4-ил)-5H-хромено[2,3-b]пиридин-3-карбонитрила 4.

Установлено, что предложенный процесс приводит к образованию соединения 4 с выходом 83%. Этот новый, простой и эффективный метод перспективен для использования в промышленности для получения биологически активных структур, так как он предполагает использование доступного оборудования, а выделение целевых веществ представляет собой простую фильтрацию. Таким образом, этот новый процесс ценен с точки зрения экологически безопасных крупномасштабных процессов, ориентированных на создание разнообразных лекарственных соединений.

Список использованных источников:

1. Alexander Dömling; Ivar Ugi. Multicomponent Reactions with Isocyanides // *Angewandte Chemie* – 2000. – Vol. 39., iss.18. – P. 3168–3210.

2. Evdokimov N. M. et al. One-step synthesis of heterocyclic privileged medicinal scaffolds by a multicomponent reaction of malononitrile with aldehydes and thiols // *The Journal of Organic Chemistry*. – 2007. – Vol. 72. – P. 3443-3453.

3. Wermuth C., Ganellin C., Lindberg P., Mitscher L. Glossary of terms used in medicinal chemistry // *Pure Appl. Chem.* – 1998. – Vol. 70 – P. 1129–1143.

4. Zhang X. et al. Carbon monoxide inhibition of apoptosis during ischemia-reperfusion lung injury is dependent on the p38 mitogen-activated protein kinase pathway and involves caspase 3 // *Journal of Biological Chemistry*. – 2003. – Vol. 278. – №. 2. – P. 1248-1258.

5. Kolokythas G. et al. Design, synthesis and antiproliferative activity of some new azapyranoxanthenone aminoderivatives // *European journal of medicinal chemistry*. – 2006. – Vol. 41. – №. 1. – P. 71-79.

6. Patent JP 06107664A (1994)

7. Ukawa K. et al. Synthesis of the metabolites and degradation products of 2-amino-7-isopropyl-5-oxo-5H-[1] benzopyrano [2, 3-b] pyridine-3-carboxylic acid (Amoxanox) // *Chemical and pharmaceutical bulletin*. – 1985. – Vol. 33. – №. 10. – P. 4432-4437.

8. Verma C. et al. 2, 4-Diamino-5-(phenylthio)-5 H-chromeno [2, 3-b] pyridine-3-carbonitriles as green and effective corrosion inhibitors: gravimetric, electrochemical, surface morphology and theoretical studies // *RSC advances*. – 2016. – Vol. 6. – №. 59. – P. 53933-53948.

9. Elguero J. Pyrazoles and their benzo derivatives // *Comprehensive heterocyclic chemistry*. – 1984. – Vol. 5. – P. 167.

10. Meegalla S. K. et al. Synthesis and GABA receptor potency of 3-thiomethyl-4-(hetero) aryl-5-amino-1-phenylpyrazoles //Bioorganic & medicinal chemistry letters. – 2004. – Vol. 14. – №. 19. – P. 4949-4953.

11. Huppatz J. L. Systemic fungicides. The synthesis of pyrazolo [1, 5-a] pyrimidine analogues of carboxin //Australian journal of chemistry. – 1985. – Vol. 38. – №. 1. – P. 221-230.

12. Shamroukh A. H., Rashad A. E., Sayed H. H. Synthesis of some pyrazolo [3, 4] pyrimidine derivatives for biological evaluation //Phosphorus, Sulfur, and Silicon. – 2005. – Vol. 180. – №. 10. – P. 2347-2360.

13. Ryzhkov F. V. et al. Catalyst-Solvent System for PASE Approach to Hydroxyquinolinone-Substituted Chromeno [2, 3-b] pyridines Its Quantum Chemical Study and Investigation of Reaction Mechanism //Molecules. – 2020. – Vol. 25. – №. 11. – P. 2573.

14. Ryzhkova Y. E. et al. Multicomponent Synthesis of 2-(2, 4-Diamino-3-cyano-5 H-chromeno [2, 3-b] pyridin-5-yl) malonic Acids in DMSO //Molecules. – 2021. – Vol. 26. – №. 22. – P. 6839.

15. Patai S., Israeli Y. 411. The kinetics and mechanisms of carbonyl–methylene condensations. Part VII. The reaction of malononitrile with aromatic aldehydes in ethanol //Journal of the Chemical Society (Resumed). – 1960. – P. 2025-2030.

© Калашникова В.М., Элинсон М.Н., Рыжкова Ю.Е., 2023

УДК 547

**МУЛЬТИКОМПОНЕНТНЫЙ СИНТЕЗ
2-(3-ГИДРОКСИ-2-ОКСОИНДОЛИН-3-ИЛ)-5,5- ДИМЕТИЛ-3-
ОКСОЦИКЛОГЕКС-1-ЕН-1-ОЛАТА ТРИЭТИЛАММОНИЯ**

Калашникова В.М.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева», Москва*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского
Российской академии наук, Москва*

Элинсон М.Н., Рыжкова Ю.Е.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского
Российской академии наук, Москва*

В настоящее время актуальным является синтез принципиально новых или существенно модифицированных лекарственных средств для лечения различных заболеваний, так как используемые в настоящее время в медицинской практике лекарственные средства далеко не всегда достаточно эффективны, часто имеют нежелательные эффекты, которые

входят в спектр фармакологической активности препарата и возникают при использовании лекарства в терапевтических дозах. Не обладая достаточной избирательностью, лекарственные средства влияют на функции многих тканей и органов, в том числе непораженных болезнью [1].

Используя ранее для синтеза лекарственных средств традиционные эмпирические методы в настоящее время уступают место теоретическим методам конструирования лекарств и оценки их биологической активности при помощи компьютерного моделирования. Для конструирования сложных соединений обычно за основу выбирается несколько потенциально биологически активных структур. Соединения, используемые при рассматриваемом подходе, получили название «скаффолд» (scaffold, также используется термин «остов») [2]. Таким образом, скаффолд – это основная часть молекулы, общая для всех членов комбинаторной библиотеки соединений, построенных на ее основе. При этом обычно все производные каждого скаффолда взаимодействуют только с одной мишенью, т.е. обладают одной биологической активностью или набором активностей, связанных с этой мишенью. Однако известны и представляют наибольший интерес так называемые привилегированные скаффолды («privileged medicinal scaffolds»), которые дают несколько рядов соединений, каждый из которых имеет свою мишень – т.е. эти ряды обладают принципиально разной биологической активностью или наборами активностей [3]. Согласно этому подходу, разумные модификации в «привилегированных структурах» могли бы привести к созданию новых мощных агонистов или антагонистов рецепторов.

Достаточно часто скаффолды используются в методе классического мультикомпонентного синтеза. Это один из наиболее простых способов быстрого образования сложных молекул с высокими выходами [4].

Известно, что индольное кольцо содержится во многих природных соединениях, а именно алкалоидах, грибковых метаболитах и морских водорослях. Было обнаружено, что производные индола обладают широким спектром биологической активности, включая антимицробную, антибиотическую, противовоспалительную, обезболивающую, противосудорожную, противомаларийную, противоопухолевую, противоязвенную, противозачаточную и антиоксидантную [5]. Так, индол-2,3-дион (изатин) обладает ангиогенным [6], седативным, противосудорожным эффектом [7] и действует как мощный антагонист рецепторов предсердного натрийуретического пептида *in vitro* [8]. Серия N-замещенных изатиновых семикарбазонов продемонстрировала противосудорожную активность [9]. В частности, было обнаружено, что 3-замещенный 3-гидроксиоксиндол является структурным элементом в натуральных и синтетических фармацевтических препаратах на основе алкалоидов (рис. 1) [10-11].

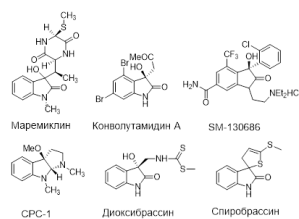


Рисунок 1 – Примеры природных биологически активных соединений, содержащих фрагмент 3-гидроксиоксиндола

5,5-Диметил-1,3-циклогександион (димедон) проявляет широкий спектр биологических свойств в отношении ингибирования ферментов [12-13]. Он также обладает антиоксидантной, противовоспалительной и противораковой активностью [14-16].

Для улучшения проникновения препарата в ткани, перспективным представляется применение ионно-сопряженного лекарственного средства. Образование сопряжения происходит, когда электростатическая энергия притяжения между противоположно заряженными ионами превышает среднюю тепловую энергию молекул. Это позволяет им притягиваться друг к другу и достигать критического расстояния [17]. В результате образуется нейтральная частица, которая легко проникает в липидную среду.

Таким образом, соединения, включающие в себя фрагменты 3-гидроксициклогекс-3-ен-1-она и изатина в виде ионной пары (соли), представляют особый интерес для фармацевтической химии и являются перспективными в отношении биологических реакций.

В настоящей работе было проведено исследование альдольной конденсации изатина 1, димедона 2 и триэтиламина 3, которая привела к образованию 2-(3-гидрокси-2-оксоиндолин-3-ил)-5,5-диметил-3-оксоциклогекс-1-ен-1-олат триэтиламмония 4 с выходом 79% (рис. 2).

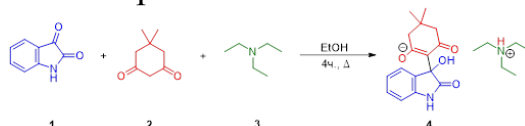


Рисунок 2 – Схема получения 2-(3-гидрокси-2-оксоиндолин-3-ил)-5,5-диметил-3-оксоциклогекс-1-ен-1-олат триэтиламмония 4

Учитывая экспериментальные данные и наши предыдущие исследования в области реакций альдольной конденсации [18], предложен следующий механизм реакции изатина 1, димедона 2 и триэтиламина 3 (рис. 3).

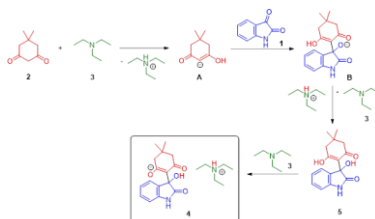


Рисунок 3 – Схема механизма альдольной конденсации изатина 1, димедона 2 и триэтиламина 3

На первом этапе димедон (2) депротонируется триэтиламиноом (3). Затем происходит альдольная конденсация между изатином (1) и анионом 5,5-диметил-1,3-циклогександиона (А). Полученный анион (В) сперва протонируется, а затем снова депротонируется с образованием конечного 2-(3-гидрокси-2-оксоиндолин-3-ил)-5,5-диметил-3-оксоциклогекс-1-ен-1-ола триэтиламмония (4) (рис. 3).

Установлено, что предложенный процесс приводит к образованию целевого соединения 4 с выходом 79%. Этот новый, простой и эффективный метод перспективен для использования в промышленности для получения биологически активных структур, так как он предполагает использование доступного оборудования, а выделение целевых веществ представляет собой простую фильтрацию. Таким образом, этот новый процесс ценен с точки зрения экологически безопасных крупномасштабных процессов, ориентированных на создание разнообразных лекарственных соединений.

Список использованных источников:

1. Ebans B., Rittle K., Bock M., DiPardo R., Freidinger R., Whitter W., Lundell G., Veber D., Anderson P. Methods for drug discovery: development of potent, selective, orally effective cholecystokinin antagonists // *J. Med. Chem.* – 1988. – Vol. 31 – P. 2235–2246.

2. Wermuth C., Ganellin C., Lindberg P., Mitscher L. Glossary of terms used in medicinal chemistry // *Pure Appl. Chem.* – 1998. – Vol. 70 – P. 1129–1143.

3. Barve I., Chen C.-Y., Salunke D., Chung W.-S., Sun C.-M. Design and synthesis of new biprivileged molecular scaffolds: indolo-fused benzodiazepinyl/quinoxalinyl benzimidazoles // *Chem. Asian J.* – 2012. – Vol. 7 – P. – 1684–1690.

4. Sharma V., Kumar P., Pathak D. Biological importance of the indole nucleus in recent years: a comprehensive review // *Journal of Heterocyclic Chemistry* – 2010. – Vol. 47. – P. 491-502.

5. Srivastava A, Pandeya S. “Indole” a versatile nucleus in the pharmaceutical field // *Int J Curr Pharm Rev Res* – 2011. – Vol. 7 – P. 1–17.

6. I. M. Mc Intyre and T. R. Norman. Seratonegic effects of isatin: An endogenous MAO inhibitor related to tribulin // *J. Neural Transm.* – 1990. – Vol. 79 – P. 35–40.

7. S. K. Bhattacharya and A. Chakraborti. Dose related proconvulsant and anticonvulsant activity of isatin, a putative biological factor in rats // *Indian. J. Exp. Biol.* 36 – 1998. – Vol. 35 – P. 118–121.

8. S. K. Bhattacharya. Anticonvulsant activity of intraventricularly administered atrial natriuretic peptide and its inhibition by isatin // *Biog. Amines* – 1988. – Vol. 14 – P. 131–141.

9. F. Li, W. Yue, M. Minanii, J. Zhang and Z. Liu Inhibitory effect of isatin on amigdaloid kindling seizure in rats // ref. Chem. Abstr. – 1988. – Vol. 34 – P. 1–4.

10. Viswambharan B, Selvakumar K, Madhavan S, Shanmugam P. Pyridine core activation via 1,5-electrocyclization of vinyl pyridinium ylides generated from bromo isomerized Morita-Baylis-Hillman adduct of isatin and pyridine: synthesis of 3-spirodihydroindolizine oxindoles // Org Lett. – 2010. – Vol. 12 – P. 2108–2111.

11. Zhang Y, Li ZJ, Xu H.S, Zhang Y, Wang W. Organocatalytic asymmetric Henry reaction of isatins: Highly enantioselective synthesis of 3-hydroxy-2-oxindoles // RSC Adv. – 2011. – Vol. 1 – P. 389–392.

12. Maharvi G. M. et al. Mild and efficient synthesis of new tetraketones as lipoxygenase inhibitors and antioxidants // Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry. – 2008. – Vol. 23. – P. 62-69.

13. Khan K. M. et al. Tetraketones. A new class of tyrosinase inhibitors // Bioorganic & medicinal chemistry – 2006. – Vol. 14. – P. 344-351.

14. Iqbal L. et al. Antioxidant activities of tetraketones derived from 5, 5-dimethylcyclohexane-1, 3-dione // Journal Chemical society of Pakistan – 2007. – Vol. 29. – P. 51.

15. Nie D., Honn K. V. Cyclooxygenase, lipoxygenase and tumor angiogenesis // Cellular and Molecular Life Sciences – 2002. – Vol. 59. – P. 799-807.

16. Nikam S. S., Kornberg B. E. AMPA receptor antagonists // Current medicinal chemistry – 2001. – Vol. 8. – P. 155-170.

17. McNaught A. D. et al. Compendium of chemical terminology. – Oxford : Blackwell Science, 1997. – Т. 1669.

18. Elinson, M.N.; Merkulova, V.M.; Il'ovaisky, A.I.; Chizhov, A.O.; Belyakov, P.A.; Barba, F.; Batanero, B. Electrochemically induced aldol reaction of cyclic 1,3-diketones with isatins // Electrochim. Acta – 2010 – Vol.55 – P.2129–2133.

© Калашникова В.М., Элинсон М.Н., Рыжкова Ю.Е., 2023

УДК 547

**ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ МУЛЬТИКОМПОНЕНТНАЯ
ТРАНСФОРМАЦИЯ
АРИЛАЛЬДЕГИДОВ, МАЛОНОНИТРИЛА И ПИРАЗОЛИН-5-ОНА**

Калашникова В.М.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева», Москва*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского
Российской академии наук, Москва*

Элинсон М.Н., Рыжкова Ю.Е.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского
Российской академии наук, Москва*

Мультикомпонентные реакции (МКР) являются современным экологически безопасным, технологичным и ресурсосберегающим методом органического синтеза. Отличительной чертой таких реакций является то, что в смеси трех и более компонентов происходит строго последовательное взаимодействие между реагентами: первоначально одно вещество реагирует с другим, а затем полученный интермедиат вступает в реакцию с третьим компонентом и т.д. При этом выходы целевых соединений обычно высоки (более 80%) [1]. В ИОХ РАН разработан электрокаталитический метод мультикомпонентного синтеза в бездиафрагменном электролизере в присутствии медиаторов. Этот метод имеет ряд важных синтетических и экологических преимуществ [2].

Среди множества медиаторов, окислительно-восстановительная пара галогенид анион/галоген является одной из наиболее часто используемых для сложных электроорганических превращений. В этом случае электрохимический процесс происходит в бездиафрагменном электролизере, в присутствии спирта как растворителя и галогенида щелочного металла как медиатора. В результате происходит одновременная генерация основания (алкоксид аниона) на катоде и галогена на аноде, что инициирует каскадный процесс окислительных превращений и домино реакций в растворе [3]. Принимая во внимание, что количество электроэнергии является основным параметром электрохимической реакции, этот тип электрохимических превращений очень важен с точки зрения энергосбережения.

В настоящее время актуальным является синтез принципиально новых или существенно модифицированных лекарственных средств для лечения различных заболеваний, так как используемые в настоящее время в медицинской практике лекарственные средства далеко не всегда

достаточно эффективны, или имеют нежелательные побочные эффекты, которые возникают при использовании лекарств в терапевтических дозах. Не обладая достаточной избирательностью, лекарственные средства влияют на функции многих тканей и органов, в том числе непораженных болезнью [4]. Используя ранее для синтеза лекарственных средств традиционные эмпирические методы в настоящее время уступают место теоретическим методам конструирования лекарств и оценки их биологической активности при помощи компьютерного моделирования. Для конструирования исходных структур обычно за основу выбирается несколько потенциально биологически активных структур. Соединения, используемые при рассматриваемом подходе, получили название «скаффолд» (scaffold, также используется термин «остов»). Таким образом, скаффолд – это основная часть молекулы, общая для всех членов комбинаторной библиотеки соединений, построенных на ее основе. При этом обычно все производные каждого скаффолда взаимодействуют только с одной мишенью, т.е. обладают одной биологической активностью или набором активностей, связанных с этой мишенью. Однако известны и представляют наибольший интерес так называемые привилегированные скаффолды («privileged medicinal scaffolds»), которые дают несколько рядов соединений, каждый из которых имеет свою мишень – т.е. эти ряды обладают принципиально разной биологической активностью или наборами активностей [5].

Достаточно часто такие скаффолды получают методом классического мультикомпонентного синтеза. Это один из наиболее простых способов быстрого образования сложных молекул с высокими выходами.

Циклопропильный фрагмент – важный структурный скаффолд во многих синтетических и природных соединениях, обладающих широким спектром биологической активности, включая фунгицидную, антибиотическую, противоопухолевую и противовирусную (рис. 1). Синтез гетероциклов со спироциклопропиловым фрагментом представляет большой интерес, поскольку два фармакологически активных фрагмента усиливают биологическую активность [6].

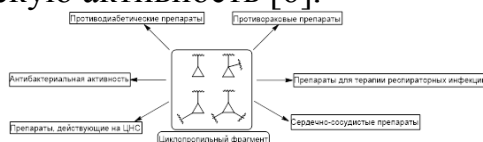


Рисунок 1 – Спектр биологической активности циклопропильного фрагмента

Функционально замещенные пиразолин-5-оны известны своей биомедицинской активностью, включая такие препараты как антипирин, обладающий жаропонижающей и противовоспалительной активностью или же его улучшенный аналог – амидопирин (рис. 2) [7].

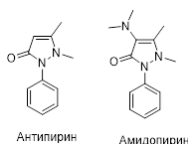


Рисунок 2 – Фармацевтические препараты, в которых содержится пиразолин-5-оновый фрагмент

Так, например, различные типы замещенных 3-метил-2-пиразолин-5-онов или их таутомеры проявляют противосудорожные антигипергликемические, нейролептические, противоопухолевые свойства [8].

Таким образом, спироциклопропилпиразолоны представляют особый интерес для фармацевтической химии, поскольку в них присутствует спиро-сочлененный циклопропановый и пиразолин-5-оновый фрагменты.

В настоящей работе было проведено исследование электрокаталитической реакции альдегидов 1a-m, малононитрила и пиразолин-5-онов 2a,b в замещенные спироциклопропилпиразолоны 3a-o в метаноле, в бездиафрагменном электролизере (рис. 3).

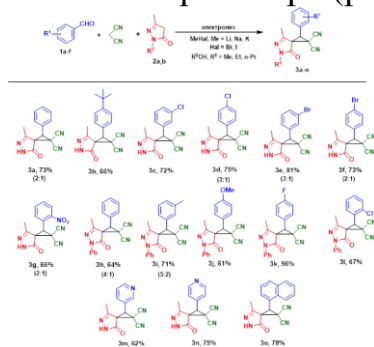


Рисунок 3 – Схема электрокаталитической мультикомпонентной трансформации салициловых альдегидов 1a-i, койевой кислоты и производных малоновой кислоты 2a-c

Учитывая все вышеперечисленные данные и наши предыдущие исследования в области электрокаталитических мультикомпонентных реакций [9], предложена следующая схема электрокаталитической реакции бензальдегида (1), малононитрила и пиразолин-5-она (2) (рис. 4).

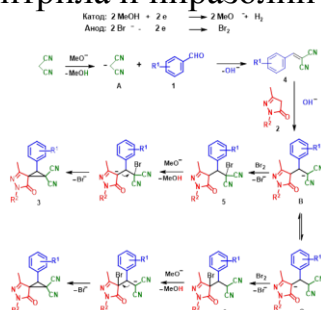


Рисунок 4 – Схема механизма электрокаталитической многокомпонентной сборки бензальдегида 1, малононитрила и пиразолин-5-она 2

Депротонирование спирта на катоде приводит к образованию алкоксид-аниона с выделением водорода. Последующая реакция в растворе между алкоксид-анионом и малононитрилом приводит к

образованию аниона малонитрила А (рис. 4). В результате конденсации бензальдегида (1) с анионом малонитрила (А) по Кневенагелю образуется аддукт (4) с отщеплением гидроксид-иона. Затем этот гидроксид-ион инициирует реакцию пиразолина-5-она (2) с аддуктом (4). В результате образуется соответствующий анион (В), который, после бромирования, образует бром[(3-метил-5-оксо-4,5-дигидро-1Н-пиразол-4-ил)(арил)метил]малонитрил (5). Затем, соединение (5) под действием второго метоксид-аниона циклизуется в спироциклопропилпиразолон (3) с регенерацией иона бромида. Альтернативно, циклизация может быть осуществлена путем образования аниона (С) и бром[(3-метил-5-оксо-4,5-дигидро-1Н-пиразол-4-ил)(арил)метил]малонитрила (6) (рис. 4).

Установлено, что электрокаталитическая мультикомпонентная трансформация арилальдегидов, малонитрила и пиразолин-5-онов в метаноле в присутствии бромида натрия в качестве медиатора, в бездиафрагменном электролизере приводит к образованию замещенных спироциклопропилпиразолонов с выходами 56-81%. В этом электрокаталитическом процессе используется простое оборудование и доступный медиатор – бромид натрия. Этот процесс не сложен в реализации, полученные соединения кристаллизуются непосредственно из реакционной смеси и выделение целевого вещества представляет собой простую фильтрацию. Таким образом, этот простой и эффективный электрокаталитический метод перспективен для использования в промышленности для получения биологически активных структур.

Список использованных источников:

1. Hammerich O., Speiser B. (eds). Organic electrochemistry: revised and expanded 5th Edn // *Chromatographia* – 2016. – Vol. 79. – P. 521.
2. Elinson M., Makhova I., Nikishin G. Electrocatalytic Haloform Reaction: Transformation of Methyl Ketones into Methyl Esters // *Angew. Chem.* – 1988. – Vol. 27. – P. 1716.
3. Karkas M. Electrochemical strategies for C-H functionalization and C-N bond formation // *Chem. Soc. Rev.* – 2018. – Vol. 47. – P. 5786–5865.
4. Wermuth C., Ganellin C., Lindberg P., Mitscher L. Glossary of terms used in medicinal chemistry // *Pure Appl. Chem.* – 1998. – Vol. 70 – P. 1129–1143.
5. Barve I.; Chen C.-Y.; Salunke D.; Chung W.-S.; Sun C.-M. Design and synthesis of new biprivileged molecular scaffolds: indolo-fused benzodiazepinyl/quinoxalinyl benzimidazoles // *Chem. Asian J.* – 2012. – Vol. 7 – P. – 1684–1690.
6. Talele, T. T. The “Cyclopropyl Fragment” is a Versatile Player that Frequently Appears in Preclinical/Clinical Drug Molecules // *Journal of Medicinal Chemistry* – 2016 – V.59 – P. 8712–8756.
7. Brogden, R. N. Pyrazolone Derivatives // *Drugs* – 1986 – V.32 – P. 60–70.

8. Jurna, I. Mechanismen der Schmerzunterdrückung durch pharmaka // Munchener Medizinische Wochenschrift – 1985 – V.127 – P. 537–578.

9. Vereshchagin, A. N., Elinson, M. N., Dorofeeva, E. O., Nasybullin, R. F., Bushmarinov, I. S., Goloveshkin, A. S., & Egorov, M. P. Electrocatalytic cyclization of 3-(5-hydroxy-3-methylpyrazol-4-yl)-3-arylpropionitriles: “one-pot” simple fast and efficient way to substituted spirocyclopropylpyrazolones // Electrochimica Acta – 2015 – V.165 – P. 116–121.

© Калашникова В.М., Элинсон М.Н., Рыжкова Ю.Е., 2023

УДК 621.311

ОЦЕНКА ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА, ИМИТИРУЮЩЕГО РАБОТУ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ, И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Коверженко М.Д., Власов И.Н.

Научный руководитель Шарпар Н.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Разработка модели паровой турбины для использования в лабораторных экспериментах приобретает все большее значение для подготовки высококвалифицированного персонала, поскольку паровые турбины являются критическими компонентами в производстве электроэнергии и других промышленных приложениях. Они могли бы широко использоваться на электростанциях, нефтехимических заводах и в других энергоёмких отраслях промышленности, так как работа полноценных установок жизненно важна для успеха этих отраслей.

Использование таких стендов в лабораторных и исследовательских работах позволяет обучающимся получить практический опыт и развить глубокое понимание фундаментальных принципов и особенности технологических процессов паровых турбин [1-3]. Такое практическое обучение позволит применять теоретические знания в реальных ситуациях и развивать навыки, необходимые для безопасной и эффективной эксплуатации, при обслуживании и устранении неисправностей в работе паровых турбин.

Эти установки дают обучающимся возможность изучить новые и инновационные концепции и методы проектирования. Экспериментируя с различными конструкциями турбин и их материалами, исследователи смогут получить ценные сведения о работе и поведении паровых турбин, а также разработать новые и более эффективные конструкции, которые

могут быть в дальнейшем использованы в различных областях промышленности.

Кроме того, разработка моделей паровых турбин [4] для лабораторных экспериментов имеет многочисленные преимущества как для преподавателей, так и для обучающихся. Используя их, преподаватели смогут создать динамичную и увлекательную учебную среду, которая повышает вовлеченность и понимание обучающихся. Обучающиеся смогут видеть, как концепции и теории, которые они изучают в классе, воплощаются в жизнь в лаборатории, что повышает их интерес и энтузиазм к предмету, что является важным компонентом подготовки и обучения следующего поколения инженеров и техников в энергетическом и промышленном секторах. Предоставляя возможности для практического обучения и исследований, эта технология может помочь создать высококвалифицированную рабочую силу, обладающую навыками и знаниями, необходимыми для решения сложных задач, стоящих сегодня перед энергетическим и промышленным секторами.

Применение таких стендов в лабораторных экспериментах позволяет развивать критическое мышление и навыки решения проблем. Студенты могут работать над проблемами реального мира и развивать свои аналитические навыки, которые необходимы для успешной работы в энергетическом и промышленном секторах, где распространены паровые турбины.

Лабораторный стенд, имитирующий паровую турбину [4], является ценным инструментом для изучения процессов теплопередачи и реальных систем в практической обстановке. Далее, изображен концепт-версии подобной установки (рис. 1), а также приведено описание ее основных элементов.



Рисунок 1 – Концептуальное изображение лабораторной установки имитирующей работу паровой турбины

Установка оснащена двумя котлами, пароперегревателем и паровой турбиной, которая вырабатывает электроэнергию для питания небольшой модели города. Данная установка дает студентам возможность получить практический опыт в производстве пара, работе турбины и выработке электроэнергии. Кроме того, она оборудована системой управления, что позволяет студентам регулировать различные параметры и наблюдать за их влиянием на работу системы.

В ее состав входят:

датчики температуры, которые устанавливаются на двух котлах и пароперегревателе;

датчик оборотов, благодаря которому можно узнать частоту вращения турбины (так как размеры турбины уже известны, можно так же вычислить скорость);

амперметр, благодаря которому считается нагрузка города;

вольтметр, который помогает следить за напряжением, подаваемым на котел.

Это все позволяет обучающимся проводить эксперименты и собирать данные, которые могут быть использованы для более глубокого понимания системы и ее поведения в различных условиях.

Эта установка также может быть использована для проведения исследований в области улучшения эффективности паровых турбин. Обучающиеся и исследователи могут экспериментировать с различными материалами и конструкциями турбин, что может привести к разработке новых технологий и улучшению существующих. Такие исследования могут иметь важное значение для развития энергетической отрасли и других промышленных секторов, где паровые турбины широко используются.

Благодаря этому, лабораторный стенд может быть использован для обучения студентов и исследователей различным методам управления и контроля производством пара и работы турбины. Это важно для обучения будущих специалистов в энергетической и промышленной отраслях, где эффективное управление производством и обслуживанием паровых турбин является критически важным.

Таким образом, использование лабораторных стендов, имитирующих паровые турбины, имеет многочисленные преимущества для подготовки высококвалифицированного персонала, исследования и разработки новых технологий и улучшения существующих систем управления производством пара и работы турбин. Лабораторная установка, имитирующая работу паровой турбины – это важный инструмент для играющий роль в обучении высококвалифицированных специалистов, которые будут обладать знаниями и навыками, необходимыми для успешной работы в энергетической и промышленной отраслях.

Список использованных источников:

1. Нерезько А.В. Паровые турбины. Тепловые и атомные электрические станции: методическое пособие по выполнению лабораторных работ. Минск: БНТУ, 2015. 71 с.

2. Пантелей Н.В. Паровые турбины тепловых и атомных электростанций: учебное пособие. Минск: БНТУ, 2021. 171 с.

3. Шарпар Н.М., Марков В.В. Курс лекций. Паровые турбины: учебное пособие. М.: МГУДТ, 2016. 76 с.

