7universum.com

UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал
Издается ежемесячно с декабря 2013 года
Является печатной версией сетевого журнала
Universum: технические науки

Выпуск: 6(75)

Июнь 2020

Часть 3

Москва
2020

УДК 62/64+66/69

ББК 3

U55

Главный редактор:

Ахметов Сайранбек Махсутович, д-р техн. наук;

Заместитель главного редактора:

Ахмеднабиев Расул Магомедович, канд. техн. наук;

Члены редакционной коллегии:

Демин Анатолий Владимирович, д-р техн. наук;

Елисеев Дмитрий Викторович, канд. техн. наук;

Звездина Марина Юрьевна, д-р. физ.-мат. наук;

Ким Алексей Юрьевич, д-р техн. наук;

Козьминых Владислав Олегович, д-р хим. наук;

Ларионов Максим Викторович, д-р биол. наук;

Манасян Сергей Керопович, д-р техн. наук;

Мартышкин Алексей Иванович, канд. техн. наук;

Серегин Андрей Алексеевич, канд. техн. наук;

Юденков Алексей Витальевич, д-р физ.-мат. наук.

U55 Universum: технические науки: научный журнал. – № 6(75). Часть 3. М., Изд. «МЦНО», 2020. – 96 с. – Электрон. версия печ. публ. – <http://7universum.com/ru/tech/archive/category/675>

ISSN : 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2020.75.6-3

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 3

© ООО «МЦНО», 2020 г.

Содержание

Химическая технология	5
СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ПОЛИМЕРНОГО СЕРОБЕТОНА	5
Аманова Нодира Давлятовна	
Тураев Хайит Худойназарович	
Бекназаров Хасан Сойибназарович	
О ВНЕДРЕНИИ БЕЗОТХОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КОЖЕВЕННО-МЕХОВОЙ	9
ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
Беков Улугбек Сафарович	
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО	12
И БЕЗБАЛЛАСТНОГО ХЛОРАТ-МАГНИЕВОГО ДЕФОЛИАНТА	
Мамиров Илхомжон Гофиржанович	
СЛОЖНЫЕ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ АЗОТНОКИСЛОТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ	18
НЕОБОГАЩЁННОЙ ФОСФОРИТНОЙ МУКИ В ПРИСУТСТВИИ НИТРАТА АММОНИЯ	
Назирова Рахнамохон Мухтаровна	
Таджиев Сайфидин Мухиддинович	
Мирсалимова Саодат Рахматжановна	
Кодирова Муаттар Равшанжон кизи	
СИНТЕЗ РАСТВОРИМОЙ ИНГИБИРУЮЩЕЙ КОРРОЗИИ В ВОДЕ, НЕФТИ, ГАЗОВОМ	23
КОНДЕНСАТЕ, СОДЕРЖАЩЕМ АМИНОКИСЛОТЫ, И ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ	
АЛЮМИНИЯ НА МЕТАЛЛ	
Нарзуллаев Акмал Холлинорович	
Бекназаров Хасан Сойибназарович	
Ниёзкулов Шерзод Шарапович	
РЕГУЛИРУЕМЫЙ СИНТЕЗ РЕАКЦИОННОСПОСОБНЫХ ФУРАНОВЫХ ОЛИГОМЕРОВ	28
И ВСПЕНЕННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ИХ ОСНОВЕ	
Магрупов Фархад Асадуллаевич	
Алимухамедов Музафар Ганиевич	
Адилов Равшан Иркинович	
Низамов Тулкун Абдусаматович	
ИССЛЕДОВАНИЕ ИНГИБИРОВАНИЯ КОРРОЗИИ СТАЛИ СТ20	33
НОВЫМ ИНГИБИТОРОМ ИКФ-1	
Нуриллоев Зафар Исматиллоевич	
Ганижонов Жасур Ганижонович	
Бекназаров Хасан Сойибназарович	
Джалилов Абдулахат Турапович	
ЭПОКСИДНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ	38
НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРОВ	
Садикова Мухаё Муратовна	
Хамраева Маргуба Комиловна	
ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ОСНОВНЫХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА ПАРАФИНОВЫХ	41
УГЛЕВОДОРОДОВ ОТ ДЛИНЫ ЦЕПИ	
Сафаров Бахри Жумаевич	
Обидов Хамид Олимович	
СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ	46
КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ОРГАНИЧЕСКОГО МОДИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ	
ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА И КАРБАМИДА (МАРКИ ОП-10)	
Умиров Нурбек Норбутаевич	
Нуркулов Файзулла Нурмуминович	
Джалилов Абдулахат Турапович	
ЦЕТАНОПОВЫШАЮЩИЙ И АНТИКОРРОЗИОННЫЙ МОДИФИКАТОР МАРКИ УНДЖ-20	50
Умиров Нурбек Норбутаевич	
Нуркулов Файзулла Нурмуминович	
Джалилов Абдулахат Турапович	
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МОДИФИЦИРОВАННОГО СЕРОБЕТОНА	55
Хайитова Жавхар Мураталиевна	
Тураев Хайит Худойназарович	
Бекназаров Хасан Сойибназарович	

РАЗЛОЖЕНИЕ ФОСФОРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КИСЛЫХ И АММОНИЗИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ Ёрбобаев Руслан Чориевич Суванов Фаррух Равшанович Мирзакулов Холтура Чориевич Усманов Ильхам Икрамович	58
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРИЗАЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ХЛОПКОМ-СЫРЦОМ Эминов Шерзод Олимжонович Абдукаримова Динара Нуритдиновна	63
ИЗУЧЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ФИЗИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АНТИПИРЕНОВЫМИ СУСПЕНЗИЯМИ Хайдаров Ислон Норбаевич Исмаилов Ровшан Исраилович	67
Электротехника	71
ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ Сапаев Хушнуд Бабаджанович Умаров Шухрат Бадреддинович Атажиев Шохрух Миразамович Бокижонов Убайдулла Абдушукурович Муминов Хумойун Асосрбекович	71
Энергетика	75
О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ КОНДЕНСАТООТДАЧИ ПЛАСТА Ахмедов Мирзаанвар Мохиджонович Акрамов Бахшилло Шафиевич	75
ТЕМПЕРАТУРНОЕ ВЛИЯНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО БАРЬЕРА В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КРЕМНИЯ Абдувохидов Муроджон Комилович Мирзаалимов Авазбек Алишерович Мирзаалимов Наврузбек Алишер угли Гуломов Жасурбек Журахон угли	80
ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО ВРАЩАЮЩЕГО ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА 3D ФОРМАТА Мирзаалимов Авазбек Алишерович Мирзаалимов Наврузбек Алишер угли Гуломов Жасурбек Журахон угли	84
СОЗДАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ КРЕМНИЕВОЙ БАЗОЙ Мирзаалимов Авазбек Алишерович Гуломов Жасурбек Журахон угли Абдувохидов Муроджон Комилович	87
ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА АБСОРБЕРА СОЛНЕЧНОГО ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРА Узбеков Мирсоли Одилжанович Тухтасинов Азамат Гофурович	90

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ПОЛИМЕРНОГО СЕРОБЕТОНА

*Аманова Нодира Давлятовна**соискатель Термезского государственного университета,
Узбекистан, г. Термез
E-mail: hasan74@mail.ru**Тураев Хайит Худойназарович**д-р техн. наук, профессор Термезского государственного университета,
Узбекистан, г. Термез**Бекназаров Хасан Сойибназарович**д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник Ташкентского научно-исследовательского института
химической технологии,
Узбекистан, г. Ташкент*

SYNTHESIS AND RESEARCH OF THE NEW POLYMERIC SILVER CONCRETE

*Nodira Amanova**Applicant, Termez State University,
Uzbekistan, Termez,**Khait Turaev**Dr. Tech. sciences, professor Termez State University,
Uzbekistan, Termez**Khasan Beknazarov**Dr. Tech. Sciences, Leading Researcher Tashkent Research Institute of Chemical Technology,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В этом исследовании был охарактеризован новый ПСБ с использованием промышленных побочных продуктов серы, летучей золы, а также кротовой фракции и мелкого наполнителя. Установлено, что полимеризация серы на основе кротовой фракции, при высокой температуре, обладает удовлетворительной связывающей способностью.

ABSTRACT

In this study, a new PSB was characterized using industrial sulfur by-products, fly ash, and the croton fraction and fine filler. It was found that the polymerization of sulfur based on the croton fraction, at high temperature, has a satisfactory binding ability.

Ключевые слова: сера, модификация, серобетон, портландцемент, полимерная серобетон.

Keywords: sulfur, modification, sulfur concrete, portland cement, polymer sulfur concrete.

Введение. Портландцемент требует обжига известняка и глины в печах при температуре более 1400 °С в течение нескольких часов для образования клинкерных минералов. Процесс превращения известняка в оксид кальция генерирует около одной тонны углекислого газа на каждую тонну цемента и составляет 5% глобального антропогенного образования CO₂ [1]. В отличие от традиционного производства це-

мента, производство цемента на основе серы не зависит от большой энергии или прямого выброса углекислого газа [2]. Кроме того, сера является третьим наиболее распространенным химическим элементом в нефти в концентрации более 10 мас.%, и ее извлечение из переработки нефти и газа осуществляется в соответствии с экологическими ограничениями [3]. Таким образом, большое количество серы доступно как побочный продукт этих процессов [2]. Кроме

того, поскольку сама сера является промышленным побочным продуктом, значительное количество выбросов диоксида углерода может быть уменьшено при использовании бетона на основе серы. Бетон на основе серы представляет собой термопластичный композит из минеральных наполнителей и серы. Ранние исследования с использованием элементарной серы показали, что у нее есть серьезные проблемы с долговечностью, такие как низкая морозостойкость [4]. Поэтому химические модификаторы, которые полимеризуют серу, чтобы уменьшить или устранить твердофазный переход и таким образом увеличить долговечность бетона на основе серы, были ранее изучены [5]. Этот модифицированный серобетон называют полимерным серобетоном (ПСБ). Он используется в качестве строительного материала благодаря своей превосходной стойкости к кислотным и солевым средам. Известно также, что это связующее вещество эффективно стабилизирует/отвердевает загрязненные почвы [6]. В отличие от обычных гидравлических цементных бетонов, ПСБ не нуждается в воде и может достичь полной прочности в течение нескольких дней, по сравнению с 28 днями для обычных бетонов на основе портландцемента.

Экспериментальная часть. В работе описывается разработка и характеристика нового модифицированного ПСБ, разработанного в Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии (ТНИИХТ) [7]. Вместо дорогостоящего органического модификатора в способе используется промышленный побочный продукт кротоновой фракция (60-65 % кротоновый альдегид, а остальное другие альдегиды) в качестве модификатора серы. Наряду с этим модификатором для обеспечения реактивной площади поверхности и в качестве физических наполнителей в ПСБ используются другой отход, летучая зола (например, золоунос Ангренской ТЭС) и песок. Поскольку большинство основных ингредиентов для нового ПСБ являются промышленные побочные продукты (т.е. сера, летучая зола и кротоновая фракция), ожидается, что это недорогое решение расширит использование ПСБ и значительно уменьшит воздействие на окружающую среду в строительном секторе. Это исследование было сосредоточено на характеристике материала нового ПСБ. Механические и термические испытания, мик-

роскопический анализ были выполнены, чтобы оценить возможность использования материала для строительства.

Изготовление ПСБ включает в себя предварительную обработку присадочных материалов (летучая зола Ангренской ТЭС и мелкозернистого кварцевого агрегата) с кротоновой фракцией с последующей обработкой элементарной серой для образования раствора полимеризованной серы. Была выбрана следующая пропорция смеси: 54 мас.% песок, 18 мас.% летучая зола, 26 мас.%, сера и 2 мас.% органический модификатор (таблица 1). В исследованиях обычных цементных бетонов летучая зола используется из-за его пуццолановой реакции, а в ПСБ вместе с песком, чтобы обеспечить потенциальные места реакции для полимеризации и в качестве мелкого наполнителя в композитном материале. Добавление летучей золы в ПСБ полезно для повышения консистенции и обрабатываемости смеси благодаря ее круглой форме и подходящему размеру в качестве наполнителя. На стадии предварительной обработки материалы наполнителя и органический модификатор смешивали и нагревали до температуры 170-180°C в течение 12 часов. Материалы были объединены с элементарной серой и обработаны через мельницу с поперечной мешалкой с размером ячеек 1 мм для уменьшения размера частиц. Затем смесь нагревали и перемешивали в расплавленном состоянии при 135-145 °C в течение 4-6 часов и выливали в формы для охлаждения (рис. 1). Средняя плотность образцов раствора составляла 2282 ($\pm$ 41) кг/м³.

Рисунок 1. Серобетон на основе ПСБ

Таблица 1.

Рецептура смеси полимерного серобетона

Добавки	Сера	Песок	Летучая зола	Органический модификатор	Всего
мас. %	26	54	18	2	100

Термические свойства элементарной серы и ПСБ измеряли с использованием дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК, PerkinElmer ДСК 6000). Для проведения этого испытания образец 30 мг загружали в алюминиевый тигель и нагревали со скоростью 5 °C/мин в контролируемой среде с проточным инертным газообразным азотом. Был выбран диапазон температур от 25 до 200 °C. Поскольку при

температуре ниже 90°C значительных колебаний свойств не было фиксировано, для обоих образцов был использован температурный интервал 90-180 °C, (рис. 2).

Результаты и их обсуждение. Количество ненасыщенных углеводородов в кротоновой фракции определяли по ГОСТу 5475-69 [8]. Получено йодное значение 51,9 $\pm$ 4,7. Чем выше йодное число, тем

выше процент ненасыщенных углеводородов, доступных для реакции с серой. Эти данные могут предполагать возможность использования кротоновой фракции для полимеризации серы и могут быть использованы для оценки или сравнения характеристик с другими химическими активаторами.

Стабильной формой серы при температуре окружающей среды является ромбическая (S_α), а другими основными аллотропами являются моноклинная (S_β) и полимерная сера (S_∞) [6]. S_α и S_β состоят из колец S_8 , а S_∞ имеет длинные цепи длиной до 10^6 атомов [9]. Кроме того, S_λ относится к состоянию серы ниже 159°C , которое состоит из молекул S_8 , тогда как S_μ обозначает равновесную смесь молекул S_∞ и S_8 , которую можно получить при температуре выше 159°C . В этом исследовании ДСК использовался для изучения термического поведения (то есть фазового перехода аллотропной формы серы) как элементарной серы, так и ПСБ. На рис. 2 показаны результаты анализов ДСК. В случае элементарной серы (красная линия) первый пик при $108,9^\circ\text{C}$ указывает на переход S_α в S_β . Второй основной пик при $118,9^\circ\text{C}$ и последний пик при 165°C показывают переход S_β в S_γ и пе-

реход S_γ в S_μ соответственно. Это доказывает присутствие полимерной серы в ПСБ. Значительное уменьшение первого пика свидетельствует о том, что переход твердой фазы подавляется вследствие полимеризации серы [9]. Кроме того, плавление S_α , наблюдаемое с помощью ДСК, происходило при более низкой температуре ($102,0^\circ\text{C}$), чем в случае элементарной серы ($108,9^\circ\text{C}$). Более низкая интенсивность третьего пика может быть дополнительным свидетельством полимеризации или указанием на небольшое количество непрореагировавшей серы, представленной в образце ПСБ. Медленное, непрерывное повышение термограммы для ПСБ, вероятно, связано с неизвестным артефактом, который находился в Al тигле. Как упоминалось выше, соответствующим образом модифицированный серобетон не подвергается аллотропическому превращению при затвердевании [6]. Следовательно, он имеет меньшую усадку при охлаждении. Текущий эксперимент с ДСК подтверждает, что нестабильный твердофазный переход при $108,9^\circ\text{C}$ проявляется в элементарной сере. Напротив, в ПСБ эндотермы для перехода S_α почти не обнаружено.

Рисунок 2. Термические свойства элементарной серы и полимерного серобетона

В таблице 2 приведены результаты механических испытаний на сжатие и изгиб. Средняя прочность на сжатие для шести повторяющихся образцов составляет $62,3 \pm 3,8$ МПа и $59,6 \pm 4,5$ МПа при температуре окружающей среды (20°C) и повышенной температуре (50°C), соответственно. Измеренная прочность

выше требований для большинства строительных применений и значительно выше, чем у типичных гидравлических цементных растворов. Значительного ухудшения прочности при повышенной температуре, не наблюдалось.

Таблица 2.

Результаты механических испытаний ПСБ

Температура	20 °C	50 °C
Прочность ПСБ на сжатие (МПа)	62,3 (3,8)	59,6 (4,5)
Прочность ПСБ на изгиб (МПа)	8,1 (1,1)	8,0 (2,0)

Заключение. В этом исследовании был охарактеризован новый ПСБ с использованием промышленных побочных продуктов серы, летучей золы, а также кротоновой фракции и мелкого наполнителя. Поскольку разработанный ПСБ основан на недорогом химическом модификаторе (то есть также является побочным продуктом завода АО Навоизот), материал на основе ПСБ может быть практичным и экономически эффективным решением для устойчивого строительного материала.

Было подтверждено, что полимеризация серы, вызванная кротоновой фракцией при высокой температуре, обладает удовлетворительной связывающей способностью удерживать зольную пыль и мелкий наполнитель.

Механические свойства ПСБ не ниже чем обычных бетонов, применяемых в строительной технологии.

Эксперименты ДСК с элементарной серой и ПСБ указывают на снижение эндотермической реакции S_a и, следовательно, успешной реакции полимеризации.

Список литературы:

1. E. Worrell, L. Price, N. Martin, C. Hendriks, L.O. Meida, Carbon dioxide emissions from the global cement industry 1, Annu. Rev. Energy Environ. 26 (1) (2001) 303-329.
2. A.-M.O. Mohamed, M. El-Gamal, Sulfur Concrete for the Construction Industry: a Sustainable Development Approach: J, Ross Publishing, 2010.
3. G.S. Waldo, O.C. Mullins, J.E. Penner-Hahn, S. Cramer, Determination of the chemical environment of sulphur in petroleum asphaltene by X-ray absorption spectroscopy, Fuel 71 (1) (1992) 53-57.
4. 548 AC, Guide for mixing and placing sulfur concrete in construction, ACI Mater. J. 85 (4) (1988).
5. A. Mohamed, M. El Gamal, A. El Saiy, Thermo-mechanical Performance of the Newly Developed Sulfur Polymer Concrete. Reclaiming the Desert: towards a Sustainable Environments in Arid Land, Developments in Arid Region Research (DARE), Taylor and Francis Group, London, ISBN, 2006, pp. 27-38, 414411289.
6. S.-L. Lin, J.S. Lai, E.S. Chian, Modifications of sulfur polymer cement (ПСБ) stabilization and solidification (S/S) process, Waste Manag. 15 (5) (1995) 441-447.
7. Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т., Каримов М.У., Соттикулов Э.С. Исследование модифицированного серного бетона для достижения промышленной устойчивости // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2019. № 5(62). –С. 65-68.
8. ГОСТ 5475-69. Методы определения йодного числа.
9. B. Currell, A. Williams, Thermal analysis of elemental sulphur, Thermochim. Acta 9 (3) (1974) 255-259.

О ВНЕДРЕНИИ БЕЗОТХОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КОЖЕВЕННО-МЕХОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Беков Улугбек Сафарович

*ассистент Бухарского инженерно-технологического института,
Узбекистан, г.Бухара*

ON THE IMPLEMENTATION OF NON-WASTE TECHNOLOGIES IN THE LEATHER AND FUR INDUSTRY

Ulugbek Bekov

*Assistant to the Bukhara Engineering and Technology Institute,
Uzbekistan, Bukhara*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются проблемы внедрения безотходных технологий в кожевенном производстве и их решения, приводятся практические результаты по улучшению состояния окружающей среды и поиску возможностей в кожевенной и меховой промышленности производства новых видов продуктов, связанных с белками.

ABSTRACT

The article discusses the problems of introducing non-waste technologies in the leather industry and their solutions, provides practical results on improving the environment and finding opportunities in the leather and fur industries for the production of new types of protein-related products.

Ключевые слова: брыжейка хрома, коллаген, дерма, кожная ткань, кожа, раствор хрома, хром калия, электронный спектр, полуфабрикат, азотные группы.

Keywords: chromium mesentery, collagen, dermis, skin tissue, skin, chromium solution, potassium chromium, electronic spectrum, prefabricated, nitrogen groups.

Введение:

В последние годы проблема утилизации и рационального использования отходов и меха остается актуальной проблемой во всем мире. Это связано с тем, что при производстве полуфабрикатов из натуральной кожи и меха появляются значительные количества отходов (до 50 процентов от массы сырья, таких как отходы и до 50 процентов белка). процентов) отходов. Актуальность решения этой проблемы также связана с ухудшением экологической ситуации. Большая часть органических отходов производства кожи и меха до сих пор не используется и утилизируется, что приводит к загрязнению окружающей среды и материальным потерям [1,4,5].

Эта форма хозяйственной деятельности человека - воздействие промышленности на окружающую среду - создает серьезные угрозы: деградация земель (изменения в топографии, составе и качестве почвы), загрязнение воздуха и воды, изменение климата, истощение растительного и животного мира, ухудшение условий жизни. и общественное здравоохранение [2,3].

Таким образом, отходы, содержащие необработанный коллаген, обладают способностью поглощать клетки микроорганизмов и могут быть источником различных вирусов. Кроме того, хранение отходов на территории предприятий приводит к массовому загрязнению почвы и миграции загрязняющих веществ в подземные воды, а также их поверхностному стоку

в открытые водоемы. Почва, в которой скопилось большое количество загрязнений, будет долго оставаться источником миграции химических веществ в окружающую среду: подземные воды, атмосферный воздух и пищу в растениях. Если использование химических веществ (например, макро- и микроэлементных удобрений) регулируется нормативно-техническими документами, например, в сельскохозяйственной практике, то использование макро- и микроэлементов, а также азотных соединений при абсорбции отходов кожи и меха почва является абсолютно нерегулируемым процессом и поэтому наиболее опасна. для здоровья человека. Учитывая резкое увеличение производства этих отходов, проблема их утилизации остается особенно острой с точки зрения экологической ситуации [1,6,7].

Результаты и их обсуждение:

Известно, что хромовое дубление широко используется во всех кожевенных заводах. В результате получается мягкий продукт, который содержит ионы Cr^{+3} и белки для смягчения внутренней части кожи после хромирования. Эти отходы называются «хром мездра» и выбрасываются как промышленные отходы. В то же время окружающая среда загрязнена ионами Cr^{+3} , которые чрезвычайно токсичны, а коллагеновые белковые вещества, содержащие различные аминокислоты, выделяются в виде необработанных производственных отходов [2,7].

Кожаные ткани обрабатывали растворами дихромата и минеральной кислоты. После того как кожная ткань поглощает дихромную кислоту, поглощенная кислота связывается с белками, в результате чего температура созревания дермы составляет 1-20°C, а когда дерма высыхает, ее структура сохраняет частичную пористость. Длительное мытье хромированных волос и тканей кожи уменьшает количество дихромной кислоты.

Абсорбция дихромной кислоты в белках намного выше, чем в дихромате, особенно монокромате. Кожная ткань поглощает в 30 раз меньше монокромата, чем дихромовая кислота.

Для получения дихроматовой кислоты из дихромата необходимое количество кислоты определяется по следующему уравнению.

Согласно этому уравнению на 1 моль хрома калия требуется 1 моль безводной соляной кислоты. Исследования показали, что он потребляет меньше кислоты, потому что избыток соляной или серной кислоты в растворе уменьшает поглощение дихромной кислоты в белке.

Окончание процесса хромирования определяется тем, что ткани кожи вырезаются из плотной области и проверяются на ровный оранжевый цвет. Этот процесс занимает 3-4 часа.

Хромированный полуфабрикат обрабатывали раствором гипосульфита натрия и соляной кислоты. В этом случае коллагеновые волокна в результате восстановления дихромной кислоты образуют основные соединения оксида хрома, то есть сложные комплексы хрома с основными группами коллагена. Как упоминалось выше, дихромовая кислота связывается

с аминок группой коллагена. Следовательно, соединения на основе хрома, образованные здесь, связаны с одними и теми же группами.

Вели исследования по отделению ионов Cr^{+3} и белков коллагена от хвостов в результате переработки многотонных отходов кожевенно-меховой промышленности - «хромового мездры». В результате достигнуты практические результаты по улучшению состояния окружающей среды и поиску возможностей в кожевенной и меховой промышленности для производства новых видов продуктов, связанных с белками.

В связи с этим в настоящее время проводится предварительное исследование с целью внедрения утилизации отходов.

В исследовании использовались синие отходы "хромового мездры" с кожевенной фабрики. Его состав: влажность 40-50%; Cr_2O_3 принимали за 3,4-3,5%, а белок коллаген - за 45-47%.

В результате агрегации хрома ионы Cr^{+3} в коже образуют аминокислотный комплекс, который также сохраняется в «мездры хрома». Комплексные соединения ионов Cr^{+3} с аминокислотами относительно стабильны, и из них сложнее отделить ионы Cr^{+3} .

Тем не менее, исследования окупались. При 80-90°C достигался разделение Cr^{+3} на 80-85% в диапазоне pH = 10-12.

Поскольку ионы Cr^{+3} не могли быть полностью отделены от этих отходов, возникла необходимость в более тщательном и углубленном изучении процесса. Окисление H_2O_2 в слабощелочной среде (NH_4OH) было изучено, чтобы полностью окислить ионы Cr^{+3} в мезде хрома.

Результаты исследования количества NH_4OH , H_2O_2 и влияния температуры, использованного для полного окисления ионов Cr^{+3} в «хромовом мезде», приведены в следующей таблице:

Таблица 1.

Результаты исследования окисления ионов $Cr(III)$

m (отход в гр.)	K : S	V (H_2O_2), ml, S = 30%	V(NH_4OH) ml, S = 25%	t, S	% Cr_2O_3
2	1 : 2	-	5	20	-
2	1 : 2	-	10	20	-
2	1 : 2	-	5	50	-
2	1 : 2	-	5	80	-
2	1 : 2	2	-	20	10,5
2	1 : 2	4	-	20	12,2
2	1 : 2	8	-	20	12,8
2	1 : 2	4	-	50	14,3
2	1 : 2	4	-	80	15,2
2	1 : 2	2	2	20	62,3
2	1 : 2	2	4	20	78,1
2	1 : 2	2	6	20	80,6
2	1 : 2	4	4	20	86,5
2	1 : 2	4	10	20	98,1

Как видно из таблицы выше, для полного разделения ионов Cr^{+3} в «мезде хрома» получают при pH = 9,2-9,4 при комнатной температуре из раствора

30% H_2O_2 и 25% NH_4OH при соответствующих объемных соотношениях Cr^{+3} . ионы окисляются до ионов хромата и образуется желтый раствор.

Чтобы убедиться, что полученный желтый раствор не является аммиачным комплексом хрома, был

изучен электронный спектр растворов ионных соединений Cr^{+3} и Cr^{+6} .

Рисунок 1. Электронный спектр растворов ионных соединений Cr^{+3} и Cr^{+6}

Предполагается, что электронный спектр исследуемого раствора соответствует спектру на изображении, и поэтому образуются хромат-ионы. Кроме того, качественная реакция раствора с раствором BaCl_2 показала, что образовался желтый осадок с ионами Cr^{+3} , окисленными до ионов Cr^{+6} .

Вывод:

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что метод окисления перекисью водорода в присутствии слабого основания ($\text{pH} = 9,2-9,4$) подходит для полного разделения ионов Cr^{+3} в «мездре хрома» при комнатной температуре.

Список литературы:

1. Богданова И.Е.: Современные направления переработки коллагенсодержащих отходов кожевенного производства; Кожевенно-обувная промышленность, 2007.
2. Тезисы докладов Международной конференции / Экологические проблемы кожевенного производства и пути их решения - Москва, 2004.
3. Пустыльник Я.И. Кожевенные отходы - золотое дно / Style - 2001.
4. Сакулина А.А., Левина Н.Т. Использование свиного голявого спилка для производства белковой колбасной оболочки / Кожевенно - обувная промышленность - 1998.
5. Павлова М.С.: Экологический аспект химической технологии кожи; Московская государственная академия легкой промышленности, Москва, 1997.
6. Борисенко Л.Н. Утилизация кожевенных отходов и эффективность их использования в народном хозяйстве / Кожевенная промышленность - 1991.
7. Штельцель Т., Файгель Т. Производство раствора дезамидоколлагена из свиных шкур / Кожевенно - обувная промышленность - 1991.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО И БЕЗБАЛЛАСТНОГО ХЛОРАТ-МАГНИЕВОГО ДЕФОЛИАНТА

Мамиров Илхомжон Гофиржанович

канд. техн. наук, доц. кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Ферганский политехнический институт,
 Республика Узбекистан, г. Фергана
 E-mail: mailto:ferpi_info@edu.uz

PHYSICAL AND CHEMICAL STUDIES OF OBTAINING A CONCENTRATED AND BALLASTLESS MAGNESIUM CHLORATE DEFOLIANT

Ilkhomjon Mamirov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Life Safety" Chair, Fergana Polytechnic Institute,
 The Republic of Uzbekistan, Fergana

АННОТАЦИЯ

Для физико-химического обоснования и рекомендации технологии получения концентрированного хлорат-магниевого дефолианта изучено взаимодействие компонентов в водных системах в широком интервале температур и концентраций визуальном-политермическим методом. Исследован процесс конверсии хлорида магния с хлоратом натрия в зависимости от температуры и продолжительности времени. Результаты проведенных исследований показали, что для получения хлората магния оптимальным является проведение конверсии хлората натрия с 37,14 %-ным водным раствором хлорида магния при мольном соотношении исходных солей 2:1 в течение 60 минут при температуре 373 К.

ABSTRACT

The interaction of components in water systems in a wide range of temperatures and concentrations using the visual-polythermal method has been studied for the physical and chemical justification and recommendation of the technology for obtaining a concentrated chlorate-magnesium defoliant. The process of conversion of magnesium chloride with sodium chlorate depending on the temperature and duration of time is studied. The results of carried out research have showed that for the production of magnesium chlorate, it is optimal to perform the conversion of sodium chlorate with 37.14 % aqueous solution of magnesium chloride at a molar ratio of the initial salts of 2:1 for 60 minutes at a temperature of 373 K.

Ключевые слова: хлорат магния, система, концентрация, получение, визуальном-политермический метод, температура, растворимость, конверсия, кинетика реакции.

Keywords: magnesium chlorate; system; concentration; preparation; visual-polythermal method; temperature; solubility; conversion; reaction kinetics.

Хлорат магния является одним из широко распространенных дефолиант-десикантов неорганического происхождения.

Промышленный способ получения хлората магния основан на взаимодействии хлората натрия с шестиводным хлоридом магния (бишофитом) обменной реакцией.

Хлорат магния, выпускаемый в отечественной промышленности (ОАО «Ferganaazot» Узбекистан) под товарным названием «Хлорат-магниевый дефолиант (ХМД)», содержит смеси хлоридов магния и натрия, которые являются балластом и не обладают необходимой физиологической активностью. Из готового продукта (ХМД) полностью не удаляются ионы хлора и натрия, которые при комнатной темпе-

ратуре в водном растворе дефолианта нарушают равновесие реакции в сторону образования хлората натрия и хлорида магния, вследствие чего снижается эффективность ХМД.

В связи с этим нами исследованы пути повышения концентрации действующего вещества и снижение содержания хлоридов в хлорат-магниевом дефолианте.

Для физико-химического обоснования и рекомендации технологии получения концентрированного жидкого и твердого хлорат-магниевого дефолианта конверсией хлорида магния с хлоратом натрия прежде всего необходимо знание по растворимости, взаимодействию компонентов в водных системах в широком интервале температур и концентраций.

Анализ литературных данных показывает, что сведения о растворимости и взаимодействии компонентов во взаимной системе 2Na^+ , Mg^{2+} , 2Cl^- , 2ClO_3^- , H_2O , обосновывающие процесс получения хлората

магния конверсией хлорида магния с хлоратом натрия, имеются лишь для температуры 80 °С [2].

В этой связи для обоснования процесса конверсии хлорида магния с хлоратом натрия изучена растворимость диагональных сечений $\text{MgCl}_2 - \text{NaClO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ указанной выше четверной взаимной водной системы. Изучение растворимости физико-химических систем проводили визуально-политермическим методом [4].

Изучением бинарной системы «хлорид магния – вода» установлено, что политермическая диаграмма растворимости состоит из ветвей кристаллизации льда, двенадцати-, восьми- и шестиводного хлорида магния. Криогидратная точка системы соответствует 21,0 % хлорида магния, 79,0 % воды при –35,5 °С. Полученные результаты хорошо согласуются с данными других авторов [3].

Система «хлорат натрия – вода» была объектом исследований ряда авторов [1]. Полученные нами данные подтверждают ее эвтектику.

Растворимость в системе «хлорид магния – хлорат натрия – вода» изучена десятью внутренними разрезами. Разрезы I–VI проведены от стороны хлорида магния к вершине хлората натрия, а VII–X – от стороны хлората натрия к полюсу $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. На основе полученных данных построена политермическая диаграмма растворимости системы $\text{MgCl}_2 - \text{NaClO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ при температурах от –41,2 до 100 °С (рис. 1).

Политермическая диаграмма растворимости изученной системы состоит из полей кристаллизации твердых фаз: льда, хлорида и хлората натрия, двенадцати-, восьми- и шестиводного хлорида магния.

Рисунок 1. Политермическая диаграмма растворимости системы «хлорид магния – хлорат натрия – вода»

Поля сходятся в четырех тройных невариантных узловых точках совместного существования

трех различных твердых фаз. Характеристика их представлена в таблице 1.

Таблица 1.

Двойные и тройные точки системы «хлорид магния – хлорат натрия – вода»

Состав жидкой фазы, %			Темп. крист., °C	Твердая фаза
MgCl ₂	NaClO ₃	H ₂ O		
39,80	0,20	60,00	81,0	MgCl ₂ ·6H ₂ O + NaCl
35,80	0,30	63,90	26,0	То же
34,60	–	65,40	–3,4	MgCl ₂ ·6H ₂ O + MgCl ₂ ·8H ₂ O
34,20	0,40	65,40	–3,9	MgCl ₂ ·6H ₂ O + MgCl ₂ ·8H ₂ O + NaCl
32,80	0,50	66,70	–12	MgCl ₂ ·8H ₂ O + NaCl
32,20	–	67,80	–16,7	MgCl ₂ ·12H ₂ O + MgCl ₂ ·8H ₂ O
32,00	0,70	67,30	–17,0	MgCl ₂ ·12H ₂ O + MgCl ₂ ·8H ₂ O + NaCl
29,80	0,80	69,40	–16,5	MgCl ₂ ·12H ₂ O + NaCl
21,00	–	79,00	–35,5	Лед + MgCl ₂ ·12H ₂ O
19,50	8,80	71,70	–41,2	Лед + MgCl ₂ ·12H ₂ O + NaCl
11,00	17,80	71,20	–38,8	Лед + NaCl
16,50	13,00	70,50	–38,0	То же
7,00	29,60	63,40	–28,4	То же
3,00	39,60	57,40	–23,6	Лед + NaClO ₃ + NaCl
–	42,00	58,00	–18,5	Лед + NaClO ₃
1,00	48,80	50,20	24,2	NaClO ₃ + NaCl
0,60	59,50	39,90	60,4	То же
0,40	64,60	35,00	78,6	То же

На политермической диаграмме состояния нанесены изотермические кривые растворимости через каждые 10 °C в интервале температур –30 °C –100 °C. Построены проекции системы на боковые стороны «хлорид магния – вода» и «хлорат натрия – вода».

• Согласно полученным данным, большую часть политермической диаграммы растворимости системы «хлорид магния – хлорат натрия – вода» занимает поле кристаллизации одного из продуктов конверсии – хлорида натрия, что указывает на низкую растворимость его относительно других компонентов системы.

• В результате конверсии хлорида магния с хлоратом натрия в жидкой фазе происходит образование хлората магния, поле кристаллизации которого благодаря его хорошей растворимости в изученном температурном и концентрационном интервалах на диаграмме растворимости системы MgCl₂ – NaClO₃ – H₂O отсутствует.

• Анализ диаграммы растворимости изученной системы показывает, что с повышением температуры и концентрации исходных компонентов в жидкой фазе наблюдается расширение поля кристаллизации хлорида натрия. Это указывает на то, что с повышением температуры конверсия хлорида магния с хлоратом натрия в водной среде протекает легко и более полно. Полученные результаты показывают целесообразность проведения процесса конверсии при 90–100 °C. При этих температурах минимальная концентрация хлората натрия в жидкой фазе, вызывающая конверсию хлорида магния с образованием хлорида натрия и хлората магния, составляет 0,15–0,17 %.

С целью выдачи практических рекомендаций по получению хлорат-магниевых дефолиантов исследован процесс конверсии хлорида магния с хлоратом

натрия в зависимости от температуры и продолжительности времени. Исследование проводили при температурах 50, 75, 100 °C и продолжительности опытов 15, 30, 45, 60, 90, 120 минут. В круглодонную колбу вместимостью 250 см³, снабженную мешалкой, загружали 100 г 37,14 %-ного водного раствора хлорида магния и эквивалентное количество хлората натрия. Колбу помещали в термостат с заданной температурой и интенсивно перемешивали. Через необходимый промежуток времени отделяли жидкую фазу от осадка и проводили соответствующий химический анализ. На основе полученных данных установлена степень конверсии хлорида магния с хлоратом натрия и расхода исходных компонентов при конверсии (рис. 2 и 3).

Из рис. 2 видно, что степень конверсии значительно зависит от температуры и повышается с ее ростом. В течение 45 минут степень конверсии при температуре 323, 348 и 373 К составляет соответственно 40,1; 49,9 и 62,9 %. Через 60 минут степень конверсии достигается до 48,7; 60,8 и 71,98 % соответственно при температурах 323; 348 и 373 К. Последующее увеличение продолжительности конверсии практически не приводит к повышению степени конверсии хлорида магния с хлоратом натрия. При температуре 373 К и продолжительности опыта 120 минут степень конверсии составила 72,3 %. При этой температуре увеличение продолжительности опыта с 60 до 120 минут приводит к повышению степени конверсии всего лишь на 0,32 %. Это, по-видимому, объясняется тем, что в течение первых 60 минут конверсии образуется достаточное количество хлорида натрия по реакции (2), которое в дальнейшем отрицательно влияет на протекание этой реакции в водной среде.

Анализ кинетических кривых расхода хлорида магния и хлората натрия на 100 г 37,14 %-ного раствора хлорида магния в процессе конверсии при 323–

373 К указывает на то, что количество израсходованных исходных компонентов увеличивается первые 60 минут (рис. 3), а через 60 минут практически не меняется. Повышение температуры от 323 до 373 К приводит к повышению расхода хлорида магния и хлората натрия при конверсии.

Рисунок 2. Зависимость степени конверсии хлорида магния с хлоратом натрия от температуры и продолжительности времени

Определение порядка реакции процесса конверсии проводили по кинетическому уравнению первого порядка аналогично работе авторов [1].

$$K = 2,303 / \tau \cdot \lg C_0 / (C_0 - C_\tau), \quad (3)$$

где C_0 и C_τ – концентрации хлорида магния (или натрия) соответственно на начальной стадии конверсии и за истекший промежуток времени (τ),

K – константа скорости конверсии.

Согласно полученным данным, порядок процесса конверсии хлорида магния с хлоратом натрия

равен единице. Подтверждением этого является то, что константа скорости конверсии, рассчитанная по уравнению (2) на основе экспериментальных данных остается практически постоянной для каждой температуры (табл. 2). Кроме того, прямолинейная зависимость $\lg(C_0 - C_\tau)$ от τ также свидетельствует о первом порядке процесса конверсии хлорида магния с хлоратом натрия (рис. 4). Константа скорости конверсии повышается с ростом температуры (табл. 2). Зависимость его от температуры подчиняется закону Аррениуса. Это подтверждается прямолинейной графической зависимостью $\lg K$ от $1/T$ (рис. 4).

Рисунок 3. Кинетические кривые расхода хлорида магния (1) и хлората натрия (2) на 100 г 37,14 %-ного раствора хлорида магния

Таблица 2.

Константа скорости конверсии хлорида магния с хлоратом натрия

τ , мин	Константа скорости, $\text{K} \cdot 10^{-2} \text{мин}$			E , кДж/моль
	323 К	348 К	373 К	
15	1,154	1,590	2,144	12,622
30	1,165	1,590	2,104	
45	1,139	1,581	2,204	
60	1,113	1,561	2,121	
Средний	1,142	1,580	2,143

Рисунок 4. Зависимость $\lg(C_0 - C_t)$ от τ и $\lg K$ от $1/T$ (2)

С целью установления значений константы скорости конверсии для различных температур вычислены постоянные (K_0) на уравнение Аррениуса:

$$K = K_0 e^{E/RT} \quad (3)$$

и выведено уравнение зависимости $\lg K$ от $1/T$.

Преобразуем более сложные функции в линейные. После логарифмирования уравнений (3) получим:

$$\lg K = \lg K_0 - E/2.303 \cdot 1.987 \cdot 1/T \quad (4)$$

Вводим с целью сокращения записи новые обозначения:

$$\lg K = \eta; \lg K_0 = a; b = E/2.303 \cdot 1.987 = E/4,575; 1/T = \xi$$

Получим:

$$\eta = a - b \cdot \xi \quad (5)$$

Составив отношения:

$$b_{2,1} = \eta_2 - \eta_1 / \xi_1 - \xi_2; b_{3,2} = \eta_3 - \eta_2 / \xi_2 - \xi_3; b_{3,1} = \eta_3 - \eta_1 / \xi_1 - \xi_3$$

и произведя вычисление отдельных значений b на основе экспериментальных данных (таблица 2), находим среднее значение b .