4. Шарпар Н.М., Коверженко М.Д. Конструкционные особенности экспериментального стенда для изучения процессов в паротурбинной системе. Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой

промышленности (Инновации-2022): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 3. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2022. – С. 81 – 83.

© Коверженко М.Д., Власов И.Н., 2023

УДК 677.027.2

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ МАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛОПКОВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ВАТЫ

Кондратьева Е.А.

Научный руководитель Кошелева М.К.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Задача повышения экологической и производственной безопасности технологических процессов путём их интенсификации является актуальной [1-3].

Основные технологические процессы производства медицинской гигроскопической ваты оказывают существенное негативное воздействие в рабочих зонах и на окружающую среду.

Прежде всего это массообменные процессы отварки, расшлихтовки, отбеливания и др., так как в них используется жёсткая химия, при этом химические реагенты попадают в сточные воды и в газовые выбросы. Поэтому вопросы техносферной безопасности имеют важное значение для данного производства [4-6]. Данные процессы, как правило продолжительны, являются энергоресурсоёмкими, что определяет актуальность повышения их эффективности и включает интенсификацию обоснованно выбранными интенсификаторами [1, 4-7].

Интенсификация способствует сокращению лимитирующих стадий, более эффективному проведению процессов, улучшению качества и получению новых свойств целевого продукта с минимальными затратами.

Процессы обработки хлопкового волокна можно интенсифицировать с помощью модификации состава реакционной жидкости, добавления дополнительных вспомогательных веществ и изменения концентрации реагентов. Но подобные способы интенсификации могут негативно влиять на экологическую и производственную безопасность [4-7].

Наиболее перспективными методами интенсификации физическими полями являются акустические воздействия, воздействия высокочастотных (ВЧ) и сверхвысокочастотных (СВЧ) электромагнитных полей, фотовоздействия, плазмохимическое и лазерное воздействие на текстильные материалы [4, 6, 7].

При проведении интенсификации процесса белиения с помощью ультразвука, важно достичь максимального уровня белизны материала, при этом сохранить его физические свойства, такие как разрывная прочность, так как в процессе отбелики может происходить деструкция целлюлозы [4, 6, 7].

Анализ результатов исследования [5] показывает, что интенсификация процесса отварки ультразвуком позволяет снизить концентрацию едкого натра в 5 раз, что положительно скажется на техноферной безопасности.

Как видно из табл. 1 предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ) для данного реагента характеризуют его как значительный вредный фактор.

Таблица 1 – Характеристика ПДК и ОБУВ едкого натра

Едкий натр (NaOH)	
ПДК в воздухе рабочей зоны	0,5 мг/м ³
ПДК в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования	200 мг/л
Ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ) в атмосферном воздухе населенных мест	0,01 мг/м ³

Едкий натр подавляет биохимические процессы, оказывает токсическое действие. При непосредственном контакте гидроксида натрия с кожным покровом человека, вызывает химические ожоги на коже, язвы и экзему. На слизистые оболочки едкий натр оказывает выраженное раздражающее действие. При попадании в пищеварительный тракт человека возможны тяжелые ожоги ротовой полости, гортани, пищевода и желудка.

Во избежание негативных последствий, производственный персонал должен быть обеспечен спецодеждой (костюмами для защиты от кислот и щелочей, стойкими к действию кислот и щелочей резиновыми сапогами, резиновыми перчатками) и средствами индивидуальной защиты (защитными очками, фильтрующими промышленными противогазами).

Помещения, в которых производятся работы с едким натром, должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, чтобы концентрация паров не превышала нормативную, представленную в табл. 1.

С целью охраны атмосферного воздуха от загрязнения выбросами вредных веществ должен быть организован контроль за содержанием предельно допустимых выбросов.

В промышленных сточных водах необходимо контролировать водородный показатель (рН 6,5-8,5).

Так как при интенсификации процессов ультразвуком уменьшается количество использованных в рабочих растворах реагентов, можно говорить о том, что концентрация реагентов в сточных водах так же уменьшается.

Снижение концентрации щелочи в рабочих растворах и в сточных водах при интенсификации процесса отварки повысит как производственную, так и экологическую безопасность.

Список использованных источников:

1. Кошелева, М. К. Процессы и аппараты текстильных технологий в примерах, лабораторных работах и тестах / М. К. Кошелева. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 320 с.
2. Гуляев, Ю. В. Обзор материалов симпозиума "Вторые международные Косыгинские чтения "Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование", приуроченные к 100-летию РГУ имени А.Н. Косыгина" / Ю. В. Гуляев, В. С. Белгородский, М. К. Кошелева – М.: Теоретические основы химической технологии. 2020. Т. 54. № 3. С. 392-396.
3. Кричевский, Г. Е. Химическая технология текстильных / Г. Е. Кричевский. - 1. изд. - Москва : Рос. заоч. ин-т текстил. и лег. пром-сти, 2000. – 436 с.
4. Сафонов, В. В. Интенсификация химико-текстильных процессов отделочного производства / В. В. Сафонов. – М.: Совьяж Бево, 2006. – 403 с.
5. Kosheleva, M. K. Improving the Efficiency of the Extraction Process in Production of Hygroscopic Fibrous Materials / M. K. Kosheleva, O. R. Dornyak, E. N. Shirokorouyas – М.: Вестник Тамбовского Государственного Технического Университета. – 2022. – Vol. 28. – № 1.
6. Сафонов, В. В. Развитие технологии отделки текстильных материалов : монография / В. В. Сафонов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004. – 243 с.
7. Сафонов, В.В. Физико-химическое обоснование и разработка технологии подготовки текстильных материалов в колорированию: Диссертация на соискание уч. степени доктора техн. наук. / В. В. Сафонов – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 1991. – 525 с.

© Кондратьева Е.А., 2023

УДК 004.94

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ДВУХФАЗНЫХ ТЕЧЕНИЙ
СО СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ В ГИДРОКАНАЛЕ**

Куликов Д.С., Седляров О.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Математическое моделирование двухфазных течений со свободной поверхностью является важной областью исследования в гидродинамике, которая имеет широкий спектр приложений в промышленности и науке.

Данный вид течений характеризуется наличием двух фаз – жидкой и газовой – которые движутся с разной скоростью и имеют разные свойства.

Важной особенностью двухфазных течений со свободной поверхностью является наличие свободной границы между двумя фазами, которая может быть фиксированной или подвижной. Примерами двухфазных течений со свободной поверхностью могут служить движение воды в каналах и реках, распространение нефтяных пятен на морской поверхности, а также многочисленные процессы в нефтяной и газовой промышленности.

Математическое моделирование двухфазных течений со свободной поверхностью основывается на уравнениях Навье-Стокса, которые описывают движение жидкости и газа. Однако, эти уравнения сложно решать в аналитической форме для большинства практически значимых задач, поэтому используются численные методы решения [1].

Основными методами математического моделирования двухфазных течений со свободной поверхностью являются метод конечных объемов, метод конечных элементов и метод сеточно-характеристических. Эти методы позволяют получать численное решение уравнений Навье-Стокса, которое дает представление о движении жидкости и газа, а также о форме свободной поверхности.

Математическое моделирование двухфазных течений со свободной поверхностью является важным инструментом для проектирования и оптимизации технологических процессов в нефтегазовой промышленности, а также для решения задач в гидрологии и экологии [1].

Моделирование двухфазных течений со свободной поверхностью в гидроканале имеет прямое отношение к ресурсо-энергосберегающим технологиям, поскольку позволяет оптимизировать процессы, связанные с передачей и использованием жидкостей. Эти процессы могут включать в себя такие области, как производство энергии, транспортировка жидкостей и теплообмен.

Моделирование двухфазных течений со свободной поверхностью в гидроканале позволяет оптимизировать процессы транспортировки жидкостей, например, в трубопроводах, резервуарах и каналах. Путем анализа движения жидкостей и газов, моделирование может помочь уменьшить потери энергии, связанные с трением и сопротивлением, и повысить эффективность передачи жидкости.

Также моделирование двухфазных течений со свободной поверхностью в гидроканале может быть использовано для оптимизации процессов производства энергии, таких как гидроэнергетика и ядерная энергетика. Например, путем моделирования потока в гидротурбинах и реакторах, можно определить оптимальные параметры процесса, которые позволят увеличить эффективность и снизить потери энергии [2].

Таким образом, моделирование двухфазных течений со свободной поверхностью в гидроканале имеет важное значение для разработки и оптимизации ресурсо-энергосберегающих технологий, которые могут существенно повысить эффективность использования ресурсов и снизить потребление энергии.

Двухфазные течения со свободной поверхностью включают в себя две фазы – жидкость и газ или две различные жидкости – которые могут перемещаться и взаимодействовать между собой. Моделирование таких течений является сложной задачей, которая требует применения различных математических моделей. В этом ответе мы рассмотрим три из них: метод VOF (Volume of Fluid), SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) и PFEM (Particle Finite Element Method).

Метод VOF является одним из самых распространенных методов для моделирования двухфазных течений со свободной поверхностью. В этом методе поверхность, разделяющая две фазы, представляется в виде функции объема жидкости. Концепция заключается в том, что объем жидкости в каждой ячейке сетки определяется как доля ячейки, занятой жидкостью. Поверхность раздела фаз вычисляется как место, где значение функции объема жидкости равно 0,5.

При использовании метода VOF уравнения Навье-Стокса решаются для каждой фазы отдельно, с учетом взаимодействия между ними на поверхности раздела фаз. Этот метод является довольно точным и может использоваться для моделирования широкого диапазона двухфазных течений [3].

Метод SPH: Метод SPH представляет собой метод, основанный на гидродинамических уравнениях Навье-Стокса, где используется метод сглаживания частиц. Этот метод позволяет моделировать двухфазные потоки с любым числом границ между фазами, включая свободную поверхность. В методе SPH весь объем жидкости представлен как набор частиц, каждая из которых имеет массу, скорость и давление. Определение поверхности раздела двух фаз в методе SPH производится путем определения значений плотности частиц в окрестности каждой частицы и вычисления ее градиента. Этот метод может использоваться для моделирования широкого спектра двухфазных потоков, включая различные процессы взаимодействия жидкости и газа, пенные потоки и свободную поверхность.

PFEM (Particle Finite Element Method) – это численный метод решения задач механики деформируемого твердого тела, который комбинирует метод конечных элементов (Finite Element Method, FEM) с методом частиц (Particle Method).

PFEM предназначен для моделирования деформации и разрушения материалов в реальном времени. В PFEM используется сетка конечных элементов для описания деформаций тела, а частицы используются для

моделирования динамических явлений, таких как разрушение и смещение материала.

Одной из основных особенностей PFEM является то, что он позволяет моделировать деформацию и разрушение материала с помощью отдельных частиц. Это позволяет учитывать микроструктуру материала и его характеристики, такие как прочность и пластичность. PFEM также может использоваться для моделирования сложных геометрических форм тела, включая тела с вырезами и отверстиями [3].

Моделирование двухфазных течений со свободной поверхностью в гидроканале может быть выполнено с использованием различных численных методов. В зависимости от задачи и доступных ресурсов, можно использовать как классические методы, такие как конечно-разностные, конечно-элементные или конечно-объемные методы, так и более продвинутые методы, такие как метод сглаженных частиц (SPH), латентные переменные методы и другие.

Во всех случаях, процесс моделирования начинается с формулирования уравнений, которые описывают движение жидкостей и газов в гидроканале. В основе этих уравнений лежит закон сохранения массы, импульса и энергии, которые должны быть решены численно, используя соответствующие методы.

Кроме того, для моделирования свободной поверхности, необходимо использовать дополнительные уравнения, которые описывают динамику поверхности и переход жидкости в газообразное состояние и наоборот. Эти уравнения могут включать в себя уравнение Янга-Лапласа, уравнение переноса массы через поверхность, уравнение гидродинамического сопротивления и другие.

После формулирования уравнений, происходит их дискретизация, т.е. представление уравнений в дискретной форме, позволяющей решить их численно на компьютере. Затем, используя соответствующие алгоритмы и программное обеспечение, происходит решение системы дискретных уравнений, которые описывают движение жидкости и газов в гидроканале [3].

В процессе моделирования, можно проводить различные численные эксперименты и анализировать полученные результаты, например, оценивать параметры потока, определять профили скорости и давления, анализировать турбулентность, и т.д. Эти результаты могут быть использованы для оптимизации процессов, связанных с передачей и использованием жидкостей в ресурсо-энергосберегающих технологиях.

Моделирование двухфазных течений со свободной поверхностью может быть выполнено с использованием различных программных пакетов, в зависимости от конкретной задачи и доступных ресурсов.

Некоторые из наиболее популярных программных пакетов для моделирования двухфазных течений включают в себя:

1. ANSYS Fluent – это один из наиболее распространенных программных пакетов для моделирования течений и теплообмена. Он включает в себя возможности для моделирования двухфазных течений со свободной поверхностью, а также позволяет рассчитывать различные параметры потока, такие как скорость, температура и концентрация.

2. OpenFOAM – это свободное программное обеспечение с открытым исходным кодом, которое предоставляет возможности для моделирования различных задач в области гидродинамики и теплообмена, включая моделирование двухфазных течений со свободной поверхностью.

3. COMSOL Multiphysics – это программный пакет для моделирования многих физических процессов, включая течения с поверхностными эффектами, такими как свободные поверхности.

4. STAR-CCM+ – это программный пакет для моделирования течений и теплообмена, который также включает возможности для моделирования двухфазных течений со свободной поверхностью.

5. FlowVision – это российский программный пакет для моделирования течений, который также включает возможности для моделирования двухфазных течений со свободной поверхностью.

Эти программные пакеты могут быть использованы для моделирования различных процессов, связанных с передачей и использованием жидкостей в ресурсо-энергосберегающих технологиях, таких как водоочистка, нефтедобыча, теплообмен и другие.

Список использованных источников:

1. Багаев, Д.В. Численное моделирование работы водометного движителя на начальном этапе движения / Д.В. Багаев, А.Е. Таранов // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2013. – Вып. 78 (362). – С. 65-68

2. Батлер, Т.М. Развитие метода LINC. – Численные методы в механике жидкостей / Т.М. Батлер // Мир. – 1973. – С. 146-155.

3. Голуб, Дж. Матричные Вычисления / Дж. Голуб, Ч. Ван Лоун – М.: Мир, 1999. – 553 с.

© Куликов Д.С., Седяров О.И., 2023

УДК 712.00

АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИЕЙ И СРЕДОВЫМ ДИЗАЙНОМ

Лю Ян

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Начиная с XXI века, в то время как глобальное экономическое и технологическое развитие и прогресс привели к повышению уровня жизни людей, люди также предъявляют более высокие требования к экологической среде, в которой они живут. Как проектировать комфортные и инновационные работы, обеспечивая при этом здоровье природной среды, чтобы природная среда была органично интегрирована в дизайн среды, является ключевым вопросом для дизайна среды и дизайнеров в современном мире. Данная статья посвящена взаимосвязи между экологическими концепциями и дизайном среды, чтобы дать ориентиры для будущего развития экологической среды и дизайна среды.

После нескольких промышленных революций человеческое общество достигло определенного развития, но нанесло большой ущерб природной среде. С течением времени проблемы глобального потепления, истощения природных ресурсов и качества воздуха становятся все более серьезными. В связи с этим защита окружающей среды и устойчивое развитие природных ресурсов стали основными темами исследований в современном мире. Гармоничные отношения между человеком и природой являются основой для выживания и развития человечества. Дизайнеры окружающей среды должны уважать природную среду и проектировать так, чтобы сделать ее лучше, сохраняя при этом исходную природную среду.

Дизайн среды – это, прежде всего, прикладное искусство и наука, возникающие при создании среды для человеческой деятельности. Он включает в себя архитектуру, географию, городское планирование, ландшафтный дизайн и дизайн интерьера. Дизайн среды требует от дизайнера художественной дизайнерской обработки пространственной среды, посредством реорганизации естественной среды и конфигурации искусственной ландшафтной скульптуры, архитектуры, освещения и мощения, для улучшения функциональности и художественности пространственной среды и удовлетворения эстетических потребностей людей, при этом созданная пространственная среда отражает определенный стиль дизайна [1].

Экологическая концепция относится к человеческой концепции природной среды, экологической защиты и экологического развития, включающей отношения между человеком, природой и обществом. Экологическая концепция берет за основу уважение и защиту природной среды, а в качестве основного принципа – гармоничное сосуществование человека и природы, направляя людей на путь охраны окружающей среды и устойчивого развития [2].

Экологическая концепция в дизайне среды – это повышенные требования к пространственной среде и экологической защите пространства, в котором живут люди, после обеспечения их основной жизни. Это требует от дизайнеров научного и рационального проектирования и применения естественной экологической среды. Экологическая концепция требует, чтобы при проектировании работ дизайнеры учитывали основные требования внешнего вида, функции, истории и культуры, экологического баланса. Разумное использование экологических концепций в дизайне окружающей среды играет важную роль в улучшении коннотации проектных работ и устойчивом развитии природной среды.

Выражение экологических концепций в дизайне среды: уважать природу и сократить вмешательство человека. При осуществлении дизайна мы должны уважать регулируемую и циклическую способность самой природы и уменьшить искусственное вмешательство в природную среду. Сделать так, чтобы проектная работа и природная среда находились в гармонии и симбиозе, в направлении устойчивого развития природных ресурсов [3].

4R охраны окружающей среды выражаются в экологическом дизайне. Основные выражения: Reduce – проектирование с целью минимизации использования природных ресурсов, Reuse – наилучшее использование вещей, Recycle – переработка природных ресурсов, Replace – выбор других материалов для замены предметов в природной среде [4].

При проектировании, в соответствии с руководством самых передовых на данный момент научных теорий, разумное использование высокотехнологичных материалов и технологий для работ по экологическому проектированию послужило минимизации растраты природных ресурсов и ущерба экологической среде [5].

Природная среда является общим домом для всех людей. Как профессия дизайнера окружающей среды, которая использует естественную пространственную среду для проектирования, забота не только об уровне комфорта жизни человека, но и о несущей способности природной среды и устойчивом развитии природных ресурсов. В соответствии с требованиями экологической концепции, дизайнеры среды должны добиться того, чтобы ответственность за защиту пространственной среды была выше преобразования и проектирования

пространственной среды. Важно уважать и бережно относиться к природе, запретить крупномасштабные и масштабные изменения окружающей среды. Использование профессионального и рационального подхода к использованию природного ландшафта и региональных особенностей, чтобы уменьшить ущерб для оригинальной экологической среды; и через соответствующее добавление искусственных зданий и искусственного ландшафта в пространственной среде для повышения художественности и красоты экологического пространства, для достижения гармоничного сосуществования человека и природы, так что в определенной степени, чтобы облегчить ущерб, причиненный человеком окружающей среде, для достижения природной среды, устойчивого развития ресурсов, но и для человека. Это позволит в определенной степени смягчить ущерб, наносимый человеком окружающей среде, добиться устойчивого развития природной среды и ресурсов, а также оставит больше возможностей для будущего человечества.

Список использованных источников:

1. Дизайн среды. URL:<https://tinyurl.com/2atvncnm>(дата обращения: 16.01.2022)
2. Экологическая концепция . URL:<https://tinyurl.com/22zpmspu>(дата обращения: 14.12.2021)
3. Институт современного Китая и мира: Экологическая цивилизационная концепция уважения, реагирования и защиты природы. URL: <https://tinyurl.com/25b9ou25> (дата обращения: 16.01.2023)
4. Принципы охраны окружающей среды. URL:<https://tinyurl.com/28fe3bdm> (дата обращения: 29.10.2022)
5. Xu Bo, Lu Xiaomeng. Применение концепции экологического дизайна в дизайне окружающей среды [J]. Modern Horticulture,2022,45(16):119-120+123.

© Лю Ян, 2023

УДК 614.876

АНАЛИЗ КРУПНЕЙШИХ АВАРИЙ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ТЕМПЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ

Мажурина М.А.

Научный руководитель Акатьев В.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В работе проведен анализ и классификация аварий, вызванных разрушением реактора на атомных электростанциях (АЭС).

Атомная энергетика – важнейшая подотрасль глобальной энергетике, имеющая колоссальное значение в глобальном производстве электроэнергии.

Анализ статистических данных за 2021 год показывает, что в восстановлении и стимулировании мировой экономики ядерная энергетика сыграла первостепенную роль. В период пандемии COVID-19 и общемирового режима изоляции данный тип энергетике обеспечил активный рост производства электроэнергии на фоне очередного экономического кризиса [1].

Отмечается, что в 2021 году производство электроэнергии увеличилась на 4%, однако по сравнению с 2020 годом суммарно мировой объем ядерно-энергетических мощностей снизился на 1% или приблизительно на 3 ГВт.

По статистике на июль 2022 года в мире насчитывается около 450 действующих ядерных энергетических реакторов в 32 странах мира. Общая энергетическая мощность которых составляет 394 ГВт. Еще около 54 энергоблоков находятся в стадии строительства.

Активное использование новых энергоблоков и модернизации существующих реакторов спровоцировали увеличение объема ядерно-энергетических мощностей в течение последних десяти лет.

Очевидно, что резкий рост развития атомной энергетике влечет за собой множество потенциально экономически эффективных перспектив, однако данное утверждение не является гарантом достижения успеха в данной отрасли. Вследствие большого количества рисков, связанных с несоблюдением техники безопасности при работе на атомной электростанции [2].

Статистическое наблюдение за функционированием атомных электростанций показало, что большинство аварийных ситуаций, связанных с пожаром на АЭС, влекут за собой весомые последствия [3].

Аварии на атомных электростанциях принято классифицировать по границе распространения и количеству вышедших радиоактивных веществ (РОВ) в окружающую среду. Возникшие в мире аварии на АЭС необходимо классифицировать в соответствии с Международной шкалой INES (рис. 1), принятой в 1990 году Международным агентством по атомной энергетике (МАГАТЭ) [1].



Рисунок 1 – Международная шкала оценки ядерных событий INES

По Международной шкале INES аварии на АЭС классифицируются на 7 уровнях. Шкала разработана таким образом, что позволяет оценить все нештатные события, происходящие на ядерных объектах по всему миру.

По Международной шкале INES под седьмым уровнем опасности принято классифицировать три крупнейшие аварии на АЭС, повлекшие серьезные последствия для дальнейшего развития атомной энергетики в мире, в их число входит авария на Чернобыльской АЭС, произошедшая в 1986 году, авария на АЭС «Фукусима-1» в 2011 году и авария на Кыштымском химкомбинате «Маяк» в 1957 году.

Колоссальной катастрофой стала авария на Чернобыльской атомной электростанции на четвертом энергоблоке 26 апреля 1986 года, причиной которой послужила ошибочная эксплуатация персоналом реактора типа РБМК-1000, не соответствовавшего принципам создания динамически устойчивых безопасных систем, что послужило нарушению в системе обеспечения безопасности. В результате чего произошёл взрыв, и активная зона реактора была полностью разрушена.

Пожар молниеносно охватил всю территорию АЭС и не прекращался в течении 10 суток. В результате чего в тушении пожара были задействованы более 700 тыс. человек. По статистическим данным территория протяжённостью около 60 км² подвергалась загрязнению радиоактивными веществами, в состав которых входили йод-131, стронций-90 и цезий-137. Было принято решение эвакуировать все население в радиусе 30 км вблизи места аварии. На сегодняшний день эта территория до сих пор является не заселенной.

Катастрофа на АЭС Фукусима-1 в Японии, возникшая в результате сильного землетрясения, повлекшего выход из строя электроснабжения с шестью атомными энергоблоками, нанесла огромный ущерб на отрасль атомной энергетики страны.

Данное возгорание привело к остановке работы реактора. 11 марта 2011 года отмечается, как день «Великого землетрясения Восточной Японии», который проиллюстрировал пример того, как стихийное

бедствие привело к масштабным пожарам на АЭС. Две станции были выведены из строя: АЭС «Онагава», на которой произошел пожар, спровоцировавший аварийную остановку, и АЭС «Фукусима-1». В последнем случае землетрясение и цунами спровоцировали взрыв реактора первого энергоблока АЭС. По данным 12 марта 2011 года вблизи места аварии были зафиксированы выбросы радиоактивных веществ, таких как йод-131 и цезий-137 [3]. Исследования показали, что авария на Фукусимской АЭС занимает первое место в мире по выбросу радиации в мировой океан.

Кыштымская авария произошла в СССР 29 сентября 1957 года. Взрыв ёмкости объёмом 300 м³, был спровоцирован выходом из строя системы охлаждения, в котором хранилось примерно 80 м³ высокорadioактивных ядерных отходов. Часть радиоактивного выброса была поднята на высоту 1-2 км из-за взрывной волны. По этой причине образовалось облако из радиоактивных веществ, содержащее твёрдые и жидкие аэрозоли. Длина радиоактивного следа, также именуемого как «Восточно-Уральский радиоактивный след», по замечаниям специалистов, ровняется около 300 км и ширина 5-10 км. [4]. В процессе ликвидации последствий после аварии привлекались военнослужащие и гражданское население, которые подверглись опасному для здоровья облучению. Из более загрязнённых территорий 23 деревни, где проживали более 10 тысяч человек, были переселены, а дома и домашний скот были уничтожены. Данный пример аварии является третьим по масштабу по всему миру.

Анализ приведенных выше примеров катастроф на АЭС показал, что подобного рода события наносят колоссальный ущерб экономическому прогрессу по всему миру.

Человечество стало свидетелем ужасающих последствий, связанных с авариями и ядерными выбросами, которые изменили не только судьбы тысячи людей, но и повлияли на развитие атомной отрасли.

На данный момент многие страны приняли решение приостановить использование отдельных энергоблоков АЭС из-за плачевных опытов коллег из других стран. Подобное решение привело к тому, что пересматриваются правила безопасности проведения работ на атомных электростанциях. Специалисты фокусируют свое внимание на ужесточении стандартов безопасности на АЭС. Также повышаются меры безопасности в процессе проектирования и строительства непосредственно самих энергоблоков АЭС.

Несмотря на негативные последствия, подобные происшествия помогают более глубоко изучить отрасль атомной энергетики. Данная тема в настоящее время все еще актуальна независимо от множества проводимых исследований, так как проблема возникновения аварийных ситуаций на атомных электростанциях все еще не решена и требует дальнейшего изучения и обсуждения.

Список использованных источников:

1. Господарчик, М.М. Ядерная энергетика обеспечивала энергетическую безопасность за счет повышенной выработки электроэнергии в 2021 году. / М.М. Господарчик. – Текст : электронный // Международное агентство по атомной энергии : [сайт]. – 2022. – 10 авг. URL: <https://www.iaea.org/ru/newscenter/news/yadernaya-energetika-obespechivala-energeticheskuyu-bezopasnost-za-schet-povyshennoy-vyrabotki-elektroenergii-v-2021-godu> (дата обращения: 19.03.2023).
2. Маргулова Т.Х. Атомная энергетика сегодня и завтра. / Т.Х. Маргулова. - М.: Высшая школа, 2006. - 368 с.
3. Титов С.А. Анализ аварийных ситуаций, связанных с пожарами на атомных электростанциях. / С.А. Титов, Н.М. Барбин, А.М. Кобелев // Пожаровзрывобезопасность. - 2021. – Т. 1. - № 5. С. 1-10.
4. Абдюкаюмов А.Ш. Последствие крупных аварий на АЭС. / А. Ш. Абдюкаюмов, Б. Х. Абдуллаев // Вестник науки. – 2020. - №1 – С. 8-13.

© Мажурина М.А., 2023

УДК 504.064.47

ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАЗМЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ

Макарова Е.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Дюбанов М.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Межведомственный центр аналитических исследований в области физики, химии и биологии при Президиуме Российской академии наук, Москва

Артемов А.В.

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва

С каждым днём увеличиваются объёмы отходов, в связи с чем возникает острая необходимость разрабатывать новые, современные и экономически выгодные комплексы. К настоящему времени разработано несколько основных способов утилизации отходов: переработка, сжигание и захоронение, но, как правило, используется комбинированный подход.

Для решения проблемы утилизации, вырабатываемого в унитарном плазменном блоке (УПБ) и газотурбинными установками (ГТУ) CO₂, было предложено дополнить Комплекс ВТПК блоком алга-технологий (БАТ), в котором CO₂ использовался для производства микроводорослей *Chlorella vulgaris* с последующей переработкой этих микроводорослей в

биодизельное топливо, биомассу и глицерин. Принципиальная технологическая схема Комплекса ВТПК+БАТ приведена на рис. 1.

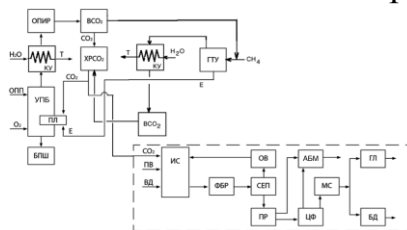


Рисунок 1 – Технологическая схема Комплекса ВТПК+БАТ

Отходы подают в верхнюю часть ВТПК, в нижней части которого в зоне пиролиза расположены плазматроны (ПЛ). Рабочим газом в ПЛ является CO_2 , подаваемый в ПЛ из хранилища CO_2 (XPCO_2). Электроэнергию (E) ПЛ получают от газотурбинной установки (ГТУ). В зону пиролиза ВТПК подают строго расчетное количество кислорода для обеспечения полного превращения неорганических компонентов отходов (ОПП) в базальтоподобный шлак (БПШ), который выводится из нижней части ВТПК. Пирогаз из ВТПК поступает в котел-утилизатор (КУ), где отдает свое тепло с выработкой теплоносителя (Т) (пара). Охлажденный пирогаз из КУ направляют на стадию очистки пирогаза (ОПИР), а после стадии ОПИР очищенный пирогаз направляют на стадию абсорбционного выделения CO_2 (VCO_2). Выделенный на стадии VCO_2 углекислый газ направляется в XPCO_2 . После выделения CO_2 пирогаз, содержащий, в основном, CO , H_2 и CH_4 , направляется в ГТУ для смешивания с природным газом. CO_2 выделяется также и из газообразных продуктов ГТУ. Из XPCO_2 часть CO_2 поступает в качестве плазмообразующего газа в ПЛ, а большая часть CO_2 остается в XPCO_2 и реализуется внешним потребителям.

Данная технология является наиболее эффективной и менее затратной при плазменной переработке отходов для связывания образующегося CO_2 с помощью микроводорослей. Основным преимуществом использования микроводорослей для улавливания CO_2 является захваченный биомассой микроводорослей углерод, который доступен для преобразования в продукты с высокой добавленной стоимостью.

Среди всех видов зеленых водорослей, наиболее коммерчески успешными и широко используемыми в промышленности являются представители рода хлорелла, которые при включении в рацион животных способны оказывать благоприятное воздействие на многие показатели их роста и здоровья [1]. С точки зрения питательной ценности, микроводоросли *Chlorella vulgaris* содержат 61,6% белков, 12,5% жиров, 13,7% углеводов, а также более 20 витаминов и минералов, таких как железо, калий, кальций, фосфор, магний, провитамин А, инозитол, биотин, фолиевую кислоту и все незаменимые аминокислоты, что делает их

хорошей пищевой или кормовой добавкой, обеспечивающей естественный цельный рацион.

Помимо использования биомассы микроводорослей в качестве пищи и источника ценных для фармацевтической промышленности веществ, микроводоросли могут служить источником сырья для производства различных видов возобновляемого биотоплива, например, биодизеля, биоводорода, биометана и биоэтанола. Это в свою очередь служит источником энергии, получаемой из возобновляемого биологического материала, путем переэтерификации низшими спиртами.

Процесс непрерывного производства биомассы и последующего получения биодизельного топлива из микроводорослей *Chlorella vulgaris* состоит из трех основных этапов: разведения и выращивания микроводорослей, сбора урожая, получения биомассы и биодизельного топлива и заключается в следующем:

в специальных емкостях (инкубаторах-смесителях – ИС)) готовится семенной материал микроводорослей (МВ) *Chlorella vulgaris*;

полученный семенной материал направляется в фотобиореакторы (ФБР), наполненные водой, химический состав которой обеспечивает максимальный темп роста микроводорослей;

в процессе роста рабочих клеток микроводорослей полученная биомасса (водно-водорослевая суспензия) насыщается углекислым газом, что при наличии постоянного освещения и поддержания постоянной положительной температуры способствует ускоренному фотосинтезу и размножению микроводорослей, при котором они активно поглощают углекислый газ и одновременно выделяют в атмосферу кислород, как продукт своей жизнедеятельности.

После достижения микроводорослями максимального прироста по массе (от 30 до 50 раз) вся эта зелёная биомасса автоматически отгружается в сепаратор (СЕР), где происходит отделение от неё воды, которая вместе с питательными веществами, оставшимися в ней через систему восстановления воды (оборотная вода – ОВ), возвращается в фотобиореактор.

Полученная в результате сепарации пастообразная алга-биомасса поступает на пресс (ПР), где под давлением разрушаются стенки клеток микроводорослей и из них выделяется жидкость (масло с остатками воды), а балластная алга-биомасса (отжим, жмых) отделяется. Отжим (жмых) алга-биомассы удаляется, а жидкая масляно-водяная смесь подается на центрифугу (ЦФ), где происходит окончательное отделение алга-масла от воды. Эта остаточная вода (ОВ), содержащая питательные вещества, также возвращается через систему восстановления воды в фото-биореактор. Отжим (жмых) алга-биомассы влажностью до 50% отправляется в свой расходно-накопительный резервуар, откуда он отгружается внешним потребителям, как питательная смесь для сельскохозяйственных

животных, птиц и рыб, как удобрение в различных сферах применения или для другого применения [2].

По сравнению с другими растительными источниками производства биодизельного топлива использование микроводорослей позволяет получать значительно большее количество биомасла с высоким содержанием энергетических компонентов.

Улучшенные экономические показатели работы Комплекса ВТПК+БАТ достигаются в основном за счет замещения природного газа собственными энергетическими ресурсами (биодизелем и горючими компонентами пирогаза) и продажей на внешнем рынке всего производимого глицерина и биомассы.

Важно учесть, что в зависимости от площади БАТ и степени реализации БТ внешним организациям, количество CO_2 изменяется в интервале 19,441-38,408 т/час. С увеличением площади БАТ и уменьшения степени реализации БТ внешним организациям количество CO_2 увеличивается. Наименьшее количество CO_2 (19,441 т/час) образуется при 100 % степени реализации БТ внешним организациям. Такой характер полученной зависимости объясняется тем, что чем меньше количество произведенного в Комплексе БТ реализуется на внешнем рынке, тем большее его количество замещает природный газ в ГТУ, увеличивая количество CO_2 в составе газообразных продуктов ГТУ (другого пути использования БТ в предложенной модели Комплекса ВТПК+БАТ не существует). Количество CO_2 , выделяемое из ГТУ, во всем интервале 19,441-38,408 т/час удовлетворяет количеству CO_2 , необходимому для производства микроводорослей *Chlorella vulgaris* на площади БАТ 4-20 га. Конкретное количество CO_2 определяется на предпроектной стадии после выбора площади БАТ.

Стоит учесть, что помимо уже отмеченных экологических преимуществ, ещё есть:

- 1) высокая степень использования CO_2 внутри Комплекса;
- 2) высокая степень замены природного газа энергетическими компонентами, вырабатываемыми в самом Комплексе;
- 3) полная декарбонизация (извлечение CO_2) из газообразных продуктов;
- 4) в атмосферу поступает O_2 в количестве $\sim 4-22$ т O_2 в час в зависимости от площади БАТ.

Кислород, вырабатываемый в БАТ, может быть уловлен и использован в самом Комплексе для дополнительного дутья O_2 в зону пиролиза ВТПК (0,682 т O_2 /час).

Приемлемый срок окупаемости 3,5-4,5 года достигается при $\text{СБАТ} = 8-12$ га и степени реализации БТ на внешнем рынке 25-50%. При этих условиях чистая годовая прибыль Комплекса составляет 4,5-10 млрд. руб., а суммарные капитальные затраты составляют 12-16 млрд. руб.

В ходе выполнения исследования были сделаны следующие выводы.

Комплекс ВТПК+БАТ получения биодизельного топлива с использованием микроводорослей *Chlorella vulgaris* позволяет не только проводить процесс с высокой степенью внутреннего использования CO₂ (до 88%), практически полной заменой природного газа производимым биодизелем и горючими компонентами пирогаза и высокими экономическими показателями, но и гарантированно обеспечивает (помимо решения основной задачи – переработки отходов производства и потребления) сбыт всей производимой продукции:

электроэнергии: для функционирования Комплекса ВТПК+БАТ и для поставок внешним потребителям;

тепловой энергии: для функционирования установки получения ТАЦ и для поставок внешним потребителям;

базальтоподобного шлака: для производства базальтовых волокон;

углекислого газа: для выращивания микроводорослей;

алга-биомассы: для корма КРС в животноводстве;

биодизельного топлива: для использования внутри Комплекса ВТПК+БАТ и/или для поставок внешним потребителям;

глицерина: для переработки в химические продукты.

Список использованных источников:

1. Ahmad M.T., Shariff M., Yusoff F., et al. // Reviews in aquaculture. 2020. V. 12. № 1. P. 328.

2. Fukuda H., Kondo F., Noda H. // J. Bioscience and Bioengineering. 2001. V. 92. № 5. P. 405.

© Макарова Е.И., Дюбанов М.В., Артемов А.В., 2023

УДК 621.483

КОНЦЕПЦИЯ ТЕПЛООВОГО АККУМУЛЯТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРИЕМНИКА ПРЯМОГО ПОГЛОЩЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТВЕРДОГО ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕГО ДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА

Маркин Е.М., Пустовойт П.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Увеличение выбросов парниковых газов параллельно с растущим спросом на энергию является основной движущей силой всех усилий по поиску различных источников возобновляемой энергии. Исследования показывают, что к 2050 году выбросы CO₂, связанные с энергетикой

удвоятся. Поиск путей повышения эффективности технологий использования возобновляемых источников энергии является ключом к предотвращению крупного необратимого катастрофического ущерба окружающей среде [1].

Одним из наиболее перспективных источников энергии является преобразование солнечной энергии в электрическую, и многие ученые во всем мире ищут способы усовершенствовать эту технологию, чтобы потенциально применить ее на предприятиях, производящих наибольшее количество парниковых газов. Важным аспектом развития и повышения надежности этих технологий является разработка накопителей энергии. Подходящая система хранения может преобразовывать накопленную энергию в другую форму, но сделать ее эффективной и простой в работе по-прежнему сложно.

Совершенствование технологий по накоплению энергии имеет жизненно важное значение для уменьшения разницы между её потреблением и выработкой, а также для повышения производительности и надежности многих энергетических систем. Это позволяет удешевить систему и уменьшить энергетические потери.

Тепловой аккумулятор (ТА) является агрегатом с высоким экологическим показателем. Широкий спектр применения, которого, позволяет считать его популярным дополнением к уже имеющимся энергосистемам. Данный аппарат благодаря высокой надёжности и долговечности способен полностью окупить затраченные средства, помочь в дальнейшем увеличить экономию энергии, а также степень её полезного использования.

Основными факторами, определяющими эффективность ТА, являются его КПД совместно с системой, к которой он подключён, тип внешней изоляции и ёмкость самого аккумулятора, от них в значительной степени зависит стоимость подобного агрегата. Современные автоматизированные системы управления позволяют существенно расширить возможности по регулированию рабочих параметров, характеристик тепловых аккумуляторов и как следствие, повысить их теплопроизводительность.

Популярна концепция ТА приемником прямого поглощения в которой теплоноситель падает на плоскую поверхность и подвергается непосредственному воздействию входящего солнечного потока, получая максимальное повышение температуры при падении. Было продемонстрировано, что конструкции концентрирующих солнечных приемников наряду с аккумулярованием тепла могут быть более эффективными, чем другие традиционные конструкции теплообменников (например, пароводяной теплообменник), поскольку они способны достигать более высоких температур на выходе [2] (рис. 1). Он также имеет более высокие тепловые потери, особенно за счет радиационного

теплообмена с окружающей средой, что может быть компенсировано чистым приростом тепловой энергии в КПД силового блока, что приводит к более высокому общему КПД системы.

Основным ключевым компонентом для повышения общей эффективности системы является поиск подходящего теплоносителя в данном случае был выбран песок, который может достигать очень высоких температур [3].

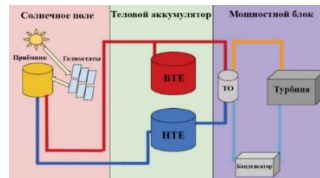


Рисунок 1 – Схема концентрирующей солнечной электростанции с накопителем тепловой энергии.

Однако данная схема имеет некоторые конструктивные ограничения, такие как невозможность достижения температуры выше 900°C , коррозионное поведение при этой температуре и проблемы со стабильностью при более высоких скоростях потока. Между тем, существует сильная исследовательская область для поиска теплоносителей, которые решают текущие проблемы [4].

Новым материалом для изучения в качестве теплоносителя является разогретый песок. Песок широко известно как один из самых распространенных материалов на земной коре, обладающий определенными привлекательными характеристиками, такими как высокая термическая стабильность при высоких температурах, которые позволяют решать проблемы, связанные с современными теплоносителями (рис. 2).



Рисунок 2 – Схема передачи тепловой энергии в приемнике прямого поглощения

Частицы транспортируются в загрузочный бункер в верхней части цилиндрической полости, обращенной лицевой стороной вниз. В то время как частицы падают через входную щель на собирающее кольцо на дне ресивера, образуется свободно падающая завеса, параллельная внутренней стенке полости. Солнечное излучение попадает в приемник через открытую апертуру и непосредственно поглощается завесой из частиц. Однако было обнаружено, что истирание частиц для данной конструкции является критическим вопросом, который необходимо тщательно оценить в последующих исследованиях [5].

Одной из главных задач на данный момент является сокращение объема вычислений, для последующего проведения обширных исследований выходных характеристик, чтобы охарактеризовать приемник и оценить его эффективность при различных конструкциях.

В дальнейшем системы подобного типа помогут в развитии новых конструкций ТА и отдельных приемников солнечной энергии. Применение данных аппаратов позволит более подробно изучить эффективность процессов теплопередачи и теплоотвода при использовании твердых видов теплоносителей.

Список использованных источников:

1. Левенберг В.Д., Ткач М.Р., Гольстрем В.А. Аккумулирование тепла.-Киев: Техника, 1991. - С. 49-74.
2. Sustainable, secure and affordable energy for Europeans [Электронный ресурс]: The European Union explained Energy – Режим доступа: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/energy.pdf>
3. Бабаев Б. Д. Разработка и исследование энергосистем на основе возобновляемых источников с фазопереходным аккумулированием тепла
4. Попель О. С., Фортвов В. Е. Энергетика в современном мире: Научное издание. Долгопрудный: Изд. дом "Интеллект", 2011. 168 с.
5. Валов М. И., Казанджан Б. И. Системы солнечного теплоснабжения. -М.: Изд. МЭИ. 2011. 140 с.

© Маркин Е.М., Пустовойт П.А., 2023

УДК 621.315.211.9; 628.5

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ЭКСТРУЗИИ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИЭТИЛЕНА
И ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

Мишина А.А., Седяров О.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Современное предприятие должно обеспечивать выпуск продукции высокого качества и в количествах, удовлетворяющих потребности общества. Комфортные и благоприятные условия труда приводят к повышению производительности и качества выпускаемых изделий. В связи с этим рациональное использование материально-производственных ресурсов предполагает максимальное использование производственных площадей с соблюдением требований по организации безопасных условий труда персонала.

В настоящее время растет потребность в высококачественной кабельной продукции. Сегодня в России работают более ста кабельных заводов и предприятий. АО «НП «ПОДОЛЬСККАБЕЛЬ» является одним из крупнейших производителей кабелей и проводов в России с медными жилами. На сегодняшний момент заводом выпускается более 120 тысяч маркоразмеров кабелей и проводов, среди них и старые проверенные временем марки и новые, уже востребованные у потребителя, разработки. Производимая предприятием продукция используется во всех отраслях промышленности, в том числе для атомных станций, нефтедобывающих предприятий и предприятий оборонно-промышленного комплекса.

В связи с тем, что при производстве кабельной продукции методом экструзии с использованием полиэтилена выделяются токсичные и канцерогенные вещества актуально оценить уровень загрязнения помещения экструзионного участка АО «НП Подольсккабель».

В основе метода экструзии лежит способность термопластичных полимеров в расплавленном состоянии протекать через узкие отверстия под действием выдавливающего усилия. Экструзия обеспечивает высокую производительность и непрерывность процесса, что дает возможность выпускать продукцию большой длины, совмещать изолирование или наложение оболочки с другими технологическими операциями. Наложение полимерных покрытий на экструзионных линиях – наиболее распространённый способ при производстве кабельных изделий. Основным рабочим узлом экструзионной линии является экструдер. В нем осуществляется непосредственное наложение изоляции или оболочки.

Типовая схема экструзионной линии показана на рис. 1 [1].

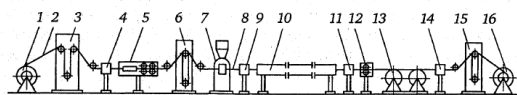


Рисунок 1 – Типовая схема экструзионной линии: 1 – отдающее устройство; 2 – токопроводящая жила или кабельная заготовка; 3, 15 – компенсаторы; 4 – протирающее устройство; 5 – прямильное устройство; 6 – устройство подогрева токопроводящей жилы; 7 – экструдер; 8 – токопроводящая жила или заготовка с наложенным покрытием; 9 – бесконтактный измеритель диаметра; 10 – охлаждающее устройство; 11 – устройство для удаления влаги с поверхности; 12 – контактный измеритель диаметра; 13 – тяговое устройство; 14 – измеритель длины; 16 – приемное устройство.

Принцип действия экструзионной линии заключается в том, что токопроводящая жила или заготовка кабеля с отдающего устройства через компенсатор, протирающее и прямильное устройства поступает в устройство для предварительного подогрева токопроводящей жилы, расположенное перед экструдером. В экструдере полимерный материал нагревается, уплотняется, расплавляется, гомогенизируется и поступает в

головку экструдера, где расположен формующий инструмент, который обеспечивает наложение слоя покрытия на токопроводящую жилу или заготовку. После чего покрытие охлаждается в ванне с водой, а затем обдувается воздухом для удаления остатков влаги с поверхности кабельного изделия. Далее кабель, после прохождения контрольно-измерительных приборов, поступает на приемное устройство [2].

Одним из видов технологических процессов при производстве нефтепогружных кабелей на предприятии АО «НП «ПОДОЛЬСКАБЕЛЬ» является опрессование на экструзионных линиях фирмы «Розендаль» RN-A №1, PE-100 №2 медной проволоки или заготовки в полиэтилен в 1, 2, 3 прохода. Процесс происходит при температуре от 150°C до 300°C.

При использовании композиции полиэтилена (нагревание выше 140°C) возможно выделение в воздух летучих продуктов термоокислительной деструкции, содержащих органические кислоты, карбонильные соединения, в том числе формальдегид и ацетальдегид, оксид углерода, кроме того, хлорид водорода [3].

В процессе наложения полиэтилена на экструзионных линиях АО «НП «ПОДОЛЬСКАБЕЛЬ» возможно выделение загрязняющих веществ (ЗВ), указанных в табл. 1, в концентрациях, не превышающих предельно-допустимые концентрации при соблюдении требований технологической документации на материалы, оборудование и техпроцесс.

Таблица 1 – Перечень загрязняющих веществ при переработке полиэтилена методом экструзии [4, 5]

Код	Наименование загрязняющего вещества	ПДК, мг/м ³				Класс опасности	Особенности действия на организм
		ПДК м.р.	ПДК С с.с.	ПДК с.г.	ПДК р.з.		
0316	Хлористый водород	0.2	0.1	-	5	2	Высокотоксичное вещество, мутаген
0337	Углерода оксид	5.0	3.0	0	20	4	Токсичное, огнеопасное вещество
1317	Ацетальдегид	0.01	-	-	5	3	Токсичное и высокоогнеопасное вещество, возможно канцероген для человека, мутаген, наркотик
1325	Формальдегид	0.05	0.01	0.003	0.2	2	Высокотоксичное вещество, канцероген, аллерген, мутаген
1555	Кислота уксусная	0.2	0.06	-	5	3	Токсичное и огнеопасное вещество, мутаген

Все выделяющиеся вещества оказывают раздражающее действие.

Полиэтилен – кристаллический полимер линейного строения с небольшим числом боковых ответвлений. Сырьем для производства полиэтилена является этилен, выделяемый из газовых смесей, получаемых при пиролизе и крекинге нефтепродуктов, попутных и природных газов. Удачное и редкое сочетание в полиэтилене химической стойкости, механической прочности, морозостойкости, хороших диэлектрических свойств, чрезвычайно низкие газопроницаемость и влагопоглощение, легкость и безвредность делают полиэтилен незаменимым при производстве кабелей и проводов различного назначения, объемы выпуска которых и номенклатура постоянно возрастают. В кабельном производстве применяется не чистый полиэтилен, а различные композиции на его основе. Для изоляции кабельных изделий, применяемых в нефтегазовой

индустрии, используются марки и рецептуры материалов, обладающем наилучшим комплексом свойств для эксплуатации в скважинной жидкости, на открытом воздухе: стойкостью к растрескиванию, высокими механическими и электрическими свойствами, чистотой и минимальным количеством стабилизирующих добавок [6].

Нормативное качество воздуха рабочей зоны достигается воздухообменом, который обеспечивает удаление из помещения загрязненного воздуха и подачу на его место свежего (условно чистого). Рабочие места, где возможно выделение вредных веществ, должны быть оборудованы местной вытяжной вентиляцией для организации и регулирования обмена воздуха в помещении.

Рабочая зона опрессовщика находится вдоль всего экструдера. Контроль воздуха рабочей зоны проводится лабораторией предприятия в местах наибольшей вероятной концентрации загрязняющих веществ, поступающих в зону дыхания человека. Это открытые участки экструдера – зона головки экструдера и приемное устройство. Максимальное выделение загрязняющих веществ происходит при выходе из головки экструдера в связи с тем, что наложенная изоляция (оболочка) разогрета до высоких температур. В связи с тем, что на приемном устройстве материал остывший, концентрация ЗВ меньше, чем на головке экструдера. Концентрация вредных веществ в вентиляционных выбросах, удаляемых от экструзионного участка, зависит от состава используемых материалов, температурных режимов, объема выпускаемой продукции.

Анализ документации предприятия показал, что на АО «НП «ПОДОЛЬСКАБЕЛЬ» ранее были зафиксированы случаи превышения формальдегида на головке пресса и на рабочем столе опрессовщика. Кроме этого, при производственном контроле не проводились замеры на содержание хлористого водорода, который возможно присутствует в выбросах. Наличие и концентрация хлористого водорода зависит от состава используемой полиэтиленовой композиции.

Использование локальных (местных) вытяжных систем с зондом над головкой экструдера и общеобменных вентиляционных систем позволили исключить в настоящий момент превышение ПДК р.з. по всем загрязняющим веществам, в частности по формальдегиду.

Рекомендуется включить в программу производственного контроля воздуха рабочей зоны опрессовщика хлористый водород, и исключить только в случае многократного не обнаружения данного загрязняющего вещества. Перечень загрязняющих веществ зависит от марки полиэтилена, в связи с этим важно при контроле загрязняющих веществ ориентироваться на список возможных выделяющихся веществ, указанных в документации на полимерный материал.

При оценке влияния выбросов вредных веществ в рабочую зону необходимо применять комплексный подход, позволяющий выявлять зоны

с максимальной концентрацией загрязняющих веществ. Как показал опыт предприятия, превышения ПДК р.з. на рабочем столе было выявлено случайно, так как это место не подлежало контролю. Предлагается выявить все возможные по цеху места с максимальной концентрацией загрязняющих веществ для включения в график контроля. Для этого следует использовать специальный современный метод научного познания – моделирование, с помощью которого можно изучить, объяснить параметры состояния воздушной среды и предсказать их поведения в будущем. Наиболее перспективным инструментом для решения подобных задач является использование и развитие свободного программного обеспечения: открытых пакетов, подобных OpenFoam (Open Field Operation and Manipulation), Paraview и других.

Моделирование распространения загрязняющих веществ позволяет с минимальными временными и материальными затратами выявлять и решать задачи защиты здоровья человека в процессе производства, учитывая всю специфику процесса.

Список использованных источников:

1. Основы кабельной техники : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Леонов, И. Б. Пешков, И. Б. Рязанов [и др.] - М. : Издательский центр «Академия», 2006. - 432 с. - ISBN 5-7695-1647-X. – Текст : непосредственный.

2. Кабели и провода / А. И. Балашов, М. А. Боев, А. С. Воронцов [и др.] - М. : Энергоатомиздат, 2009. - 470 с. : ил. - ISBN 978-5-283-03305-1. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ 16336-2013. Композиции полиэтилена для кабельной промышленности : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 22.11.2013 № 1835-ст / введен взамен ГОСТ 16336-77 / разработан ФГУП «ВНИЦСМВ». – М. : Стандартинформ, 2014. - 28 с.

4. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: (СанПиН 1.2.3685-21): [утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача от 28.01.2021: введены в действие с 01.03.2021]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/573500115?marker=1Q24QE6§ion=text>
(дата обращения: 05.03.2023).

5. Сорокин, Н. Д. Организация охраны атмосферного воздуха на предприятии / Н. Д. Сорокин. - СПб. : Фирма «Интеграл», 2022. - 550 с. - ISBN 978-5-4227-0186-5.

6. Макиенко, Г. П. Кабели и провода, применяемые в нефтегазовой индустрии / Г. П. Макиенко. - Пермь : Агентство «Стиль-МГ», 2004. -560 с. - ISBN 5-8131-0059-8. – Текст : непосредственный.

© Мишина А.А., Седяров О.И., 2023

УДК 675.024.4:541.49:541.64

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА КОМБИНИРОВАННЫХ ДУБИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ИОНООБМЕННОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Новиков И.Е., Чурсин В.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Мировая кожевенная промышленность потребляет до 30% от общего производства соединений хрома. При традиционной технологии дубления порядка 10-15% солей хрома попадает в сточные воды и требует соответствующих дополнительных методов очистки [1, 2]. В литературе приводятся сведения о возможном превращении соединений хрома (III) в хром (VI) под действием различных окислителей, присутствующих в, частности, в жирующей композиции, и проявляющих свою активность при повышенных температурах. Кроме того, утилизация хромосодержащих твердых отходов, таких как обрезь, хромовая стружка, шлифованная пыль и шлам, также представляет собой серьезную проблему. В связи с этим кожевенные предприятия, сталкивающиеся с давлением законодательства по охране окружающей среды и большими затратами на очистку хромосодержащих стоков, стараются использовать более экологичные методы дубления, предусматривающие сокращение использования дубящих солей хрома. Одним из перспективных направлений исследований является разработка хромосодержащих комбинированных дубителей на основе соединений алюминия, титана, циркония, в которых содержание соединений хрома составляет менее 50%.

Разрабатываемые альтернативные дубители должны удовлетворять следующим критериям: хорошая гидротермическая устойчивость (температура сваривания), по возможности, более светлая окраска, экологичность, сопоставимая стоимость и универсальность применения в производстве различных видов кожи. К числу таких дубителей можно отнести комбинации хром-цинк и алюминий-цинк, с помощью которых можно получить полуфабрикат светлых оттенков с температурой сваривания 85-90°C, идеально подходящих при производстве ассортимента готовой продукции пастельных тонов. Цинк относится к нетоксичным соединениям – допустимое содержание цинка в сточных водах в 2 раза выше, чем Cr^{3+} , и в 20 раз выше, чем Cr^{6+} .

Вопросы комплексообразования в таких системах требуют тщательного изучения, поскольку от состава и свойств гетероядерных комплексов зависят технологические характеристики процесса дубления и показатели готовой продукции. В качестве объектов исследования были использованы смесовые комбинированные дубители на основе хромового дубителя, сульфата цинка и ацетата цинка, и дубители, полученные восстановлением бихромата натрия в присутствии сульфата цинка и ацетата цинка соответственно.

Смесовые дубители получали из водных растворов сухого хромового дубителя (ТУ2141-053-54138686-2009), сульфата цинка (СХД:сульфат цинка) при соотношении 5:5, и ацетата цинка (СХД:ацетат цинка) при соотношении 8:2, при их выдерживании в течение суток для завершения процесса комплексообразования.

Комбинированные дубители получены восстановлением бихромата натрия в присутствии сульфата цинка (Цихром С) и бихромата натрия в присутствии ацетата цинка (Цихром А) в кислой среде с использованием в качестве восстановителя глюкозы. Характеристики полученных дубителей представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики комбинированных дубителей

	Содержание оксида хрома, г/л	Содержание цинка, г/л	Значение pH 5%-го раствора	Основность, %
СХД:сульфат цинка	137,12	9,8	2,7	33,20
СХД:ацетат цинка	179,12	7,8	2,8	26,50
Цихром С	189,75	26,8	2,7	26,60
Цихром А	258,06	22,9	2,8	33,82

Исследование состава комбинированных дубителей методом ионообменной хроматографии проводили согласно методике [3]. В качестве катионита использовалась многофункциональная сильнокислотная смола КУ-2-8, помещенная после предварительной активации в хроматографические колонки с внутренним диаметром 2,0 см и высотой 50 см. Элюирование осуществляли последовательно: водой; 0,5 моль/л NaClO₄; 1,0 моль/л NaClO₄; 2,0 моль/л NaClO₄; 1,0 моль/л HCl; 2,0 моль/л HCl; и концентрированной HCl. Полученные фракции исследовали на спектрофотометре UV1900 UV-Vis при длине волны 420 нм.

В соответствии с результатами, представленными на хроматограммах (рис. 1 и 2), можно сделать вывод, что в растворах исследованных дубителей присутствуют семь фракций. Согласно данным, приведенным в литературных источниках [4, 5], пики на хроматограммах можно идентифицировать с анионными, нейтральными и положительно заряженными гетероядерными комплексами, отличающимися величиной заряда. Процентное содержание каждого из комплексов рассчитывали, исходя из площади конкретного пика и общей площади хроматограммы. Результаты расчета приведены в табл. 2.

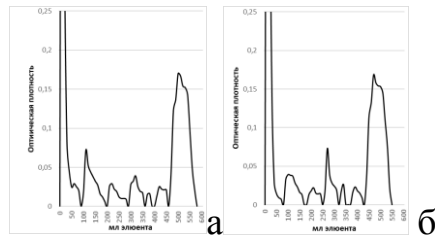


Рисунок 1 – Хроматограммы смесовых дубителей: а) СХД:Сульфат цинка, б) СХД:ацетат цинка

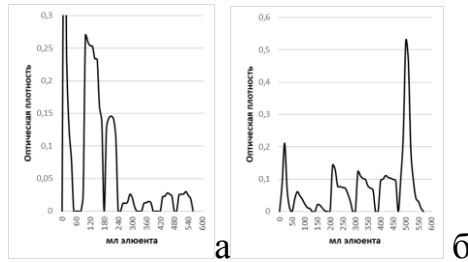


Рисунок 2 – Хроматограммы дубителей, полученных при восстановлении бихромата натрия: а) Цихром С; б) ЦихромА

Таблица 2 – Содержание отдельных фракций в исследованных дубителях

Заряд комплекса	Содержание комплекса в дубителе, %				
	Смесовой 8:2	Смесовой 5:5	Цихром С	Цихром А	СХД
Анионный	46,63	48,10	28,38	9,25	27,34
Нейтральный	7,59	8,49	43,0	0,82	2,83
+	4,31	5,85	16,22	2,33	6,62
++	6,73	4,04	2,87	14,61	8,8
+++	2,59	1,81	2,01	14,10	9,53
++++	3,88	3,46	3,42	14,70	8,83
+++++	28,23	28,21	4,06	36,76	35,97

Анализ представленных в табл. 2 данных свидетельствует о существенной разнице между смесовыми комбинированными дубителями, и дубителями, полученными при реакции восстановления бихромата в присутствии солей цинка. Прежде всего, это значительная доля анионных и нейтральных комплексов, составляющая в сумме более 50%, в то время как доля этих комплексов в стандартном хромовом дубителе составляет порядка 30%. Как было показано ранее при исследовании состава комплексов методом спектроскопии [6] в растворах хромового дубителя и солей хрома наблюдается образование гетероядерных хромцинковых комплексов. Можно предположить, что значительное количество анионных комплексов обусловлено, присутствием в гетероядерных комплексах атомов цинка, имеющих более низкую валентность, чем атомы хрома. Это предположение подтверждается более высоким содержанием анионных и нейтральных комплексов в смесовом дубителе, полученном при более высокой доле соли цинка в смеси. Сопоставление процентного содержания других фракций в смесовых дубителях не выявило существенных различий.

Результаты анализа дубителей, полученных в результате восстановления бихромата натрия в присутствии солей цинка, свидетельствуют о существенных различиях в фракционном составе

гетероядерных комплексов. Так, дубитель, синтезированный в присутствии сульфата цинка, содержит свыше 70% анионных и нейтральных комплексов, что позволяет предположить образование комплексов, в которых преобладают атомы цинка, а в качестве лигандов присутствуют отрицательно заряженные сульфогруппы.