Расчет среднего значения a находим по формуле:

$$a = \Sigma \eta + b \cdot \Sigma \xi / 3. \quad (6)$$

Подставляя рассчитанные величины a и b в уравнение (5), будем иметь:

$$\eta = 0,096130 - 658,96 \cdot \xi; \quad (7)$$

$$\lg K = 0,09613 - 658,96 \cdot 1/T. \quad (8)$$

Значение кажущейся энергии активации (E), вычисленное по формуле $E = b \cdot 4,575$, составило 3014,73 кал/моль, или 12,622 кДж/моль. Подставляя вычисленное значение a в $\lg K_0 = a$, получим:

$$\lg K_0 = 0,09631.$$

Отсюда $K_0 = 1,2477$.

После подставления значения K_0 и E эмпирическое уравнение Аррениуса (3) принимает вид:

$$K = 1,2477 \exp(-3014,73/RT). \quad (9)$$

На основе уравнений (8) и (9) рассчитаны константы скорости реакции конверсии для различных температур в интервале 323–373 К через каждые 10 К и температурный коэффициент скорости конверсии (таблица 3).

Согласно полученным данным, температурный коэффициент скорости конверсии при повышении температуры на 10 К в интервале 323–373 К повышается в 1,22–1,146 раза.

Таблица 3.

Константа скорости и температурный коэффициент скорости конверсии при различных температурах

Температура	Константа скорости конверсии, $K \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$	Температурный коэффициент скорости конверсии, (γ)
323	1,142	–
333	1,310	1,146
343	1,496	1,142
353	1,696	1,134
363	1,909	1,126
373	2,143	1,122

Таким образом, из результатов проведенных исследований следует, что для получения хлората магния оптимальным является проведение конверсии хлората натрия с 37,14 %-ным водным раствором

хлорида магния при мольном соотношении исходных солей 2:1 в течение 60 минут при температуре 373 К.

Список литературы:

1. Киргинцев А.Н. Трушников Л.Н. Лаврентьева В.Г. Растворимость неорганических веществ в воде. – Л.: Химия, 1972. – 248 с.
2. Кульмаксимов А.Х. Получение хлората магния с использованием магниезальных рассолов Кара-Богаз-Гола: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Ашхабад, 1989. – 152 с.
3. Мамиров И.Г. Растворимость в системе «хлорид магния – хлорат натрия – вода» // Тезисы докл. молодых ученых. – Ташкент, 2000. – С. 22–24.
4. Трунин А.С., Петрова Д.Г. Визуально-политермический метод. – Куйбышев: Куйбышевский политехнический институт, 1977. – 94 с.
5. Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. – 2016. – № 12 (33).

СЛОЖНЫЕ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ АЗОТНОКИСЛОТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕОБОГАЩЁННОЙ ФОСФОРИТНОЙ МУКИ В ПРИСУТСТВИИ НИТРАТА АММОНИЯ

Назирова Рахнамохон Мухтаровна

*д-р техн. наук (PhD), преподаватель кафедры “Технология хранения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции”, Ферганский политехнический институт,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: rahnamohon@mail.ru*

Таджиев Сайфидин Мухиддинович

*д-р техн. наук, профессор, заведующий лабораторией “Комплексных удобрений”,
Институт общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан,
Узбекистан, г. Ташкент*

Мирсалимова Саодат Рахматжановна

*канд. хим. наук, доцент кафедры химической технологии, Ферганский политехнический институт,
Узбекистан, г. Фергана*

Кодирова Муаттар Равианжон кизи

*магистрант группы М-6-18 НМКТ Ферганского политехнического института,
Узбекистан, г. Фергана*

COMPLEX FERTILIZERS BASED ON NITROGEN AND ACID PROCESSING OF UNFILLED PHOSPHORITE FLOUR IN THE PRESENCE OF AMMONIUM NITRATE

Rakhnamohon Nazirova

*Doctor of Technical Sciences (PhD), lecturer of the department “Technology of storage and primary processing of agricultural products”, Ferghana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Ferghana*

Sayfidin Tajiev

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Complex Fertilizers, Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent*

Saodat Mirsalimova

*Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Technology,
Ferghana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Ferghana*

Muattar Kodirova

*undergraduate of the group M-6-18 NMKT Ferghana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Ferghana*

АННОТАЦИЯ

Азотнокислотный способ переработки фосфатного сырья позволяет комплексно использовать компоненты сырья. Основным преимуществом азотнокислотной переработки является то, что не только химическая энергия азотной кислоты используется для разложения фосфоритов, но и анионы NO_3^- в виде питательного вещества остаются в сложном удобрении.

Суть интенсивной технологии заключается в использовании неполной стехиометрической нормы азотной кислоты для разложения Кызылкумских фосфоритов, содержащих 16-22 % P_2O_5 . При этом не происходит полное разложения фосфатного минерала сырья с образованием усвояемых форм фосфатов (моно- и дикальцийфосфаты). После экстракции карбонатных минералов т.е. CO_2 -групп из структуры сырья полученный фосфатный комплекс становится более активным.

ABSTRACT

The nitric acid method of processing phosphate raw materials allows the complex use of raw material components. The main advantage of nitric acid processing is that not only the chemical energy of nitric acid is used to decompose phosphorites, but also NO_3^- anions in the form of a nutrient remain in complex fertilizer.

The essence of intensive technology is the use of an incomplete stoichiometric norm of nitric acid for the decomposition of Kyzylkum phosphorites containing 16-22 % P_2O_5 . However, complete decomposition of the phosphate mineral of the raw material does not occur with the formation of assimilable forms of phosphates (mono- and dicalcium phosphates). After extraction of carbonate minerals i.e. CO_2 groups from the structure of the feedstock the resulting phosphate complex becomes more active.

Ключевые слова: азотная кислота, фосмука, сложные удобрения, нейтрализация, фосфорно-азотнокислотная пульпа, норма азотной кислоты, нитрат аммония, аммиачная селитра.

Keywords: nitric acid, phosphamic acid, complex fertilizers, neutralization, phosphoric-nitric acid pulp, nitric acid norm, ammonium nitrate, ammonium nitrate.

Введение: Высокая агрохимическая эффективность от применения минеральных удобрений в сельском хозяйстве достигается при внесении их в оптимальном, научно-обоснованном соотношении $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=1:0,7:0,5$. В республике отсутствует производство комплексных удобрений с различными соотношениями питательных веществ.

В последние годы производство сложных удобрений азотнокислотной переработкой фосфатов получило широкое распространение во многих странах мира. Этот способ позволяет наиболее полно и комплексно использовать компоненты фосфатного сырья с получением, наряду с удобрениями, ряда других ценных соединений.

Азотнокислотное разложение фосфоритов является прогрессивным и экономичным методом получения фосфорсодержащих комплексных удобрений. Главным преимуществом данного метода является то, что не только химическая энергия азотной кислоты используется для раскрытия фосфатного сырья, но и анионы NO_3^- в виде питательного компонента остаются в готовом продукте.

Основные реакции разложение фосфоритной муки при полной норме азотной кислоты следующие:

При неполной норме азотной кислоты полного разложения фосфорита не происходит. Реакцию взаимодействия компонентов можно описать

Активация фосфоритной муки азотной кислотой происходит за счет выщелачивания из узлов кристаллических решеток фторкарбонатапатита, изоморфно замещенных CO_2 -групп. Это придает фосфатам неустойчивость за счет ослабления межатомных связей.

При взаимодействии фосфоритной муки с азотной кислотой в первую очередь кислота реагирует с

карбонатами кальция и магния с образованием соответствующих нитратов:

Выделяющаяся двуокись углерода совместно с органическим веществом фосфорита образует устойчивые пены, отрицательно влияющая на технологические показатели процесса. Поэтому разработка рационального способа пеногашения при азотнокислотной переработке высококарбонатных фосфоритов является актуальной.

На ОАО «Самаркандкимё» для устранения пенообразования разложение фосмуки проводят в густой среде (плотность пульпы 1,5-1,7 г/см³). При этом выделяющиеся пузырьки газа лопаются на границе раздела фаз. Таким образом, практически исключается процесс пенообразования.

Полученная нитрофосная пульпа содержит незначительного количества азотной кислоты. Для нейтрализации ее можно использовать высококарбонатную фосфоритную муку.

Процесс нейтрализации кислой пульпы с фосмукой протекает при интенсивном ее перемешивании.

Полученный нитрофос состоит в основном дикальцийфосфата CaHPO_4 , монокальцийфосфата $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ и смеси солей нитрата кальция с различной гидратностью $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, а также активированного фосфорита. Нитрофос содержит, в зависимости от нормы азотной кислоты, до 16 % P_2O_5 , до 6 % N, до 12 % CaO. Используемая азотная кислота полностью остается в составе удобрения в виде азотного компонента.

Ранее с целью получения сложных NP удобрений изучен процесс разложения небогащенной фосфоритной муки при неполной норме азотной кислоты в присутствии нитрата аммония.

Объекты и методы исследования: Для физико-химического обоснования технологии получения новых видов сложных удобрений на основе азотнокислотной переработки небогащенной фосфоритной

муки в присутствии нитрата аммония использовали фосфоритную муку Ташкура, содержащей P_2O_5 17,72 %, CaO 45,90 %, CO_2 16,03 %, азотную кислоту ОАО «Максам-Чирчик» с концентрацией 59 % HNO_3 и аммиачную селитру (N 34,4 %) ОАО «Фаргоназот». Норму азотной кислоты рассчитывали на содержание фосфатных и карбонатных минералов фосфорита по стехиометрии.

Результаты и их обсуждение: Установлено, что процесс разложения фосфоритной муки азотной кислотой легко осуществим. С увеличением нормы кислоты повышается степень разложения фосфатного минерала. При обработке небогащенной фосфоритной муки азотной кислотой от стехиометрической нормы 20 % получается продукт с влажностью 7,54 %. Дальнейшее повышение нормы азотной кислоты приводит к образованию вначале мажущейся массы, далее трудно транспортабельной густой пульпы. В продукте азот находится в виде нитрата аммония и сильно гигроскопичного нитрата кальция.

Далее для улучшения качества получаемых сложных удобрений обработку фосфатной муки проводили азотной кислотой в присутствии нитрата аммония, т.е. процесс разложения фоссырья осуществляли азотнокислым раствором нитрата аммония. Для получения данного раствора в 100 г 56 % -ный раствор азотной кислоты растворяли 90 г гранулированной аммиачной селитры. Полученный раствор содержал 28,47 % азотной кислоты, 43,37 % аммиачной селитры и 24,16 % воды. Результаты опытов показали, что с повышением нормы азотной кислоты увеличивается степень разложения фосфорита. Разложение небогащенной фосфоритной муки при 33 % -ной норме азотной кислоты позволяет получить сложное удобрение с соотношением $N:P_2O_5 = 1:1$. При дальнейшем повышении нормы азотной кислоты, хотя содержание азота в удобрении возрастает,

ухудшаются товарные свойства за счет присутствия гигроскопичного нитрата кальция.

С целью получения азотно-фосфорного удобрения с улучшенными товарными свойствами изучен процесс разложения (активации) небогащенной фосмуки с начала азотной кислотой, а затем с нитратом аммония. Исследовано влияние нормы (10-60 % от стехиометрии на образование монокальцийфосфата и нитрата кальция) азотной кислоты на степень разложения фосфоритной муки.

Для исследования использовали фосфоритную муку Ташкура, содержащей P_2O_5 17,72 %, CaO 45,90 %, CO_2 16,03 %, азотную кислоту ОАО «Максам-Чирчик» с концентрацией 59 % HNO_3 и аммиачную селитру (N 34,4 %) ОАО «Фаргоназот». Опыты проводили по разработанному интенсивному способу. Фосфоритную муку при интенсивном перемешивании обрабатывали расчетным количеством азотной кислоты в течение 5-10 минут. Полученную активированную фосфоритную муку гранулировали в присутствии расчетного количества нитрата аммония на лабораторном тарельчатом грануляторе. Далее гранулированные образцы сложных удобрений сушили при температуре 100-105 °С, классифицировали и анализировали на содержание основных питательных веществ.

В таблицах 1-4 приведены результаты химического анализа полученных сложных азотно-фосфорных удобрений в зависимости от нормы азотной кислоты. Процесс взаимодействия фосфоритной муки с азотной кислотой протекает интенсивно, практически без пенообразования так как образующиеся пузырьки разрушаются в разделе фаз. Температура реакционной среды в зависимости от нормы составляет 30-40 °С. Установлено, что с повышением нормы азотной кислоты увеличивается степень разложения фосфоритной муки.

Таблица 1.

Химический состав сложных удобрений, полученных на основе АКПФ и нитрата аммония при норме азотной кислоты – 10 %

Соотношен.		P_2O_5 , %	N, %	$CaO_{общ.}$, %	$CaO_{вод.}$, %	$Ca(NO_3)_2$, %	H_2O , %	Состояние НРУ*
P_2O_5	N							
1,0	0,1	16,11	1,61	41,72	2,70	7,90	4,22	Сухое
1,0	0,2	15,41	3,08	39,91	2,58	7,55	3,91	- «» -
1,0	0,3	14,76	4,43	83,25	2,47	7,24	3,50	- «» -
1,0	0,4	14,29	5,72	37,01	2,39	7,00	2,98	- «» -
1,0	0,5	13,71	6,86	35,26	2,30	6,72	1,93	- «» -
1,0	0,6	13,22	7,93	34,25	2,21	4,48	2,24	- «» -
1,0	0,7	12,96	9,07	33,57	2,17	6,35	1,20	- «» -
1,0	0,8	12,57	10,06	32,57	2,10	6,17	1,17	- «» -
1,0	0,9	12,05	10,85	31,22	2,02	5,91	1,63	- «» -
1,0	1,0	11,73	11,73	30,40	1,34	3,91	1,65	- «» -

*Примечание: НРУ – азотно-фосфорное удобрение

При активации фосмуки азотной кислотой (норма 10-20 % от стехиометрии) получается практически сухое сложное азотно-фосфорное удобрение. С увеличением количества вводимого при грануляции и сушки нитрата аммония улучшается качество удобрения. Количество нитрата кальция мало влияет на

физико-механические свойства удобрения. Полученная масса хорошо гранулируется. Товарные свойства сложного удобрения удовлетворяют требованиям сельского хозяйства. Установлено, что путем введения в продукты разложения фосмуки азотной кислоты при ее норме 10-20 % нитрата аммония можно

получать удобрение нужного соотношения питательных компонентов – азота и фосфора. В зависимости от нормы азотной кислоты и количества вводимого

нитрата аммония содержание воднорастворимого СаО (в виде нитрата кальция) составляет 2-5 %.

Таблица 2.

Химический состав сложных удобрений, полученных на основе АКПФ и нитрата аммония при норме азотной кислоты – 20 %

Соотношен.		P ₂ O ₅ , %	N, %	CaO _{общ.} , %	CaO _{вод.} , %	Ca(NO ₃) ₂ , %	H ₂ O, %	Состояние НРУ
P ₂ O ₅	N							
До сушки								
1,0	0,2	15,37	3,07	39,84	5,15	15,10	7,74	Влажное
1,0	0,3	14,74	4,42	38,18	4,94	14,47	6,84	- «» -
1,0	0,5	13,50	6,73	34,28	4,53	13,23	6,85	- «» -
1,0	0,7	12,74	8,91	33,04	4,27	12,51	6,47	- «» -
1,0	0,9	11,93	10,74	30,91	4,00	11,72	6,06	- «» -
1,0	1,0	11,45	11,45	29,65	3,83	12,94	5,81	- «» -
После сушки								
1,0	0,2	16,37	3,27	42,42	5,49	16,08	1,77	Сухое
1,0	0,3	15,65	4,70	10,54	5,25	15,37	1,94	- «» -
1,0	0,5	14,38	7,19	34,25	4,82	14,12	1,86	- «» -
1,0	0,7	13,35	9,34	34,59	4,47	13,11	1,73	- «» -
1,0	0,9	12,41	11,17	32,16	4,16	12,19	1,54	- «» -
1,0	1,0	11,99	11,99	31,05	4,02	11,77	1,35	- «» -

При дальнейшем повышении нормы азотной кислоты (20-30 % от стехиометрии) на разложение фосфоритной муки увеличивается коэффициент разложения сырья, содержание воднорастворимого СаО. А

введение в систему нитрата аммония значительно ухудшает физико-механические и товарные свойства сложного азотно-фосфорного удобрения.

Таблица 3.

Химический состав сложных удобрений, полученных на основе АКПФ и нитрата аммония при норме азотной кислоты – 30 %

Соотношен.		P ₂ O ₅ , %	N, %	CaO _{общ.} , %	CaO _{вод.} , %	Ca(NO ₃) ₂ , %	H ₂ O, %	Состояние НРУ
P ₂ O ₅	N							
До сушки								
1,0	0,3	12,91	3,87	33,45	6,49	19,03	6,84	Влажное
1,0	0,5	12,63	6,31	32,71	6,35	18,61	6,42	- «» -
1,0	0,7	11,76	8,23	30,46	5,91	17,32	6,25	- «» -
1,0	0,9	11,05	9,95	28,63	5,56	16,29	5,98	- «» -
1,0	1,0	10,74	10,74	27,82	5,40	15,82	6,39	- «» -
После сушки								
1,0	0,3	14,15	4,25	36,66	7,11	20,85	1,20	Сухое
1,0	0,5	13,22	6,61	34,25	6,65	19,48	1,64	- «» -
1,0	0,7	12,33	8,62	31,94	6,20	18,17	1,67	- «» -
1,0	0,9	11,56	10,40	29,90	5,81	17,03	1,50	- «» -
1,0	1,0	11,28	11,28	29,23	5,67	16,63	1,46	- «» -

Таблица 4.

Химический состав сложных удобрений, полученных на основе АКПФ и нитрата аммония при норме азотной кислоты – 40 %

Соотношен.		P ₂ O ₅ , %	N, %	CaO _{общ.} , %	CaO _{вод.} , %	Ca(NO ₃) ₂ , %	H ₂ O, %	Состояние НРУ
P ₂ O ₅	N							
До сушки								
1,0	0,4	12,60	5,04	32,64	8,45	24,75	12,80	Текущее
1,0	0,5	12,22	6,11	31,65	8,19	24,00	11,72	- «» -
1,0	0,7	11,94	8,86	30,93	8,00	23,45	11,45	- «» -
1,0	0,9	11,02	9,92	28,54	7,38	21,64	9,14	- «» -
1,0	1,0	10,61	10,61	27,48	7,11	20,83	9,58	- «» -

После сушки								
1,0	0,4	14,12	5,65	36,57	9,46	27,73	2,07	Сухое
1,0	0,5	13,62	6,81	35,28	9,13	26,75	1,92	- «» -
1,0	0,7	12,78	8,91	32,79	8,53	25,00	1,94	- «» -
1,0	0,9	11,91	10,72	30,85	7,98	23,39	1,81	- «» -
1,0	1,0	11,59	11,59	30,02	7,77	22,76	1,89	- «» -

Заключение: После разложения фосмуки и смешения нитрата аммония получается влажная масса, содержащая 6-12 % H_2O . Товарные свойства продуктов после сушки и грануляции удовлетворительные. За счет повышения количества нитрата кальция и

нитрата аммония в сложном удобрении увеличивается влагоемкость. Поэтому сложного удобрения после грануляции и сушки необходимо упаковать в полиэтиленовые мешки.

Список литературы:

1. Винник М.М., Ербанова Л.Н., Зайцев П.М. и др. // Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов. – М.: Химия. – 1975. – 218 с.
2. Реймов А.М., Эркаев А.У., Намозов Ш.С., Мирзакулов Х.Ч. О процессе разложения фосфоритов Центральных Кызылкумов неполной нормой азотной кислоты. // Узб. хим. журнал. – 2001. № 3. – С. 64– 66.
3. Назирова Р.М., Таджиев С.М., Мирсалимова С.Р., Каримов Д.Д.// Комплексные удобрения на основе местного сырья// Научно-методический журнал “Проблемы науки”-2019-№11(47), с.25-28
4. Назирова Р.М., Таджиев С.М., Мирсалимова С.Р., Хамдамова З.// Интенсификация процесса получения комплексных удобрений на основе местного сырья//Научно-методический журнал “Наука, техника и образование” - 2019-№ 9 (62) с.8-12.
5. Назирова Р.М., Таджиев С.М., Мирсалимова С.Р., Худаярова Д.//Интенсивная технология получения NPK-удобрений на основе мытого сушёного концентрата Центральных Кызылкумов// Научно-методический журнал “Проблемы современной науки и образования ” -2019.-№2(135), с.6-11.
6. Назирова Р.М., Таджиев С.М., Мирсалимова С.Р., Хошимов А.А.// Сложные удобрения на основе азотно-сернокислотной переработки необогащенной фосмуки, нитрата аммония и карбамида.“Проблемы современной науки и образования” научно-методический журнал. Издательство «Проблемы науки». Москва, 2020. № 5 (150). стр 20-25.
7. Назирова Р.М., Таджиев С.М., Хошимов А.А., Мирсалимова С.Р.// Изучение физико-химических свойств добавок при производстве новых видов сложных стабилизированных удобрений// Universum: технические науки: научный журнал. – № 5(74). Часть 2. М., Изд. «МЦНО», 2020. – стр 69-73. – Электрон. версия печ. публ.-<http://7universum.com/ru/tech/archive/category/574>.
8. Назирова Р.М., Таджиев С.М., Закиров Б.С., Тухтаев С.// Получение NPK-удобрения из мытого сушеного фосфоритового концентрата// Universum: технические науки: научный журнал. – № 10 (31). М., Изд. «МЦНО», 2016. – стр 30-34. – Электрон. версия печ. публ.-<http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3774>.