В дубителе, синтезированном в присутствии ацетата цинка, доля анионных комплексов минимальна, а преобладают положительно заряженные гетероядерные комплексы, причем комплексы с зарядом +5 составляют 36,76%, что соответствует содержанию таких комплексов в сухом хромовом дубителе.

Известно, что наиболее реакционноспособными по отношению к коллагену являются катионные комплексы хрома, а лучшей проникающей способностью обладают анионные и нейтральные комплексы. Таким образом, результаты хроматографического анализа позволившие определить фракционный состав комбинированных дубителей, полученных различными способами, дают основание для интерпретации экспериментальных данных при исследовании процессов диффузии и связывания дубителей в реальных условиях.

Список использованных источников:

1. Maher Jabari, FathiAqra, SafaShahin, AwniKhatib Monitoring chromium content in tannery wastewater. Journal of the Argentine Chemical Society.- 2009. V.97. N.2. P. 77-87.

2. Чурсин В.И. Бесхромовое дубление. Проблемы и перспективы М. ФГБОУ ВО "РГУ им. А.Н.Косыгина". 2022. 178 с.

3. Jinwei Zhang, Yanping Ga, Wuyong Chen. Characteristics of chrome complexes in neutralizing effluent. Leather and Footwear Journal. 2017. V.17. N. 1. P. 45-50

4. Jinwei Zhang, Wuyong Chen, Carmen Gaidau. Influence of microwave on chromium complex composition in tanning liquor . Journal of Leather Science and Engineering. 2020. V.2. N.10. P.1-11

5. Wu J.C., Gao Y.P., Zhang J.W., Wang Y., Chen W.Y. Chrome complexes in rewetting and neutralizing effluents and hints for recycling post-tanning wet-process effluent. Polish Journal of Environmental Studies. 2018. V. 27. P. 1315–1321.

6. Новиков И.Е., Еремина Е.А., Чурсин В.И. Исследование комплексообразования в системе соли цинка - хромовый дубитель Дизайн и технологии. 2021. № 81 (123). С. 21-29.

© Новиков И.Е., Чурсин В.И., 2023

УДК 677.052-185

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

Нурсахедов М., Поляков А.Е., Иванов М.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В производстве волокнистых материалов широко используется тепловая обработка волокнистых продуктов. Температура является характерным режимным параметром, от нее зависят важнейшие свойства волокнистых материалов. Температура нестабильна во времени, поэтому измеряется и контролируется на разных этапах: при получении волокнистых материалов; при вытяжке; при последующей текстильной обработке (текстурировании нитей, запаривании, крашении, сушке); также контролируется температура воздуха цехов и лабораторий.

В машине для текстурирования нитей методом ложного кручения температура контролируется более чем в 100 точках. От точности поддержания температуры зависит качество выпускаемых нитей.

В поточной линии для производства объемного нетканого материала контроль и регулирование температуры в термокамере является важнейшим технологическим регламентом [1].

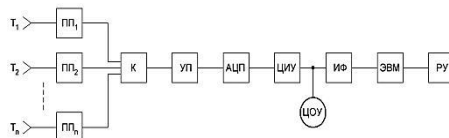


Рисунок 1 – Структурная схема ИИС параллельно-последовательного действия: ПП – первичный преобразователь, К – коммутатор, УП – унифицирующий преобразователь, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, ЦИУ – цифровое измерительное устройство, ИФ – интерфейс, ЦОУ – цифровое отсчетное устройство, РУ – регистрирующее устройство

Задачи контроля температуры в режиме реального времени в различных точках могут эффективно решаться с помощью автоматических систем, например, информационно-измерительной системы (ИИС).

Существуют ИИС, имеющие различные структурные схемы. В системах с множеством точек контроля применяют ИИС параллельно-последовательного действия (рис. 1). Такая структура отвечает требуемому быстродействию и позволяет использовать маломощные и недорогие комплектующие ЭВМ.

При проектировании ИИС используют, как правило, стандартные функциональные блоки. Современные отечественные и зарубежные фирмы представляют линейки таких средств (например, ОВЕН, Siemens, Wago и др.).

ИИС состоит из ряда измерительных каналов. При этом важным является правильный выбор первичных преобразователей. При выборе большое внимание уделяется свойствам средств измерения, в частности, метрологическим характеристикам. Такое внимание продиктовано достаточно высокой точностью измерений температуры в ходе технологического процесса текстурирования.

Задача обеспечения требуемой точности измерительных каналов ИИС может быть решена при использовании эффективных средств при проведении стендовых испытаний датчиков температуры, в том числе динамических, обеспечивающих определение таких характеристик, как постоянной времени, времени реакции, времени измерения.

Для исследования метрологических характеристик и правильного выбора датчиков температуры использовались следующие преобразователи температуры: термопары хромель-копелевые (ХК) и хромель-алюмелевые (ХА), медные (ТСМ) и платиновые термосопротивления (ТСР).

По полученным частным динамическим характеристикам были определены постоянные времени и время измерения для каждого преобразователя.

В соответствии с результатами исследований термокамера как объект управления имеет инерционность порядка 40 сек. Для того, чтобы информация с датчика не теряла актуальность необходимо выбрать датчик, имеющий меньшую инерционность. Такими датчиками являются термопара ХК и термопара ХА.

Опрос датчиков, т.е. поочередное подключение их выходных сигналов к измерителю осуществлялось по замкнутому циклу при помощи автоматического коммутатора, управляемого микропроцессором по заданной пользователем программе. Необходимо определить такой период опроса датчиков T_d , который бы сводил динамическую погрешность к минимуму.

Для выбора T_d учитывалась инерционность датчиков и случайный характер изменения температуры в термокамере. Частый опрос может привести к возникновению автоколебаний в контуре регулирования.

Использовался корреляционный критерий, заключающийся в расчете среднеквадратической погрешности измерения при изменении кратности периода опроса $L T_{d1}$.

Для нахождения кратности периода опроса L , при котором СКО соответствует заданной точности измерений $\sigma_{доп}$, составлена программа в системе Matlab.

График зависимости изменения СКО от кратности периода опроса преобразователя температуры L доказывает соответствие погрешности восстановления требуемому значению. Чтобы избежать ошибок измерения во время опроса датчика, вызванных внешними единичными импульсными и коммутационными помехами в используемой ИИС использован фильтр. Реальные провалы и выбросы для прибора моделировать сложно. Поэтому исследовалась модель фильтра в программе Simulink (рис. 2).

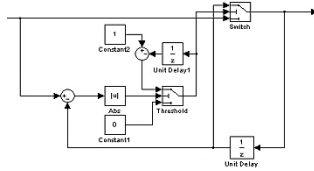


Рисунок 2 – Схема фильтра в программе Simulink

Фильтр осуществляет непрерывное вычисление разности между двумя результатами последних измерений одного и того же входного параметра, выполненных в соседних циклах опроса и сравнение ее с заданным предельным отклонением. При этом если вычисленная разность превышает заданный предел, то результат, полученный в последнем цикле опроса, считается недостоверным, дальнейшая обработка его приостанавливается и производится повторное измерение. Если недостоверный результат был вызван воздействием помехи, то повторное измерение подтвердит этот факт и ложное значение аннулируется.

На вход фильтра подавался сигнал изменяющейся температуры с пульсацией. При уменьшении значения полосы фильтра помехозащищенность измерительного канала улучшается. Но при этом из-за возможных повторных измерений хуже реакция на быстрое изменение входного параметра. Поэтому возникает задача выбора оптимального значения параметра полосы фильтра [2].

Предлагается установить значение полосы фильтра, соответствующее максимальной скорости изменения сигнала, который поступает с преобразователя температуры. При этом учитывается как инерционность объекта, так и инерционность преобразователя.

Список использованных источников:

1. Лопаткина М.А. Исследование и разработка системы автоматического управления температурными режимами в процессе текстурирования синтетических нитей: автореферат. – Москва: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006. – 16 с.

2. Поляков А.Е., Иванов М.С. Разработка теоретических основ интеллектуального управления деформационными свойствами волокнистых материалов при их жидкостной и термомеханической обработке: монография. Под редакцией профессора А.Е. Полякова. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина». – 2022. – 295 с.

© Нурсахедов М., Поляков А.Е., Иванов М.С., 2023

УДК 537.22

ОТДЕЛЬНОЕ ЗДАНИЕ КАК МИКРОСЕТЬ В КОНЦЕПЦИИ SMARTGRID

Отрубьянников Е.В., Орлов О.Я.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Концепция SmartGrid (умной сети) является весьма перспективной, её введение даже на локальном уровне ведёт к удобству пользования сетью для потребителя и облегчённой логистике энергии вместе с моментальной реакцией на аварии, в так же упрощённым восстановлением после них. В настоящее время смарт-технологии уже активно используются для повышения эффективности, управляемости и безопасности систем энергоснабжения. В данной концепции выделяют такой элемент как микросети. Микросети – это энергосистемы, состоящие из ряда потребителей и источников энергии, которые могут работать независимо от функционирования главной электросети. Одной из разновидностей микросетей является отдельное здание, в котором используются различные источники энергии, например, солнечные панели или ветрогенераторы. Отдельное здание, как микросеть, имеет ряд преимуществ. В первую очередь это автономность, экономичность, надёжность и возможность использования возобновляемых источников энергии в независимости от режимов потребления. Однако для обеспечения этих преимуществ необходимо использовать целый комплекс мер и средств, таких как: мониторинг и управление нагрузками, резервирование источников энергии, автоматизацию процессов сбора и хранения информации.

В данной статье рассматривается один из аспектов применения концепции SmartGrid и ИЭС ААС (интеллектуальная электроэнергетическая системы с активно-адаптивной сетью) – использование отдельных зданий в качестве микросетей в энергосистеме. Особенность такого подхода заключается в возможности отдачи электроэнергии в сеть общего пользования за счет её децентрализации. Фактически здание получает дополнительную возможность для компенсации неравномерности генерации от источников ВИЭ (возобновляемые источники энергии) и неравномерности потребления. Предсказать или спрогнозировать эффективность наложения двух функций без использования компьютерной модели не представляется возможным.

Важным элементом в создании микросетей является использование цифровых двойников. Они позволяют создать компьютерную модель или виртуальную среду, в которой можно проводить эксперименты и проверять работу системы в различных условиях. Компьютерные модели

позволяют повысить эффективность проектирования и эксплуатации микросетей, а также повысить понимания их функционирования.

В данной работе рассматривается условное здание, в котором установлены системы ВЭИ, такие как солнечные панели и системы ветрогенерации. Эта энергия может быть использована для питания самого здания, на наполнение батареи хранения или же передана в общую энергосистему, если ее производство превышает потребление. Созданная модель включает в себя замкнутую систему, которая реализована системно-динамически. Выходным потоком системы является механизм распределения потребления электроэнергии, который реализован функции распределения. Входной поток обеспечивается из двух источников – ВИЭ и городская энергосистема. Внутри системы создан буфер хранения, реализующий аккумуляторную батарею. Городская энергосистема реализована как стабильный поток, открывающийся по требованию, мощностью 15 кВт. Генерация системы ВИЭ реализуется как поток, распределенный по времени и зависимый от факторов генерации. В частности, солнечная энергия зависит от инсоляции и имеет высокие КПД, распределенные по световому дню, в то время как ветрогенерация зависит от интенсивности ветра и реализуется в модели случайной сменой интенсивности ветра раз в 4 часа.

Так как в нашей стране SmartGrid сети находятся на начальном этапе развития и внедрения, про их использование тяжело найти какую-либо информацию и уж тем более получить эмпирические наблюдения, то числовые данные, используемые в модели, опираются на доступную в открытом доступе информацию. В данной работе не учитывается ежегодное снижение КПД солнечных батарей на 1-1,5%.

На рис. 1 показана имитационная модель сети, созданная используя программное обеспечение AnyLogic. Моделью реализована для загородного дома площадью 200 кв. м, в котором живёт семья из 3 человек, просыпающаяся в 8:00, уходящая из дома в 10:00 и возвращающаяся в 15:00 и ложащаяся спать в 22:30, что влияет на функцию распределения потребления. Энергия расходуется на: холодильник, телевизор, бойлер для нагрева воды, компьютер, освещение, электрическую плиту и отопление. Такой набор устройств обусловлен их наибольшим потреблением электроэнергии из всех устройств. Все параметры оборудования заданы в отдельной базе данных, связанной с моделью.

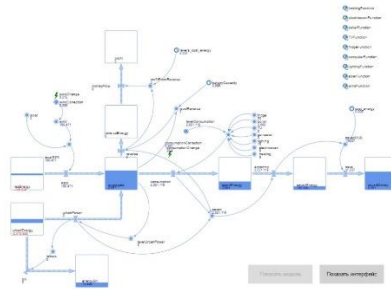


Рисунок 1 – Имитационная модель микросети, реализованная в AnyLogic

Дом оборудован 600 Вт системой солнечных панелей и 800 Вт ветряного генератора, излишек накапливается в батарее, после чего в концепции SmartGrid отдаётся в сеть, а когда система потребляет больше генерации и хранения, электричество берётся из городской системы электроснабжения. В табл. 1 представлены результаты имитации за месяц, полученные в ходе работы модели.

Таблица 1 – Данные имитации месяца работы сети

	Взято из сети	Выработано	Потрачено	Возвращено в сеть	Экономия
кВт	329	383	661	48	283
руб.	1820	2129	3675	367	1585

Данный эксперимент проводился с учётом подключения одиночного тарифа на электроэнергию, в котором 1 кВт стоит 5,66 рублей и тариф по выплатам за производство энергии 7,5 рублей. При стоимости ветрового генератора на 800 Вт 25000 рублей и стоимости системы солнечных панелей в 27500 рублей, суммарная стоимость ВИЭ равна 52500 рублей. Полученная имитация показывает выгоду в 1585 руб. в месяц, что говорит об окупаемости данной установки в течении 33 месяцев.

Разработанная модель имеет графический интерфейс, с выводом статистической информации и элементами управления (рис. 2).

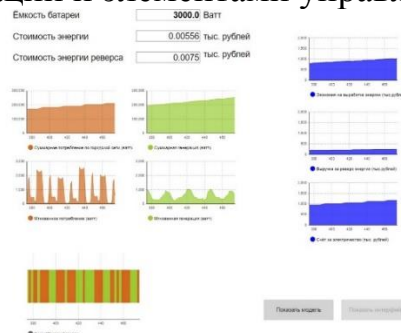


Рисунок 2 – Характеристика сети и тарифы, используемые в расчёте.

В работе создана системно-динамическая имитационная модель здания в концепции SmartGrid. Показано, что подход к проектированию сетей с возможным реверсом электроэнергии не только позволяет повысить стабильность и автономность всей сети в целом, но и является механизмом экономии с точки зрения конкретной микросети по отношению к сети общего потребления. Модель позволяет оценить способности микросети к самообеспечению по функциям распределения потребления электроэнергии и неравномерной генерации ВИЭ.

Подключенная база данных, содержащая функцию распределения, может быть заменена показаниями датчиков, фактически измеряющих энергопотребление и энергогенерацию, для создания полноценного цифрового двойника.

Список использованных источников:

1. Булатов Б.Г., Мороз А.С. Анализ эффективности работы Smart Grid в нормальных и пославарийных режимах на примере виртуальной энергосистемы. Южно-Уральский государственный университет 2017

2. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью. Редакция 5.0. Москва 2012.

3. Кобец Б. Б., Волкова И. О. Видение реализации концепции Smart Grid в России. Институт комплексных исследований в энергетике, Государственный университет – высшая школа экономики

4. Сосина Е. Н., Шалухо А. В. Виртуальные электростанции на основе распределенной генерации (В России и Европе). Опорный университет Нижегородский государственный технический университет им Р. Е. Алексеева 9 июля 2019.

5. Brezhnev E. Edited by Kharchenko V. S. Fundamental of smart grid safety analysis and assurance Practicum, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» 2017.

© **Отрубяников Е.В., Орлов О.Я., 2023**

УДК 628.517.2

**МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА
ОТ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ**

Орлова В.Г., Бородина Е.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Рассмотрены основные виды и рациональность применения ряда шумозащитных мер. Проведен анализ мероприятий по снижению шума от транспортных потоков.

Акустический дискомфорт является неотъемлемой частью жизни населения. Это происходит в связи с ростом количества наземного транспорта и развития промышленности в условиях плотной городской застройки. Повышенное акустическое воздействие сопровождается негативными последствиями на живые организмы. Под влиянием шума ухудшается общее состояние здоровья, в том числе наблюдается увеличение сердцебиения, затруднение дыхания, а так же оказывается вредоносное влияние на центральную нервную систему и психику человека.

Любое непреднамеренное присутствие вещества или энергии в окружающей среде известно как загрязнение [1]. Акустическое загрязнение является одной из основных экологических проблем в городах. В официальных данных [2] указывается, что проблема шума занимает одно из первых мест среди обращений жителей по состоянию окружающей среды в РФ.

Защита от транспортного шума расположенных вблизи автомобильных дорог и путепроводов жилых и общественных зданий может осуществляться по следующим основным направлениям: снижение шума в источнике возникновения (создание и применение малозумных транспортных средств, регламентация времени, скорости их работы, запрет транзитного транспорта, ограничение движения грузового транспорта); архитектурно-планировочные и конструктивные методы (применение шумозащитных наружных ограждающих конструкций, шумозащитных зданий); инженерно-строительные методы и средства (устройство шумозащитных экранов, полос зелёных насаждений, земляных валов и насыпей) [3].

Все шумозащитные мероприятия можно разделить на 2 основных вида: архитектурно-планировочные; строительно-конструктивные.

К архитектурно-планировочным приемам относят:

функциональное зонирование территории, с отдалением селитебных зон от основных транспортных магистралей;

организацию улично-дорожной сети;

использование шумозащитных свойств рельефа при строительстве главных магистралей;

укрепление межмагистральных территорий для отделения основных массивов застройки у транспортных магистралей и выбор комплексных геометрических форм межмагистральных территорий, дающий большую площадь акустического комфорта;

создание планировочных вариантов застройки, способствующих шумозащите;

формирование общегородской системы зеленых насаждений, снижающих уровень шума.

Рационально применять архитектурно-планировочные шумозащитные мероприятия на стадии разработки генерального плана жилой застройки. Однако стоит учесть, что строительно-акустические приемы можно использовать на стадии реконструкции селитебной территории жилого квартала.

Также согласно СП 276.1325800.2016 [4] при выборе конструкций шумозащитных сооружений помимо обеспечения снижения ими шума до уровня, регламентируемого санитарными нормами, следует принимать во внимание:

отсутствие неблагоприятного влияния шумозащитных сооружений на безопасность дорожного движения, удобство эксплуатации дороги, экологическое состояние окружающей среды;

отсутствие опасности для жизни и здоровья людей на защищаемых территориях;

удобство монтажа и эксплуатации шумозащитного сооружения;

соблюдение требований по пожарной безопасности и электробезопасности;

эстетические качества шумозащитных сооружений, их гармоничное сочетание с окружающим ландшафтом;

экономическую обоснованность принимаемых конструктивных решений по шумозащите.

Принято определять шум как нежелательный звук, поэтому представляется целесообразным использование термина «шумовые барьеры», поскольку их функция заключается в ослаблении конкретной проблемы транспортного шума. Таким образом, общий термин «шумовой барьер окружающей среды» может использоваться для охвата всех типов конструкций, используемых для снижения уровня шума.

Одними из современных установок, применяемых в борьбе с шумом, являются экологические шумовые барьеры, способные фильтровать воздух. В своей конструкции они имеют фильтры, которые улавливают загрязняющие вещества. Так же ряд прототипов таких барьеров включают каталитический материал и химикаты для улавливания и рассеивания загрязняющих веществ. Такие барьеры не только защищают от шума, но и улучшают качество атмосферного воздуха. Так, например, барьер «Чистый экран» содержит проницаемую стенку, пропитанную диоксидом титана, который в свою очередь обладает способностью ускорять расщепление загрязняющих веществ посредством фотокаталитической реакции с использованием солнечного света в качестве энергии.

Шумовые барьеры, способные к производству энергии, являются инновационными. В таких установках используются фотоэлектрические модули. Их производительность зависит от площади данной установки. Это интегрированное решение, которое одновременно с производством электрической энергии выполняет акустическую функцию и защищает население от шума. Генерируемая фотоэлектрическим шумопоглощающим барьером энергия может быть использована для освещения общественных мест и дорожной инфраструктуры. Самый большой экологический шумовой барьер на данный момент находится в Германии, за пределами Мюнхена. Его площадь составляет 6000 м², он вырабатывает порядка 620 кВт электрической энергии [5].

Биобарьеры – представляют собой шумовые барьеры, в которых растительность является неотъемлемой частью их конструкции. Большая

часть разработок биобарьеров произошла в Европе в 1990-х годах, особенно в Нидерландах. Раннее некоторые биобарьеры оказались нерациональны по ряду причин, таких как потребность в обслуживании и орошении, но в более новых конструкциях эти проблемы были решены. Помимо осуществления шумозащитных функций, биобарьеры имеют практичность в части озеленения местности.

Озеленение – доступнейший и визуально приемлемый метод, используемый для борьбы с акустическим воздействием. Целесообразное применение зелёных насаждений возможно в районах, где превышение допустимого уровня шума составляет 10%, ведь их эффективность шумопоглощения и шумоотражения относительно невелика. При размещении зелёных насаждений результативно применять четырёхрядную посадку деревьев и кустарников, высотой 1,5 м на полосе, шириной до 50 м [6].

Специалисты, работающие с экологическими шумовыми барьерами, понимают, что во многих случаях, когда возникает проблема шума дорожного движения, движение транспортных средств также может повлиять на обзор и визуальное качество местности. Во многих случаях экологические шумовые барьеры предлагали решения обеих этих проблем. Обеспокоенность по поводу загрязнения воздуха во всем мире в настоящее время указывает на то, что экологические шумовые барьеры выполняют дополнительную функцию в плане их потенциального использования для снижения загрязнения воздуха от дорог.

Таким образом, в настоящее время мероприятия по снижению шума всё чаще становятся объектом научных исследований. Можно предположить, что многие шумозащитные меры, в том числе барьеры, спроектированные в ближайшем будущем, будут иметь ряд конструктивных функций кроме уменьшения шума. Кроме того, для улучшения акустической обстановки требуются изменения в законодательстве, чтобы обеспечить более тихую, но визуально приемлемую среду как в городах, так и сельской местности.

Список использованных источников:

1. Srivastava, S. Effect of noise pollution and its solution through eco-friendly control devices in the north east India / S. Srivastava. – DOI 10.1016/j.proeng.2012.06.024 // Procedia Engineering. – 2012. – Vol. 38. – P. 176.

2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». – Москва, 2019. – 844 с. – URL: <https://bibl.gorobr.ru/?view=content&id=34366> (дата обращения: 15.12.2021). – Текст : электронный.

3. ОДМ 218.2.013-2011. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам: Отраслевой дорожный методический документ: Внесен

Управлением научно-технических исследований, информационного обеспечения и ценообразования Федерального дорожного агентства: имеет рекомендательный характер. – Текст : электронный. – 2011. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096658?marker=6580IP§ion=text> (дата обращения: 31.05.2022).

4. СП 276.1325800.2016. Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков: Свод правил: Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 г. N 893: дата введения 2017-06-04. – <https://kodeks.ru/>, 2017. – 1-90 с.

5. Kotzen, V. Environmental Noise Barriers. Vol. 59 / V. Kotzen, E. Colin. – New York : Taylor & Francis, 2009. – 282 p. – ISBN 0203931386.

6. Роль зеленых насаждений в защите от транспортного шума в городах / М. Ю. Милина, М. С. Тарусова, В. В. Васильева, А. А. Ставцева. – Текст : электронный // Молодежь и наука: шаг к успеху. – 2020. – Т. 4. – С. 185-187. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42612520> (дата обращения: 07.06.2022).

© Орлова В.Г., Бородин Е.С., 2023

УДК 623.459

ВЫПОЛНЕНИЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИЕЙ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Пащенко Т.А., Дашкевич И.П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

«Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении» (аббревиатура КЗХО, КХО), дополнила собой Женевский протокол 1925 года. С 1968 года велись обсуждения на международном уровне о должном контроле над биологическим и химическим оружием Комитетом по разоружению, в который тогда входили только 18 государств. Конференцией по разоружению он стал именоваться с 1984 года, работать, и уже в 1997 году ее участниками стали 65 стран, и Конвенция вступила в силу. 189 государств (из 193 государств-членов ООН) к 2022 году стали участниками этой Конвенции. Последними, подписавшими Конвенцию, стали Сирия (2013 год) и Ангола (2015 год).

Полностью все запасы химического оружия подлежали уничтожению по установленным этапам к апрелю 2007 г. – то есть в течение 10 лет после вступления Конвенции в силу. Учитывая разную

экономическую ситуацию в странах, решением Конференции государственных участников срок был продлен на 15 лет – то есть до апреля 2012 г. Благодаря принятым законам около 60% всех мировых запасов химического оружия было уничтожено к 2010 году. Ни одно государство в установленные сроки не достигло полной ликвидации своих запасов, хотя у некоторых получилось их сократить до требуемого уровня.

Россия после распада СССР осталась обладательницей крупнейших в мире запасов химического оружия – 40 тыс. т (по весу). В первые два этапа программы по уничтожению ХО Россия не уложились. Но уже с 2000-х годов выполнение программы пошло ускоренными темпами и к сентябрю 2010 года было уничтожено 48,4%. К 2012 году – уже 70%, к апрелю 2014 года – 78% запасов химического оружия. О полном уничтожении химического оружия Россия объявила 27 сентября 2017 года.

Так как запрещенными методами считаются сжигание на открытом воздухе, затопление в море и захоронение в земле, то за эти годы возле каждого арсенала химического оружия были возведены современные объекты по его промышленному уничтожению. На территории Российской Федерации таких комплексов было построено семь.

1. Объект «Горный». Построен и запущен в эксплуатацию в поселке Горный Саратовской области в декабре 2002 года. Находилось на хранении 1,1 тысяч тонн отравляющих веществ кожно-нарывного действия иприт и люизит в специальных крупнотоннажных емкостях. Полностью и безопасно уничтожены в 2005 году.

2. Объект «Камбарка». Запущен в строй в 2005 году в Удмуртской Республике, где хранилось 6,4 тысяч тонн отравляющих веществ кожно-нарывного действия (люизит) в специальных крупнотоннажных емкостях. Все запасы уничтожены в 2009 году.

3. Объект «Марадыковский». Начал работу в 2006 году в поселке Мирный Кировской области. На хранении находилось почти 7 тысяч тонн авиационных химических боеприпасов, снаряженные фосфорорганическими отравляющими веществами последнего поколения (зарин, зоман, ОВ типа ви-икс), а также люизитом. Последний химический боеприпас на этом объекте уничтожен в октябре 2015 года.

4. Объект «Леонидовка». Начал работу по уничтожению химоружия в 2008 году в Пензенской области. Хранилось 6,9 тысяч тонн фосфорорганических отравляющих веществ, снаряженных в авиационные химические боеприпасы. Полностью уничтожены в сентябре 2015 года.

5. Объект «Щучье». Введен в эксплуатацию в 2009 году на территории Курганской области. На объекте уничтожались фосфорорганические отравляющие вещества, снаряженные в химические боеприпасы ствольной и реактивной артиллерии общей массой 5,5 тысяч тонн. Завершил работу в ноябре 2015 года.

6. Объект «Почеп». Работы по уничтожению химоружия на «Почепе» начаты в 2010 году. Это самый крупный по запасам арсенал отравляющих веществ. Здесь хранилось 7,5 тысяч тонн фосфорорганических отравляющих веществ, снаряженных в авиационные химические боеприпасы, которые были успешно уничтожены в октябре 2015 года.

7. Объект «Кизнер». Построенный в Удмуртской Республике объект по уничтожению химоружия вступил в строй в декабре 2013 года. Здесь находилось на хранении (14,2% общероссийских запасов) 5,7 тыс. т боеприпасов для ствольной и реактивной артиллерии, снаряженные фосфорорганическими отравляющими веществами нервно-паралитического действия (VX, зарин, зоман) и люизита. В марте 2017 года в Кизнере были ликвидированы последние хранившиеся на территории России запасы зомана. В июне началось уничтожение артиллерийских боеприпасов, снаряженных VX, а с 10 июля на объекте был введен в эксплуатацию корпус по уничтожению снарядов с люизитом.

Как сообщили в пресс-службе Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, «...федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» завершилась безопасно, эффективно и на год раньше установленного срока, сэкономив более двух миллиардов рублей бюджетных средств». Техническую помощь в реализации программы по уничтожению боевых отравляющих веществ нашей стране оказали США, Германия, Швейцария, Голландия, Канада. Эта помощь в совокупности составила около 10% потраченных средств. Всего же на реализацию программы из российского бюджета было потрачено более 288,9 миллиарда рублей.

При этом необходимо отметить, что за счет средств программы в регионах хранения и уничтожения химического оружия построены многие объекты социальной инфраструктуры. В их числе более 400 многоквартирных жилых домов, 14 больниц, 22 детских общеобразовательных учреждения, 3 Дома культуры, 3 здания РОВД, 3 бани, 1 Дворец водного спорта, 3 спортивных комплекса, 7 электроподстанций, 11 котельных, 2 полигона ТБО, водозаборное сооружение, пруд. Проложено 10,5 км сетей электроснабжения, 201,0 км сетей водоснабжения, 29,9 км теплоснабжения, 516,0 км газоснабжения. Благоустроено 52,9 км улиц, отремонтировано 155,0 км автомобильных дорог. Это инфраструктура небольшого российского города. По окончании работ в октябре 2017 года президент РФ Владимир Путин подписал указ об упразднении Государственной комиссии по химическому разоружению. Сертификат о полном завершении Россией уничтожения химического оружия был вручен в том же году в посольстве РФ в Нидерландах.

Кроме России, завершили уничтожение своих запасов Албания, Индия и Южная Корея. США 80-процентный порог выполнения Конвенции перешагнули в феврале 2010 года. Страна отстает от графика уничтожения оружия более, чем на 6 лет. Завершить уничтожение своего арсенала США планируют в нынешнем году.

Список использованных источников:

1. Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении.

2. Усольцев В.И. Проблема уничтожения химического оружия// Молодой ученый. – 2020. – № 49.1 (339.1). – С. 17-18.