СИНТЕЗ РАСТВОРИМОЙ ИНГИБИРУЮЩЕЙ КОРРОЗИИ В ВОДЕ, НЕФТИ, ГАЗОВОМ КОНДЕНСАТЕ, СОДЕРЖАЩЕМ АМИНОКИСЛОТЫ, И ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АЛЮМИНИЯ НА МЕТАЛЛ

Нарзуллаев Акмал Холлинович

д-р техн. наук, Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: akmal.narzullayev.90@mail.ru

Бекназаров Хасан Сойибназарович

д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник,
Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Ниёзкулов Шерзод Шаропович

аспирант, Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

SYNTHESIS OF SOLUBLE INHIBITORY CORROSION IN WATER, OIL, GAS CONDENSATE CONTAINING AMINO ACIDS, AND THE STUDY OF THE EFFECT OF ALUMINUM ON METAL

Akmal Narzullaev

Dr. Tech. Sciences Tashkent Research Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Hasan Beknazarov

Doctor of Technical Sciences Leading Researcher, Tashkent Research Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Sherzod Niezkulov

Graduate student of Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Исследована эффективность ингибиторов коррозии ИК-1 и ИК-2 при защите металлических деталей, работающих в агрессивных средах, от коррозии. Определяли количество ингибитора, взятого в водном и масляном растворе. Проведены испытания по коррозии стали. Алюминиевые сплавы системы алюминий – железо (Al – Fe) АЖ1 - AlFe 1,15 % в агрессивных средах в отсутствие и в присутствии различных концентраций ингибитора ИК-1 и ИК-2. Установлена оптимальная эксплуатационная температура ингибиторов коррозии ИК-1 и ИК-2.

ABSTRACT

The effectiveness of corrosion inhibitors IK-1 and IK-2 in protecting metal parts operating in aggressive environments from corrosion has been investigated. The amount of inhibitor taken in aqueous and oily solution was determined. Corrosion tests were carried out. Aluminum alloys of the aluminum-iron (Al-Fe) system АЖ1 - AlFe 1.15% in aggressive environments in the absence and presence of various concentrations of the inhibitor IK-1 and IK-2. The optimum operating temperature of corrosion inhibitors IK-1 and IK-2 was established.

Ключевые слова: ингибиторы коррозии, олеиновая кислота, аддукт цинка, коррозия металла, гидроксил натрия, фосфорная кислота, азот-фосфорсодержащие ингибиторы, аминные группы.

Keywords: corrosion inhibitors, oleic acid, zinc adduct, corrosion of metal, sodium hydroxyl, phosphoric acid, nitrogen phosphorus inhibitors, amine groups.

Введение. Сегодня экономические затраты промышленных предприятий растут из-за коррозии

Библиографическое описание: Нарзуллаев А.Х., Бекназаров Х.С., Ниёзкулов Ш.Ш. Синтез растворимой ингибирующей коррозии в воде, нефти, газовом конденсате, содержащем аминокислоты, и изучение влияния алюминия на металл // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. 2020. № 6(75). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/9674>

металла. Независимо от того, сколько стали производится в мире каждый год, 1/4 ее разрушается в результате коррозии [3].

Компоненты добываемых нефтегазовых продуктов, которые создают агрессивную среду, представляющие собой двуокись углерода, сероводород, воды минерализованных пластов, составляют до 10 % от всей массы добываемых углеводородов [11]. Это ускоряет процесс коррозии каждого прибора и оборудования. Из-за свойства проводимости электрического тока шламы, соединения серы, карбонатные соли, вода и водорастворимые вещества, входящие в состав углеводородных продуктов, вызывают процессы коррозии на поверхности металлов. Соединения, образующиеся в результате коррозии, могут способствовать углублению коррозии за счет электрохимических процессов [10; 7].

Известно, что все металлические предметы, включая металлический алюминий, адсорбируют на поверхности влагу с воздуха, в результате чего поверхность металла покрывается тонким слоем воды. Из-за диссоциации в малых количествах образуются водород и гидроксильные ионы, проявляя свойства

гальванического элемента [6]. В результате ионы алюминия соединяются с гидроксильными ионами с образованием гидроксильных соединений алюминия:

Таким образом, в металлическом алюминии наблюдается процесс коррозии. Известно, что коррозия всегда происходит на поверхности металлов. Классификация ингибиторов коррозии зависит от типа металлического материала и окружающей среды [8]. Они подразделяются на изменяющие состав среды и межфазные ингибиторы. Ингибиторы жидкой фазы попадают в категорию ингибиторов коррозионной среды и подразделяются на ингибиторы катодного, анодного и адсорбционного типа в зависимости от ингибирования электрохимических реакций на катоде и аноде.

Рисунок 0. Электрохимическая коррозия металла алюминия под воздействием температуры

Изучено влияние синтезированного ингибитора марки ИК-2 (содержит азот, фосфор, серу) на скорость коррозии металлического алюминия марки (алюминиевые сплавы системы алюминий – железо (Al – Fe) АЖ1 – AlFe 1,15 %) (50–90 °С) в агрессивных средах.

Экспериментальная часть. Для проведения экспериментов использовали методику, подробно описанную в работе [9]. Коррозионной средой служила техническая вода по химическому составу средне жесткая или умеренно жесткая. Скорость коррозии определяли гравиметрическим методом согласно ГОСТ 9.506–87 при естественной аэрации, температуре 35–90 °С, скорости движения жидкости 1,2 м/с на образцах из (алюминиевые сплавы системы

алюминий – железо (Al – Fe) АЖ1 – AlFe 1,15 %) в виде пластин размерами 10 × 18 × 1 мм [2; 4].

В настоящей работе были изучены олигомерные ингибиторы коррозии, синтезированные на основе алканолamina и аддукта цинка ИК-2, ИК-4. Способ осуществляют в следующей последовательности: в реактор, снабженный механической мешалкой и рубашкой, наливают воду в количестве 50 мл и добавляют 0,2–2,0 г многоатомного спирта, затем добавляют рассчитанное количество ИК-2, ИК-4. После этого добавляют окись цинка в количестве 4,2 г и перемешивают до полного растворения и получения прозрачной жидкости. Затем в реакционную смесь прибавляют (4,3 г) рассчитанное количество мелко-

измельченного гидроксида натрия и интенсивно перемешивают. При этом контролируют температуру в пределах 35–90 °С. Выход – не менее 95 % [5].

Метод поляризационных кривых. Таким образом определяли скорость растворения металла (коррозионный ток) i_c^0 , которому соответствует стационарный потенциал $E_{ст}$, а также коррозионный ток i_c в присутствии ингибиторов, которому соответствует стационарный потенциал $E_{ст}$, и, сопоставляя найденные таким образом значения коррозионного тока в различных средах и ингибированных растворах, оценивали эффективность ингибиторов – пленкообразователей и пассиваторов; на основе формул (1), (2) находили значения коэффициента торможения γ и рассчитывали степень защиты Z %.

Коэффициент торможения:

$$\gamma = \frac{i_c}{i_c^0}; \quad (1)$$

степень защиты:

$$Z = \frac{i_c - i_c^0}{i_c} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где i_c и i_c^0 – токи коррозии соответственно в отсутствие и присутствии ингибитора.

Результаты и их обсуждение. В смеси ИК-1, ИК-2 наблюдается существенное повышение защищаемой способности реагента. Это может быть объяснено явлением синергизма. Анализ проведенных исследований показал, что происходит изменение скорости коррозии и эффективности ингибитора в зависимости от концентрации и температуры ингибитора (табл. 1).

Таблица 1.

Уровень защиты ингибитора ИК-2 в сероводородной среде

№	Концентрация газоконденсата H ₂ S, г/л	Концентрация ингибитора, мг/л	Экспериментальная площадь, S, м ²	Скорость коррозии, мм/г	Степень защиты, Z, %
24 часа					
1.	2,2–3,6	Без ингибитора	0,002236	0,4068	–
		100	0,002149	0,0225	94,53
		150	0,002109	0,0226	94,08
		200	0,002152	0,0196	95,12
		250	0,002000	0,0082	97,91
		300	0,002212	0,0162	94,20
240 часов					
2.	3,9–4,4	Без ингибитора	0,003326	0,9060	–
		100	0,002249	0,1045	88,43
		150	0,002329	0,0971	89,28
		200	0,002152	0,0716	92,09
		250	0,002010	0,0082	99,09
		300	0,002219	0,0462	94,90

Отрицательное значение ΔG указывает на то, что адсорбция происходит спонтанно. Хотя значение ΔH , превышающее 25 кДж/моль, указывает на то, что механизм ингибирования и адсорбции на поверхности мягкой стали происходит химически. Количество адсорбции происходит на поверхности мягкой стали в 0,5 М соляной кислоты при различных концентрациях ИК-2 на основе изотермы адсорбции Ленгмюра [5], тогда как изменение энтропии показало увеличение при использовании ингибиторов ИК-2.

Эксперименты показали, что предельно разбавленные растворы индивидуальных ингибиторов по-

казывают высокий защитный эффект при концентрации 300 мг/л. Сравнение значений коэффициента торможения и степени защиты синтезированных ингибиторов и используемого в промышленности ингибитора Puro-tech 1011A показывает несколько более высокую (табл. 2) эффективность ингибиторов ИК-1, ИК-2 и ИК-3. С увеличением температуры эффективность защиты ингибиторов ИК-1, ИК-2 и ИК-3 несколько увеличивается, что свидетельствует о комплексобразующих свойствах данных соединений, а также об усилении адсорбционных процессов [5].

Таблица 2.

Электрохимические параметры для алюминия марки (алюминиевые сплавы системы алюминий – железо (Al – Fe) АЖ1 – Al Fe 1,15 %) в растворе 0,5 М HCl и в присутствии ИК-2, ИК-3, ИК-4, ИК-5 при различных температурах, полученные из исследований потенциодинамической поляризации

Ингибитор	T, °C	C _{инг.} , мг/л	-E _{ст} , В	i, мА/см ²	γ	Z, %
Фон	35	—	0,870	375,20	—	—
ИК-2		250	0,535	22,02	17,03	94,13
ИК-3			0,530	22,35	16,78	94,04
ИК-4			0,540	23,73	15,81	93,67
ИК-5			0,530	33,65	16,05	91,03
Puro-tech 1011A			0,525	32,14	11,67	91,43
Фон	90	—	0,890	416,7	—	—
ИК-2		250	0,530	19,65	21,20	95,28
ИК-3			0,560	19,82	21,02	95,24
ИК-4			0,546	20,75	20,08	95,02
ИК-5			0,545	32,61	12,78	92,17
Puro-tech 1011A			0,553	20,86	19,97	94,99

Рисунок 1. Поляризационные кривые стального электрода в фоновом растворе Фон и в присутствии ингибиторов ИК-1, ИК-2, ИК-3 и ИК-4 100 мг/л в растворе 0,5 М HCl

Рисунок 2. Поляризационные кривые стального электрода при разных температурах в присутствии 250 мг/л ингибитора ИК-2 в растворе 0,5 М HCl

При сравнении зависимости ингибирующих свойств соединений от их структуры оказалось, что наиболее эффективными ингибиторами коррозии являются ингибиторы ИК-2, ИК-3 и ИК-4. В молекуле ингибиторов имеются разветвленные алкильные

группы и гетероатомы серы, азота и фосфора, которые вступают в донорно-акцепторное взаимодействие с атомами поверхности металла, образуя хемосорбционную пленку (рис. 3, 4) [1].

Рисунок 3. Воздействие ингибитора ИК-2 на металлический алюминий марки (алюминиевые сплавы системы алюминий – железо (Al – Fe) АЖ1 – Al Fe 1,15 %) в течение 240 часов

Рисунок 4. Факторы, приводящие к коррозии на поверхности металлов

Закключение. Более эффективны при защите от коррозии ингибиторы с заместителями при фосфорильной группе. Защитное действие азот-фосфорсодержащих ингибиторов обусловлено формированием плотноупакованных пленок на поверхности стали.

Достигнут защитный эффект многокомпонентных ингибиторов полимерного типа на основе отходов производства и местного сырья, до 5 %

превышающий таковой импортруемых ингибиторов.

Показана экологическая безопасность применения разработанных ингибиторов в системах водоснабжения и циркулирующих оборотных водах, а также в нефте- и газохимической промышленности, определена их эффективность, составляющая 95,15 %.

Список литературы:

1. Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т. Синтез и исследование олигомерного ингибитора коррозии ИКС-АЭХГ-1 // Сборник тезисов докладов V международной конференции школы по химии и физикохимии олигомеров. – Волгоград, 2015. – С. 35.
2. ГОСТ 4784–2019 // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293728/4293728395.pdf>.
3. Изоляция труб, фитингов и арматуры в полевых условиях. Serviurap's pipeline protection system // Water and Waste Treat (Or. Brit.). – 2000. – № 5.
4. Ингибитор Коррозии «ИК-МА-16» на основе кротонового альдегида и моноэтаноламина / А.Х. Нарзуллаев, Х.С. Бекназаров, А.Т. Джалилов, А.Х. Панжиев // Научный журнал Universum: Химия и биология. – 2019. – № 6 (60). – С. 64–66.
5. Ингибиторы коррозии аик-1 и аик-2 в агрессивных средах / А.Х. Нарзуллаев, Х.С. Бекназаров, А.Т. Джалилов, Ш.Н. Киёмов [и др.] // Научный журнал Universum: Технические науки. – 2019. – № 7 (64). – С. 43–44.
6. Кузнецов Ю.И., Казанская Г.Ю., Цирульникова Н.В. Аминофосфатные ингибиторы коррозии стали // Защита металлов. – 2003. – Т. 39. – С. 141–145.
7. Тошев М.Э., Умаров А.Н., Кадиров Х.И. Ингибиторы солеотложения для водогрейных котлов и систем теплоснабжения // Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефтегазовой и пищевой промышленности». – 2016.
8. Эшмаматова Н.Б. Синтез и физико-химическое исследование олигомерных ингибиторов коррозии // Приволжский научный вестник. – 2013. – № 8 (24). – Т. 1. – С. 8–12.
9. Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И. Исследование эффективности разработанных олигомерных ингибиторов в производственных условиях электрохимическими методами // Приволжский научный вестник. – Ижевск, 2012. – № 12. – С. 4–12.
10. Electrochemical, activations and adsorption studies for the corrosion inhibition of low carbon steel in acidic media / A.A. Khadom, A.S. Yaro, A.S. AlTaie, A.A.H. Kadum // Portug. Electrochim. Acta. – 2009. – № 27. – P. 699–712.
11. El-Etre A.Y., Abdallah M., El-Tantawy Z.E. Corrosion inhibition of some metals using lawsonia extract // Corros. Sci. – 2005. – № 47. – P. 385–395.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ СИНТЕЗ РЕАКЦИОННОСПОСОБНЫХ ФУРАНОВЫХ ОЛИГОМЕРОВ И ВСПЕНЕННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ИХ ОСНОВЕ

Магруппов Фархад Асадуллаевич

*д-р хим. наук, проф., Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: magrupov_4@mail.ru*

Алимухамедов Музафар Ганиевич

*д-р техн. наук, доц., Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: MGA_1953@mail.ru*

Адилов Равшан Иркинович

*д-р техн. наук, доц. Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: adilov_ravshan@mail.ru*

Низамов Тулкун Абдусаматович

*канд. техн. наук, доц., Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: nizamov.63@mail.ru*

ADJUSTABLE SYNTHESIS OF REACTIVE FURAN OLIGOMERS AND FOAMED POLYMER COMPOSITIONS ON THEIR BASIS

Farchad Magrupov

*doctor of chemical sciences, professor, Tashkent Chemical-Technological institute,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Muzafar Alimukhamedov

*doctor of technical sciences, dotsent, Tashkent Chemical-Technological institute,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Ravshan Adilov

*doctor of technical sciences, dotsent, Tashkent Chemical-Technological institute,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Tulkun Nizamov

*candidate of technical sciences, dotsent, Tashkent Chemical-Technological institute,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

Синтезированы реакционноспособные фурановые олигомеры поликонденсационного типа реакцией фурфуролового спирта с гидроксилсодержащими предполимерами различной структуры и функциональности и фурановые гидроксилсодержащие аммониевые основания полимеризационного типа. Изучены их физико-химические свойства. При использовании синтезированных олигомеров в качестве гидроксилсодержащих соединений разработаны жесткие пенополиуретаны. Показано влияние природы синтезированных фурановых олигомеров на эксплуатационные свойства жестких пенополиуретанов.

ABSTRACT

The reactive polycondensation furan oligomers have been synthesized by the reaction of furfuryl alcohol with hydroxylcontaining prepolymers of various structure and functionality, and furan hydroxylcontaining ammonium bases—polymerization type. Their physicochemical properties were studied. Using synthesized oligomers as hydroxylcontaining compounds, rigid polyurethane foams have been developed. The influence of the nature of the synthesized furan oligomers on the performance properties of rigid polyurethane foams is presented.

Ключевые слова: олигомер, фурфуроловый спирт, предполимер, поликонденсация, полимеризационные фурановые ионеновые олигомеры, физико-химические свойства, пенополиуретан, параметры вспенивания, прочностные свойства.

Keywords: Oligomer, furfuryl alcohol, prepolymer, polycondensation, polymerization furan ionene oligomers, physicochemical properties, polyurethane foam, foaming parameters, strength properties.

Развитие науки и техники обуславливает высокие темпы роста нетрадиционных методов переработки, в частности, термореактивных олигомеров. К ним относится и химическое формование, позволяющее сочетать в одной технологической стадии получение полимера и изделия. Метод химического формования основан на использовании олигомеров, и, таким образом, как возможности, так и развитие этого метода зависят от успеха химии олигомеров (создание новых олигомеров, их реакционная активность, возможности введения специфических групп) [3].

В этом аспекте фурановые олигомеры, полимеры на основе которых отличаются высокими эксплуатационными свойствами, являются перспективным видом сырья. Однако плохая адгезия к различным поверхностям, большая усадка после отверждения и связанная с этим хрупкость, невозможность регулирования функциональности известных фурановых олигомеров ограничивают их использование во многих отраслях промышленности. Исходя из вышесказанного, изыскание путей синтеза полифункциональных фурановых олигомеров с регулируемым строением и свойствами, а также разработка полимерных композиционных материалов на их основе являются актуальной проблемой.

Авторами работ [5] были изучены условия гомополиконденсации фурфуролового спирта (ФС) и его гетерополиконденсации с формальдегидом (ФД) [11]. Показано, что образование олигомерных продуктов протекает в кислой среде за 1,5–2 ч при температуре 96–98 °С. При этом с увеличением кислотности среды концентрации прореагировавших мономеров повышаются прямолинейно. Гомополиконденсацией ФС можно получить монофункциональные по гидроксильным группам фурфуроловые олигомеры (ФО), содержащие фурановые гетероциклы, соединенные в основном метиленовыми связями. В отличие от гомополиконденсации ФС, при его гетерополиконденсации с ФД образуются бифункциональные фурфурол-формальдегидные олигомеры (ФФО), которые по сравнению с чисто фурфуроловыми имеют ряд преимуществ, в частности,

возможность варьирования физико-химических свойств, меняя стехиометрическое соотношение мономеров, условия проведения реакции.

Однако необходимо отметить, что ФО, ФФО олигомеры имеют максимальную функциональность по гидроксильным группам 1 и 2 соответственно и короткие $-\text{CH}_2-$, $-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-$ связи, соединяющие фурановые циклы. Это затрудняет варьирование параметров формования и в особенности эксплуатационных свойств полимерных композиционных материалов. Композиции и, в частности, жесткие пенополиуретаны (ППУ) на основе ФО и ФФО, хотя и характеризуются высокой теплостойкостью и относительно низкой горючестью, обладают плохой адгезией к различным поверхностям, хрупки и характеризуются низкими прочностными показателями. С целью регулирования этих показателей в ранее проведенных исследованиях [2; 12] использованы удлинители цепи, сшивающие агенты различной длины и природы.

Изучение закономерностей образования существующих фурановых олигомеров позволило предположить возможность создания олигомеров, сочетающих жесткие фурановые и гибкие алифатические блоки, регулирование состава и строения которых позволяет целенаправленно влиять на характеристики жестких ППУ на их основе.

В данной работе на основе синтеза поликонденсационных ФО с алифатическими блоками в цепи лежит синтез предполимера из алифатических дикарбоновых кислот (адипиновая, себаценовая), их ангидридов (малеиновый ангидрид) и алифатического диола (диэтиленгликоль). В дальнейшем синтезированные предполимеры подвергали конденсации с ФС согласно методике, описанной в работах [8; 9]. В зависимости от стехиометрического соотношения исходных продуктов получают олигомеры с различным соотношением жестких и эластичных блоков.

Исследованием влияния условий проведения процесса на физико-химические свойства выявлены оптимальные режимы синтеза олигомеров, некоторые свойства которых сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Физико-химические свойства синтезированных олигомеров

Показатели	Фурановые олигомеры				
	Поликонденсационные			Полимеризационные	
	ОДЭМФ	ОДЭАФ	ОДЭСФ	ОФГЭЭПАХ	ОФАГЭЭПАХ
1	2	3	4	5	6
Среднечисленная молекулярная масса	500–700	550–850	550–1300	700–900	1000–1200
Динамическая вязкость, при 25 °С, мПа*с	2500–20000	500–1200	1500–10000	3000–3200	2800–3000

Содержание гидроксильных групп, %	4,8–6,8	4,0–6,0	3,0–6,0	7,5–8,5	7,0–8,0
Кислотное число, мгКОН/г	4,0–6,0	6,0	6,0–7,0	–	–
Плотность, кг/м ³	1150–1220	1126–1130	1134–1200	1230–1240	1150–1180
Среднечисленная функциональность по гидроксильным группам	1,9–2,1	1,9–2,1	1,9–2,1	4,6–5,4	4,6–5,4

*Примечание: ОДЭМФ – олигодиетиленималеинатфуранол;
ОДЭАФ – олигодиетилениадицинатфуранол;
ОДЭСФ – олигодиетиленисебацинатфуранол;
ОФГЭЭПАХ – олигомер N-фурфурилен-N-2-гидроксиэтил-N-2,3-эпоксипропил аммоний хлорид;
ОФАГЭЭПАХ – олигомер N-фурилакродиден-N-2-гидроксиэтил-N-2,3-эпоксипропил аммоний хлорид.*

Данные таблицы показывают (графы 2, 3, 4), что вязкость синтезированных олигомеров колеблется в широких пределах, например, при прочих приблизительно равных показателях вязкость изменяется на порядок при переходе от ОДЭАФ к ОДЭСФ и ОДЭМФ. Это, по-видимому, свидетельствует о значительной, существенной интенсивности межмолекулярного взаимодействия полярных групп между цепями олигомеров.

Перспективным направлением синтеза реакционноспособных фурановых олигомеров является полимеризация. Известно [10], что эпихлоргидрин взаимодействует с третичными аминами с образованием четвертичных аммониевых солей. При этом образующиеся аммониевые соли могут полимеризоваться за счет раскрытия напряженного оксиранового цикла с образованием аммониевых олигомеров и полимеров. Нами проведены систематические исследования по синтезу фурановых гидроксилсодержащих аммониевых оснований (ГАО), протекающему при химическом активировании фурансодержащих третичных аминов эпихлоргидрином. При этом взаимодействием фурфурилиденаминоэтанола (ФАЭ) и фури-

лакродиденаминоэтанола (ФААЭ) с эпихлоргидрином синтезированы ионенные олигомеры (ОФГЭЭПАХ и ОФАГЭЭПАХ) (табл. 1). Выявлено, что при использовании в качестве азотсодержащего мономера как ФАЭ, так и ФААЭ на первом этапе происходит образование четвертичной аммониевой соли и в последующем происходит олигомеризация за счет раскрытия эпиксидных циклов с образованием олигомеров. Методики синтеза фурановых ГАО описаны в работах [6; 1].

Свойства синтезированных ионенных олигомеров сведены в табл. 1 (графы 5, 6).

Проведенные исследования позволили синтезировать реакционноспособные олигомеры с широким спектром свойств. Это позволяет варьировать в широких пределах физико-механические свойства ППУ на их основе.

В дальнейшем, используя синтезированные олигомеры в качестве гидроксилсодержащих соединений, разработаны жесткие ППУ. Параметры вспенивания композиций и свойства ППУ, содержащих оптимальные количества синтезированных олигомеров, приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Параметры вспенивания композиций и свойства пенополиуретанов на их основе

Показатели	ППУ на основе					ППУ-307
	ОДЭМФ	ОДЭАФ	ОДЭСФ	ОФГЭЭПАХ	ОФАГЭЭПАХ	
1	2	3	4	5	6	7
Время старта, с	16	14	12	16	13	20
Время гелеобразования, с	37	27	30	37	32	55
Время подъема, с	65	65	71	70	62	108
Кажущаяся плотность, кг/м ²	100	100	100	100	100	100
Напряжение сжатия при 10%-ной деформации, МПа	0,92	1,0	0,87	1,37	1,17	0,78
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	1,75	2,3	2,75	1,01	0,83	–
Ударная вязкость, кДж/м ²	0,45	0,64	0,91	0,56	0,49	0,31
Водопоглощение, см ³ /м ²	137	125	110	72	100	0,22*
Теплостойкость по Вика, К	391	382	376	446	441	395
Горючесть (огневая труба) потеря массы, %	63,1	65,2	84	31	43	100

*Примечание: * водопоглощение в кг/м².*

Данные таблицы 2 показывают, что при переходе от ОДЭМФ к ОДЭАФ, а затем к ОДЭСФ параметры вспенивания (время старта, гелеобразования и подъема) остаются почти без изменения, текучесть незначительно ухудшается. Более явная зависимость от структуры синтезированных олигомеров наблюдается для физико-механических свойств ППУ. Так, например, при переходе от ОДЭМФ к ОДЭСФ при одинаковой кажущейся плотности ППУ снижаются прочность при сжатии от 0,92 до 0,87 МПа, водопоглощение – 137 до 110 см³/м², теплостойкость по Вика – от 391 до 376 К, при этом повышаются разрушающее напряжение при изгибе от 1,75 до 2,75 МПа, ударная вязкость – от 0,45 до 0,91 кДж/м², потеря массы при сжигании в огневой трубе – от 63 до 84 % соответственно (табл. 2, графы 2–4). Это, по-видимому, обусловлено ростом доли гибких алифатических сегментов в составе олигоэфирфуранолов, что приводит к повышению молекулярной массы на узел разветвления, средней функциональности системы и увеличению гибкости макроцепи полимер-основы пенопластов.

Благодаря наличию в составе синтезированных фурановых ГАО галоид иона, гидроксильных групп, гетероцикла и ароматического ядра они могут быть использованы в качестве активных, вступающих в химическое взаимодействие с другими компонентами композиции антипиренов в производстве жестких ППУ [4]. При этом высокая подвижность хлор-ионов обуславливает их высокую эффективность [7].

В ряду ОФГЭЭПАХ, ОФАГЭЭПАХ возрастают эквивалентная масса и функциональность олигомеров, рассчитанных по гидроксильным группам. Это приводит к закономерному уменьшению плотности сшивки, хрупкости полимер-основы жестких ППУ, что выражается в понижении значений прочности

при сжатии от 1,37 до 1,17 МПа, разрушающего напряжения при изгибе – от 1,01 до 0,83 МПа, ударной вязкости – от 0,56 до 0,49 кДж/м² для ОФГЭЭПАХ, ОФАГЭЭПАХ соответственно. При этом показатели водопоглощения и потери массы при горении в огневой трубе повышаются, в то время как теплостойкость остается практически неизменной (табл. 2, графы 5, 6).

Таким образом, в результате проведенных систематических исследований показано влияние синтезированных при оптимальных условиях поликонденсационных фурановых олигомеров с алифатическими блоками в цепи, а также полимеризационных фурановых ГАО на технологические параметры вспенивания композиции и физико-механические свойства жестких пенополиуретанов; показано влияние их природы, строения, функциональности на параметры формования и физико-механические свойства пенополиуретанов. Установлено благоприятное влияние гетероциклов на показатели горючести. Сравнение свойств разработанных и аналогичного промышленного пенопластов показывает (табл. 2), что разработанные ППУ по основным прочностным показателям, теплостойкости и горючести превосходят аналог.

Выводы

Поликонденсацией фурфуролового спирта с гидроксилсодержащими предполимерами различной структуры и функциональности, а также полимеризацией фурановых гидроксилсодержащих аммониевых оснований синтезированы реакционноспособные фурановые олигомеры с широким спектром физико-химических свойств. На основе полученных фурановых олигомеров разработаны жесткие ППУ с улучшенными прочностными и теплофизическими свойствами по сравнению с аналогичным пенопластом.

Список литературы:

1. Адилев Р.И. Закономерности образования мономерных и олигомерных продуктов взаимодействия моноэтаноламина и альдегидов // Химия и химическая технология. – 2016. – Спецвыпуск. – С. 43.
2. Алимухамедов М.Г., Магруппов Ф.А., Абдурашидов Т.Р. Жесткие ППУ на основе гидроксилсодержащих фурановых олигомеров // Пласт. массы. – 1983. – № 4. – С. 26–29.
3. Джалилов А.Т., Малкандуев Ю.А., Микитаев А.К. Синтез и свойства реакционноактивных полимеров. – М.: Изд-во РХТУ, 2011. – 282 с.
4. Евсеев Л.Д. О пожарной опасности пенополиуретанов // Полиуретановые технологии. – 2007. – № 4. – 11 с.
5. Магруппов Ф.А., Алимухамедов М.Г., Магруппов А.Ф. Некоторые особенности механизма образования фурфуроловых олигомеров // Пласт. массы. – 2006. – № 9. – С. 13–16.
6. Магруппов Ф.А., Балаян С.Р., Алимухамедов М.Г. Синтез и исследование четвертичных аммониевых солей на основе фурановых соединений // ДАН РУз. – 1992. – № 4–5. – С. 10–12.
7. Михайлин Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов. – СПб.: Научные основы и технологии, 2011. – 416 с.
8. Низамов Т.А. Синтез и исследование фурфурил-алкиленовых олигомеров // Пласт. массы. – 2011. – № 3. – С. 41–44.
9. Низамов Т.А., Алимухамедов М.Г., Магруппов Ф.А. Вспененные уретановые композиты на основе модифицированных гидроксилсодержащих фурановых олигомеров // Сборник научных статей по итогам Международного научного форума «Наука и инновации-современные концепции» (Москва, 18 октября 2019 г.). – С. 84–90.
10. Fedtke Et. At. Epoxidreactionen. XII. Zur reactionen von epichlorohydrin mit tetriaren aminen // Plaste und Kautsch. – 1986. – № 11. – Р. 9–12.

11. Investigating the conditions and mechanism of formation of furfuryl-formaldehyde oligomers / F.A. Magrupov, M.G. Alimuxamedov, A.F. Magrupov, T.A. Nizamov // International Polymer Science and Technology. – 2014. – Vol. 41. – № 1. – P. 37–42.
12. Pentz W.J., Dunlop W.R. Leitheiser a new furan polyol for low-fire-hazard rigid urethane foams /// J. Consum. prod. flammabilic. – 1982. – V. 9. – № 12. – P. 149–160.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНГИБИРОВАНИЯ КОРРОЗИИ СТАЛИ СТ20 НОВЫМ ИНГИБИТОРОМ ИКФ-1

Нуриллоев Зафар Исмаилов

преподаватель, PhD, Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: zafarnurilloev@mail.ru

Ганижонов Жасур Ганижонович

магистр, Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара

Бекназаров Хасан Сойибназарович

д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник, Ташкентский научно-исследовательский институт
химической технологии,
Республика Узбекистан, п/о Шуро-базар
E-mail: hasan74@mail.ru

Джалилов Абдулахат Турапович

д-р хим. наук, академик АН РУз, Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

RESEARCH CORROSION INHIBITION BECAME ST20 THE NEW IKF-1 INHIBITOR

Zafar Nurilloev

Lecturer at the Bukhara Institute of Engineering and Technology
Republic of Uzbekistan, Bukhara

Jasur Ganijonov

Master at the Bukhara Institute of Engineering and Technology
Republic of Uzbekistan, Bukhara

Hasan Beknazarov

Doctor of Technical Sciences Leading Researcher, Tashkent Research Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, p/o Shuro Bazaar

Abdulahat Djalilov

D.Sc., Academician, Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье исследован ингибитор ИКФ-1 на основе поликотонолдиамидофосфата, который, действуя как новые ингибиторы коррозии для стали Ст20 в растворе соляной кислоты (HCl), был оценен электрохимическими измерениями, измерением потери веса и сканирующей электронной микроскопией. Потенциодинамическое измерение поляризации показывает, что синтезированный ингибитор является эффективным ингибитором смешанного типа. Эффективность ингибирования увеличивается с увеличением концентрации ингибитора, уменьшается – с увеличением концентрации HCl и температуры.

ABSTRACT

The article investigated an ICF-1 inhibitor based on polycrotonol-diamidophosphate, which, acting as new corrosion inhibitors for steel St20 in a solution of hydrochloric acid (HCl), were evaluated by electrochemical measurements, weight loss measurements, and scanning electron microscopy. The potentiodynamic measurement of polarization shows that the synthesized inhibitor are effective mixed type inhibitors. The effectiveness of inhibition increases with increasing concentration of the inhibitor, decreases with increasing concentration of HCl and temperature.

Ключевые слова: поликотонолдиамидофосфат, ингибитор коррозии, кротоновый альдегид, диамидофосфат, коррозия металла.

Keywords: polycrotonol diamidophosphate, corrosion inhibitor, crotonic aldehyde, diamidophosphate, metal corrosion.

Введение. Кислотные растворы использовались для очистки, химической очистки и травления различных металлических конструкций и оборудования в промышленности [4]. Кислотное травление стали является важным этапом обработки для удаления оксидов, образующихся при отжиге и горячей прокатке [5]. На самом деле, использование ингибиторов коррозии во время кислотного травления стали, кажется, становится все более и более важным из-за наличия нежелательного и обширного воздействия [8], которое считается одним из наиболее практичных методов защиты металлов от коррозии и растворения [7]. По сравнению с другими существующими технологиями защиты от коррозии использование ингибиторов коррозии является эффективным и многообещающим методом с несколькими преимуществами: не требуется специального оборудования, низкая стоимость, проста эксплуатации и т.д.

Для разработки нового эффективного ингибитора коррозии и целью настоящей работы является исследование ингибирования коррозии стали Ст20 в растворе соляной кислоты (HCl) с помощью ИКФ-1 (поликритондиамидофосфат).

Экспериментальная часть. Поликритондиамидофосфат был синтезирован на основе кротонового альдегида и диамидофосфата. Исследовано поведение ингибированной коррозии стали (Ст20) в растворе HCl с помощью ИКФ-1 с использованием потенциодинамического измерения поляризации, измерения потери веса и сканирующего электронного микроскопа. Между тем влияние концентрации ингибитора, температуры и концентрации HCl на ингибирующее действие было детально исследовано.

Рабочий электрод и образцы для испытаний, используемые для оценки ингибирования коррозии, были изготовлены из стали (Ст20). Образцы, использованные для измерения потери веса и анализа, с помощью сканирующего электронного микроскопа

были разрезаны на размеры 50 мм × 20 мм × 5 мм. Перед испытанием все образцы механически шлифовали наждачной бумагой, промывали дистиллированной водой, обезжиривали в ацетоне и затем сушили при комнатной температуре.

Испытуемые растворы готовили с помощью аналитической чистоты HCl (37 %) и дистиллированной воды. Во время потери веса и электрохимических измерений температуру испытуемого раствора контролировали водяным термостатом DF-101S (Китай) с точностью до $\pm 0,1$ °C, и все эксперименты были проведены на воздухе в статических условиях.

С помощью сканирующего электронного микроскопа изучали морфологию поверхности образцов для испытуемых образцов на сканирующем электронном микроскопе (SEM, Tescan Vega III) в высоком вакууме.

Результаты и обсуждение. На рис. 1 показано изменение потенциала (E_{ocp}) рабочего электрода из стали Ст20 со временем погружения (t) в 1,0 М HCl в отсутствие и в присутствии 60 мг/л ИКФ-1 при 303 К. Во всех случаях начальный потенциал сдвигается положительным значением со временем и постепенно остается устойчивым значением, что аналогично предыдущим опубликованным кривым E_{ocp} времени для стали в 1,0 М HCl [3; 1]. Между тем можно наблюдать, что после 30-минутного погружения наблюдаются только незначительные изменения в E_{ocp} . Следовательно, устойчивое состояние было достигнуто через 40 мин для электрохимических испытаний. Значение E_{ocp} при 30 мин в HCl без ингибитора составляет 0,4588 В (по сравнению с SCE). Потенциал стационарного состояния становится положительным после добавления ингибиторов к 1,0 М раствору HCl, что указывает на то, что коррозия стали Ст20 замедляется ингибитором ИКФ-1.

Рисунок 1. Кривые потенциала времени для стали Ст20 в 1,0 М HCl в отсутствие и в присутствии 60 мг·л⁻¹ ИКФ-1 при 303 К

Рисунок 2. Потенциодинамические кривые поляризации для стали Ст20 в 1,0 М НСl при отсутствии и наличии различных концентраций ИКФ-1 при 303 К

При 303 К кривые потенциодинамической поляризации стали Ст20 в 1,0 М НСl в отсутствие и в присутствии различных концентраций ИКФ-1 показаны на рис. 2. Параметры электрохимической коррозии,

включая потенциал коррозии E_{corr} (мВ), плотность тока коррозии i_{corr} ($\mu\text{A cm}^{-2}$) и эффективность торможения η_t (%), приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Параметры поляризации и соответствующая эффективность ингибирования для стали Ст20 в 1,0 М НСl в отсутствие и в присутствии различных концентраций ИКФ-1 при 303 К

Концентрация ингибитора, $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$	E_{corr} , мВ	i_{corr} , $\mu\text{A cm}^{-2}$	η_t , %
0	–482	1413,68	–
20	–487	675,46	94,21
40	–495	276,53	95,63
60	–502	257,62	96,74
80	–513	248,07	98,35
100	–516	242,38	98,78

Как показано на рис. 2 и в таблице 1, как анодная, так и катодная кривые сдвигаются к более низким плотностям тока, что указывает на то, что ингибитор может уменьшить анодное растворение в стали и замедлить восстановление ионов водорода. Эффект ингибирования усиливается с увеличением концентрации ИКФ-1 в результате адсорбции ингибиторов на поверхности электрода из стали. Одним из возможных механизмов является адсорбция трех ингибиторов на поверхности стали через электронную пару гетероатомов (N и O) и π -электронов $\text{C}=\text{O}$ и $\text{P}=\text{O}$ в молекулярной структуре ИКФ-1, который блокирует поверхность стали и снижает коррозионное притяжение стали в среде НСl.

По-видимому, плотность коррозионного тока при коррозии в стали в НСl намного меньше в присутствии ингибиторов по сравнению с таковой в отсутствие ингибитора и уменьшается с увеличением концентрации ингибитора. Соответственно, эффек-

тивность ингибирования увеличивается с увеличением концентрации ингибитора из-за увеличения заблокированной доли поверхности электрода из стали в результате адсорбции. В 1,0 М НСl с $100 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ ингибитора эффективность ингибирования достигает максимум 98,78 %, что свидетельствует об эффективности ингибитора поликритонолдитиофосфата (ИКФ-1) для стали Ст20 в растворе НСl и эффективности ингибирования.

Кроме того, ингибитор может быть классифицирован как катодный или анодный, если смещение в потенциале коррозии превышает 82 мВ относительно потенциала коррозии заготовки [2]. Потенциалы коррозии слегка смещаются в положительном или отрицательном направлении, указанном в таблице 1. Весь потенциал коррозии стали в 1,0 М НСl с ИКФ-1 при 303 К сдвигается менее чем на 82 мВ, что указывает на то, что ИКФ-1 является ингибитором смешанного типа.

Таблица 2.

Скорость коррозии и соответствующая эффективность ингибирования для стали Ст20 в 1,0 М НСl в отсутствие и в присутствии различных концентраций ИКФ-1 при 303 К гравиметрическим методом

Концентрация ингибитора, мг·л ⁻¹	v , (гр/ч)	η , %
0	40,51	–
20	2,654	94,33
40	1,435	95,92
60	1,016	96,23
80	0,567	98,12
100	0,478	98,65

Из измерения потери веса соответствующая эффективность ингибирования (η , %) ИКФ-1 для стали в 1,0 М НСl при 303 К приведена в таблице 2. В этой таблице можно обнаружить, что повышение эффективности ингибирования с увеличением концентрации ингибитора, когда концентрация ингибитора увеличивается до 60 мг/л, происходит при дальнейшем увеличении концентрации ингибитора. Ингибирование коррозии объясняется адсорбцией компонентов, включающих гетероатомы (N, P и O) и η -

электронов P = O и C = O групп в молекулярных ингибиторах на поверхности стали Ст20. Полученные результаты показывают, что эффективность ингибирования исследованных соединений хорошо согласуется с результатами, полученными с помощью электрохимической поляризации и гравиметрическими методами. С увеличением концентрации ИКФ-1 до 100 мг/л эффективность ингибирования составляет 98,78 и 98,65, что также показывает, что этот ингибитор может действовать как эффективные ингибиторы коррозии для стали Ст20 в солянокислых средах.