© Пашенко Т.А., Дашкевич И.П., 2023

УДК 681.3

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА,
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБСЛЕДОВАНИЯ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Ратиани И.З., Любская О.Г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

На сегодняшний день имеется большой выбор различного технического оборудования для обследования зданий и сооружений. Актуальность выбранной темы обуславливается тем, что инновационные технические средства позволяют сэкономить трудозатраты, время проведения полевых и камеральных проверок, вследствие чего удается достичь экономии в расходах – для заказчика, в выполнении работ – для экспертов.

Кроме того, во вновь присоединенных регионах РФ (Донецк, Луганск, Запорожская и Херсонская области) объем необходимого обследования жилых и нежилых зданий и сооружений огромен. Нарращивание жилого и нежилого фонда в регионах возможно путем нового строительства, а также и в значительной степени путем реконструкции, модернизации и капитального ремонта существующих жилых зданий, т.е. переустройства и обновления жилищного фонда старой застройки.

Техническое обследование зданий и сооружений – самостоятельное направление инженерной деятельности, охватывающее широкий комплекс вопросов, связанных с обеспечением эксплуатационной надежности зданий, проведением ремонтно-восстановительных работ, а также с разработкой проектной документации на капитальный ремонт,

модернизацию, реконструкцию зданий или усиление отдельных конструкций [1].

Объекты жилищного строительства имеют разные периоды эксплуатации, индивидуальные архитектурные, объемно-планировочные, конструктивные и инженерно-технические решения, неодинаковые условия эксплуатации и содержания. Техническое обследование проводят специалисты, имеющие разный опыт в области изыскательских работ, при этом используются различные измерительные средства, методы исследования, нормативно-техническая документация (НТД).

При помощи инновационного технического оборудования определение необходимых характеристик и анализ проведенных испытаний и исследований будет более точный и, соответственно, произведённые работы будут более качественные и детальные.

Основной задачей исследования является определение наиболее эффективного и точного технического оборудования при обследовании зданий и сооружений. Это оборудование должно быть мобильным, желательно малогабаритным, удобным в использовании.

Обследование зданий и сооружений дает заключение о техническом состоянии основных несущих и ограждающих элементов. Существуют различные цели проведения обследования зданий и сооружений. Основными являются такие, как обследование зданий под снос, для реконструкции и реставрации, обследование окружающей застройки. В зависимости от целей обследования подбираются необходимые материалы, специальное техническое оборудование для определения различных физико-механические и прочностных характеристик конструкций.

В настоящий момент для определения прочности бетона, кирпичной кладки (кирпичного раствора) неразрушающими методами используют два метода – это ударно-импульсное испытание и/или ультразвуковой метод исследования. Если рассматривать разрушающие методы определения прочности материалов, то принято использовать метод отрыва со скалыванием, отрыв ребра и отрыв металлического диска [2].

При ультразвуковом методе исследования используют прибор УКС-МГ4 или аналог. Принцип действия прибора заключается в определении положение арматуры на каждом исследуемом участке, а затем ультразвуковым прибором производят от двух до десяти измерений косвенного показателя. Прозвучивание выполняется в двух взаимно перпендикулярных направлениях под углом примерно 45° к направлению арматуры, параллельно или перпендикулярно к ней. На приборе в зависимости от скорости волны отображается косвенная характеристика в Мпа, которая после заносится в таблицу для определения фактической прочности материала. Ударно-импульсный метод контроля применяют в основном для определения прочности кирпичной кладки. Для этих работ используют прибор Beton Pro Condrol, ИПС-МГ4 или аналог. Измеритель

ИПС-МГ4 работает в границах 3-100 МПа с точностью $\pm 10\%$ при относительной влажности и температуре воздуха [3].

Этим прибором также проводятся измерения косвенным обследованием по градуировочной зависимости параметров. Метод основан на взаимосвязи между величиной ударного импульса и прочностью. При воздействии движущегося стержня на объект, перераспределяется кинетическая энергия, создавая пластические деформации. Одна ее часть поглощается конструкцией, другая – преобразуется в реактивную силу отскока. Различные методы определения прочности, однородности, устойчивости различных материалов изучались [4] в сравнении с разрушающими методами контроля. Отборы кернов для лаборатории осуществляются при помощи специально подготовленного оборудования – керноотборников KEOS KB 200 или его аналога. Отрыв со скалыванием производят ПОС – МГ4.

Данные приборы и методы хорошо зарекомендовали себя. Основными преимуществами данных методов является точность определения прочности и сплошности кирпичной кладки и бетонных конструкций. Недостатки использования разрушающих методов являются: трудоемкость работ, большие затраты, сроки выполнения, разрушение несущей и/или ограждающей конструкции.

Порядок и условия применения конкретного метода контроля физико-механических характеристик материала строительных конструкций определены организационной схемой, что позволяет сформировать необходимый состав приборно-инструментального оснащения мобильных строительных лабораторий, баз специализированных организаций, повысить эффективность контроля и оценки качества материалов строительных конструкций при проведении технического обследования.

В заключении следует подчеркнуть, что качественное и эффективное обследование зданий позволяет получить полную и достоверную информацию о фактическом техническом состоянии объекта, что, в свою очередь, служит источником значительной экономии финансовых ресурсов за счет сокращения издержек на нерациональную реконструкцию или, наоборот на удорожание реконструкционных работ при упущенной возможности их своевременного проведения.

Проведение комплексного технического обследования жилых зданий позволяет систематизировать жилищный фонд по признакам физического износа, функционального устаревания и их совокупности, актуализировать полученные ранее данные, что послужит основным ориентиром в определении очередности и приемов выполнения работ по капитальному ремонту, модернизации и реконструкции.

Вместе с тем, неразрушающие методы имеют большую погрешность в измерениях, но в соответствии с нормативными документами не

превышают допустимых значений, при этом являются более эффективной по срокам, затратам, трудоемкости выполнения и проведении камерального анализа.

Список использованных источников:

1. Ратиани И.З., Зязев Б.Ю., Любская О.Г. «Автоматизированные системы, применяемые в проектировании и при строительстве зданий», МНПК-2023 М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023., с.101-105

3. Улыбин А.В.; Зубков С.В. «О методах контроля прочности керамического кирпича при обследовании зданий и сооружений // Инженерно-строительный журнал. - 2012. - №3. - С. 29-34.

4. Ушаков, И.И. Основы диагностики строительных конструкций Текст. / И.И. Ушаков, Б.А. Бондарев. Ростов н/Д: Феникс, 2008.-204 с.

5. Семенов А.С. Использование разрушающих и неразрушающих методов контроля физико-механических характеристик материала строительных конструкций Текст/А.С. Семенов //Строительные материалы. - 2010.-№ 12.-С.86 87.

© Ратиани И.З., Любская О.Г., 2023

УДК 681.3:613.65

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОКЛИМАТА
НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ
И ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ
В МОКРЫХ ЦЕХАХ КОЖЕВЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Рослый А.А.

Научный руководитель Седяров О.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Во многих отраслях промышленности производственные процессы требуют поддержания определенного микроклимата, например, в мокрых цехах кожевенных производств. Неблагоприятные условия труда, такие как высокая влажность, повышенная температура и другие факторы могут негативно влиять на здоровье работников и качество продукции, поэтому снижение риска профессиональных заболеваний и улучшение условий труда в мокрых цехах является важной задачей для многих предприятий. На сегодняшний день существуют различные методы регулирования микроклимата в мокрых цехах кожевенных производств, однако их эффективность ограничена и требует дополнительных исследований. Данную проблему может помочь решить моделирование микроклимата, с помощью которого можно проводить исследования без фактического воздействия на работников и производство, что позволит получить точные

данные о влиянии условий труда на здоровье работников и качество продукции.

Микроклимат в мокрых цехах кожевенных производств зависит от множества факторов, включая параметры воздуха, температуру, влажность, скорость движения воздуха, атмосферное давление, концентрацию химических веществ и многие другие. Ниже рассмотрим наиболее значимые факторы, оказывающие влияние на микроклимат в мокрых цехах кожевенных производств:

1. Температура является одним из основных факторов, влияющих на микроклимат в мокрых цехах кожевенных производств. В зависимости от процесса производства и технологии, температура в цехе может достигать от 20 до 40°C. Высокая температура может приводить к перегреву работников и негативно влиять на их здоровье, а также приводить к изменению свойств материалов, таких как кожа, что может ухудшить качество продукции.

2. Влажность воздуха также является важным фактором, влияющим на микроклимат в мокрых цехах кожевенных производств. Высокая влажность может приводить к образованию конденсата на поверхностях и инструментах, влиять на качество кожи, привести к появлению грибков и других микроорганизмов, что может негативно сказываться на качестве продукции и безопасности работников.

3. Скорость движения воздуха является еще одним фактором, влияющим на микроклимат в мокрых цехах кожевенных производств. Перемещение воздуха может улучшить вентиляцию и облегчить рабочие условия, однако высокая скорость движения воздуха может приводить к образованию пыли и повреждению кожи.

4. Атмосферное давление также оказывает влияние на микроклимат в мокрых цехах кожевенных производств. Изменения давления могут влиять на плотность воздуха и температуру, что может приводить к изменению влажности и другим изменениям микроклимата.

5. Концентрация химических веществ. В мокрых цехах кожевенных производств используется большое количество химических веществ. Эти вещества могут негативно влиять на здоровье работников и окружающую среду. Перечисленные факторы, влияющие на микроклимат в мокрых цехах кожевенных производств, могут быть регулируемы, что позволяет предпринимать меры для улучшения условий труда и производственных процессов в мокрых цехах кожевенных производств [1].

При работе в условиях повышенной влажности и температуры, а также при контакте с водой и химическими веществами, у работников могут возникать различные заболевания и проблемы со здоровьем. Некоторые из этих заболеваний могут быть связаны с дыхательной системой, кожей, глазами и другими органами. Для предотвращения негативного воздействия микроклимата на здоровье работников

необходимо принимать ряд мер, в том числе: организовать правильную систему проветривания помещений, обеспечить постоянное поступление свежего воздуха; применять специальную одежду и обувь, которые защищают от попадания влаги на тело; осуществлять контроль за влажностью в помещении, температурой и скоростью движения воздуха, например, с помощью специальных приборов, и проводить своевременные корректировки параметров микроклимата. В целом, здоровье работников и успешность производственных процессов в мокрых цехах кожевенных производств тесно связаны с качеством микроклимата. Правильное моделирование и анализ микроклимата помогут не только предотвратить возможные заболевания, но и повысить эффективность производственных процессов. Существует множество методов моделирования микроклимата в мокрых цехах кожевенных производств, которые позволяют оценить воздействие температуры, влажности, скорости воздуха и других параметров на здоровье работников и качество продукции. Рассмотрим основные методы моделирования микроклимата:

1. Физические модели – это методы, которые используют физические процессы, такие как конвекция, теплопередача и т.д., для оценки параметров микроклимата. Эти модели часто используются для изучения конкретных аспектов воздействия на условия труда, например, влияние тепловых потоков на здоровье работников. Однако, физические модели могут быть дорогостоящими и требуют больших затрат времени и усилий.

2. Компьютерные модели – это методы, которые используют компьютерные программы для оценки параметров микроклимата. Компьютерные модели могут быть различных типов, например, термодинамические, гидродинамические и т.д. Они позволяют проводить исследования на основе виртуальных данных, что может быть более эффективным и экономичным способом.

3. Экспериментальные модели – это методы, которые используют эксперименты на реальных объектах для оценки параметров микроклимата. Они могут включать измерение температуры, влажности, скорости воздуха и других параметров в мокрых цехах кожевенных производств. Эти методы могут дать точные результаты, но могут быть дорогостоящими и не всегда могут быть проведены безопасно для здоровья работников.

4. Комбинированные модели – это методы, которые используют комбинацию двух или более из перечисленных выше методов. Например, можно использовать физическую модель для изучения воздействия конвекции на здоровье работников и компьютерную модель для изучения влияния влажности на качество продукции.

Каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор конкретного метода зависит от целей и задач исследования. Физические модели требуют значительных затрат времени и

средств, однако они позволяют получать точные данные и лучше понимать физические процессы, происходящие в мокрых цехах. Компьютерные модели, в свою очередь, могут быть быстрее и экономичнее в использовании, но могут потребовать значительных вычислительных мощностей. Экспериментальные методы позволяют получать реальные данные, но могут быть опасны для здоровья работников и требуют соответствующих условий и средств [2, 3, 4, 5].

На практике в основном моделирования микроклимата применяется для оптимизации систем вентиляции и кондиционирования воздуха, которые используются для регулирования температуры и влажности в помещении. Моделирование позволяет определить наиболее эффективные параметры работы системы вентиляции и кондиционирования, которые обеспечат наилучшее соотношение между комфортом работников и эффективностью производственных процессов. Также моделирование микроклимата может использоваться для определения оптимальной расстановки рабочих мест в помещении.

В результате исследования можно сделать следующий вывод, что моделирование микроклимата является эффективным инструментом для прогнозирования и оптимизации условий труда и производственных процессов в мокрых цехах кожевенных производств, который позволяет снизить затраты на оборудование и улучшить качество продукции.

Список использованных источников:

1. Борисова Н.А., Николаев А.Г. Методы оптимизации микроклимата производственных помещений // Техника и технологии. – 2017. – Т. 21. – № 9. – С. 30-35.

2. Галкин А.Н., Жаркова Н.А. Моделирование и оптимизация микроклимата в производственных помещениях // Инженерно-технический журнал. – 2016. – № 4. – С. 35-39.

3. Давыдова Е.М., Игнатенко В.В. Оценка воздействия микроклимата на здоровье работников при производстве кожевенной обуви // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97. – № 7. – С. 636-641.

4. Калинин В.Н., Морозов И.А. Оценка воздействия микроклимата на эффективность производственных процессов в кожевенной промышленности // Вестник научно-технического развития. – 2019. – Т. 28. – № 1. – С. 26-30.

5. Носенко С.А., Козлов А.А. Исследование влияния микроклимата на здоровье работников мокрых цехов кожевенного производства // Медицинские новости. – 2017. – Т. 13. – № 2. – С. 51-55.

© Рослый А.А., 2023

УДК 628.477.6

МЕТОДЫ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Синютина Е.А., Закаева Д.В., Чехерия Н.Д., Шиловская Ю.Н., Федорова
Н.Е.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва*

В работе рассмотрены актуальные экологические проблемы текстильной промышленности: загрязнение водного бассейна сточными водами предприятий отрасли, выбросы в атмосферу, отходы производства.

Для решения экологических проблем необходимо предпринимать эффективные решения по следующим вопросам: улучшение степени очистки воздуха рабочей зоны и улавливание вредных веществ и пыли, выбрасываемых в атмосферу в ходе производства; повышение действенности анализа содержания неорганических и органических элементов в сточных водах текстильных предприятий, использование экспресс-методик и выработки технологий, существенно снижающих концентрацию этих веществ до пределов, устанавливаемых международным экологическим нормированием; развитие экологической сертификации и нормирования текстильной продукции при создании новых технологий; решение экологических задач на ранних стадиях проектирования.

Эко-текстиль – растущее, развивающееся производство текстиля, дружелюбное окружающей среде и использующее минимальное количество химикатов. В работе приведен анализ экологических природных волокон, также приведены примеры и анализ синтетических волокон, с которыми работают ученые для повышения их экологичности.

Проведен обзор красителей и текстильно-вспомогательных веществ. На сегодняшний день при производстве текстильных изделий активно происходит возрождение природных красителей органической природы, которые являются безопасными, а некоторые также дополнительно проявляют целебные свойства.

Экологическая сертификация – это процедура подтверждения соответствия продукции, услуги, объекта предъявляемым экологическим требованиям. В России «Листок жизни» – система добровольной экологической сертификации продукции, работ и услуг по их жизненному циклу, с 2011 года организация аккредитована в Международной программе взаимного доверия и признания ведущих экомаркировок мира (GENICES). На сегодняшний день существуют и активно используются международные экологические маркировки, сотрудничество России и

Китая в сферах экосертификации, «зеленого» производства, устойчивого развития и популяризации темы экопотребления в обеих странах.

Совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния продукции от формирования исходных требований к ней до утилизации или переработки – жизненный цикл текстильной продукции. Для текстильной продукции необходима экологическая безопасность по всему ее полному жизненному циклу. Подчеркнем важность проблем охраны окружающей среды и возможных воздействий, связанных с изготовлением, потреблением и утилизацией продукции, то есть, жизненный цикл текстильной продукции без вреда экологии.

Были разработаны логотипы реализации повторного использования сырья текстильной промышленности (рис. 1).



Рисунок 1 – а) круговая или циркулярная экономика для текстильного сырья (интеллект-карта); б) интеллект-карта повторного использования сырья текстильной промышленности; в) логотип, представляет собой стратегию в области текстиля

План действий по развитию циркулярной экономики устанавливает комплекс мер, охватывающих весь жизненный цикл продукта: от производства и потребления до переработки отходов и рынка вторичного сырья (рис. 1а).

Измерение прогресса на пути к циркулярной экономике осуществляется по следующим аспектам: производство и потребление; управление отходами; вторичное сырье; конкурентоспособность и инновации.

Положительными эффектами циркулярной экономики являются: возможность сделать экономику более устойчивой и конкурентоспособной; создание инновационных и более эффективных способов производства и потребления; защита предприятий от дефицита ресурсов и волатильности цен; возможности для создания рабочих мест, оптимизация управления отходами, способствующая утилизации отходов при одновременном сокращении количества мест захоронения отходов и свалок; экономия электроэнергии; смягчение климатических последствий, сохранение биоразнообразия, снижение загрязнения воздуха, почвы и воды.

Зеленый курс текстиля (для всех областей текстильной промышленности) – это создание новых энергоэффективных материалов, способных удовлетворять всем позициям круговой (циклической)

экономики. Методы повторного использования сырья текстильной промышленности неотъемлемая часть зеленого курса этой области.

На рис. 1в представлен, разработанный логотип, который представляет собой стратегии в области текстиля.

Главными задачами являются переработка различных обычных отходов и вторичных; улучшение свойств волокон, которые позволяют увеличивать срок их службы; подготовка более экологичных волокон, которые можно будет легко переработать; улучшение процессов производства для достижения минимального количества отходов.

Выполнение данных задач позволит стабилизировать экологические проблемы, экономить ресурсы благодаря их многократному использованию, без потерь качественных характеристик изделий.

Список использованных источников:

1. Шиловская Ю.Н., Федорова Н.Е. Проектирование экосумок **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**: Тезисы докладов III Всероссийской научной студенческой конференции с Международным участием (25 ноября 2022 г.). – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022. – 73 с.

2. Чехерия Н.Д.; Закаева Д.В., Шиловская Ю.Н. Материалы Всероссийской Олимпиады по технологии текстильных изделий «Зеленый курс текстильной и легкой промышленности: технологии, стандарты, регулирование», 30.05.2022, ФГБОУ ВО КНИТУ, г.Казань.

3. Шиловская Ю.Н., Закаева Д.В., Чехерия Н.Д., Федорова Н.Е. «Зеленый курс» развития текстильной промышленности. Международная научная конференция, посвященная 135-летию со дня рождения профессора В.Е. Зотикова: Сборник научных трудов (25 мая 2022 г.). Часть 3. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022. – 139-144 с.

4. Фелеленберг А.Г. Загрязнение окружающей среды. Введение в экологическую химию. М.: Мир, 2005. -232с.

5. Трегубова А.А. Современные экологические проблемы текстильной технологии. Москва: 2007. -205с.

© Синютина Е.А., Закаева Д.В.,
Чехерия Н.Д., Шиловская Ю.Н., Федорова Н.Е., 2023

УДК 537.811

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Соловской А.С.

Научный руководитель Титов Е.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул*

Безопасность человека от воздействия электромагнитного поля (ЭМП) является актуальной проблемой в связи с повышением электромагнитного фона окружающей среды не только в производственной сфере, но и в бытовой [1]. Источники ЭМП интенсивно используются в различных областях применения – технологическое оборудование, системы электротранспорта, воздушные и кабельные линии электропередачи, бытовые приборы, трансформаторы и распределительные подстанции, оборудование для радиосвязи, включая сотовую связь [1].

В настоящее время в технологиях агропромышленного комплекса используются различные технологии, ориентированные на использование энергии электромагнитного поля, включая от использования электростатического поля и поля коронного разряда вплоть до излучения ТГц-диапазона [1]. Важно отметить, что известные методики комплексного контроля электромагнитной обстановки АПК на различных частотных диапазонах проводится с учетом оценки определенного параметра ЭМП (напряженность электрического и магнитного полей, плотность потока энергии) [1-2], однако представленные параметры учитывают только распространение ЭМП в контролируемом пространстве, не учитывая при этом возможность взаимодействия энергии ЭМП с биологическими объектами [2]. Таким образом целью исследования является провести анализ способов измерения поглощенной энергии электромагнитного поля биологическими объектами для совершенствования подходов к контролю электромагнитной обстановки.

Согласно [3], контроль электромагнитной обстановки в частотном диапазоне 100 кГц – 300 ГГц проводится с учетом оценки мощности поглощенной дозы (SAR, Вт/кг), а в диапазоне частот 400 МГц – 300 ГГц с учетом удельной поглощенной энергии (SA, кДж/кг и кДж/м²). При этом указанные параметры ЭМП характеризуют поглощение энергии ЭМП биологическими тканями [1, 3].

Ряд отечественных и зарубежных исследования [1-3] подчеркивают необходимость контроля электромагнитной обстановки с учетом

дозиметрических параметров ЭМП. Для оценки дозиметрических параметров используются экспериментальные и теоретические методы дозиметрии неионизирующих электромагнитных излучений [6].

Известно устройство измерения мощности поглощенной дозы СВЧ электромагнитного излучения [4]. На рис. 1 представлена блок-схема указанного устройства [4].

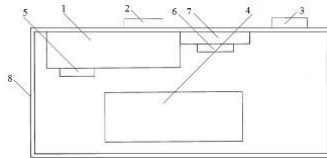


Рисунок 1 – Блок-схема устройства измерения мощности поглощенной дозы: 1 – материал №1, имитирующий биоткань; 2, 3, 5, 6 – измерительный детектор; 4 – устройство обработки данных и управления; 7 – материал №2, имитирующий биоткань; 8 – корпус из диэлектрика

Принцип работы устройства заключается в следующем. Электромагнитное излучение СВЧ диапазона воздействует на устройство, при этом мощность падающего электромагнитного излучения регистрируется измерительным детектором [4]. Материалы, имитирующие биоткань, выбираются в соответствии с глубиной проникновения электромагнитного излучения для нижней граничной частоты регистрируемого диапазона электромагнитного излучения. Обработка данных происходит в блоке обработки и управления. Величина измеренной мощности поглощенной дозы отображается на устройстве отображения. В случае достижения предельно допустимых уровней производится звуковая или световая индикация [4].

Известные системы автоматизированной дозиметрии «DASY52» («SPEAG АО», Швейцария) представлены различными комплектациями, используемые в различных отраслях промышленности [5]. Так, система «DASY52 SAR» позволяет определить соответствие мобильных телефонов требованиям по уровню SAR. «DASY52 PRO» позволяет определять параметры ЭМП в ближней зоне от беспроводных излучающих источников, а также проводить тестирование требованиям SAR.

Многофункциональной системой автоматизированной дозиметрии является «DASY52 NEO», позволяющей определить пространственную структуру распределения локальной мощности поглощенной дозы в результате воздействия источников ЭМП за счет использования фантомов с различными формами и заполненных тканеэквивалентными жидкостями, которые имитируют биологические ткани [5]. Система автоматизированной дозиметрии «DASY52 NEO» представлена на рис. 2 [5].

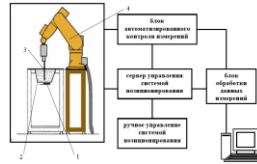


Рисунок 2 – Структурная схема системы автоматизированной дозиметрии «DASY 52 NEO»: 1 – излучающий источник; 2 – фантом; 3 – измерительный изотропный зонд; 4 – робот-позиционер измерительного зонда

Автоматизированная система предназначена для измерения напряженности электрического или магнитного полей с помощью миниатюрного дипольного зонда. Измерительная часть по определенной программе перемещается в жидкости фантома в трех плоскостях с шагом до 0,1 мм [5].

Таким образом, известные способы экспериментальной дозиметрии, т.е. измерение мощности поглощенной дозы для контроля электромагнитной обстановки характеризуются повышенной сложностью измерения, а также дороговизной необходимого оборудования. Однако другим методом определения дозиметрических параметров является использование теоретической дозиметрии, опирающиеся на математическое моделирование. Ограниченность применения теоретической дозиметрии связано, прежде всего, возможностью получения грубых ошибок всего вычислительного процесса в результате незначительной ошибки. Таким образом, перспективным способом контроля электромагнитной обстановки с учетом дозиметрических параметров является совместное использование методов экспериментальной и теоретической дозиметрий.

Список использованных источников:

1. Соловской, А. С. Визуализация степени нагрева биологических тканей в условиях воздействия микроволнового электромагнитного излучения / А. С. Соловской // Экологические проблемы региона и пути их разрешения : Материалы XVI Международной научно-практической конференции, Омск, 12–13 мая 2022 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2022. – С. 120-124.

2. Титов, Е. В. Обоснование выбора зон контроля составляющих электромагнитного поля на поверхности излучающих источников / Е. В. Титов, А. С. Соловской, В. Ю. Васильев // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(60). – С. 120-124. – DOI 10.31563/1684-7628-2021-60-4-120-125.

3. Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz) / G. Ziegelberger, R. Croft, M. Feychting [et al.] // Health Physics. – 2020. – Vol. 118. – No 5. – P. 483-524. – DOI 10.1097/HP.0000000000001210.

4. Патент № 2648290 С1 Российская Федерация, МПК G01R 29/08. Устройство для измерения удельной поглощенной мощности СВЧ

электромагнитного излучения : № 2016146726 : заявл. 29.11.2016 : опубл. 23.03.2018 / И. Н. Водохлебов, Б. В. Гурковский, Е. М. Онищенко [и др.].

5. Near-field radiofrequency electromagnetic exposure assessment / N. Rubtsova, S. Perov, O. Belaya [et al.] // Electromagnetic Biology and Medicine. – 2015. – Vol. 34. – No 3. – P. 180-182. – DOI 10.3109/15368378.2015.1076444.

© Соловской А.С., 2023

УДК 551.509.39

ДИНАМИКА ОБРАЗОВАНИЯ СНЕЖНЫХ ЗАНОСОВ

Сорокина А.А., Али Б.

Научный руководитель Седляров О.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Проанализировано понятие снежных заносов, их классификация и причины их возникновения. Рассмотрены методы борьбы с ними и способы глубокого планирования при постройке сооружений.

Снежные заносы – это гидрометеорологическое явление возникающее в следствии выпадения обильного количества снежных осадков, при скорости ветра, достигающей более 15 м/с (54 км/ч) и длительностью более 12 часов [0].

Одной из причин возникновения снежных заносов является метель. Метель – это перенос снега ветром в приземном слое воздуха. Различают поземок, низовую и общую метель (рис. 1). При поземке и низовой метели происходит перераспределение ранее выпавшего снега, при общей метели, которая сопровождается повышенной влажностью, наряду с перераспределением, происходит выпадение снега из облаков.

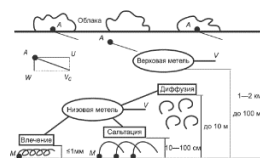


Рисунок 1 – Виды метелей

Скорость и направление ветра во время метели непостоянны. Возникает турбулентный поток воздуха с образованием вихрей. При низовой метели под действием ветра снежинки поднимаются над поверхностью снежного покрова, переносятся и падают, образуя снежные отложения в местах, где скорость ветра достигла более меньших значений.

Падающие снежинки выбивают частицы ранее выпавшего снега и количество переносимого снега может быстро увеличиваться (рис. 2).



Рисунок 2 – Схема образования низовой метели

Оторванные частицы снега образуют снежно-ветровой турбулентный поток.

Отрыв снежинок от снегового покрова происходит, когда подъемная сила ветра больше сил, удерживающих снежинки: $P > P_1 + P_2 + P_3$, (1), где P – подъемная сила ветра, кгс; P_1 – сила тяжести снежинок, кгс; P_2 и P_3 – силы сцепления и трения между снежинками, кгс.

Отрыв и перенос снега происходит, когда толщина снегового покрова превышает 10 см, скорость ветра достигает более 3-5 м/с и поверхность снега не имеет корки из льда.

Также частицы снега обладают различной формой, а их размеры варьируются от 0.01 мм до 2 мм. Масса переносимых снежинок тоже непостоянна, начиная от 0,0001 г, заканчивая 0,0050 г.

Низовые метели подразделяют по способам перемещения снежных масс (рис. 3): влечение – скольжение и качение снежинок вдоль поверхности снежного покрова или земли в слое воздуха высотой менее 1 мм; сальтация или прыжки, когда снежинки подлетают вверх на высоту до 100 см, а затем снижаются по пологой кривой; диффузия или витание, когда снежинки, сорванные со снежного покрова, поднимаются ветром на высоту до 10 м и перемещаются по направлению ветра.

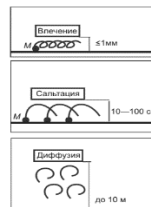


Рисунок 3 – Способы движения частиц снега при низовой метели

При низовой метели основная масса снега переносится в приземном слое высотой 1,5-2,0 м, причем около 90% переносится на высоте всего 10-20 см (рис. 4).

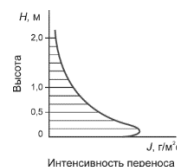


Рисунок 4 – Перенос снега по высоте

При встрече ветрового потока и переносимого им снега с препятствием, происходит снижение скорости этого потока, что приводит к выпадению снега из потока и его отложению как перед преградой, так и за ней, это свойственно, в первую очередь, для не обтекаемых препятствий. Эксплуатация населенных мест и отдельных объектов без их

снегозащиты не может нормально осуществляться на территориях, где количество переносимого снега более $150-200 \text{ м}^3/\text{пог} \cdot \text{м}$ фронта переноса. Этот показатель, как и направление переноса, устанавливается не по розе ветров, а по розе переноса снега, учитывающей интенсивность, повторяемость и продолжительность его переноса [2].

При строительстве сооружений обязательно учитывают розу переноса снега, так как это поможет избежать снежных заносов во время эксплуатации зданий, а также предположить места возможного скопления снега. Борьба со снегозаносимостью населенных мест и отдельных сооружений производится, по предложению К.В. Степанова [3], комплексно: выбором территории с учетом рельефа; строительством снегозащитных сооружений и посадкой зеленых насаждений по периметру, либо в местах наиболее подверженных потенциальным снежным заносам; организацией механизированной расчистки и уборки снега.