Рисунок 3. СЭМ-микрофотографии стали Ст20, погруженной в 1,0 М НСl без (а) и (б) с 60 мг/л ингибитора ИКФ-1 при 303 К в течение 2 часов

На рис. 3 (а и б) показаны изображения сканирующей электронной микроскопии (SEM) стали Ст20, погруженной в 1,0 М НСl без и с 60 мг/л ингибитора ИКФ-1 в течение 2 часов при 303 К, которые использовались для изучения изменения произошедшей во время процесса коррозии в отсутствие и в присутствии ингибитора ИКФ-1. Погружение стали в незагрязненный раствор (солянокислотный раствор) наносит значительный ущерб вследствие растворения стали в солянокислотном растворе 1,0 М НСl (см. рис. 3 (а)), что приводит к довольно шероховатой поверхности. Результат показывает, что поверхность стали сильно корродирует в отсутствие ингибитора в 1,0 М НСl. В отличие от этого, как показано на рис. 3 (б), в присутствии 60 мг/л ИКФ-1 поверхность стали

значительно меньше повреждается, что дополнительно подтверждает ингибирующее действие и адсорбцию ингибитора на поверхности стали Ст20.

Заключение. Таким образом, из полученных данных установлено, что эффективность ингибирования увеличивается с увеличением концентрации ингибитора коррозии, снижается с увеличением концентрации НСl и температуры. Измерения потенциодинамической поляризации показывают, что плотность тока коррозии значительно уменьшается, а потенциал коррозии незначительно изменяется при добавлении ИКФ-1 в раствор НСl, и синтезированный ингибитор оказывается ингибитором смешанного типа.

Список литературы:

1. Исследование ингибирующих свойств некоторых композиций / Х.С. Бекназаров, А.Т. Джалилов, З.И. Нуриллов, А.Х. Нарзуллаев // Композиционные материалы. – Ташкент, 2018. – № 2. – С. 119–122.
2. Нуриллов З.И., Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т. Оценка эффективности ингибиторов кислотной коррозии конструкционной углеродистой стали марки 20 гравиметрическим методом // Развитие науки и технологий : научно-технический журнал. – Бухара, 2019. – № 2. – С. 42–47.
3. Нуриллов З.И., Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т. Исследование ингибирования коррозии стали 20 в 1М растворах H_2SO_4 , исследованных методом атомно-абсорбционной спектроскопии // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. – 2019. – № 2 (59). – С. 56–64.
4. Chauhan L.R., Gunasekaran G. Corrosion inhibition of mild steel by plant extract in dilute HCl medium // Corros Sci. – 2007. – № 49. – P. 1143–1161.
5. Quinol-2-thione compounds as corrosion inhibitors for mild steel in acid solution / R.A. Prabhu, T.V. Venkatesha, A.V. Shanbhag, B.M. Praveen [et al.] // Mater Chem Phys. – 2008. – № 108. – P. 283–289.
6. Synergistic inhibition effects of bamboo leaf extract/major components and iodide ion on the corrosion of steel in H_3PO_4 solution / X.H. Li, S.D. Deng, H. Hu, X.G. Xie // Corros Sci. – 2014. – № 78. – P. 29–42.
7. Trabianelli G. Inhibitors-an old remedy for a new challenge // Corrosion. – 1991. – № 47. – P. 410–419.
8. Wang X.M., Yang H.Y., Wang F.H. A cationic gemini-surfactant as effective inhibitor for mild steel in HCl solutions // Corros Sci. – 2010. – № 52. – P. 1268–1276.

ЭПОКСИДНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРОВ

Садикова Мухаё Муратовна

науч. сотр., Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара

Хамраева Маргуба Комиловна

преподаватель, PhD, Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: marguba2184@mail.ru

EPOXY COMPOSITE MATERIALS AND THEIR INFLUENCE ON PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMERS

Mukhayo Sadikova

Research Scientist, Bukhara Institute of Engineering and Technology,
Uzbekistan, Bukhara

Marguba Hamrayeva

Lecturer, Bukhara Institute of Engineering and Technology,
Uzbekistan, Bukhara

АННОТАЦИЯ

В данной статье авторами проводится анализ наполнителей для полимеров, в частности, резинового порошка в качестве дополнения к смеси наполнителей, а также приводятся основные параметры создания полимерных вязущих вязкоупругого слоя, приведены физико-механические свойства термореактивных полимеров, которые могут входить в состав наполнителей такого рода.

ABSTRACT

In this article, the authors analyze the fillers for polymers, in particular rubber powder as an addition to the mixture of fillers, as well as the main parameters for creating polymer binders of a viscoelastic layer are given, the physicomechanical properties of thermosetting polymers that can be included in the fillers of such kind of.

Ключевые слова: полимеры, структура, вибропоглощающие покрытия, наполнители, эпоксидная смола, резиновый порошок, механические свойства, прочность, композиция, полиэтиленполиамин.

Keywords: polymers, structure, vibration-absorbing coatings, fillers, epoxy resin, rubber powder, mechanical properties, strength, composition, polyethylene polyamine.

За годы независимости в Узбекистане были реализованы комплексные меры, направленные на развитие химической промышленности, особое внимание уделяется ввозу нового оборудования по производству полимерных композиционных материалов, были построены десятки предприятий государственного масштаба для обеспечения внутреннего рынка всеми необходимыми видами химической, пищевой и нефтяной продукции. Развиваются сферы по переработке полимеров, пищевых и других продуктов.

Поскольку химическая промышленность является одной из важных отраслей национальной экономики, то в утвержденной стратегии развития экономики по усилению и развитию потенциала государства на 2017–2021 годы были особо отмечены

несколько отдельных направлений, касающихся развития данной отрасли.

Эта стратегия развития ускорит выход на международный рынок, увеличит экспортный потенциал страны, приведет к повышению качества продукции и ее конкурентоспособности. Новые технологии и оборудование обеспечат рынок прежде всего качественной продукцией, сделают процесс производства и переработки малоотходным, а в некоторых направлениях и вовсе безотходным, а также упростят производство, удешевят его, не допуская расхода сырья [2].

Вибродемпфирующие свойства полимеров, как и другие свойства, в первую очередь зависят от структуры полимеров. Так, например, на релаксационном спектре эпоксидного полимера (ЭД-16) обнаружен максимум, связанный

размораживанием подвижности сегментов в глобулярных образованиях при 404 К, а при 413 К – вторичный максимум механических потерь, связанный с подвижностью сегментов в более упорядоченных симметрических образованиях [1]. Наличие двух максимумов механических потерь, по-видимому, обусловлено наличием гетерогенных областей в структуре эпоксидного полимера. Такое наполнение довольно широко применяется в промышленности, а также является наиболее эффективным способом для того, чтобы направленно регулировать свойства эпоксидных полимеров. В результате наполнение позволяет изменить показатели механической прочности и жесткости, химической стойкости, теплостойкости, диэлектрических свойств в лучшую сторону. Иначе говоря, наполнение полимеров – это их сочетание с любыми другими – твердыми, газообразными – веществами. Наполнители равномерно распределяются в объеме композиции и имеют четко выраженную границу раздела с непрерывной полимерной фазой (матрицей).

Для получения наполненных полимерных композиций в большинстве случаев применяют твердые тонкодисперсные наполнители с частицами сферической (стеклянные микросферы, золы-уноса), зернистой (сажа, кремнезем, древесная мука, мел, каолин), пластинчатой (тальк, графит, слюда), игольчатой (оксиды, соли, силикаты) формы, а также волокнистые наполнители (хлопок, стекловолокно, асбест, целлюлоза).

Широкий спектр наполнителей классифицируется по разным признакам, в том числе и по химическому, – органические (сажа, графит, целлюлоза, древесная мука); минеральные (каолин, кварц, асбест, оксиды металлов, мел, известняк); металлические (цинковая пыль, железный и медный порошок).

Для разработки вибропоглощающих покрытий используются различные полимеры с высокой степенью кристалличности, например, полиэтилен, политетрафторэтилен. Эпоксидные смолы, фурано-эпоксидные смолы и прочие [3].

Выбор вяжущего для вязкоупругого слоя вибропоглощающих покрытий. Теоретические исследования показали, что демпфирующие свойства вибропоглощающего покрытия определяются вибропоглощающими свойствами вязкоупругого слоя, демпфирующие свойства вязкоупругого слоя, в свою очередь, определяются свойствами полимерной матрицы. Полимерные вяжущие для вязкоупругого слоя должны отличаться рядом особенностей: они должны иметь хорошую адгезию, обеспечивать получение постоянно вязкой мастики. Температура стеклования должна располагаться в заданной температурной области работы материала. Высокая стойкость к различным агрессивным средам, для мастичных отверждаемых материалов это еще и прочность образуемого покрытия.

Физико-механические свойства некоторых терморезактивных полимеров представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Физико-механические свойства терморезактивных полимеров

Свойства	Полимеры			
	ЭД-20	ЭД-16	ФАЭД-20	ЭИС-1
Температура стеклования T_g , К	390	370	400	340
Плотность ρ , г/см ³	1,26	1,25	1,28	1,23
Адгезионная прочность σ_a , МПа	36,0	32,0	40,0	26,0
Ударная прочность $\sigma_{уд}$, Н*м	1,11	1,20	1,10	1,26

Выявлено, что из всех эпоксидных смол наиболее эффективна для вибропоглощающих покрытий эпоксидная смола ЭД-20. Поэтому в качестве связующего использовали эпоксидную смолу марки ЭД-20 (ГОСТ 10587–76).

В качестве отвердителя использовали полиэтиленполиамин (ПЭПА), а в качестве наполнителей – резиновые порошки (РП), измельченные различными методами, графит, каолин, тальк, имеющие чешуйчатые структуры.

Введение наполнителей изменяет и усложняет структуру полимера, вызывая изменение всех его свойств, улучшая или ухудшая их показатели по сравнению с исходными материалами.

Анализ данных, приведенных на рисунке, показывает, что дополнительное добавление к наполненному минеральными наполнителями композициям полимерного наполнителя резинового порошка вызывает, как следовало ожидать, снижение u_A системы.

Установлено, что полимерный наполнитель – резиновый порошок уменьшает адгезионную прочность эпоксидных композиций во всем диапазоне соотношений. Судя по графикам на рис. 1, можно увидеть, как изменяется относительное удлинение при разрыве композиционных материалов с добавлением резинового порошка.

Следует отметить, что добавление в эпоксидный полимер одинарного наполнителя резинового порошка в любом количестве способствует уменьшению композиции. Это обусловлено тем, что частицы порошкообразного эластомера, обладая меньшей поверхностной энергией, чем минеральные наполнители, не оказывают влияния на процессы образования сетчатой структуры эпоксидного полимера, а, наоборот, ухудшают адсорбционное взаимодействие связующего с подложкой, и вследствие этого u_A система снижается.

Рисунок 1. Зависимость адгезионной прочности композиции на основе олигомера ЭД-20 от содержания резинового порошка:

1 – РП; 2 – бетонит-20 + РП; 3 – каолин-20 + РП; 4 – РП + Графит-20 мас.ч.

Таким образом, показано, что влияние твердой поверхности наполнителя сопровождается уменьшением числа возможных конформаций макромолекул

в межфазном слое, изменением времени релаксации, повышением или понижением температуры, а также увеличением плотности упаковки молекул.

Список литературы:

1. Аркадский А.А. Деформация полимеров. – М. : Химия, 1973. – 448 с.
2. Влияние наполнителей на физико-механические свойства эпоксидных композиционных материалов / С.С. Негматов, З.У. Мухаммаджанов, М.М. Садыкова [и др.] / Материалы международной Узбекско-Белорусской научно-технической конференции. – Ташкент, 2020. – С. 81–83.
3. Mohan T.P. Thermal, Mechanical and vibration characteristics of epoxy-clay nanocomposites / T.P. Mohan, M. Ramesh Kumar, R. Velnrirugan // Journal of materials science. – 2006. – Vol. 41. – P. 5951–5925.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ОСНОВНЫХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА ПАРАФИНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ОТ ДЛИНЫ ЦЕПИ

Сафаров Бахри Жумаевич

канд. техн. наук, Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: safarov.baxri@mail.ru

Обидов Хамид Олимович

старший преподаватель, Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара.
E-mail: obidov_1981@bk.ru

STUDY OF THE COMPOSITION OF THE MAIN PYROLYSIS PRODUCTS OF PARAFFIN HYDROCARBONS FROM THE CHAIN LENGTH

Baxri Safarov

Department "Technology of oil refining", Bukhara Engineering and Technology Institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

Hamid Obidov

senior teacher, Bukhara engineering-technological institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

АННОТАЦИЯ

В данной работе исследована зависимость выхода основных продуктов пиролиза от длины цепи *n*-парафинового углеводорода в ряду *n*-гексан, *n*-октан, *n*-декан, *n*-додекан, *n*-пентадекан при температурах 620–780 °С и конверсиях 2–65 %. Показано, что характер зависимости выхода основных продуктов пиролиза от длины цепи *n*-парафинового углеводорода изменяется с изменением степени превращения.

ABSTRACT

In this work, we studied the dependence of the yield of the main pyrolysis products on the chain length of *n*-paraffin hydrocarbon in the series *n*-hexane, *n*-octane, *n*-decane, *n*-dodecane, *n*-pentadecane at temperatures of 620–780 °C and conversions of 2–65%. It was shown that the nature of the dependence of the yield of the main pyrolysis products on the chain length of *n*-paraffin hydrocarbon changes with a change in the degree of conversion.

Ключевые слова: продукты пиролиза, олефин, *n*-парафин, полициклические ароматические углеводороды, этилен, пропилен, тяжелые дистилляты, α -олефин, конверсия, глубина превращения, термическое разложение.

Keywords: pyrolysis products, olefin, *n*-paraffin, polycyclic aromatic hydrocarbons, ethylene, propylene, heavy distillates, α -olefin, conversion, conversion depth, thermal decomposition.

Введение. Ежегодно в мире увеличивается потребность в этилене и пропилене, являющимися базовым сырьем для процессов нефтехимического синтеза. Несмотря на активное использование легких углеводородов в качестве сырья пиролиза, применение бензиновых фракций все еще занимает лидирующее положение. В настоящее время в промышленности широко распространен пиролиз в трубчатых печах. Хотя и реализуются пути совершенствования данного процесса, в целом возможности его ограничены. Расширение исходной сырьевой базы с возможным сокращением удельного расхода сырья, а также всех теплоэнергетических и материальных затрат требует разработки новых модификаций процесса пиролиза. В связи с этим разработка процесса пиролиза, позволяющего увеличить выходы низкомолекулярных алкенов, в частности, пропилена, при

снижении эксплуатационных затрат на их получение является актуальной задачей.

В данной работе приведены результаты исследования пиролиза высших *n*-парафиновых углеводородов с различной длиной цепи в проточном реакторе с кипящим слоем порошкообразного кварца.

Наилучшим сырьем пиролиза с целью получения низших олефинов являются парафиновые углеводороды. Выход низших олефинов при пиролизе углеводородов различных классов убывает в ряду *n*-парафины, изо-парафины, замещенные нафтенy, незамещенные нафтенy, замещенные полициклические ароматические углеводороды, моноциклические ароматические углеводороды. В настоящее время с экономической точки зрения наиболее перспективными видами сырья для производства низ-

ших олефинов являются тяжелые дистилляты и остаточные нефтяные фракции, включающие различные типы углеводородов. По данным последних исследований структурно-группового состава вакуумных остатков ряда нефтей, наиболее тяжелые фракции содержат алифатические цепочки со средней длиной цепи около 12 атомов углерода. При этом даже ароматическая и смолистая фракции, выделенные из вакуумного остатка тяжелой высокосернистой иранской нефти, имеют алкильные заместители со средней длиной цепи 5–7 атомов углерода, а отдельные цепочки включает 14 атомов углерода. Общее содержание углерода в алифатической части этих фракций достигает примерно 50 % [2]. В связи с этим представляет интерес исследование закономерностей изменения выхода основных продуктов пиролиза с изменением длины цепи *n*-парафиновых углеводородов, которые входят в состав нефтяных фракций от бензина до мазута и характеризуют в основном качество сырья пиролиза.

Исследованию закономерностей термических превращений высших *n*-парафиновых углеводородов с детальным исследованием не только газообразных, но и жидких продуктов, посвящено относительно небольшое число работ [3; 4]. Обычно эти исследования относятся к области низких температур (400–600 °С). Кроме того, на основании литературных дан-

ных, полученных с использованием различных методик, невозможно сформулировать закономерности изменения выхода продуктов пиролиза от длины цепи углеводорода.

В настоящей работе проведено исследование пиролиза высших *n*-парафиновых углеводородов с различной длиной цепи в проточном реакторе с кипящим слоем порошкообразного кварца. Пиролизировали *n*-гексан, *n*-октан, *n*-декан и *n*-пентадекан, имеющие чистоту 98 %. Пиролиз осуществляли в токе аргона при температурах 620–780 °С, атмосферном давлении и мольном отношении углеводород/аргон равном 0,08–0,60. Методика проведения эксперимента описана в [1]. Продукты пиролиза анализировали хромато-графически. В таблице приведены составы продуктов типичных опытов по пиролизу углеводородов C₆–C₁₁. Как следует из таблицы, основными газообразными продуктами пиролиза являются водород, метан, этан, этилен, пропилен и бутилены. В значительно меньших количествах присутствуют пропан и дивинил. Содержание бутана и углеводородов C₃H₄ незначительно. Жидкие продукты пиролиза состоят в основном из α -олефинов. В небольших количествах присутствуют также диеновые углеводороды. На рис. 1–3 представлены зависимости выхода основных продуктов пиролиза от длины цепи *n*-парафина, полученные при экстраполяции к нулевой степени.

Таблица 1.

Распределение продуктов пиролиза исследованных углеводородов, масс. %¹

t, °С	Концентрация	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₆	α -C ₄ H ₈	C ₄ H ₆	α -C ₅	α -C ₆	α -C ₇	α -C ₈	α -C ₉	α -C ₁₀	α -C ₁₁	Исходный <i>n</i> -парафин
<i>n</i> -гексан																
620	1,9	0,01	0,26	0,09	0,63	0,58	0,25	—	0,03	—	—	—	—	—	—	97,38
650	10,3	0,05	1,01	0,40	2,78	2,36	1,51	0,07	0,47	—	—	—	—	—	—	88,76
720	27,7	0,25	4,07	1,22	12,37	6,70	1,97	0,48	0,66	—	—	—	—	—	—	71,76
<i>n</i> -октан																
620	3,4	0,01	0,25	0,43	0,89	0,52	0,33	—	0,25	0,22	0,11	—	—	—	—	95,53
680	16,5	0,15	2,09	1,48	5,91	2,64	1,44	0,13	1,12	0,93	0,52	—	—	—	—	82,84
720	35,9	0,11	1,93	2,95	16,14	6,81	2,31	0,29	2,02	2,00	0,86	—	—	—	—	63,42
<i>n</i> -декан																
646	9,4	0,03	0,83	1,01	3,18	1,47	0,70	0,04	0,51	0,62	0,54	0,58	0,30	—	—	88,64
670	13,5	0,05	1,22	1,23	4,14	2,14	1,07	0,08	0,81	0,97	0,77	0,77	0,36	—	—	84,72
689	26,8	0,11	2,64	2,21	8,72	4,26	1,41	0,18	1,37	1,72	1,49	4,67	0,67	—	—	71,73
<i>n</i> -додекан																
647	8,0	0,01	0,33	0,37	1,17	0,53	0,38	0,02	0,69	1,63	1,30	1,17	1,02	0,90	0,18	89,69
680	23,2	0,10	1,77	1,31	6,44	2,84	1,34	0,17	1,39	1,89	1,41	1,36	1,26	1,20	0,77	75,05
700	34,7	0,14	2,33	1,87	8,48	3,63	1,83	0,14	3,17	3,73	2,45	2,09	1,74	1,59	0,88	63,71
<i>n</i> -пентадекан																
626	10,3	0,03	0,70	0,65	1,90	1,14	0,45	0,06	0,35	0,73	0,63	0,60	0,59	0,62	0,55	89,73
662	18,2	0,04	1,13	1,02	3,80	1,79	0,63	0,10	0,80	1,58	1,20	1,09	1,08	1,09	1,05	81,79
720	65,1	0,37	7,36	3,49	21,38	8,78	2,83	0,57	3,31	3,67	2,22	1,72	1,56	1,54	1,38	34,93

¹ В продуктах пиролиза присутствовали также незначительные количества C₃H₈, *n*-C₄H₁₀, β -бутиленов углеводородов C₃H₄, бензола и высших диенов.

Выход водорода при нулевой степени превращения слабо увеличивается с ростом длины цепи *n*-парафина от 15 (для *n*-гексана) до 23 моль/100 моль превращенного углеводорода (для *n*-пентадекана). При 50 %-ной конверсии выход водорода практически не зависит от длины цепи *n*-парафина и составляет 40–45 моль/100 моль превращенного исходного углевода. Выход метана, наоборот, остается практически постоянным для всех исследованных углеводородов C_6 – C_{11} при нулевой степени превращения и составляет примерно 50 моль/100 моль превращенного углеводорода, а при 50 %-ной конверсии растет с увеличением длины цепи *n*-парафина. При этом в случае пиролиза каждого на исследованных углеводородах выход метана и водорода увеличивается с глубиной конверсии.