Наиболее опасны снежные заносы для поселений, расположенных на равнинах, где отсутствует ветрозащитный рельеф и высокая, густая растительность. У подножий гор, в руслах рек и оврагах. Менее подвержены поселения, расположенные с подветренной стороны, то есть защищенные естественными преградами, такими как горы или густая растительность. При проектировании многоэтажной застройки следует отдавать предпочтение зданиям с наименьшим периметром наружных стен, без перепадов, выступающих частей и рельефных деталей.

Уменьшение площади препятствия снеговетровому потоку может быть также достигнуто, если территории населенного места придать вытянутую в направлении наибольшего переноса снега форму.

Основные городские артерии (проспекты, магистрали) следует располагать параллельно к основным направлениям переноса снега. Крыши рекомендуется выполнять простейшей формы: без изломов, перепадов и выступающих частей (парапетов, фронтонов и т.п.), с пологими уклонами или наоборот уклонами, превышающими 60° . Применения световых фонарей следует избегать, а при необходимости устройства – ориентировать их параллельно направлению наибольшего переноса снега.

Прежде чем провести планировку района, требуется зонирование. Так как у каждого строения своя специфика и свое предназначение, большинство градостроительных классификаций основываются на качественном различии объектов и называются типологиями [4, 5]. Градостроительные типологии важный фактор при обустройстве города, так как позволяют сочетать однотипные сооружения в единые кварталы или районы, что упрощает логистику и градостроение в целом. Чем больше город и его население, тем более обособленно и уникально движется его расширение. Требуется обращать внимание на

общественный наземный транспорт, а в крупных мегаполисах и на подземный (метрополитен), что тоже влияет на формирование структуры города.

Природно-климатические условия оказывают определяющее значение на процессы урбанизации. Климат учитывают как при планировании, так и при самом градостроении. Так как большинство городов нашей страны располагаются в непростых климатических и ландшафтных условиях, особенно в снежной и ветренной зоне, не следует пренебрегать таким немаловажным фактором как снег и снежные заносы.

По аналогичной теме проводилось множество исследований, но несмотря на это тема остается актуальной, так как проблема снежных заносов все еще не решена и требует дальнейшего исследования и обсуждения.

В настоящее время существует возможность программного моделирования и визуализации многих физических процессов. Например, при помощи программ OpenFOAM и ParaView можно получить визуальное представление течения потока воздушных масс с более плотными частицами (снегом), что позволит оценить и спрогнозировать масштабы снежных заносов на конкретной местности, в том числе и городской застройке.

Список использованных источников:

1. Ушаков, В.В. Защита скоростных дорог и автомагистралей от снежных заносов: учебное пособие / В.В. Ушаков, Д.Ю. Корнеева. – М.: МАДИ, 2020. – 55 с.

2. Крейнис, З.Л. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути: учебник для техникумов и колледжей железнодорожного транспорта / З.Л. Крейнис, Н.П. Коршикова. – М.: УМК МПС России, 2001. – 768 с.

3. Жустарёва, Е.В. Зимнее содержание автомобильных: методические указания / Е.В. Жустарёва, В.И. Бочкарев, В.В. Ушаков, Д.Ю. Мишина, А.А. Фотиади. – М.: МАДИ, 2021. – 72 с.

4. Груздев, В. М. Территориальное планирование. Теоретические аспекты и методология пространственной организации территории / В.М. Груздев. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2014. – 146 с.

5. Усова, В. П. Планировка и застройка микрорайона: учебно-практическое пособие к курсовому проекту для студентов, обучающихся по направлению 07.03.03. «Дизайн архитектурной среды» / В. П. Усова. – Ульяновск: УлГТУ, 2019. – 44 с.

© Сорокина А.А., Али Б., 2023

УДК 550.34.037

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИБОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОИСКА ПОСТРАДАВШИХ ПОД ЗАВАЛАМИ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Тамеева В.В.

Научный руководитель Акатьев В.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Проведен анализ приборов для поиска пострадавших, а также рассмотрены основные принципы, заложенные в вспомогательное оборудование для поиска людей под завалами при землетрясениях.

Ежегодно приборами регистрируется более миллиона землетрясений, благодаря модернизации технических устройств и увеличению количества пунктов наблюдений для записи сейсмических колебаний.

К первостепенной задаче аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) относится поиск пострадавших. Больше количество жертв находится под завалами. По статическим данным под завалами в течении первых шести часов умирают порядка 40% людей, в течении первых и третьих суток 60% и 90% соответственно. На четвертые сутки фиксируется гибель пострадавших с травмами легкой и средней степени тяжести, а по истечении шести суток большинство из них погибают от переохлаждения и обезвоживания организма.

Так на обнаружение жертв спасательным службам дается приблизительно 5 суток, в которые входят разборы завалов. Учитывая плотность и высотность городских застроек настоящих мегаполисов, на применение приборных комплексов у специалистов остается примерно 3 суток. Приборы поиска пострадавших основаны на обнаружении физических свойств человека, таких как акустические, радиоволновые, оптические, органолептические. Оценка их эффективности даст понять, насколько быстро и качественно возможно выполнить работу по поиску пострадавших при различных условиях завалов.

На основании вышеизложенного, эффективность приборных комплексов поиска пострадавших первоначально определяется временем обнаружения жертв, а также техническим состоянием приборов, количеством и профессионализмом привлекаемых специалистов спасательных служб.

В настоящее время исследование приобретает свою актуальность исходя из недавних событий, а именно землетрясений, начавшихся при сдвиге Аравийской тектонической плиты, которые произошли в первом

квартале 2023 года. Очаги землетрясений пришлось в основном на Турцию и Сирию (рис. 1). В результате чрезвычайной ситуации пострадало более 50000 человек. Многим из них первая медицинская помощь была оказана несвоевременно, что порождает необходимость уменьшения времени обнаружения жертв при землетрясениях через пересмотр оценки эффективности приборных комплексов поиска пострадавших.

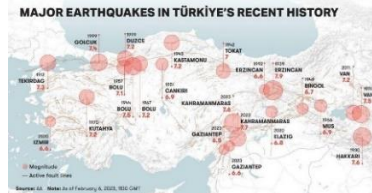


Рисунок 1 – Карта очагов землетрясения 2023

На сегодняшний день существует пять физических принципов построения вспомогательного оборудования для поиска живых людей: акустический, ультразвуковой, тензометрический, тепловой, радиолокационный (табл. 1).

Таблица 1 – Физические принципы построения приборов поиска по отношению к высвобождению пострадавших из-под завалов

Поиск пострадавших	Высвобождение	Извлечение из завала
Органолептический при использовании приборов, основанных на акустическом принципе, которые определяют и закрепляют направление на источник звука (стон, крик)	Разборка производится вручную, с применением различной техники, такой как инструменты для разрезания арматуры, лопаты и др.	Используя физическую силу спасателей, на руках
Использование приборов, основанных на идентификации точки инфракрасного излучения	В результате применения поисково-спасательной техники осуществляется расширение системы естественных полостей	На любой твердой негнущейся поверхности, при фиксации сломанных конечностей с твердыми предметами
Применение оптических зондов	Пробивка горизонтальных тоннелей и откопка вертикальных колодцев	На прочном полотне
Ультракотковолновое зондирование (обнаружение полостей)	Ручная разборка завалов при разрушении с использованием минимального количества техники	При помощи спасателей, а также используя канаты, лестницы и др. предметы способные извлечь пострадавшего из глубины завала

Усилители звуковых колебаний с передачей информации на головные телефонные аппараты, с выбором передающих устройств, чувствительных к вибрациям в твердых материалах или в виде микрофонов на специальных щупах и зондах основаны на акустическом физическом принципе. Идея передающего устройства заключается в улавливании слабых криков, стуков и стонов.

Ультразвуковой принцип позволяет улавливать движения частоты ультразвуковых колебаний. Приборы, основанные на этом принципе, могут фиксировать прохождение человека в закрытые помещения, в попытках изменения их структуры и взлома.

Регистрация несущественных колебаний механических напряжений конструкций, которые включают в себя, например, большие строительные объекты, является базисом тензометрического принципа.

Тепловой принцип налажен на улавливании слабых аномалий электромагнитного излучения вследствие возникновения температурных контрастов в зоне поиска.

Радиолокационный принцип основан на анализе сигналов электромагнитных волн сверхвысокочастотного излучения диапазона, воспроизведенный от объекта при его облучении, то есть отраженного от встречающихся на пути неоднородностей [1].

На сегодняшний день при проведении поисково-спасательных работ отдают предпочтение в эксплуатации акустическим приборам поиска. На оснащение войск гражданской обороны и поисково-спасательных формирований МЧС России поступает акустический прибор поиска «Пеленг-1», специально разработанный компанией «АБИГАР», на замену устаревших приборов типа ТП-15, «Виброфон-3», «Звук», «Поиск2» [2].

При землетрясении в Турции 2023 года российские спасатели оказались в числе первых, кто смог незамедлительно оказать помощь при поиске пострадавших в самых сложных участках. Формирования МЧС России были оснащены различной техникой: гидравлическими домкратами, инструментами для перерезания арматуры и раздвигания фрагментов бетонных плит и др.; тепловизорами и акустическими, телевизионными, сейсмическими приборами поиска. Стоит отметить, что из-за толчков высокой интенсивности и длительности землетрясения, образовались многочисленные завалы и разрушения, препятствующие использованию тяжелой техники для своевременной помощи пострадавшим. Так, одним из самых эффективных приборов для поиска пострадавших стал акустический прибор «Пеленг-1», так как он может использоваться при высоте завала около 7 метров и его применение возможно в том случае, когда человек не имеет возможности произвести какие-либо движения, а может лишь подать звуковой сигнал: крик или стон [3].

Несмотря на количество инновационных технологий, развитых в структуре вспомогательного оборудования, рассмотрение события 2023 года, говорит о важности подобных исследований, так как эффективность используемых приборов поиска пострадавших не обеспечило своевременного спасения жертв землетрясения.

Список использованных источников:

1. Аксенов М.Б. Основные тенденции развития приборов поиска пострадавших/ Аксенов М.Б., Переяслов М.Б.// Технологии гражданской безопасности – 2006 – С. 100-109.

2. МЧС России. Термины МЧС России – URL: <https://41.mchs.gov.ru/deyatelnost/poleznaya-informaciya/zemletryaseniya-i-cunami/chto-takoe-zemletryasenie>.

3. Шойгу С.К. Учебник спасателя: Издание второе / Шойгу С.К., Фалеев М.И., Кириллов Г.Н, Сычев В.И., Капканщиков В.О., Виноградов А.Ю., Кудинов С.М., Ножевой С.А., Неживой А.Ф.– К.: «Сов. Кубань», 2002, – 285 с.

© Тамеева В.В., 2023

УДК 621.63

СРАВНЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЫЧНЫХ И ТОРОИДАЛЬНЫХ ЛОПАСТЕЙ

Терехова М.В., Отрубьянников Е.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Тороидальные лопасти (или тороидальные винты) – это тип пропеллеров или винтов, используемых в механике и аэродинамике. Они представляют собой конические или цилиндрические лопасти, закрученные вокруг тороидальной поверхности [1].

Тороидальные лопасти широко применяются в судостроении, и согласно некоторым работам, обеспечивают повышенную эффективность и маневренность по сравнению с другими типами винтов. Тороидальные лопасти также могут использоваться в других областях, таких как гидроэнергетика, насосные системы и промышленная аэродинамика.

В работе [1, 2] сделаны выводы о высокой эффективности такого рода винтов для применения в воздушных системах. В частности, в этих работах указывается, что данные винты имеют более низкие шумовые характеристики относительно классических винтовых систем, при сохранении скорости потока.



Рисунок 1 – Твердотельная модель лопасти, реализованная в программном обеспечении Fusion 360

В рамках данной работы выполнена модель тороидальной лопасти, исходя из соответствия с параметрами классического варианта лопастей, в частности площадь ометаемой поверхности. Модель реализована твердотельной в программном обеспечении Fusion 360 (рис. 1). Отпечатана на 3D-принтере Creality Ender 5Pro, биоразлагаемым PLA-пластиком. Крепление тороидальных лопастей выполнено идентично креплению классических, для использования на едином стенде.

Экспериментальная установка изображенная на рис. 2 состоит из: блока питания, аэродинамической трубы смоделированной и напечатанной на 3д принтере, хонейкомба, корпуса вентилятора, имеющего возможность смены лопастей. Внутри трубы установлен анемометр для измерения скорости потока воздуха, так же частью экспериментальной установки является – шумомер.

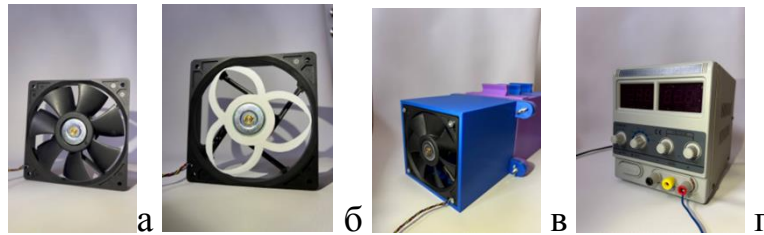


Рисунок 2 – Состав экспериментальной установки: а) классические лопасти, б) тороидальные лопасти, в) аэродинамическая труба, г) блок питания для регулирования оборотов

В рамках эксперимента оценивалась шумовая характеристика, которая представляет собой зависимость суммарного уровня звуковой мощности, создаваемого вентилятором шума отдельно на сторонах всасывания, нагнетания и вокруг вентилятора от его производительности. В работах [1, 2] отмечены низкие показатели шума для тороидальных вентиляторов. Полученные результаты по сравнению шумовых характеристик (рис. 3а) не показали существенного отличия. Области низких оборотов, до 600 об/мин, действительно показывают уровень шума ниже или сравнимый с классическими лопастями, однако, области выше 700 об/мин очевидно не в пользу тороидальных лопастей.

Сравнение лопастей по энергопотреблению (рис. 3б) показало более равномерную зависимость, что предположительно может быть связано с более гладкой формой самой лопасти, которая удерживает равномерных поток на постоянной основе и не выходит на «эксплуатационные» режимы. В свою очередь классическая лопасть имеет области оптимального, эксплуатационного режима, которую очевидно можно увидеть на полученном графике.

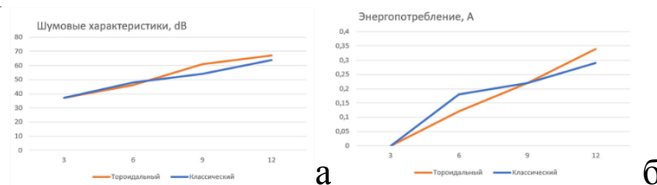


Рисунок 3 – Экспериментальные данные: а) шумовые характеристики, б) энергопотребление

В рамках эксперимента так же сравнивалась скорость потока, формируемая тороидальным и классическим видом лопастей. Для этого в экспериментальную установку добавлена сетка хонейкомба, что позволяет выравнивать поток. Замеры для обеих лопастей проводились в одной точке – в середине аэродинамической трубы.

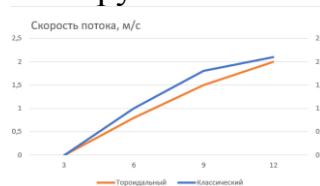


Рисунок 4 – Сравнение скоростей потока для тороидальной и классической лопасти

Полученные результаты представлены рис. 4. Стоит отметить, что в работе [1], не указаны критерии, по которым сравниваются лопасти, что ставит выводы о большей скорости потока под сомнения. Критерии, принятые в этой работе, позволяют сказать, что рабочая площадь обоих видов лопастей идентична. Полученные результаты говорят о том, что тороидальная лопасть позволяет сформировать более медленный поток, чем классическая, что ставит под сомнения выводы полученные в [1].

Список использованных источников:

1. https://www.ll.mit.edu/sites/default/files/other/doc/2023-02/TVO_Technology_Highlight_41_Toroidal_Propeller.pdf

2. Patent No .: US 10,836,466 B2 Date of Patent : Nov. 17 , 2020

© Терехова М.В., Отрубяников Е.В., 2023

УДК 504.064

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ
К ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ
БИОСФЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Томшин Е.А., Любская О.Г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Экономическое развитие государства, особенно такого крупного и многонаселенного, как Россия, невозможно без прорывного роста промышленности и наращивания темпов производства. Современные технологии позволяют минимизировать индустриальную нагрузку на окружающую среду, однако пока не удастся обеспечить полноценную защиту окружающей среды от неизбежных проблем, связанных с антропогенным воздействием. Особую роль в развитии природоохранной деятельности играют оценка, изучение и предотвращение негативного влияния промышленного производства и антропогенного фактора в целом на среду нашего обитания [1].

В настоящее время защита окружающей среды является одним из важнейших вопросов, стоящий перед правительствами стран мира, общественными организациями и мировыми учеными сообществами. Решение данной проблемы находит свой выход во внедрении щадящих промышленных технологий и безопасных производств, разработке безопасных источников энергии и более экологичных видов топлива, снижения вредных выбросов и сбросов, а также утилизации отходов производства и жизнедеятельности человека [2].

Современным «домом» для ныне живущих людей и для большинства организмов является сильно видоизмененная антропогенной

деятельностью окружающая среда. Адаптация к этой измененной среде всей живой и неживой природы, от успешности которой зависит возможность организмов выживать и размножаться, происходит за счет приспособления к выживанию в новых, часто сложных, условиях. Человек для окружающего мира может выступать в качестве создателя либо в качестве разрушителя и губителя.

Одним из важнейших методов наблюдения и оценки состояния окружающей среды является экологический мониторинг. Актуальной задачей является совершенствование методов и подходов к экологическому мониторингу промышленных и иных отходов деятельности человека на биосферу.

Проблема мониторинга природных процессов и состояния окружающей среды активно разрабатывается начиная с 1975 года. Экологический мониторинг – система слежения за процессами, происходящими в экосистемах, популяциях и организмах (включая и человека) под влиянием изменения среды обитания. Различаются фоновый и локальный мониторинг. В первом случае объектом наблюдения служит биосфера в целом и ее крупные подразделения – биомы. Во втором – антропогенные изменения конкретных объектов (экосистем). Особый вид мониторинга – биологический. В этом случае оценивается состояние видов растений и животных и целых экосистем, причем по состоянию этих «живых приборов» судят о влиянии деятельности человека. Широкое развитие получил аэрокосмический мониторинг, когда состояние экосистем оценивается по снимкам, сделанным с самолетов или космических аппаратов.

Анализ существующих методов экологического мониторинга промышленных и, в частности, нефтесодержащих отходов показывает, что в силу высокой стоимости и технологической сложности, применение ряда из них является ограниченным. Они имеют ряд недостатков и не могут обеспечить полную и качественную оценку параметров загрязнений.

Наибольший эффект при обследовании объектов биосферы на практике наблюдается от общественного мониторинга, который реализуется в том числе в ходе изыскательских, поисковых и спасательных работ.

Эффективный экологический мониторинг позволяет обеспечить санитарно-эпидемиологическое благополучие населения на урбанизированных территориях, принять своевременные качественные меры по снижению негативного воздействия загрязнений на биосферу. Эффективная система мониторинга позволяет не только получить реальные значения токсически опасных веществ, но и определить соотношения между определенной концентрацией вещества, загрязняющего окружающую среду, и вероятностью негативного воздействия на здоровье человека.

Вмешательство человека в экосистему создает определенные угрозы для последней, в особенности, если человек использует агрессивные методы обследования. Поэтому методы, применяемые в ходе таких работ, должны удовлетворять следующим условиям:

с одной стороны, быть нейтральными и безопасными для человека и исследуемой биосистемы;

с другой стороны, быть информативными и представлять всю полноту информации о физических свойствах, химико-биологическом составе, объемах, температурах исследуемых объектов.

Дополнительной характеристикой методов обследования должна быть определенная доступность и простота, ведь проводят подобные практические работы специалисты самых разных профессий (спасатели, пожарные, геологи, поисковики-волонтеры, экологи), а полученные в ходе работ результаты широко используются.

Изыскательские работы представляют собой комплексные исследования геологических, экологических, гидрометеорологических и геодезических характеристик территории предполагаемого строительства.

При проведении аварийно-спасательных работ (АСР) спасателю необходимы, прежде всего, технические средства, навыки владения этими средствами и знания технологий проведения работ. Аварийно-спасательные средства (АСС) в соответствии с видом и классом должны применяться при выполнении наземных, надводных, подводных, горных и подземных аварийно-спасательных работ в зонах: радиационного загрязнения; химического заражения; разрушений; пожаров; биологического загрязнения; наводнений и затоплений.

Они должны обладать свойствами мобильности, надежности и производительности на уровне, обеспечивающем реализацию организационно-технологических принципов проведения АСР.

Поисковые работы на местности проводятся, в основном, по обнаружению незарегистрированных свалок – мест несанкционированного размещения отходов на земельном участке, не предназначенном для этих целей, что влечет за собой нанесение максимального ущерба окружающей среде.

При выполнении обследования окружающей среды наблюдатель сталкивается с различными угрозами безопасности (вредными выбросами, взрывоопасными веществами, токсичными/радиоактивными средами).

Одной из центральных задач мониторинга биосферных объектов является координация всех участников мониторинга, а также ученых, специалистов-практиков, представителей надзорных органов и органов власти разного уровня.

В арсенале современной науки имеются 2 метода обследования – акустооптический [3] и радиолокационный [4]. Они способны выполнить поставленные выше задачи, поскольку:

данные методы не оказывают прямого негативного воздействия на объект обследования, не требуют контакта с исследуемой средой, могут использоваться дистанционно;

приборы на их основе – полностью безопасны для использования человеком/группами людей;

получаемые результаты доступны и понятны для интерпретации.

К работе по охране окружающей среды в настоящее время присоединяется много молодежи. Наблюдая за происходящими в природе процессами, за изменениями окружающего мира, получая при этом необходимые знания, молодые люди учатся анализировать и правильно оценивать ситуацию, осознают свою ответственность за качество собственной жизни, жизни своих современников и будущих поколений. Взаимодействуя с опытными наставниками и профессиональными экологами, они приобретают полезный опыт и навыки, и, в конечном счете, формируют в себе правильную систему ценностей.

Таким образом, общественный мониторинг окружающей среды несет в себе важные образовательные и воспитательные функции.

Список использованных источников:

1. Томшин Е. А., Старых А. В., Любская О. Г. Техногенные неблагоприятные ситуации в современном мире // «Тенденции развития науки и образования», № 86, Июнь 2022 (Часть 8), с.23-26

2. Федеральный закон РФ от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

3. Парыгин, В.Н. Оптическая обработка информации / М.: МГУ, 1987.

4. Оптическая обработка радиосигналов в реальном времени / под ред. С.В. Кулакова. – М.: Радио и связь, 1989

© Томшин Е.А., Любская О.Г., 2023

УДК 544.723.21

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

Уваров М.М.

Научный руководитель Кошелева М.К.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В мире происходит активный процесс развития и наращивания промышленного производства. Вместе с ним увеличивается и нагрузка на окружающую среду. Отходящие газы оказывают негативное воздействие

как на природу и климат в целом, так и на человека, непосредственно находящегося в рабочей зоне. Необходимо развитие технологий, нацеленных на снижение негативного воздействия.

Важным аспектом является очистка промышленных отходящих газов. Данную проблему решают при помощи развития технологий по совершенствованию процессов и аппаратов газоочистки. Особое внимание уделяется внедрению волокнистых сорбционных материалов.

Целью работы является анализ различных волокнистых сорбентов, их эффективности и оценка энерго- и ресурсосбережения от применения этих материалов для очистки газовых выбросов.

Широкие возможности по использованию волокнистых сорбционных материалов обусловлены не только их составом, но и возможностью формирования различных форм – от нитей и лент до тканей и многослойных сложных структур [1].

Для определения эффективности применения сорбционных материалов необходимо провести их классифицирование.

Известно разделение сорбентов по такой характеристике как размер пор на макропористые и микропористые. К макропорам относят поры, объем которых порядка 0.2-0.8 м²/г, а для микропор 0.2-0.6 м²/г. По способам модификации делят материалы на волокна, полученные физическими, химическими и композитными способами. Наиболее полную картину по классифицированию волокнистых сорбционных материалов дает разделение, основанное на различной природе происхождения исходных тканей, нитей и волокон, из которых в последствии получают сорбенты. Таким образом, выделяют природные, искусственные и синтетические материалы [1-3].

Анализ показывает, что не существует единого классифицирования. Его проводят лишь по определенным признакам. Классификация волокнистых сорбционных материалов по природе происхождения представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Классификация волокнистых сорбентов

Отходящие газы современной промышленности очень разнообразны по составу и физическим показателям за счет многообразия производств и их технологий. Несмотря на развитие безотходного производства, газовые выбросы остаются колоссальными.

Определенные вещества оказывают токсическое воздействие, некоторые способны необратимо изменять климат нашей планеты. Важнейшей характеристикой всех загрязняющих веществ является их качественный состав [4].

Именно состав загрязняющих веществ в очищаемом воздухе позволяет грамотно подобрать необходимый волокнистый сорбент для максимальной эффективности очистки и минимизации нагрузки на окружающую среду. Это обусловлено селективностью сорбционных материалов по отношению к тому или иному соединению, химической стойкостью к очищаемому и улавливаемому веществу.

С целью максимально эффективного обезвреживания выбросов в атмосферу необходимо знание о составе отходящих газов, их свойствах. Это позволяет не только подобрать оптимальный волокнистый сорбент, но и модифицировать волокнистые сорбционные материалы.

Установлено, что под действием сильных едких веществ происходит разрушение сорбента, что в свою очередь снижает эффективность газоочистки. Так, под воздействием щелочи происходит разрушение базальтового волокна и стекловолокна примерно на 80%. При этом углеродсодержащие волокнистые сорбенты разрушаются до такой степени в течение более длительного периода времени [5].

С точки зрения энерго- и ресурсоэффективности волокнистые сорбенты играют важную роль в сокращении числа ступеней очистки газовых выбросов, а значит, уменьшают затраты на очистку, не снижая при этом степень улавливания загрязняющих веществ. Так, например, известен метод мокрой очистки отходящих газов от фторсодержащих и серосодержащих соединений с использованием скрубберов.

Он заключается в том, что очищаемый газ охлаждают и последовательно очищают от загрязняющих веществ в каскаде скрубберов, состоящем из трех аппаратов, а затем дополнительно проводят санитарную очистку. Данный процесс сложный и энергозатратный, поскольку на работу одного аппарата требуется несколько литров воды и раствора углекислого натрия. При этом, степень очистки составляет от 92% до 99% [6].

Данную проблему можно решить использованием в процессе очистки волокнистого сорбционного материала ФИБАН А-5. Это ионитный волокнистый сорбент, предварительно смоченный водой для достижения влажности от 60-100%. Сорбционный материал загружается в фильтр плотным слоем. Исследования по улавливанию фторсодержащих загрязнителей атмосферы данным сорбентом показывают, что степень очистки увеличивается до уровня в 95-99% [7].

Условия, при которых изучалась эффективность данного сорбента представлена в табл. 1 [7].

Более того, такая степень очистки достигается одним аппаратом, что сокращает затраты на использование каскада без потери эффективности. Наоборот, происходит снижение нагрузки на окружающую среду [7].

Важно отметить, что с экологической точки зрения волокнистые сорбционные материалы достаточно безопасны. В первую очередь это

связано с их структурой и термостойкостью. Так, целлюлозные волокна, выдерживающие температуру до 40-100°C утилизируются после использования путем простого сжигания [8].

Таблица 1 – Условия проводимого опыта по очистке фторсодержащих и серосодержащих отходящих газов волокнистым ионитным сорбентом ФИБАН [7].

Характеристика	Количественный показатель	Единица измерения
Площадь фильтра	0.2	м ²
Высота слоя волокнистого сорбента	0.06	м
Расход воздуха	0.2	л/с
Скорость пропускаемого воздуха	0.1	м/с
Влажность волокнистого материала	70-80	%

С другой стороны, углеродные сорбенты, представляющие собой чистый углерод, подвергаются очистке и повторной активации, более того, активно развиваются технологии по увеличению термостойкости данного волокнистого сорбционного материала [9].

Таким образом, применение волокнистых сорбентов способствует снижению нагрузки промышленности на окружающую среду и человека, позволяет сократить энерго- и ресурсозатраты на очистку газовых выбросов от различных загрязняющих веществ.

Список использованных источников:

1. Генис А.В., Кузнецов А.В. Перспективные разработки в производстве волокнистых полимерных сорбентов // Журнал российского химического общества им. Д.И.Менделеева. - 2019. - №1 – с.27-45.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г.Касаткин. – М : Изд-во ООО ТИД "Альянс", 2014. – 753 с.
3. Товароведение и экспертиза текстильных материалов: учебное пособие / О.М. Калиева, Е.Г.Кашенко; Оренбургский гос. ун-т - Оренбург: ОГУ., 2012. – 193 с.
4. Григорьев Л.Н., Буренина Т.И. Промышленная экология. Часть 1: Учебное пособие / ГОУ ВПО СПбГТУ РП. СПб., 2004 – 104 с.
5. Демешкин А.Г., Шваб А.А. Влияние агрессивной щелочной среды на прочностные свойства технических волокон // Вестник Самарского государственного технического университета - 2013. - №2(31) – с.36-41.
6. Пат. 2074015 Российская Федерация, МПК В01D 53/14. Способ очистки газов от фтористого водорода и диоксида серы / Винокуров М.В.; заявитель и патентообладатель Уральская государственная лесотехническая академия; заявл. 28.12.1997; опубл. 27.02.1998.
7. Пат. 2493901 Российская Федерация МПК В01D 53/00. Способ очистки вентиляционных выбросов от токсичных газов / Серегин М.Б., Михаличенко А.А., Загорец Л.П., Кузьмичева М.И., Теньков Ю.В.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии»; заявл. 16.05.2012; опубл. 27.09.2013, Бюл. №27

8. Вершинин М.С., Гараева М.Р., Мингазова В.К. Исследование термических характеристик целлюлоз, полученных из растительного сырья // Приволжский научный вестник - 2017. - №3(67) – с.10-13.

9. Самонин В.В., Федеров Ю.С., Спиридонов Е.А., Подвязников М.Л., Хрылова Е.Д., Яковлева Е.В. Повышение термостойкости углеволоконистых адсорбентов путем интеркалирования VN и P2O5 // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института - 2021 - №59 – с.51-56.

© Уваров М.М., 2023

УДК 536.24; 699.86

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕМПЕРАТУРУ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕРЕПАДАХ НА УЛИЦЕ

Федоренко А.А., Геллер Ю.А., Мазепа А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва

Работа посвящена исследованию тепловой инерции в ограждающих конструкциях зданий в холодный и теплый периоды года. В работе проведен анализ соответствующей литературы. Произведены расчеты ограждающих конструкций из различных материалов, а также продемонстрированы графики изменения температуры в толще стены, в холодном и теплом периоде.