При нулевой степени превращения выход этилена практически не меняется с увеличением длины цепи углевода и составляет около 90 моль/100 моль превращенного исходного углеводорода. Для каждого *n*-парафина с увеличением глубины превращения выход этилена растет. При этом при 50 %-ной конверсии наблюдается монотонное увеличение выхода этилена с ростом длины цепи *n*-парафина примерно от 160 (для *n*-гексана) до 210 моль/100 моль превращенного углеводорода (для *n*-пентадекана). Выход этана при нулевой степени превращения несколько увеличивается при переходе от *n*-гексана к *n*-октану, а затем практически не изменяется с увеличением цепи и составляет примерно 40 моль/100 моль превращенного углеводорода. При этом не наблюдается существенного изменения выхода этана при пиролизе исследованных углеводородов несколько ниже его выхода при нулевой степени превращения. Выход пропилена при нулевой конверсии немного

снижается с ростом длины цепи. С глубиной конверсии выход пропилена при пиролизе *n*-гексана изменяется очень незначительно. С ростом длины цепи углеводорода выход пропилена увеличивается с увеличением степени превращения. Выход пропилена при нулевой и 50 %-ной конверсии *n*-гексана практически одинаков и составляет около 55 моль/100 моль превращенного *n*-гексана, а в случае *n*-пентадекана существенно различается и осуществляет 40 и 62 моль/100 моль превращенного *n*-пентадекана соответственно.

При нулевой степени превращения выход α -бутилена незначительно снижается с увеличением длины цепи *n*-парафина и составляет примерно 30 и 20 моль/100 моль превращенного углеводорода в случае *n*-гексана и *n*-пентадекана соответственно. С увеличением степени превращения выход α -бутилена падает. При этом наиболее резкая зависимость выхода α -бутилена от глубины превращения наблюдается при пиролизе *n*-гексана: 30 и 60 моль/100 моль превращения *n*-гексана при нулевой и 50 %-ной конверсии соответственно. Выход α -бутилена при пиролизе *n*-пентадекана слабо зависит от глубины конверсии и составляет примерно 21 и 45 моль/100 моль превращенного *n*-пентадекана соответственно при нулевой и 50 %-ной конверсии. В целом при 50 %-ной конверсии наблюдается слабый рост выхода α -бутилена с увеличением длины цепи *n* и растет с глубиной превращения. При экстраполяции к нулевой степени превращения выход бутадиена стремится к нулю. С увеличением длины цепи *n*-парафина выход бутадиена растет. При 50 %-ной конверсии при пиролизе *n*-гексана и *n*-пентадекана выход C_4H_6 составляет соответственно 1 и 3 моль/100 моль превращенного углеводорода.

— эксперимент; - - - - расчет; ○ — экстраполяция к нулевой конверсии; X — 50 %-ная конверсия;
 Δ — 10 %-ная конверсия

Рисунок 1. Зависимость выхода водорода, метана, пропилена и дивинила от длины цепи *n*-парафинового углеводорода

Рисунок 2. Зависимость выхода этилена, этана и ΣC_2 от длины цепи *n*-парафинового углеводорода

Рисунок 3. Зависимость выхода α -бутилена, α -пентана, α -октена и суммы высших α -олефиновых от длины цепи *n*-парафинового углеводорода

Таким образом, предложенный метод расчета начального выхода продуктов пиролиза *n*-парафиновых углеводородов в предположении об изомеризации только первичных алкильных радикалов во вторичные через пяти-, шести-, семи- и восьмициклические переходные комплексы при $\Delta E_{\text{п}} = 8,4$ и $\Delta E_{\text{ст}} = 5,0$ кДж/моль дает хорошо совпадающие с экспериментом значения. Предложенные в работах [3; 4] способы расчета первичного распределения продуктов пиролиза *n*-парафиновых углеводородов также учитывают изомеризации алканов.

Выводы

1. Исследована зависимость выхода основных продуктов пиролиза от длины цепи *n*-парафинового углеводорода в ряду *n*-гексан, *n*-октан, *n*-декан, *n*-додекан, *n*-пентадекан при температурах 620–780 °C и конверсиях 2–65 %.

2. Показано, что характер зависимости выхода основных продуктов пиролиза от длины цепи *n*-парафинового углеводорода изменяется с изменением степени превращения.

При 50 %-ной конверсии выход метана незначительно, а этилена резко возрастает с ростом длины цепи *n*-парафинового углеводорода, выход водорода и пропилена практически не изменяется.

Список литературы:

1. Гоникберг М.Г., Гаврилова А.Е., Казанский Б.А. Термический и каталитический крекинг парафиновых углеводородов под высоким давлением // Доклад АН СССР. – 1953. – Т. 89. – № 3. – С. 483.
2. Новак З., Наметкин Н.С., Румянцев А.Н. Современное состояние и перспективы развития производства низших олефинов пиролизом нефтяного сырья // Нефтехимия. – 1979. – Т. 19. – № 4. – С. 509–517.
3. Structural investigation on column chromatographed vacuum residues of various petroleum crudes by ^{12}C nuclear magnetic resonance spectroscopy / Y. Takegami, Y. Watanabe, T. Suzuki, T. Mitsudo [et al.] // Fuel. – 1980. – V. 59. – P. 253–259.
4. Voge H.H., Good G.M. Thermal cracking of higher paraffins. – 1998. – V. 71. – P. 593–597.

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ
КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ОРГАНИЧЕСКОГО МОДИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ
ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА И КАРБАМИДА (МАРКИ ОП-10)**

Умиров Нурбек Норбутаевич

докторант, Каршинский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: 18021988umirov@gmail.com

Нуркулов Файзулла Нурмунинович

д-р техн. наук, начальник отдела технологии,
Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Джалилов Абдулахат Турапович

д-р хим. наук, акад. АН РУз, Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

**SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF POLYFUNCTIONAL PROPERTIES
OF AN OXYGEN-CONTAINING ORGANIC MODIFIER BASED ON ISOPROPYL ALCOHOL
AND UREA (OP-10 BRAND)**

Nurbek Umirov

Doktorant, Tashkent Research Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Fayzulla Nurkulov

Doctor of Technical Sciences Head of Technology, Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Abdulahat Djalilov

D.Sc., Academician, Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В данной статье мы изучим синтез и научно-исследовательскую работу процесса карбонизации, соотносимо в специфическом получении октанового числа повышающим модификатором, заключающимся в том, что проводят реакцию взаимодействия изопропилового спирта с карбамидом. Реакция освещена с помощью методов физико-химического анализа.

ABSTRACT

In this article, we will study the synthesis and research work of the carbonation process, correlated in the specific production of octane number improving modifier, which is that the reaction of isopropyl alcohol with urea is carried out. During the reaction, illuminated using methods of physical and chemical analysis.

Ключевые слова: октан-повышающий модификатор, эффективность модификатора, изопропиловый спирт, карбамид.

Keywords: octane booster, modifier, efficiency modifier, isopropyl alcohol, urea.

В основу настоящих полифункциональных свойств кислородсодержащих органических модификаторов октан-повышающих присадок поставлена задача создания эффективного способа получения октан-повышающих присадок, обладающих высоким защитным эффектом, с использованием более доступных реагентов.

Получение октан-повышающих модификаторов заключается в том, что проводят реакцию взаимодействия изопропилового спирта с карбамидом в определенном соотношении.

В круглодонную колбу емкостью 250 мл и обратным холодильником помещают 20 г изопропилового спирта, 5 г карбамида, 3 капли концентрированной

соляной кислоты. Колбу нагревают на масляной бане при кипении около 30 минут, и после нагревания добавляют 5 г карбамида. Смесь паров аммиака, спирта и выделившегося эфира конденсируется в обратном холодильнике. После загрузки всех компонентов смесь начинают медленно нагревать на масляной бане. В течение первого часа реакция идет с саморазогревом, поэтому целесообразно прерывать внешний обогрев во избежание перебоев. Реакция достигает равновесия в течение 3 часов, при меньшей продолжительности глубина превращения соответственно уменьшается.

После окончания реакции колбу охлаждают до комнатной температуры, вместо обратного холодильника присоединяют дефлегматор (высотой не более 50 см) с нисходящим холодильником и термометром и проводят фракционную разгонку при атмосферном давлении. Температура в бане поддерживается в пределах 140–160 °С. Реакционную смесь при

непрерывном перемешивании при температуре 140–160 °С выдерживали в течение 1,5 часа. Затем охлаждали продукт до комнатной температуры.

Выход синтезированного кислородсодержащего органического модификатора – 72 %; pH – 7.

На выход полученного кислородсодержащего органического модификатора октан-повышающей присадки на основе изопропилового спирта и карбамида марки ОП-10 влияют температура, соотношение взятых компонентов и время. Нами получен полифункциональный кислородсодержащий органический модификатор на основе изопропилового спирта и карбамида октан-повышающей присадки, при этом были изучены оптимальные режимы получения кислородсодержащего органического модификатора, такие как температура, вязкость и соотношение исходных компонентов, изучены их ИК-спектры.

Рисунок 1. Химическая реакция изопропилового спирта и карбамида

Рисунок 2. Бис (1-гидроксиэтил) карбонат: конфигурация и 3D-структура

Синтезирован новый полифункциональный кислородсодержащий органический модификатор октан-повышающей присадки ОП-10. При различных соотношениях исходных компонентов в течение 3 ча-

сов изучали производительность реакции и определили, что наилучшим соотношением компонентов изопропилового спирта и карбамида является соотношение, соответственно равное 1:0,5 в течение 3 часов при температуре 160 °С. (рис. 3).

1 – 1:0,5; 2 – 1:1; 3 – 0,5:1

Рисунок 3. Зависимость выхода полифункционального кислородсодержащего органического модификатора октан-повышающей присадки ОП-10 от соотношения исходных веществ и от времени.

Температура – 160 °С

Оптимальная температура синтеза для выхода полифункционального кислородсодержащего органического модификатора марки ОП-10 – 160 °С. Последующее увеличение температуры приводит к уменьшению выхода кислородсодержащего органического модификатора октан-повышающей присадки марки ОП-10.

Синтез композиций, ингибирующих коррозию, при температуре 160 °С в течение 3 часов проводили с различными катализаторами на основе кислот и солей. Изучали производительность реакции. Высокоэффективным получился выход реакции при использовании в качестве катализатора соляной кислоты (рис. 4).

1 – соляная кислота; 2 – алюминий хлорид; 3 – серная кислота

Рисунок 4. Влияние катализатора на производительность реакции при 160 °С

Синтез и исследование физико-химических свойств кислородсодержащего органического модификатора марки ОП-10 приведены в табл. 1, 2 при оптимальных условиях ($T = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 3\text{ ч}$). Выход кислородсодержащего органического модификатора

марки ОП-10 получается при соотношении компонентов изопропилового спирта и карбамида 1:0,5. При этом выход составляет 72 %.

Таблица 1.

Физико-химические характеристики кислородсодержащего органического модификатора марки ОП-10

Название олигомера	Соотношение (моль)	Выход, %	Агрегатное состояние	pH	Плотность, г/см ³
ОП-10	1:0,5	72	жидкость	7,0	0,910
	1:1	41			
	0,5:1	38			

Таблица 2.

Физико-химические характеристики кислородсодержащего органического модификатора марки ОП-10

Наименование	Брутто формула	Найдено, %			Вычислено, %			Т _{кип} , °К	Т _{пл} , °К
		С	Н	О	С	Н	О		
Ди (оксиран-2-ил) карбонат	C ₅ H ₁₀ O ₅	39,56	6,61	55,29	40,00	6,71	53,29	578,12	301,82

Список литературы:

1. Бабкин. К.Д. Влияние метил-трет-бутилового (МТБЭ) и метил-трет-амилового (МТАЭ) эфиров на свойства реформированных бензинов // 05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ. Москва – 2020. -117с.
2. Даниленко, Т.В. Разработка топливных композиций бензинов с добавлением алифатических спиртов / Т. В. Даниленко. – М.: Колос, 2005. – 185 с.
3. Данилов А.М. Присадки к топливам. Разработка и применение. 1996-2000 г.г. Химия и технология топлив и масел. 2002, №6, с. 43-50.
4. Капустин, В.М. Нефтяные и альтернативные топлива с присадками и добавками / В. М. Капустин. – М.: Колос, 2008. - 332 с

ЦЕТАНОПОВЫШАЮЩИЙ И АНТИКОРРОЗИОННЫЙ МОДИФИКАТОР МАРКИ УНДЖ-20**Умиров Нурбек Норбутаевич**

докторант, Каршинский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: 18021988umirov@gmail.com

Нуркулов Файзулла Нурмунинович

д-р техн. наук, начальник отдела технологии,
Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Джалилов Абдулахат Турапович

д-р хим. наук, акад. АН РУз, Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

CETANE-REINFORCING, ANTI-CORROSION MODIFIER MARK-UNDJ-20**Nurbek Umirov**

doctoral student, Karshi state university,
Republic of Uzbekistan, Karshi

Fayzulla Nurkulov

Doctor of Technical Sciences Head of Technology, Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Abdulhat Djalilov

D.Sc., Academician, Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье показана возможность получения модификатора для дизельного топлива, синтезированного на основе вторичного сырья, который увеличивает количество цетана и обеспечивает антикоррозионные свойства. В зависимости от соотношения их компонентов исследованы увеличение количества присадок в цетане и эффективность антикоррозионной обработки. Наиболее эффективным является введение модификаторов для снижения детонации дизельного топлива.

ABSTRACT

The article shows the possibility of a modifier for diesel fuel synthesized on the basis of secondary raw materials that increases the amount of cetane and provides anti-corrosion properties. Depending on the ratio of their components, an increase in the number of additives in cetane and the effectiveness of anti-corrosion treatment were studied. The most effective is the introduction of modifiers to reduce the detonation of diesel fuel.

Ключевые слова: цетаноповышающий модификатор, антикоррозионный модификатор, дизельное топливо, эффективность модификатора.

Keywords: cetane-enhancing modifier, anticorrosion modifier, diesel fuel, efficiency modifier.

Одним из важнейших показателей стандартов качества дизельного топлива является число, характеризующее период задержки зажигания дизельного топлива, определяющий запуск двигателя, жесткость рабочего процесса (скорость повышения давления), расход топлива и дымность выхлопных газов. Чем выше цетановое число дизельного топлива, тем ниже скорость нарастания давления в камере сгорания, тем менее жестко работает двигатель, что приводит к

уменьшению количества вредных выбросов из выхлопных газов. Увеличение цетанового числа с 50 до 58 единиц сокращает время пуска дизельного двигателя на 40 % [2, с. 77].

Отечественное сырье и возможности производства противоизносных, усиливающих цетан (стимуляторов воспламенения) и антиоксидантных добавок обеспечиваются следующими мощностями [1, с. 54].

Экспериментальная часть. Нефтепродукты, такие как бензин, дизельное топливо, авиационное топливо и сжиженный нефтяной газ, не должны проявлять коррозионные свойства по отношению к меди или стали для защиты топливной системы и деталей двигателя. Этот металл особенно уязвим в присутствии сернистых соединений, таких как H_2S и свободная сера. Если готовая манжета не соответствует требованиям по коррозии металла, то обработка некачественных партий ингибиторами коррозии металла поможет быстро решить эту проблему. Азотные соединения марки УНДж-20 проходят по поверхности медных компонентов, защищая металл от агрессивных воздействий.

В ходе испытаний антикоррозии модификаторов была проверена защитная способность образцов ан-

тикоррозии модификаторов марок УНДж-20. Защитная способность ингибитора определялась при температуре окружающей среды в агрессивных средах:

- газовый конденсат без антикоррозионного модификатора и с добавлением 0,0006 % антикоррозионного модификатора;
- растворы серной кислоты, сероводорода, углекислого газа и аммиачной воды с массовой долей 0,5 % без антикоррозионного модификатора и с добавлением 0,5 % антикоррозионного модификатора.

В качестве тестовых образцов были использованы стальные пластины St 20.

Испытания проводились в лабораторных условиях согласно ГОСТ 9.506–87 и МВИ № 599.

Результаты испытаний приведены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1.

Результаты определения защитной способности антикоррозии модификатора в газовом конденсате

Агрессивная среда	Время выдержки, часов	Скорость коррозии, мм/год	Степень защиты модификатором, Z, %	Оценка защитной способности антикоррозии модификатора	
				баллы	словесная
Газовый конденсат	330	0,033			
Газовый конденсат + УНДж-20	330	0,0026	92,12	3	удовлетворительная

Скорость коррозии стали марки Ст 20 в газовом конденсате составила 0,033 мм/год, при добавке 0,0006 % антикоррозионного модификатора марки УНДж-20 скорость коррозии составила 0,0026–

0,0031 мм/год, что соответствует оценке защитной способности антикоррозионного модификатора 3 балла – «удовлетворительная». Степень защиты модификаторов – 90,61–92,12 %.

Таблица 2.

Результаты определения защитной способности антикоррозии модификатора с сероводородом на газовый конденсат с массовой долей 0,5 %

Агрессивная среда	Время выдержки, часов	Скорость коррозии, мм/год	Степень защиты ингибитором, Z, %	Оценка защитной способности антикоррозион модификатор	
				баллы	словесная
H_2S 0,5 %	330	1,4420			
H_2S 0,5 %с + УНДж-20	330	0,0756	94,75	3	удовлетворительная

Скорость коррозии стали марки Ст 20 в сероводороде с массовой долей 0,5 % составила 1,4420 мм/год, при добавке 0,5 % антикоррозионного модификатора марки УНДж-20 скорость коррозии составила 0,0570–0,0756 мм/год, что соответствует оценке

защитной способности антикоррозионного модификатора 3 балла – «удовлетворительная». Степень защиты ингибитором – 94,75–96,05%.

Таблица 3.

Результаты определения защитной способности антикоррозионного модификатора в двуокиси углерода на газовый конденсат с массовой долей 0,5 %

Агрессивная среда	Время выдержки, часов	Скорость коррозии, мм/год	Степень защиты ингибитором, Z, %	Оценка защитной способности антикоррозион модификатора	
				баллы	словесная
CO ₂ 0,5 %	330	6,1117			
CO ₂ 0,5 %с + УНДж-20	330	0,0920	98,49	4	хорошая

Скорость коррозии стали марки Ст 20 в двуокиси углерода с массовой долей 0,5 % составила 6,1117 мм/год, при добавке 0,5 % антикоррозионного модификатора марки УНДж-20 скорость коррозии составила 0,1559–0,3115 мм/год, что соответствует оценке защитной способности антикоррозионного модификатора 3 балла – «удовлетворительная», степень защиты ингибитором – 94,90–97,45 %. При добавке антикоррозионного модификатора марки УНДж-20 скорость коррозии составила 0,0920 мм/год, что соответствует оценке защитной способности 4 балла – «хорошая», степень защиты ингибитором – 98,49 %.

Примечание: Z < 0 – стимулирование коррозии; Z > 0 – замедление коррозии.

Результаты определения защитной способности антикоррозионного модификатора марки УНДж-20 следующие.

В сводной таблице 4 приведены результаты исследований азотсодержащего модификатора УНДж-20.

По экспериментальным данным был построен следующий график (рис. 1). На нем показано изменение цетанового числа дизельной фракции в присутствии УНДж-20.

Таблица 4.

Результаты исследований модификатора УНДж-20

Концентрация модификатора, %	УНДж-20
0	42
0,05	45
0,1	48,8
0,5	50
1	54,4
1,25	56
1,5	57,5
1,75	58,8
2	61

Видно, что смесь УНДж-20 показала лучший результат. Смесь УНДж-20 увеличила цетановое число выше требований ГОСТ и, кроме того, проявила стабильность при хранении в течение 10 недель (рис. 1).

Сравнительная характеристика физико-химических и эксплуатационных показателей дизельного топлива с использованием смеси присадок УНДж-20 со значениями по ГОСТ Р 3122–67 и исходной дизельной фракции представлена в таблице 5.

Рисунок 1. Стабильность при хранении цетаноповышающих присадок

Таблица 5.

Сравнительная характеристика физико-химических показателей

Наименование показателя	Значение показателя		
	УНДж-20	по ГОСТ Р 3122–77	Исходная дизельная фракция
1. Цетановое число	61	Не менее 51	42,3
2. Фракционный состав:			
50 % перегоняется при температуре, °С	273	Не выше 280	266
90 % перегоняется при температуре, °С	342	Не выше 360	339
3. Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с (сСт)	3,294	2,00–4,50	3,462
4. Коксуемость, 10%-ного остатка, %	0,01	Не более 0,3	0,012
5. Плотность при 20 °С, кг/м ³	839	820–845	843
6. Цетановый индекс	54,5	Не менее 45,0	44,33

Несмотря на то что произошло увеличение цетанового числа на 6 баллов, промотор самовозгорания несколько ухудшил некоторые физико-химические свойства топлива, а именно температура 50 % дистиллята увеличилась на 7 °С, а температура 90 % дистилляции – на 3 °С, но эти значения не превышали нормальных параметров. Кроме того, диаметр пятна износа увеличился на 45 мкм, но это значение показателя укладывается в требования ГОСТ Р 52368. Концентрация фактических смол несколько снизилась.