В современном проектировании учитывается множество факторов, так помимо экономической и эффективной составляющей учитываются еще и географическое положения избранного здания, кроме того, для каждой стены учитывается коэффициент ориентации по сторонам горизонта, благодаря им можно подобрать и рассчитать наиболее эффективную конструкцию стен. Однако, в современной стандартной методике теплотехнического расчета конструкции стены инертность ограждающих конструкций имеет малое значение, из чего можно сделать вывод, что это вызвано малым количеством исследований на эту тему или малым влиянием на конечный результат. В процессе исследования было изучено около 20 работ по рассмотренным темам, после анализа научных работ, был сделан вывод, что есть еще неисследованные разделы. Поэтому целесообразность нашей работы обоснована.

Углубленное исследование тепловой инерции, в строительстве, позволит снизить амплитуду на внутренней поверхности ограждения, что приведет к эффективному сохранению микроклимата помещений различного предназначения.

Исследование проводится для углубленного изучения проблемы малой роли расчета тепловой инерции при конструировании зданий различного характера, вывод основных преимуществ, получаемых при учете тепловой инерции в строительстве. Для этих целей разработана программа на базе Microsoft Excel для автоматического расчета параметров теплоусвоения, тепловой инерции и амплитуды на внутренней поверхности для составной ограждающей конструкции на основе материалов, указанных в приложении Т свода правил СП 50.13330.2012 [1]. На данный момент программа способна автоматически выводить свойства материалов и параметры региона, в котором ограждение установлено, рассчитывать коэффициент теплоусвоения, тепловую инерцию, величину затухания температурных волн и амплитуду на внутренней поверхности стены.

Исследование было проведено в виде численного эксперимента, для которого в качестве исходных данных были рассмотрены различные однослойные и многослойные конструкции, подробно представленные в табл. 1.

Таблица 1 – Рассматриваемые ограждения.

Ограждение №	Состав ограждения
Ограждение 1	Плиты древесно-волоконистые и древесно-стружечные
Ограждение 2	Щебень шлакопемзовый
Ограждение 3	Керамзитобетон на перлитовом песке и Пенопласт ПВХ
Ограждение 4	Минеральная вата и Кирпич строительный
Ограждение 5	Картон облицовочный
Ограждение 6	Битумы нефтяные строительные и кровельные
Ограждение 7	Листы гипсовые обшивочные
Ограждение 8	Гравий керамзитовый
Ограждение 9	Кнауф РСМ [2]

Такое количество конструкций нам необходимо для демонстрации различных зависимостей тепловой инерции и теплоусвоения от теплофизических свойств материалов, применяемых в конструкциях стен, а также влияние как этих свойств, так и тепловой инерции на амплитуду температуры внутренней поверхности ограждения. Все вышеперечисленные материалы были взяты из [1, с. 81], приложение Т, а также сторонних источников. Толщина каждой конструкции принята равной 0,5 м.

Для выполнения задачи использована методика расчета ограждающих конструкций, прописанная в СП 50.13330.2012 [1].

Тепловой расчет проводился для января в населенном пункте Майкоп, где максимальная амплитуда температур для данного периода года составляет 22°C, температуры помещения и внешней приняты 20°C и -20°C, соответственно, коэффициенты теплоотдачи для внутренней и внешней среды приняты по данным из СП. Стоит отметить, что расчет и принятые значения являются теоретическими и были созданы для наглядной демонстрации влияния теплоусвоения конструкций.

Так как за основу расчета взята методика [1], стоит отметить основные расчетные величины. Данные о теплофизических свойствах

материала берутся из Приложения Т [1, с. 81], данные о свойства окружающей среды взяты из СП 131.13330.2020 [3, с. 79]. Первой расчетной величиной является расчетный коэффициент теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, а также коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев, последний определяется для первого слоя и последующих по формулам (6.7) и (6.8) [1, с. 19]. Далее определяются значения термического сопротивления, и на основе полученных значений вычисляется значение тепловой инерции, благодаря ей и коэффициентам теплоусвоения определяется значение величины затухания амплитуды колебания наружной температуры. Для вычисления амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций, потребуется величина затухания, а также расчетная амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций, формулу которой мы упростили, не став учитывать величину солнечной радиации, таким образом расчетная амплитуда равна половине максимальной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха.

Однослойные материалы и конструкции, содержащие несколько материалов, были подобраны таким образом, чтобы при одинаковой толщине, термическое сопротивление было максимально схожим.

На диаграмме (рис. 1) можно видеть, что полученное термическое сопротивление у разных конструкций примерно одинаково, чего мы и добивались, тут же можно наблюдать, что при больших значениях тепловой инерции, меньше значения амплитуды на внутренней поверхности, что говорит о том, что высокоинертные конструкции эффективнее малоинертных.

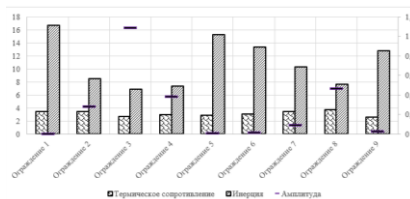
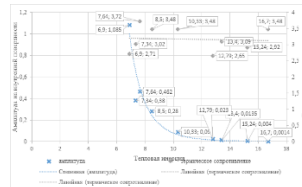


Рисунок 1 – Диаграмма сравнения тепловой инерции и амплитуды колебаний для различных ограждений.

График зависимости амплитуды и термического сопротивления от тепловой инерции приведен на рис. 2. Выведя значения на координатную плоскость и проведя аппроксимацию, получим:

1. Зависимость термического сопротивления от инерции близка к линейной, кроме того, можно видеть, что значение термического сопротивление не зависит от тепловой инерции.

2. Сопоставление амплитуды от инерции имеет вид экспоненциальной функции, которая снижается с ростом величины инерции.



тепловизорами для снятия показаний нагрева. В тоже время программы как «Comsol Multiphysics», «Ansys» используют систему анализа методом конечных элементов, когда интересующую область исследования с помощью компьютерных вычислений удаётся условно разбить на множество элементов, для которых в отдельности решаются дифференциальные уравнения, которые в совокупности ведут к решению для всей модели. Такие программы содержат функции и выражения для решения задач термодинамики и тепломассообмена. По сравнению с проведением физических экспериментов и испытанием прототипов моделирование, совмещённое с эмпирическими техниками, позволяет быстрее, эффективнее и точнее оптимизировать процессы и устройства [1].

Возможности программы «Comsol Multiphysics» представлены в данной статье на примере радиаторов серии «Quadrum», которые изготавливаются на заводе радиаторного и конвективного оборудования компании ООО «КЗТО Радиатор» в г. Кимры Тверской области. Они изготовлены из марки стали «08». Теплоноситель вода или низкотемпературные жидкости. Максимальная температура теплоносителя $+120^{\circ}\text{C}$, а рабочее давление до 15 атм. [2].

С помощью дополнительной программы «КОМПАС-3D v21» смоделированы радиаторы «Quadrum», они бывают по расположению секций вертикальные или горизонтальные. Секции представляют собой прямоугольные трубы, насаженные на 2 коллектора, что показано на рис. 1.

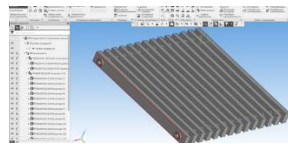


Рисунок 1 – 3D-чертёж радиатора модели «Quadrum» в программе «Компас-3D»

Суть исследования данного радиатора заключается в изменении геометрических размеров устройства с целью достижения оптимального результата теплопроизводительности с учётом радиационного теплообмена при излучении секций самих на себя. Изменялся шаг между секциями радиатора 35 мм, 40 мм, 45 мм и 50 мм.

Геометрические характеристики полученных радиаторов следующие: общая длина 488, 558, 628, 698 мм (зависит от шага секции), межцентровое расстояние 500 мм, глубина 50 мм (она же глубина секции), ширина секции 25 мм, толщина стенки 2 мм, количество секций 14.

Созданный в программе «Компас-3D» чертёж сохраняется в формате «.stp» и переносится в программу «Comsol Multiphysics» путём импорта модели через раздел «Component» и подразделов «Geometry» и «Import», где происходит заполнение параметров в дереве модели. Сначала геометрическую модель заполняют теоретической областью с помощью команды «Cap Faces» в меню «Geometry», которая в реальных условиях

является водой или другим теплоносителем. Далее через подраздел «Materials» задаются свойства материалов, в частности предварительно заполненной области внутри радиатора присваиваются свойства воды, а стенкам свойства стали «1008» (по стандарту AISI), что соответствует марке «08» (по стандарту ГОСТ 1050-2013 установленному в Российской Федерации).

Задание граничных условий осуществляется в подразделе дерева модели под названием «Heat Transfer in Solids and Fluids». Были заданы границы входа и выхода теплоносителя, с помощью команд «Inflow» и «Outflow». Ламинарный поток, а также скорость рабочей среды на входе в радиатор и давление на выходе задаются через подраздел «Laminar Flow». Подраздел «Surface-to-Surface Radiation» необходим для предания поверхности радиатора излучающей и поглощающей способности.

Затем задаются мультифизические интерфейсы для связывания теплообмена, физики течения и радиационного излучения в подразделе «Multiphysics». И последним этапом перед запуском расчёта является настройка расчётной сетки в подразделе «Mesh», она необходима для разбиения модели на мелкие элементы (тетраэдры, гексаэдры, призмы, пирамиды) и решения задач методом конечных элементов. Точность результатов вычислений зависит от величины элементов сетки, чем больше будет элементов и чем они меньше, тем точнее конечный результат. Ограничения могут возникать только в следствии вычислительной мощности компьютера, поскольку мелкая сетка нагружает процессор и требует больше оперативной памяти.

После запуска расчёта требуется несколько часов, чтобы получить результаты в виде графиков или визуализации процессов в самой расчётной модели, как показано на рис. 2.

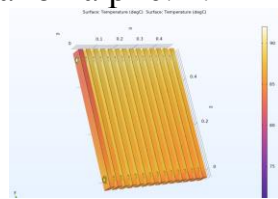


Рисунок 2 – Температурные поля на поверхности радиатора для шага секций 35 мм в программе «Comsol Multiphysics»

В ходе расчёта была выявлена площадь поверхности радиатора, соприкасающаяся с воздухом, какое прибор имеет распределение температур на поверхности, какое количество теплоты передаёт предполагаемому воздуху при постоянной температуре 15°C и атмосферном давлении. Температура на входе задана 91°C. Все данные были сведены в табл. 1.

Идеальным соотношением геометрических размеров и мощности является радиатор с шагом секций 40 мм, этот же радиатор имеет наиболее равномерный прогрев секций в сравнении с моделями большего шага.

Таблица 1 – Результаты расчёта радиаторов с разным шагом секций

	Шаг 35 мм	Шаг 40 мм	Шаг 45 мм	Шаг 50 мм
Площадь радиатора, м ²	1,208	1,222	1,236	1,250
Средняя температура по поверхности, °С	87,280	87,132	87,083	86,971
Максимальная температура, °С	90,853	90,885	90,880	90,870
Минимальная температура, °С	81,611	80,997	80,892	78,873
Усреднённый тепловой поток через площадь поверхности радиатора, Вт	1153,369	1164,963	1177,629	1189,418

Таким образом были смоделированы реальные радиаторы, выявлены различия в тепловых характеристиках в зависимости от геометрических размеров устройств, при этом не воспроизводя каждый радиатор в реальности, что, несомненно, является экономией материалов, косвенно экономией топливных ресурсов, затрачиваемых на приведение в работу печей и станков. Поэтому программный подход моделирования является перспективным направлением во многих отраслях промышленности.

Список использованных источников:

1. Программное обеспечение COMSOL Multiphysics. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comsol.ru/>
2. Официальный сайт ООО «КЗТО Радиатор». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kztoradiator.ru/radiatory/>

© Ходяшов Е.О., 2023

УДК 677.027.13

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТЕНСИФИЦИРУЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ПРОЦЕСС ЭКСТРАГИРОВАНИЯ

Казуб В.Т.

*Пятигорский медико-фармацевтический институт
– филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский
университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пятигорск
Кошелева М.К., Цинцадзе М.З.*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва*

Повышение эффективности процесса экстрагирования (промывки) технологических загрязнений из волокнистых и растительных материалов за счёт интенсификации является актуальной задачей, поскольку её решение позволяет снизить расход чистой промывной воды и химических реагентов, в частности, поверхностно-активных веществ, количество сточных вод, энергозатраты на проведение процесса [1-10].

Целью работы является изучение некоторых особенностей интенсифицирующего воздействия физических полей на процесс экстрагирования.

Имеются публикации по интенсификации процессов экстрагирования технологических загрязнений из волокнистых материалов, при воздействии электрических разрядов, магнитного и ультразвукового полей и др., предлагаются методы расчёта кинетики интенсифицированных процессов, однако речь преимущественно идёт об экстрагировании из растительного сырья и в меньшей степени из волокон и тканей [1-10].

Наибольшее количество научных публикаций касается ультразвуковой интенсификации процесса экстрагирования. Исследования показывают, что воздействие ультразвука, вследствие эффекта кавитации, весьма эффективно, но реальное внедрение ультразвуковых устройств на действующем промышленном оборудовании не всегда возможно, а создание нового оборудования весьма дорого [1-3].

Использование магнитных полей в промышленных процессах проще и значительно дешевле [4, 5]. Магнитная обработка ускоряет коагуляцию взвесей, смачивание водой твёрдых поверхностей, адсорбцию поверхностно-активных веществ, процессы кристаллизации и растворения. С помощью магнитной обработки можно уменьшать образование различных отложений на твёрдых поверхностях (например, накипи различных солей). Путём магнитной обработки улучшается очистка воды от взвесей. Как считают некоторые исследователи обработанная вода изменяет свои биологические свойства при магнитной обработке [4, 5].

В экспериментальных лабораторных исследованиях омагничивание промывной воды проводилось с использованием устройства для магнитной обработки СО-3, технические характеристики которого представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Технические характеристики устройства для магнитной обработки воды

Наименование	Показатель
Значение магнитной индукции в затворах между магнитами	не менее 100 мТл
Масса	не более 0,4 кг
Габариты	Ø75x116 мм
Внутренний диаметр присоединяемого шланга	16 мм
Максимальное допустимое давление на входе устройства	не более 4 кг/см ²

В табл. 2 представлены результаты исследования кинетики промывки текстильного материала.

Таблица 2 – Кинетика промывки окрашенной ткани (использовалась смесь поверхностно-активных веществ)

Время, τ, мин	степень промывки без омагничивания η, %	степень промывки с омагничиванием η, %
0	0,00	0,00
15	13,43	35,11
40	15,37	37,38
60	20,06	41,26
80	27,83	48,38
105	33,50	50,32

В технологических процессах текстильной промышленности требования к качеству активации водных систем должны быть более

жесткими, так как это связано с качеством выпускаемой продукции. В связи с тем, что эффекты магнитной обработки не накапливаются и взаимно не компенсируются, очень важно правильно выбрать параметры магнитного поля [4, 5]. Механизм влияния магнитного поля на воду и её примеси нельзя считать выявленным в достаточной мере. Известные соображения и гипотезы различных авторов, в основном, базируются на поляризующем действии магнитного поля на ионы и молекулы воды. При этом в случае магнитной обработки природной воды, находящейся в состоянии термодинамического равновесия, нет никаких оснований предполагать реальную возможность возникновения, и тем более длительного сохранения («магнитная память») каких-либо изменений в воде под действием относительно слабых магнитных полей. В связи с этим, вероятно, действие магнитного поля при водообработке может проявиться только в термодинамически неравновесных системах, т.е. системах, находящихся в неустойчивом состоянии [4, 5]. Многочисленные наблюдения и эксперименты показывают, что, если при промывке сократить расход воды на 50%, с использованием магнитного аппарата, качество промывки остаётся неизменным. Если не сокращать расход воды на промывку, применение магнитной обработки позволяет существенно улучшить качество промывки [4, 5].

Значительный интерес представляет исследование эффективности процесса экстрагирования под воздействием импульсного электрического поля. Процесс экстрагирования при приложении импульсного поля затрагивает большое количество явлений, которые не проявляются при традиционных методах экстрагирования [6-10], в том числе кавитацию.

Высказываются предположения, что воздействие на воду импульсного электрического поля может приводить к разрыву водородных связей, что влияет на силы поверхностного натяжения. Как видно из табл. 3 проведённая обработка воды полем, создаваемым импульсами напряжения амплитудой 20 кВ, привела к снижению сил поверхностного натяжения воды, что подтверждается уменьшением коэффициента поверхностного натяжения от $72,956 \cdot 10^{-3}$ Н/м (без обработки) до $65,043 \cdot 10^{-3}$ Н/м после обработки 200 импульсами. Значение ($65,043 \cdot 10^{-3}$ Н/м) коэффициента поверхностного натяжения воды соответствует температуре $66,4^{\circ}\text{C}$, тогда как в процессе обработки температура воды повысилась всего на 3°C – от 18°C до 21°C , при такой температуре коэффициент поверхностного натяжения воды равен $72,37 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

Таблица 3 – Влияние обработки импульсным электрическим полем (ИЭП) на значение коэффициента поверхностного натяжения воды

	t, °C	$\sigma_{\text{ср}} \cdot 10^{-3}$, Н/м
До воздействия ИЭП	18	72,956
После воздействия ИЭП	21	65,043

Таким образом, подтверждается предположение, что воздействие импульсного электрического поля приводит к разрыву водородных связей

молекулы воды, что ослабляет силы поверхностного натяжения. Снижение сил поверхностного натяжения воды повышает смачиваемость, облегчает перенос извлекаемых компонентов в экстрагент. Сохранение свойств обработанной воды в течение продолжительного времени позволит использовать её для проведения процесса экстрагирования на действующем технологическом оборудовании.

Список использованных источников:

1. Кошелева, М.К. Процессы и аппараты текстильных технологий в примерах, лабораторных работах и тестах : учебное пособие / М.К. Кошелева. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 321 с.

2. Гуляев Ю. В., Белгородский В. С., Кошелева М. К. Обзор материалов симпозиума " Вторые международные Косыгинские чтения" Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование", приуроченные к 100-летию РГУ имени АН Косыгина" //Теоретические основы химической технологии. – 2020. – Т. 54. – №. 3. – С. 392-396.

3. Кошелева М. К., Рудобашта С. П. Влияние ультразвукового поля на кинетические коэффициенты в процессе экстрагирования //Инженерно-физический журнал. – 2019. – Т. 92. – №. 5. – С. 2404-2409.

4. Классен В.И. Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем, М.: Цветметинформация, 1971 . - 265 с.

5. Давидзон М.И. Электромагнитная обработка водных систем в текстильной промышленности/М.И. Давидзон. - М.: Легпромбытиздат, 1988. -178 с.

6. Рудобашта С.П., Казуб В.Т. Электроразрядное экстрагирование : учебное пособие / С. П. Рудобашта, В. Т. Казуб. - Москва : ИКЦ Колос-с, 2022. - 259 с.

7. Казуб В.Т. Кинетика и основы аппаратурного оформления процессов электроразрядного экстрагирования биологически активных соединений //Дис... док. техн. наук. Тамбов. 2002. - 345 с.

8. Kazub, V. T. Kinetics of grinding of vegetable raw materials during electric discharge extraction / V. T. Kazub, M. K. Kosheleva, S. P. Rudobashta // ChemChemTech. – 2021. – Vol. 64, No. 6. – P. 76-82. – DOI 10.6060/ivkkt.20216406.6385.

9. Влияние электрических разрядов на кинетические коэффициенты в процессе промывки хлопчатобумажной ткани / М. К. Кошелева, С. П. Рудобашта, В. Т. Казуб, М. З. Цинцадзе // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2020. – № 1(385). – С. 166-171.

10. Кошкарова А. Г. Интенсификация процессов экстрагирования целевых компонентов из растительного сырья импульсным электрическим полем высокой напряженности //Дисс... канд. техн. наук. Тамбов. – 2018.

© Казуб В.Т., Кошелева М.К., Цинцадзе М.З., 2023

УДК 658.567.1

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В БИОГАЗ НА БАЗЕ ЛАБОРАТОРНОГО БИОГАЗОРЕАКТОРА

Шарпар Н.М., Жмакин Л.И., Власов И.Н., Коверженко М.Д.
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва*

В последние годы стала очевидной тенденция негативного влияния человека на окружающую среду, что побудило население искать способы уменьшения негативных последствий этого воздействия. Чтобы уменьшить неблагоприятное воздействие на окружающую среду, исследуются и используются альтернативные источники энергии вместо традиционных ископаемых источников, таких как нефть, природный газ и уголь. Некоторые из таких альтернативных источников [1, 2] включают в себя солнечную, волновую и ветровую энергию, атомную энергетику и, к сожалению, менее изученную и используемую биоэнергетику.

Отходы жизнедеятельности любых организмов могут быть использованы как потенциальный источник экономически выгодной энергии, который может заменить привычные природные ископаемые, такие как газ. Это может включать в себя отходы животных, а также человека. При обсуждении отходов жизнедеятельности, необходимо учитывать различные типы органических материалов, такие как навоз, древесные опилки, солома, отходы овощей и фруктов, и другие подобные материалы. Эксплуатация перерабатывающих комплексов для обработки отходов, таких как навоз, древесные опилки, солома и органические отходы от овощей и фруктов, приведет к производству биогаза. Такой процесс может существенно снизить негативное воздействие на окружающую среду и способствовать развитию отрасли переработки отходов.

Как известно, биогаз – это газовая смесь, состоящая преимущественно из метана (55-70% CH_4) и углекислого газа (28-43% CO_2), а также содержащая небольшое количество других газов, таких как сероводород (H_2S) [3]. Каждый килограмм органического вещества, который разлагается на 70%, обычно производит 0,18 кг метана, 0,32 кг углекислого газа, 0,2 кг воды и 0,3 кг неразложимого остатка [3]. Этот процесс происходит в результате биологического разложения органических отходов, таких как животный навоз, растительные отходы и др. Биогаз является экологически чистым и возобновляемым источником энергии, который может быть использован для производства электроэнергии и тепла [4].

Свойства биогаза [4, 5], получаемого в результате переработки, обладают теплофизическими характеристиками, которые делают его конкурентоспособным на рынке с природным газом и каменным углем, хотя и немного уступающим им. Переработка органических отходов позволяет производить биогаз, который является альтернативным источником энергии, в отличие от природного газа и каменного угля, запасы которых с течением времени будут исчерпаны. В табл. 1 приведены данные о количестве выделяемой теплоты при использовании различных видов топлива.

Таблица 1 – Количество тепла, выделяемое при сжигании различных органических материалов

Вид топлива	Источник получения	Теплота сгорания $Q_{н}$, МДж/м ³
Биогаз	Отходы жизнедеятельности животных, включая экскременты, могут быть использованы в производстве биогаза как с добавлением органических отходов, так и без них	20÷25
Генераторный газ	Переработка древесных материалов и соломы	5÷7
Природный газ	Отходы жизнедеятельности животных	33÷38
Светильный газ		18÷20
Метан		34÷36
Пропан (газообразный)		91÷93
Пропан сжиженный		44÷46
Каменный уголь	Материалы, происходящие из природных источников	30÷33
Дрова		14÷19

Образование биогаза [4] зависит от нескольких факторов, таких как влажность, кислотность и температура субстрата. Для переработки легко разлагаемых отходов наиболее оптимальным является уровень влажности от 60 до 85%. Существует два наиболее оптимальных температурных режима для процесса биоконверсии: мезофильный и термофильный. Мезофильный интервал находится в диапазоне от 25 до 38°C, с оптимальной температурой 37°C, так как мезофильные бактерии работают на этом уровне. Термофильный интервал находится в диапазоне от 45 до 60°C, с оптимальной температурой 56°C, так как термофильные бактерии работают на этом уровне [3].

Биогазовые технологии [6, 7] основаны на сложных биологических процессах разложения органических веществ анаэробными бактериями. Метаногены – это группа бактерий, которые образуют метан в процессе биоконверсии. Они характеризуются способностью расти только в отсутствии кислорода и морфологической разнообразностью. Оптимальная температура для большинства метаногенов составляет 30-40°C, но есть виды, которые предпочитают более низкие или высокие температуры. Нейтральная кислотность среды также является важным условием для роста метаногенов. Для эффективной переработки легко разлагаемых отходов, влажность субстрата должна находиться в диапазоне от 60 до 85% [3].

Для переработки биологических отходов в биогаз применяются различные технологии, такие как бурты, отстойники и биореакторы [6]. В

биореакторах, благодаря интенсивному нагреву исходного материала, процесс преобразования происходит значительно быстрее, чем в открытых буртах или отстойниках. Однако, для осуществления данного процесса необходимо использовать дополнительное оборудование, такое как термостаты для нагрева жидкости, нагревательные элементы для подогрева биомассы, емкость для отстоя биогаза после первичной переработки и емкость для очистки биогаза. Понять, как происходит процесс переработки биологических отходов в промышленных масштабах, довольно сложно. Однако, для более точного понимания и мониторинга происходящих процессов, разрабатываются уменьшенные лабораторные установки биогазореакторов [6].

Из-за того, что разложение органических отходов зависит от определенных видов бактерий, окружающая среда имеет существенное влияние на этот процесс. Например, температура играет важную роль, поскольку она влияет на скорость и степень разложения органического сырья. В связи с этим, первые установки для получения биогаза появились в странах с теплым климатом. Однако с помощью теплоизоляции и подогрева воды можно освоить строительство генераторов биогаза в районах, где зимой температура может опускаться до -20°C . Кроме того, для эффективного разложения органических веществ необходимо, чтобы сырье содержало биологически разлагающееся органическое вещество, воду (90-94%) и было подходящим для развития бактерий. Желательно, чтобы среда была нейтральной и не содержала веществ, которые могут помешать действию бактерий, например, мыла, стиральных порошков и антибиотиков [3].

Наилучшим материалом для изготовления трубопровода является полиэтилен высокой плотности. Для этого процесса минимальный диаметр труб должен быть не менее 100 мм. При установке трубы в земле ее следует укладывать в траншеи, которые должны быть не менее 900 мм глубиной и заполнены гравием или песком до 500 мм. Затем трубопровод покрывается слоем субстрата. Для горизонтальных трубопроводов наклон должен составлять не менее 4° в пределах участка бурта и не менее 1° за его пределами [3].

Эта работа описывает основную схему лабораторного биогазореактора для изучения процесса метанового сбраживания и проведения лабораторных экспериментов (рис. 1). Данная установка позволит студентам бакалавриата и магистратуры, изучающим курс нетрадиционных и возобновляемых источников энергии по направлению 13.03./04.01 Теплотехника и теплоэнергетика, осваивать учебный материал и проводить лабораторные работы.

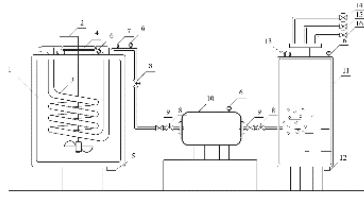


Рисунок 1 – Принципиальная схема лабораторного биогазореактора [8]: 1) биореактор, 2) мешалка, 3) нагреватель, 4) отверстие для помещения субстрата, 5) сливной штуцер для биомассы, 6) манометр, 7) воздушный клапан, 8) запорная арматура, 9) обратный клапан, 10) емкость для сбора биогаза, 11) водоотделитель для очистки биогаза, 12) сливной штуцер для воды, 13) штуцер для залива воды, 14) вентиль 1 для подачи газа на дополнительное оборудование (горелка), 15) вентиль 2 для подачи газа на дополнительное оборудование (турбина), 16) вентиль 3 для подачи газа на дополнительное оборудование (газовые баллоны)

В лабораторном биогазореакторе (рис. 1) процесс работы осуществляется в несколько этапов: сначала в биореактор помещается измельченная биомасса органических отходов, которая затем нагревается при помощи змеевика [8]. При этом биомасса заполняется водой на 80% от общей емкости резервуара. Змеевик соединен с термостатом, который нагревает жидкость. Требуемые значения силы тока и напряжения выставляются на ВСА-5К, после чего начинается постепенный нагрев биомассы. Когда жидкость начинает кипеть, следует выключить выпрямитель-стабилизатор, чтобы избежать перерасхода используемой жидкости. Биогаз образуется благодаря переброживанию биомассы в герметично закрытой емкости биореактора. Встроенная в крышку мешалка предотвращает образование корки на поверхности сброживаемой биомассы и образование твердых частиц. Образовавшийся биогаз поступает в газгольдер через обратный клапан, и его количество определяется показаниями манометра [8]. Далее, биогаз проходит через водоотделитель для очистки от сложных аммиачных соединений, после чего уже можно использовать для различных нужд. Эта лабораторная установка может использоваться не только для бытовых целей, но и для имитации промышленных исследований.

Лабораторный стенд, представленный в работе (рис. 1), разработан с целью наглядного и эффективного отслеживания технологического процесса разложения биомассы с выделением биогаза, его аккумулярованием, очисткой и дальнейшим использованием. При этом он обладает надежными эксплуатационными свойствами и высокой пожаробезопасностью. Такой стенд может быть использован для исследования процессов переработки биомассы, а также для обучения студентов и специалистов в данной области. Он обеспечивает более эффективное и точное измерение количества выделяемого биогаза и его

качества, а также позволяет снизить затраты на эксплуатацию и обеспечить безопасность в работе.

Список использованных источников:

1. Клепикова С. Альтернативная утилизация. [Электронный ресурс] / С. Клепикова // Агротехника и технологии. – 2013. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/15078-alternativnaya-utilizatsiya>.

2. Гудкова Е.А. Зарубежный опыт использования возобновляемых источников энергии как основа повышения энергоэффективности российских регионов [Текст] / Е.А. Гудкова, Л.Н. Чернышов // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4. – С. 84 – 91.

3. Смирнов Ю.Д., Ковшов С.В., Никулин А.Н. Переработка органических отходов с помощью биогазвермитехнологии // Записки Горного института. Санкт-Петербург – Т.203. – 2013 – С. 104 – 107.

4. Баадер В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Дене, М. Беннидерфер. – М.: Колос, 2005. – 75 с.

5. Василев Р.Г. Биотопливо: биодизель, биоэтанол, биогаз. Перспективы развития производства биотоплива в России. Сообщение 3: биогаз [Текст] // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. – 2007. – Т. 3, № 3. – С. 54–61.

6. Эдер, Б., Шульц, Х. Биогазовые установки: практическое пособие. Пер. с нем. – Цюрих: Зорг Биогаз, 2008. – 168 с.

7. Веденев А.Г. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике [Текст] / А.Г. Веденев Т.А. Веденева ОФ «Флюид». – Бишкек: Типография «Полиграфоформление», 2006. – 90 с.

8. Шарпар Н.М., Телушкин И.С., Власов И.Н. Разработка лабораторного стенда биогазореактора // В сборнике: Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2022). Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Москва, 2022. С. 120 – 123.

© Шарпар Н.М., Жмакин Л.И.,
Власов И.Н., Коверженко М.Д., 2023

УДК 614.842.43

**ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ
ЭВАКУАЦИОННЫХ СИСТЕМ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Широкопояс А.А.

Научный руководитель Кошелева М.К.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Задачей данной работы является изучение перспектив применения фотолюминесцентных эвакуационных систем с учётом пожароопасных свойств текстильных материалов, применяемых вспомогательных веществ, технологических процессов текстильных предприятий, разработка рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности процессов текстильных производств, процессов складского хранения сырья, готовой продукции.

Целью работы является повышение пожарной безопасности предприятий текстильной промышленности, складов хранения текстильной продукции, сохранение жизни людей при наступлении чрезвычайных ситуаций, при пожарах.

Известно, что применение фотолюминесцентных эвакуационных систем (ФЭС) сокращает время эвакуации людей, а, следовательно, уменьшает риск гибели при пожаре и в условиях чрезвычайных ситуаций [1].

К сожалению, только за последние три года произошли более десятка пожаров, унёсших многие человеческие жизни и нанёсшие материальный ущерб на сотни миллионов рублей [2, 3].

Фотолюминесцентные эвакуационные системы применяются в зданиях и сооружениях, на объектах транспорта в целях управления эвакуацией людей при пожарах, в условиях чрезвычайных ситуаций, а также в условиях пониженной видимости (задымления, сумерки, отсутствия искусственного освещения, как основного, так и аварийного) [4].

Данные системы являются разновидностью систем оповещения и управления эвакуацией, относятся к системам самоспасения и самостоятельной эвакуации. По характеру работы являются независимыми пассивными системами, так как для своей работы не потребляют электрическую энергию, для их работы не нужен оператор, их работоспособность не зависит от других систем объекта, являются децентрализованной системой, имеют высочайшую степень надёжности [5].

Фотолюминесцентная эвакуационная система представляет собой совокупность светящихся в темноте эвакуационных, пожарных, предупреждающих, информационных, предписывающих и иных знаков безопасности, линейной (протяжённой) и точёной разметки, экранов светового фона, табличек и прочих элементов, изготовленных в фотолюминесцентном исполнении [4].

Фотолюминесценция – это способность отдельных веществ накапливать световую энергию (кванты света) – переходить в возбужденное состояние и далее при прекращении световой накачки испускать кванты света в видимом спектре света. Опытным путём было установлено, что для человеческого глаза наиболее эффективно желто-зеленое свечение фотолюминесцентного материала в темноте [1].

Эффективность конкретно под объект спроектированной и затем установленной фотолюминесцентной эвакуационной системы зависит от многих параметров, что было установлено в ходе проведённых исследований [1]. Это и условия проектирования, и условия монтажа, и выбор материалов, и имеющееся освещение засветки системы, и условия эксплуатации, обслуживания, ремонта и восстановления [5].

Также эффективность работы фотолюминесцентной эвакуационной системы определяется в ходе проводимых учений и тренировок по эвакуации.

Рассматривая специфику текстильных производств можно выделить сопутствующие им негативные факторы, которые необходимо учитывать при создании фотолюминесцентных эвакуационных систем:

повышенная влажность воздуха рабочей зоны, что может негативно влиять на долговечность использования отдельных видов фотолюминесцентного наполнителя, теряющего свои свойства при контакте с влагой воздуха;

повышенная запылённость воздуха. Это необходимо учитывать при эксплуатации ФЭС: увеличивать периодичность очистки элементов ФЭС от пыли для обеспечения паспортной засветки, увеличение периодичности обслуживания осветительных приборов (очистки от пыли);

повышенная сухость воздуха в сушильных отделениях. Данный параметр необходимо учитывать при выборе материала для создания ФЭС: фотолюминесцентный материал не должен создавать искры вследствие статических зарядов. Проверяется опытным путём при тестировании различных образцов в промышленных условиях;

содержание в воздухе рабочей зоны агрессивных химических веществ, пары которых могут негативно воздействовать на фотолюминесцентный материал. Здесь необходимо выбирать фотолюминесцентные материалы с верхним защитным слоем, инертным к применяемым химическим веществам;

увеличенное количество циклов уборки и мойки помещений, соответственно, с захватом и ФЭС, что связано с дополнительным как механическим воздействием, так и воздействием моющих веществ. Здесь возникает проблема подбора моющих веществ, чтобы соблюдались санитарные и технологические требования, требования безопасности, а также требования производителя фотолюминесцентного материала;

разнообразные требования по нормированию освещению различных участков, отделений, помещений ведут к применению различных фотолюминесцентных материалов, для соблюдения нормируемых показателей длительности послесвечения элементов ФЭС;

имеющиеся разнообразные типы отделочных материалов, применяемые в отделке помещений: масляная краска, кафель, разнообразная плитка, линолеум, бетонные и цементные поверхности;

имеющиеся существующие ограничения по монтажу и размещению элементов ФЭС: колонны, технологические трубопроводы, технологическое оборудование, скученность оборудования, габаритные размеры помещения (удалённость главных проходов (эвакуационных) от стен, что ведёт к неэффективности настенной разметки). Здесь вопрос можно решить применением объёмных подвесных элементов ФЭС, а также применением элементов ФЭС больших габаритных размеров, что улучшает их читаемость и визуальное восприятие. Направляющие линии можно размещать на протяжённой боковой части производственного оборудования в местах, где оборудование размещается вдоль маршрутов эвакуации, также можно обозначать при помощи напольной разметки [4];

специфический характер работы применяемого оборудования: повышенная вибрация, увлажнение, запылённость. Данные вопросы решаются правильным выбором клеевой основы, материала основы и фотолюминесцентного материала, устойчивых к воздействию жидкой влаги. Вопрос запылённости решается выбором в пользу плоских элементов ФЭС на основе плёнок, нежели чем применение элементов ФЭС на основе пластика, имеющих толщины от 1 до 7 мм (встречаются и толще);

имеющиеся смонтированные двери на путях эвакуации и различные механизмы их открывания. Для дверей с устройством «Антипаника» следует применять соответствующие знаки или экраны светового фона [4];

объёмно-планировочные решения помещений. Имеющиеся пандусы, выступы пола и стен, люки, технологические проёмы, арки на пути эвакуации необходимо дополнительно визуализировать элементами ФЭС с сигнальной разметкой, воспринимаемой как при свете, так и в темноте [4];

напольное размещение элементов ФЭС. В производственных условиях применения ручных тележек, полотёрок, промышленной уборочной техники наиболее целесообразным кажется выбор применение фотолюминесцентных красок для выполнения напольной разметки, при

условии качественной подготовки поверхности. Как правило, цементные полы мокрых отделений пропитаны моющими растворами, химическими веществами и требуется проводить специальные мероприятия по обеспечению нейтрализации загрязнений полов или же снимать абразивами верхний слой пола;

выполнение ограничительных линий (сплошных и прерывистых) вдоль маршрутов эвакуации в целях предотвращения травмирования персонала об имеющееся производственное оборудование [4];

применяемые на текстильных предприятиях передвижные огнетушители, как выяснилось, эффективно обозначать напольной разметкой в их месте нахождения фотолюминесцентными материалами или красками, выполненной в виде квадрата из полос, или же заполненного квадрата;

планы эвакуации, как выяснилось, эффективно выполнять в секционном или локальном исполнении для быстроты ориентирования потока эвакуирующихся. На посту охраны целесообразно выполнять альбом планов эвакуации помещений выполненный на фотолюминесцентной плёнке. В случае чрезвычайной ситуации достаточно будет простой быстрой засветки дежурным фонарём нужного плана эвакуации, чтобы он был впоследствии эффективно виден в полной темноте;

на посту охраны целесообразно иметь запас экранов светового фона (от одного и до пяти штук) формата А3 для целей управления эвакуацией и подсветки маршрутов эвакуации и ориентирования в помещениях. Как выяснилось, экраны светового фона эффективно освещают помещение. Также экраны светового фона рекомендуется размещать в многолюдных помещениях для их использования при учебных тренировках и в условиях чрезвычайных ситуаций;

важную информацию на технологических табличках, как выяснилось, эффективно выполнять в фотолюминесцентном исполнении. В условиях темноты персонал сможет оперативно принять правильное решение, также эти таблички предупредят подразделения пожарной охраны при их нахождении в опасной зоне размещения оборудования и химических веществ.

Изучив каталоги производителей и поставщиков фотолюминесцентных материалов, можно прийти к выводу, что вопросы выбора фотолюминесцентных материалов для применения в текстильной промышленности решаемы: можно подобрать требуемые материалы под каждый специфический участок, цех, поточную линию или целое отделение текстильного производства [1].

Таким образом, тщательный анализ исходных данных, изучение особенностей текстильного производства, оборудования, применяемых веществ и материалов, знакомство с помещениями, эвакуационными

путями позволят задать исходные требования к применяемым фотолюминесцентным материалам, их исполнению, способу монтажа.

Знакомство с каталогами производителей и поставщиков фотолюминесцентных материалов позволяет подобрать тип фотолюминесцентного наполнителя, тип защитного слоя, вид исполнения материала основы, тип клеевого слоя, габаритные размеры, время послесвечения и иные монтажные и последующие эксплуатационные параметры.

Список использованных источников:

1. Исследование и обоснование выбора материалов для систем фотолюминесцентных эвакуационных объектов различного назначения, выпускная квалификационная работа магистра, Москва, ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2022, Широкопояс А.А.

2. Пожар на текстильной фабрике. [Электронный ресурс], – Режим доступа:

<https://www.yandex.ru/search/?text=%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%80+%D0%BD%D0%B0+%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9+%D1%84%D0%B0%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B5&lr=10735>

3. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: Статистический сборник /П.В. Полехин, М.А. Чебуханов, А.А. Козлов, А.Г. Фирсов, В.И. Сибирко, В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО, 2021. - 112 с.: ил. 5.

4. ГОСТ 34428-2018 Системы эвакуационные фотолюминесцентные. Общие технические условия (введен в действие Приказом Росстандарта от 18.11.2021 N 1503-ст) М.: ФГБУ «РСТ», 2021. Действует с 01.05.2022.

5. Широкопояс А.А. Реализация фотолюминесцентной эвакуационной системы на реальном объекте// Всероссийская научная конференция молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2022)»: сборник материалов. Часть 4 / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», Москва, 2022, С.203-208.

© Широкопояс А.А., 2023

УДК 685.31:519.85

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБУВНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Шкурихина С.В., Бородина Е.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В настоящее время для отечественных компаний наступило идеальное время, чтобы выйти на новый технологический уровень. Обувные фабрики во всем мире – от Китая до Италии – испытывают необходимость автоматизации своего производства, чтобы не отставать от конкурентов. Предприятия, которые автоматизируют свое производство, смогут предложить ассортимент на порядок интереснее потребителю [1].

Для того чтобы автоматизировать производство необходимы значительные финансовые вложения, и конечно же предприятия заинтересованы в максимальной выгоде от затраченных инвестиций и повышения эффективности своего производства.

Современный подход к управлению фирмами основывается на конвергенции управленческих и информационных технологий.

В настоящее время во всем мире широко используются инструментальные средства, в основе которых лежит метод имитационного моделирования. Причина растущей популярности этой технологии связана с особой сложностью и высокой степенью неопределённости экономических и производственных процессов современного мира [2].

С помощью имитационного моделирования можно спроектировать как новый бизнес, так и использовать его для совершенствования работы разных систем предприятия [3].

Создание компании полагаясь на принцип «как пойдет» обычно оказывается неудачной попыткой, и приводит к решению задач по оптимизации её деятельности. Но, если спроектировать правильный, эффективно работающий бизнес сразу, многие проблемы просто не возникнут, что сэкономит ценное время, которое можно будет потратить на развитие производства.

Для обувного предприятия важно правильно выбрать оборудование и расположить его в цеху. С помощью имитационного моделирования можно смоделировать разные сценарии и учесть нормальные и аномальные условия работы, позволяя определить оптимальное количество и расположение оборудования. Это, в свою очередь

способствует повышению эффективности производственной линии и избавляет от ненужных расходов в виде капитальных затрат.

Метод имитационного моделирования позволяет имитировать выполнение процесса так, как оно происходило бы в действительности, но в режиме ускоренного времени [3].

С помощью визуализации на этапе проектирования можно «увидеть» как система действует при самых разных настройках и вводных. Анимированные симуляции часто выявляет потенциальные проблемы проектирования линий, которые трудно или невозможно распознать при традиционном взгляде на макет линии [4].

При проектирование обувных предприятий необходимо учитывать следующее: цеха со значительными тепло- и газо- выделениями целесообразно размещать на верхних этажах производственного корпуса (сборка обуви клеевого метода крепления и метод горячей вулканизации). Такое размещение удешевляет монтаж вентиляционных систем [5].

Поэтому, одной из важнейших задач обувного предприятия является обеспечение нормативных показателей параметров микроклимата, в том числе качества воздуха рабочей зоны, в течение всего срока эксплуатации сооружения.

В статье [6] были рассмотрены вопросы моделирования распространения вредных веществ в производственных цехах обувных предприятия на основе нестационарной трёхмерной модели тепломассопереноса, описанной системой дифференциальных уравнений в частных производных. Благодаря предложенной модели, возможно еще на стадии проектирования обувного предприятия спрогнозировать негативное воздействие на работников, а следовательно, сделать правильный выбор компоновки производственного оборудования и инженерных систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

Применение имитационного моделирования для поддержки процессов планирования позволяет рационально использовать имеющиеся ресурсы предприятия, наметить оптимальные стратегии развития, совершенствовать методы планирования, эффективнее проводить научно-техническую политику на предприятии, повышать производительность производства и улучшать финансовое состояние предприятия в целом [7].

Список использованных источников:

1. У российских фабрик есть шанс догнать конкурентов // 2016. <https://integral-russia.ru/2016/09/03/avtomatizatsiya-obuvnyh-fabrik-trendy-i-perspektivy/>
2. Бабина О.И. Обзор имитационных моделей в планировании на предприятии // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 12-6. – С. 1173-1178; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39751> (дата обращения: 16.03.2023).

3. Статьи о логистике и грузоперевозках: простые способы улучшить эффективность бизнеса/ Имитационное моделирование: оптимизируем бизнес-процессы/ 21.06.2020. <https://logists.by/content/imitacionnoe-modelirovanie-optimiz>

4. Кристи Старнер (Christy Starner), перевод Владимир Рентюк, Имитационное моделирование как инструмент оптимизации производственной линии / Опубликовано в номере: Control Engineering Россия сентябрь 2019

5. Проектирование подготовительных цехов обувных предприятий: П 79 конспект лекций / сост. : С.Л. Фурашова. – УО «ВГТУ», 2014. – 96 с.

6. Богданов, О. И. Моделирование распространения вредных веществ в производственных цехах обувных предприятий / О. И. Богданов, О. И. Седяров // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 5. – С. 104-109. – EDN PDKSEJ

7. Бабина О.И. ОБЗОР ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ПЛАНИРОВАНИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12-6. – С. 1173-1178; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39751> (дата обращения: 16.03.2023).

© Шкурихина С.В., Бородина Е.С., 2023

УДК 620.9

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА

Юдин Д.Р., Юдина О.Д.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Экологическая проблема усилила общественный интерес к эффективному использованию энергии. Государственные инструменты контроля экономической политики совместно с повышением цен на энергоносители сделали энергетические ресурсы востребованными продуктами на рынке. Это неизбежно привело к повышению рыночных цен и к стремлению оптимизации использования ресурсов и энергии в разных областях промышленности.

Во всем мире около 80% общего объема энергоснабжения приходится на ископаемые виды топлива [1]. Постоянно растущий мировой спрос на энергию вызвал проблемы с выбросами парниковых газов и глобальным потеплением. Так же потребление энергии имеет сильную статистическую взаимосвязь с валовым внутренним продуктом, что наталкивает на важность использования энергии более эффективным способом [2]. Игнорирование экологической проблемы в угоду

экономической рентабельности является нецелесообразным на дистанции многолетнего производства. Для достижения одновременного процветания экономики и защиты экологии можно использовать в производстве современные технологии.

Принцип рекуперации основывается на повторном использовании нагретого теплоносителя. Рекуперация тепла – это теплообменный процесс, при котором тепло отводится от выбрасываемого потока воздуха и через теплообменник направляется к приточному нагретому воздуху. Процесс проходит в рекуперационном теплообменнике таким образом, что отходящие и поступающие потоки воздуха разделены для предотвращения их смешивания [3].

Благодаря повторному использованию тепла, получаемого при откачке воздуха, можно существенно повысить энергоэффективность процесса, что приведет к снижению негативного влияния техногенного процесса на природу.

В проведенном исследовании российской компанией ЭКАТ видно значительную экономическую эффективность при использовании принципа рекуперации тепла, отходящего от бойлера по нагреву термального масла (табл. 1) [3].

Таблица 1 – Расчет экономической эффективности системы рекуперации тепла

Объем воздуха, м ³ /час	50000
Температура отходящего воздуха, °С	15
Температура наружного воздуха, °С	13,3
Температура наружного воздуха после рекуператора, °С	139,4
Процент рекуперации, %	65
Стоимость 1 кВт, руб.	2,0
Экономия на подогреве воздуха за год, руб.	26500000

В данном исследовании процент рекуперации тепла составил 65%. При непрерывном производственном процессе годовая экономия при использовании принципа рекуперации тепла составляет 26,5 млн. руб. Окупаемость данной установки составляет 2,5 месяца, что является отличным результатом [3]. Значительная годовая экономия непременно скажется на уменьшении негативного влияния на окружающую среду.

Помимо использования рекуперации в нагревательных системах, не менее высокую эффективность можно получить и в технологии сушки пиломатериалов.

Процесс сушки необходим для получения пиломатериалов достаточного качества и влажности с меньшими структурными деформациями. Правильно проведенная сушка обеспечивает защиту пиломатериалов от гниения. В процессе сушки используются конвективные печи для ускорения времени просыхания [4].

Пиломатериалы подвергаются определенной схеме сушки при различных температурах и влажности окружающего воздуха. Внешний вид схемы сушильной камеры зависит от конечных заданных параметров сушки пиломатериалов, типа древесины, размеров и т.д. Наружный воздух

нагревается путем сжигания биомассы в печи, затем воздух поступает в сушильную камеру и циркулирует рядом с древесиной. Чтобы поддерживать высокую производительность сушки циркулирующего воздуха и избежать состояния равновесия между воздухом и пиломатериалами, необходимо частично удалить поток из печи и заменить его свежим воздухом. В обычной печи воздух отводится наружу, что приводит к высоким потерям и снижению эффективности сушки [4, 5].

Работа печей и синхронизация циклов сушки существенно влияют на их потребление тепла в производстве пиломатериалов. В эксперименте задаются параметры для печи периодического действия для сушки еловой древесины с конечным содержанием влаги 12% по массе [5].

В проделанном эксперименте с использованием систем конвективной сушки в перерабатывающей промышленности использовались замеры параметров, влияющие на сушку пиломатериалов в устройстве периодического действия.

В экспериментальной установке использовался теплообменник типа воздух/воздух. Системы с типом воздух/воздух являются очень эффективным решением, которые помогают улавливать тепло из отходящего потока. Данные системы не такие дорогие, как другие виды систем рекуперации энергии, и позволяют использовать избыточное тепло для самых разных целей [6].

Эти механизмы теплообмена рассчитаны на минимальный перепад давления, поэтому они не влияют на функциональность или производительность системы. Более того, нагретый и отфильтрованный свежий воздух, полученный в результате, может использоваться в качестве технологического добавочного воздуха, использоваться для поддержания температуры внутри здания или перенаправлять потоки в последующие камеры сушилок в самом производственном процессе.

Как показано на графиках, потребление тепла является самым высоким в период нагрева, что обеспечивает самую высокую абсолютную влажность при самой низкой температуре воздуха (рис. 1) [5].

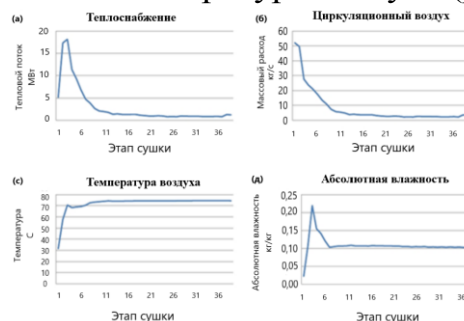


Рисунок 1 – Экспериментально определенные параметры цикла сушки для сушильной камеры периодического действия

Поток отходящего сушильного агента может перенаправляться в рекуператор из одной сушильной камеры в другую с соответствующим синхронизированным циклом сушки [5, 7].

На графике показаны рассчитанные значения расхода тепла на сушильную камеру с рекуперацией отходящего воздуха и соответствующие измеренные значения для печей без использования рекуперации (рис. 2) [5, 7].

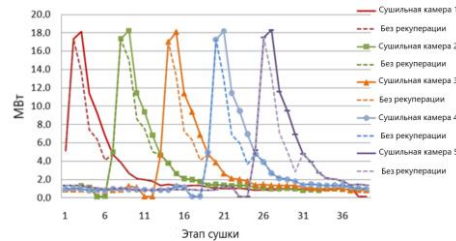


Рисунок 2 – Значения расхода тепла для пяти одинаковых сушильных камер с оптимизированной рекуперацией откачиваемого воздуха и без нее

Было обнаружено, что потребление тепла может быть снижено в целом на 12% (между стадиями сушки 2-7) с использованием этого метода рекуперации [5]. Эффективность использования принципа рекуперации можно еще увеличить при использовании большего количества сушильных камер. Сэкономленное тепло может быть направлено в другие камеры сушильной установки, как показано в эксперименте, или пойти на отопление производственного помещения [8]. Внедрив вторичные змеевики для рекуперации энергии вместе со встроенным насосным блоком, отходящий тёплый поток можно распределять по всему зданию и использовать для создания комфортного тепла, обеспечения дополнительного тепла для бойлеров, получения нагретой воды для систем мытья и других целей.

В настоящее время промышленность предлагает широкий спектр приточно-вытяжных установок, существующих и запатентованных на сегодня. Однако наиболее эффективными являются установки с пластинчатым рекуператором, поскольку не содержат движущихся частей, легко обслуживаются, не смешивают выходящий и входящий воздух, а также энергоэффективны [9].

Системы рекуперации тепла позволяют сократить затраты на электроэнергию и повысить общую эффективность, позволяя компаниям стать более устойчивыми, не жертвуя прибыльностью или способностью своевременно предоставлять высококачественные результаты производства.

Применение в системах метода рекуперации позволяет не только повысить экономическую эффективность производства, но и снизить техногенное воздействие на окружающую среду.

Список использованных источников:

1. С. Фостер, Д. Эльзинга. Роль ископаемых видов топлива в устойчивой энергетической системе. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/chronicle/article/22076>. - Дата доступа: 12.03.2023 г
2. Рева А.Р. Связь между потреблением энергии и ВВП. Эластичность потребления первичной энергии в Индии [Текст] / А. Р. Рева // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9. – № 4А. – С. 371-383.
3. Макаров А.А., Хохлова М.В., Фоминых К.Н. Использование системы рекуперации низкопотенциального тепла с целью повышения энергоэффективности и экологичности промышленных предприятий. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://ekokataliz.ru/baza-znaniy/energoeffektivnost/ispolzovanie-sistemyi-rekuperatsii-tepla-s-tselyu-povyisheniya-energoeffektivnosti-i-ekologichnosti-promyishlennyih-predpriyatiy/>. - Дата доступа: 12.03.2023 г.
4. А.Г. Гороховский, Е.Е. Шишкина. Эффективность и качество сушки пиломатериалов//Монография - М.: Инфра-Инженерия. 2022. 188 с.
5. Jan-Olof Anderson. Energy and Resource Efficiency in Convective Drying Systems in the Process Industry. / Luleå University of Technolog. – 2014. – 124 с.
6. Теплообменники энергетических установок: Учебник для вузов / К.Э. Аронсон, С.Н. Блинков, В.И. Брезгин и др. Под общей ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: Издательство СОКРАТ, 2003. – 990 с.
7. Vidlund A., Sustainable production of bioenergy production in the sawmill industry, Licentiate Thesis, Stockholm, Sweden., – 2004. – 67 с.
8. Технология сушки древесины. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://stanki35.ru/texnologiya-sushki-drevesiny/>. - Дата доступа: 12.03.2023 г.
9. Миронов, Е. Б., Шишарина, А. Н. (2014). Анализ приточно-вытяжных установок с рекуперацией тепла. Вестник НГИЭИ, (12 (43)), 58-64 с.

© Юдин Д.Р., Юдина О.Д., 2023

Авторский указатель

- Абрамова С.Л., 4
Авраменко О.В., 39
Акутина Ю.В., 7
Али Б., 235
Алямкина А.А., 112
Аношина А.В., 116
Антонова Е.М., 120
Артемов А.В., 193
Астахова В.И., 10
Ахмедов М.М., 14
- Байгужин Г.Ф., 17
Баранова Я.П., 124
Белоусов А.С., 126, 130, 135
Беляева А.С., 138
Бенеманская Е.А., 53
Бокарева Н.А., 21
Бокова Е.С., 17, 60, 89, 97
Бородина Е.С., 112, 215, 271
Брыксин М.А., 135
Бусурманкулова М.Ж., 141
- Власов И.Н., 177, 261
- Гаврютина С.Н., 67
Гвоздкова И.А., 80
Геллер Ю.А., 251
Гинзбург А.С., 97
Глазачев И.Д., 145
Гольцова С.В., 24
Горбунова П.Ю., 149
Гребенников Е.П., 17
Гуськов А.С., 153
- Дашкевич И.П., 219
Дмитриев М.С., 49
Додонова У.А., 28, 30
Дюбанов М.В., 193
- Евсикова С.И., 28, 30
Елина Н.А., 109
- Жмакин Л.И., 156, 261
Журина М.С., 35
Жустарева К.С., 39
- Зайкова Д.М., 41
Закаева Д.В., 229
Замятина Н.Н., 10
Захарова В.А., 24, 67, 71, 77, 106
- Зябликов Г.О., 130
Зязев Б.Ю., 159
- Иванов А.Н., 44
Иванов М.С., 209
Иванова П.А., 44
Игнатъев А.А., 44
Исаев М.В., 162
- Казуб В.Т., 257
Калашникова В.М., 165, 168, 173
Канатов А.В., 104
Караваева Е.Б., 63, 109
Кильдеева Н.Р., 14, 35, 67, 71, 77
Клоков И.Д., 58
Кобраков К.И., 85
Коваленко Г.М., 49, 60
Коверженко М.Д., 177, 261
Кожевникова О.В., 60
Колоколкина Н.В., 4
Кондратьева Е.А., 180
Кошелева М.К., 162, 257
Кузнецов Д.Н., 85
Кулаков А.А., 104
Куликов Д.С., 182
- Лабаш А.Т., 116
Лотоцкий Н.Р., 49
Лю Ян, 187
Любская О.Г., 159, 222, 244
- Мажурина М.А., 190
Мазепа А.А., 251
Макарова Е.И., 193
Маркин Е.М., 197
Миролюбова Т.В., 53
Мишина А.А., 200
- Нефедов С.Ф., 120
Неяглов О.С., 53
Новиков И.Е., 205
Нурсахедов М., 209
- Овсянников Д.А., 126, 135
Орлов О.Я., 212
Орлова В.Г., 215
Отрубянников Е.В., 153, 212, 242
- Пащенко Т.А., 219
Переплетчиков К.О., 58
Петрова Е.К., 60

- Пигин Н.С., 130
Полетаева А.Н., 89
Полуцыган Е.С., 156
Поляков А.Е., 209
Попова П.Н., 63
Порошин Н.О., 17
Потеева Я.И., 67
Привалова Ю.И., 14, 71
Прудникова В.О., 75
Пустовойт П.А., 197
- Растригина В.О., 77
Ратиани И.З., 222
Редина Л.В., 41, 53
Рослый А.А., 225
Ручкина А.Г., 10, 21
Рыжкова Ю.Е., 165, 168, 173
- Сажнев Н.А., 75, 102
Седяров О.И., 116, 182, 200
Селезнев В.С., 85
Сергеева Я.Э., 21
Сердюкова М.В., 80
Середина М.А., 7, 24, 106
Синютина Е.А., 229
Скородумов В.Ф., 28, 30
Совостьянов Н.Ю., 85
Соловской А.С., 232
Соловьева Д.Р., 89
Сорокин А.Н., 156
Сорокина А.А., 235
- Тамеева В.В., 239
Терашкевич Д.И., 97
- Терехова М.В., 242
Томшин Е.А., 244
Тягунова Э.Д., 10
- Уваров М.М., 247
Улыбина Д.Н., 80
Утеньшев А.Н., 39
- Федоренко А.А., 251
Федорова Н.Е., 229
Филатова Д.О., 102
Флягин Г.А., 104
Фролов Е.И., 106
- Хан Зуи Линь, 39
Ходяшов Е.О., 254
- Цинцадзе М.З., 257
- Чехерия Н.Д., 229
Чурсин В.И., 205
- Шалунов А.В., 162
Шарпар Н.М., 130, 156, 261
Шашкова М.М., 109
Шиловская Ю.Н., 229
Широкопояс А.А., 266
Шкурихина С.В., 271
Шмелин П.С., 17
- Элинсон М.Н., 165, 168, 173
- Юдин Д.Р., 273
Юдина О.Д., 273

Научное издание

Всероссийская научная конференция молодых исследователей
с международным участием
«Инновационное развитие техники и технологий в
промышленности (ИНТЕКС-2023)»

Часть 3

В авторской редакции

Издательство не несет ответственности за опубликованные материалы.
Все материалы отображают персональную позицию авторов.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Подписано в печать «___» ____ 2023 г. Формат бумаги 60x84/16
Усл.печ.л. ____ Тираж 30 экз. Заказ № 52-Нц/23

Редакционно-издательский отдел РГУ им. А.Н. Косыгина
115035, Москва, ул. Садовническая, 33, стр.1
тел./ факс: (495) 955-35-88
e-mail: riomgudt@mail.ru
Отпечатано в РИО РГУ им. А.Н. Косыгина