Значение индекса коксования при добавлении присадки улучшилось на 17 %, что свидетельствует об улучшении процесса сгорания дизельного топлива. Вещества в различных концентрациях исследовали в смеси с прямой дизельной фракцией с целью повышения цетанового числа.

Кроме того, были выбраны оптимальный состав и концентрация активных компонентов присадки, после чего было изучено ее влияние на другие физико-химические и эксплуатационные свойства топлива.

В результате проведенных исследований удалось избежать передозировки активных компонентов препарата. Выбранная присадка в смеси с дизельной фракцией обладала достаточной стабильностью для практического использования в качестве товарного летнего дизельного топлива.

Выводы

Исследования показали, что эффективность модификатора УНДж-20 во многом зависит от содержания углеводородов в топливе и не снижает его качественных показателей. Учитывая эффективность модификатора и климатические условия, летний

класс может дать хороший результат для дизельного топлива.

Список литературы:

1. Данилов А.М., Овчинников К.А., Бартко Р.В. Проблемы и практические результаты применения технологии замещения в области присадок к горюче-смазочным материалам // Нефтегазовая выставка. – 2017. – № 1 (54).
2. Топливо. Смазка. Техническая жидкость. Диапазон и область применения / под ред. В.М. Школьникова. – М. : Техимпорт, 1999. – 77 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МОДИФИЦИРОВАННОГО СЕРОБЕТОНА**Хайитова Жавхар Мураталиевна***соискатель, Термезский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Термез***Тураев Хайит Худойназарович***д-р техн. наук, проф. Термезский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Термез***Бекназаров Хасан Сойибназарович***д-р техн. наук, ведущий науч. сотр.,
Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент***STUDY OF COMPOSITION AND STRUCTURE OF MODIFIED SULFUR CONCRETE****Javhar Khayitova***Applicant, Termez State University,
Republic of Uzbekistan, Termez***Khait Turaev***Dr. Tech. sciences, professor Termez State University,
Republic of Uzbekistan, Termez***Khasan Beknazarov***Dr. Tech. Sciences, Leading Researcher Tashkent Research Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***АННОТАЦИЯ**

В статье исследован новый модифицированный серобетон на основе промышленных побочных продуктов госсиполовой смолы и пиролизного дистиллята, а также серы, золоуноса как мелкого наполнителя. Установлено, что микроструктура серного бетона показывает значительную степень упаковки с кремниевыми соединениями и частицами золоуноса.

ABSTRACT

The article explores a new modified sulfur concrete based on industrial by-products of gossypol resin and pyrolysis distillate, as well as sulfur, ash fly as a fine filler. It was established that the microstructure of sulfur concrete shows a significant degree of packing with silicon compounds and particles of ash.

Ключевые слова: сера, модификация, серобетон, модифицированная сера.

Keywords: sulfur, modification, sulfur concrete, modified sulfur.

Введение. В последнее время для эффективной полимеризации серы разработаны десятки органических химических модификаторов. Обычно используемые модификаторы представляют собой дициклопентадиен (ДЦПД), комбинацию ДЦПД, циклопентадиена и дипентена [1], олефиновый полисульфид [6] и 5-этилиден-2-норборнен (ЕНБ) и/или 5-винил-2-норборнен (ВНБ) [5]. При обработке расплавленной серой ненасыщенные углеводороды в органических модификаторах разрушают жидкие кольца S₈ и реагируют с образованием длинноцепочечных полимеров. Полимеризованные линейные серные цепи способствуют долговечности. Хотя модифицированный бетон является экологически

устойчивым и долговечным, высокая стоимость этих органических модификаторов не позволяет широко его использовать в строительной промышленности [4].

Экспериментальная часть. Вместо используемых в последнее время органических модификаторов в нашей работе в качестве модификатора серы использовался промышленный побочный продукт – госсиполовая смола (хлопкового масла) и пиролизный дистиллят (то есть вторичный продукт при синтезе этилена и пропилена).

Модифицированную серу получали на основе порошковой серы, госсиполовой смолы и пиролиз-

ного дистиллята. Сера вступает в реакцию с непредельными соединениями пиролизного дистиллята при температуре от 90 до 160 °С в жидкой фазе с образованием нескольких типов полисульфидных продуктов [3]. При повышении температуры более 90 °С кольца S_8 постепенно распадаются на реакционно-активные бирадикалы. С помощью пиролизного дистиллята они достигают достаточной концентрации

при температуре около 160 °С, чтобы самопроизвольно полимеризоваться в цепи μ -серы [2]. Полимерная сера имеет более низкую реакционную активность, чем другие исходные соединения, поэтому реакционная способность серы с добавкой снижается при 160 °С по сравнению с серой при 140 °С. Элементный состав модифицированной серы приведен на рис. 1.

Рисунок 1. Элементный состав модифицированной серы

Изготовление серного бетона проводили по следующему составу: 55 мас.% – песок, 15 мас.% – золоунос, 20 мас.% – сера и 10 мас.% органического модификатора. В работе золоунос (Ангренской ТЭС) использовался в качестве активатора реакции, которая позволяет во время реакции уменьшить количество углеводородного продукта, а также он обеспечивает равномерность реакции полимеризации и одновременно используется компонентом как наполнитель в композиционном материале.

Результаты и их обсуждение. С помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) показаны частицы элементарной серы и золоуноса с изображением неправильных форм частиц измельченной

элементарной серы и размера (около 5 микрон или менее в диаметре) и сферических форм частиц золоуноса (рис. 2). На стадии получения серобетона материалы наполнителя и органического модификатора смешивали и нагревали до температуры 170–180 °С в течение 2 часов. Полученные материалы смешали с элементарной серой и измельчили до размера частиц 1 мм. Затем смесь нагревали и перемешивали в расплавленном состоянии при 135–145 °С в течение 2–3 часов и выливали в формы для охлаждения. Средняя плотность образцов раствора составляла 2276 (± 38) кг/м³.

Рисунок 2. СЭМ-изображения (а) измельченной элементарной серы и (б) летучей золы

Рис. 3 (а) – (б) показывает поверхностно-структурные СЭМ изображения серного бетона. В целом микроструктура показывает значительную степень упаковки с кремниевыми соединениями (нерегулярные крупные частицы) и частицами золоуноса (круглые частицы, рис. 3а), связанными вместе с серой. Как и следовало ожидать от пропорции конструкции смеси, мелкие агрегаты являются доминирующими фазами в микроструктуре серобетона. В результате

анализа SEM-EDS обнаружены мелкие агрегаты и частицы золоуноса (рис. 3б). Исследование SEM на серобетон показало равномерно распределенную матрицу серы. Мы обнаружили, что некоторая область хорошо покрыта модифицированной серой, в то время как модифицированные фазы серы каким-то образом отделены и частично прикреплены на поверхности сыпучих материалов.

Рисунок 3. Микроскопические изображения СЭМ

Таким образом, можно сделать вывод, что подходящее покрытие частиц кварца и золоуноса модифицированной серой может быть важным фактором для определения дискретного образования пустот и однородной устойчивой микроструктуры. Непокрытый кварц и золоунос могут служить слабой межфазной переходной зоной для серного бетона. Полное покрытие может быть достигнуто путем увеличения количества серы в конструкции смеси или путем изменения условий смешивания (то есть скорости и температуры смешивания).

Заключение. В исследовании охарактеризован новый модифицированный серобетон с использова-

нием промышленных побочных продуктов гоSSIPоловой смолы и пиролизного дистиллята, а также серы, золоуноса как мелкого наполнителя.

В серии проведенных экспериментов успешно охарактеризован новый возможный устойчивый серобетон, который имеет низкий углеродный след и воздействие на окружающую среду. Результаты этого исследования будут использованы для дальнейшей оптимизации этого нового модифицированного серного бетона. Планируется провести дополнительные испытания на долговечность, включая циклы замораживания – оттаивания, чтобы оценить долговечность.

Список литературы:

1. Beaudoin J., Feldman R.F. Durability of porous systems impregnated with dicyclopentadiene-modified sulphur, Int. J. // Cem. Compos. Lightweight Concr. – 1984. – № 6 (1). – P. 13–18.
2. Lin S.-L., Lai J.S., Chian E.S. Modifications of sulfur polymer cement (SPC) stabilization and solidification (S/S) process // Waste Manag. – 1995. – № 15 (5). – P. 441–447.
3. Mohamed A., Gamal M.E., Saiy A.E. Thermo-mechanical Performance of the Newly Developed Sulfur Polymer Concrete. Reclaiming the Desert: towards a Sustainable Environments in Arid Land, Developments in Arid Region Research (DARE). – London : Taylor and Francis Group, 2006. – P. 27–38.
4. Mohamed A.-M.O., Gamal M.E. Hydro-mechanical behavior of a newly developed sulfur polymer concrete // Cem. Concr. Compos. – 2009. – № 31 (3). – P. 186–194.
5. Mohamed A.-M.O., Gamal M.E. Sulfur Concrete for the Construction Industry: a Sustainable Development Approach. – J, Ross Publishing, 2010.
6. Vroom A.H. Sulphur cements, process for making same and sulphur concretes made therefrom. – Google Patents, 1981.

РАЗЛОЖЕНИЕ ФОСФОРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КИСЛЫХ И АММОНИЗИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ

Ёрбобаев Руслан Чориевич

базовый докторант, Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: yorbobaev@mail.ru

Суванов Фаррух Равианович

мл. науч. сотр., НПП «Ilm-fan texnologiyalar»
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: suvanovfarrux@mail.ru

Мирзакулов Холтура Чориевич

проф., Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: khchmirzakulov@mail.ru

Усманов Ильхам Икрамович

ст. науч. сотр., Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: ift2015@mail.ru

DECOMPOSITION OF CENTRAL KYZYLKUM PHOSPHORITES WITH NITRIC ACID AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF ACIDIC AND AMMONIATED SOLUTIONS

Ruslan Yorbobaev

PhD student of Tashkent institute of chemical technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Farrux Suvanov

junior scientific researcher, LLC "Ilm-fan texnologiyalar",
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Kholtura Mirzakulov

professor of Tashkent institute of chemical technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Ilkham Usmanov

senior scientific employee of Tashkent institute of chemical technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты исследований разложения различных видов фосфоритов Центральных Кызылкумов – необогащенного фосфатного сырья, мытого сушеного концентрата и пылевидной фракции азотной кислотой при норме 100–125 %, концентрации 55 %, температуре 50 °C и продолжительности процесса 25 минут.

Показано, что с повышением нормы азотной кислоты содержание в азотнокислотной вытяжке CaO, P₂O₅ и R₂O₃ существенно снижается и в зависимости от фосфатного сырья содержание P₂O₅ составляет 19,82–24,13 %, CaO – 6,41–11,61 %, R₂O₃ – 0,46–0,93 %, н.о. – 3,32–4,98 %.

Плотности азотнокислотных вытяжек после отделения нерастворимых остатков изменяются от 1,528 г/см³ до 1,655 г/см³ в зависимости от нормы кислоты на разложение в интервале температур 20–80 °C. При этих параметрах вязкость составляет 76,08–193,09 мПа*с.

Для аммонизированных до pH 5,5 пульп сохраняются те же закономерности, что и для кислых растворов.

ABSTRACT

Results of research of the decomposition of various types of Central Kyzylkum phosphorites – non-enriched phosphate raw materials, washed dried concentrate and pulverized fraction with nitric acid at a rate of 100–125%, a concentration of 55%, a temperature of 50 °C and a process duration of 25 minutes are presented.

It is shown that with an increase in the norm of nitric acid, the content of CaO , P_2O_5 and R_2O_3 in the nitric acid extract significantly decreases and, depending on the phosphate raw material, the content of P_2O_5 is 19.82–24.13%, CaO 6.41–11.61%, R_2O_3 0.46–0.93%, i.e. 3.32–4.98%.

The densities of nitric acid extracts after separation of insoluble residues vary from 1.528 g/cm³ to 1.655 g/cm³ depending on the rate of acid decomposition in the temperature range of 20–80 °C. For these parameters, the viscosities are 76.08–193.09 MPa*s.

For pulps that are ammoniated to a pH of 5.5, the same regularities remain as for acidic solutions.

Ключевые слова: фосфориты, азотная кислота, разложение, азотнокислотная вытяжка, аммонизация, плотность, вязкость.

Keywords: phosphorites, nitric acid, decomposition, nitric acid extract, ammonification, density, viscosity.

Введение. Фосфориты Центральных Кызылкумов (ЦК) являются единственным фосфатным сырьем для химической промышленности республики [3; 11]. Запасы фосфоритов ЦК оцениваются в количестве 43,5 млн тонн 100 %-ного P_2O_5 . Однако по содержанию основного компонента фосфора относятся к бедным рудам. Из-за высокого кальциевого модуля, содержания глинистых минералов, органических веществ и хлора эти фосфориты без предварительного обогащения, отмывки от хлора и термообработки не приемлемы для производства аммофоса [18; 21; 17].

В настоящее время на химические предприятия поставляется 716 тыс. тонн мытого, обожженного фосконцентрата. Для этого добывается 1875 тыс. тонн руды, из которой 1158 тыс. тонн или 134 770 тонн P_2O_5 , что составляет 42 % от количества добываемой руды, не пригодны для промышленного получения экстракционной фосфорной кислоты [2; 4]. Необогащенное фосфатное сырье представляет собой измельченную фосфоритную муку и содержит 16–18 % P_2O_5 , отход обогащения фосфоритов – пылевидная фракция содержит около 18 % P_2O_5 , мытый сушеный концентрат содержит 20–22 % P_2O_5 , МОФК – не менее 26 %.

С другой стороны, известно, что азотнокислотный метод переработки фосфатов имеет определенные преимущества перед сернокислотным способом. Путем азотнокислотного разложения можно наиболее полно и комплексно перерабатывать фосфатное сырье без образования многотоннажного отхода производства – фосфогипса, используя при этом не только химическую энергию азотной кислоты, но и ее нитратный анион, с которым в удобрение вводится ценный питательный компонент – азот [5; 6; 12; 16]. Благодаря этому стоимость азотной кислоты определяется стоимостью азотной составляющей и, в отличие от серной кислоты, не увеличивает стоимость удобрения. К тому же азотнокислотный метод менее требователен к качеству фосфатного сырья, чем сернокислотный, вследствие меньшей растворимости соединений железа и алюминия в образующейся азотнофосфорнокислотной вытяжке.

Кроме того, с запуском Дехканабадского калийного завода открывается возможность наладить

производство полноценных NPK-удобрений на основе только местного сырья.

Производство сложных удобрений азотнокислотным разложением нашло применение во многих странах мира. Наибольшее распространение получили норвежский процесс производства нитрофосфатов по способу Odda и его усовершенствованные варианты [22; 23; 15; 8; 9].

Впервые процесс разложения фосфоритов ЦК азотной кислотой изучен в работах [1; 13; 14]. Авторы указывают, что разложение руды без ее предварительной прокатки и декарбонизации сопровождается образованием мелкоячеистой устойчивой пены с диаметром 2–3 мм. При почти равном содержании карбонатов стабильность пены в 3–4 раза выше, чем в случае фосфорита Каратау [19]. Оптимальными условиями разложения концентрата 55 %-ной азотной кислотой при ее норме 110 %, рассчитанной на содержание CaO и MgO , является температура 50 °C и время взаимодействия 10–15 мин. При этом в раствор извлекается более 99 % P_2O_5 .

Методы исследований. Химия процессов азотнокислотной переработки фосфатов ввиду многокомпонентности системы весьма сложна. Азотнокислотная вытяжка представляет собой сложный раствор, содержащий фосфорную кислоту, нитраты кальция, магния, полуторных окислов, кремневую и кремнефтористоводородную кислоты и другие соединения. Поскольку разложение фосфатов проводится обычно с избытком азотной кислоты, в вытяжке присутствует еще и свободная азотная кислота. Химический анализ исходных, промежуточных и конечных продуктов проводили известными методами [10; 7; 20].

Результаты и обсуждение. Для осуществления технологического процесса получения азотнофосфорных удобрений необходима физико-химическая характеристика полупродуктов. Разложение фосфоритов осуществляли азотной кислотой концентрации 55 % при температуре 50 °C, времени взаимодействия 25 минут и постоянном перемешивании.

Составы азотнокислотных растворов разложения фосфатов после отделения нерастворимого остатка приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Состав азотнокислотных растворов фосфатов

Норма HNO ₃ , %	СОСТАВ РАСТВОРОВ, МАСС. %			Содержание н.о. в пульпе, %
	CaO	P ₂ O ₅	R ₂ O ₃	
Необогащенная руда				
100	24,13	8,11	0,93	4,41
105	23,30	7,75	0,89	4,20
110	22,51	7,40	0,85	4,00
115	21,75	7,06	0,82	3,80
120	21,02	6,73	0,78	3,61
125	20,34	6,41	0,75	3,43
Пылевидная фракция				
100	20,59	8,16	0,96	3,72
105	20,12	7,99	0,94	3,64
110	19,66	7,82	0,92	3,56
115	19,20	7,65	0,90	3,47
120	18,74	7,48	0,88	3,40
125	18,29	7,32	0,86	3,32
Мытый сушеный концентрат				
100	23,00	11,61	0,57	4,98
105	22,68	11,03	0,55	4,69
110	21,39	10,62	0,52	4,43
115	21,23	10,22	0,50	4,21
120	20,66	9,80	0,48	3,90
125	19,82	9,37	0,46	3,77

Для подбора схемы и оборудования, а также установления пригодности существующего оборудования для производства разрабатываемых удобрений необходимо знать реологические свойства образующихся пульп.

В связи с тем что химический состав кислых пульп, полученных из различного фосфатного сырья, различается незначительно, изучение реологических свойств проводили на фосфоритной муке Ташкура. Вязкость и плотность образцов азотнокислотных пульп и растворов после отделения нерастворимого остатка устанавливали при температурах 30–80 °С.

В таблице 2 представлены зависимости изменения плотности азотнокислотных вытяжек из необогащенной фосмуки Ташкура, полученных при нормах HNO₃ от 100 до 125 %.

Из данных таблицы 2 видно, что в интервале температур 20–80 °С плотность кислых пульп составляет 1,528–1,655 г/см³. С увеличением температуры плотность пульп равномерно снижается. Зависимость плотности от температуры практически линейная.

Вязкость кислых растворов в интервале температур 20–80 °С составляет 76,08–193,09 мПа·с (табл. 3).

Таблица 2.

Плотность азотнокислых растворов разложения необогащенного фосфатного сырья

Норма HNO ₃ , %	Плотность, г/см ³						
	20 °С	30 °С	40 °С	50 °С	60 °С	70 °С	80 °С
100	1,655	1,637	1,618	1,601	1,584	1,568	1,551
105	1,651	1,632	1,613	1,596	1,579	1,563	1,546
110	1,646	1,628	1,609	1,592	1,575	1,558	1,542
115	1,642	1,623	1,604	1,587	1,571	1,554	1,538
120	1,638	1,619	1,600	1,583	1,566	1,549	1,533
125	1,633	1,614	1,595	1,578	1,562	1,545	1,528

Таблица 3.

Вязкость азотнокислых растворов разложения необогащенного фосфатного сырья

Норма HNO_3 , %	Вязкость, мПа·с						
	20 °С	30 °С	40 °С	50 °С	60 °С	70 °С	80 °С
100	193,09	143,64	120,47	105,91	97,80	90,89	87,09
105	183,28	135,44	113,91	101,30	94,99	88,56	84,08
110	175,07	129,43	109,81	98,00	91,79	85,79	81,88
115	167,47	124,52	105,91	94,79	88,99	83,58	79,68
120	160,56	120,72	102,70	92,09	87,09	81,88	77,58
125	155,62	117,54	100,30	90,78	85,48	80,16	76,08

Данные по плотности аммонизированных до pH 5,5 азотнокислотных вытяжек приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Плотность аммонизированных азотнокислотных вытяжек

Норма HNO_3 , %	Плотность, г/см ³						
	20 °С	30 °С	40 °С	50 °С	60 °С	70 °С	80 °С
100	1,496	1,477	1,457	1,442	1,426	1,412	1,394
105	1,482	1,465	1,447	1,429	1,415	1,402	1,387
110	1,485	1,470	1,455	1,441	1,426	1,412	1,402
115	1,494	1,482	1,467	1,460	1,446	1,437	1,426
120	1,502	1,489	1,480	1,470	1,458	1,448	1,441
125	1,509	1,494	1,481	1,471	1,462	1,454	1,446

Из данных таблицы 4 видно, что в интервале температур 20–80 °С плотность аммонизированных пульп составляет 1,394–1,509 г/см³.

Для аммонизированных растворов наблюдаются те же закономерности, что и для кислых пульп. То есть с увеличением температуры при постоянной норме азотной кислоты плотность снижается, тогда как при увеличении нормы азотной кислоты при сохранении постоянной температуры плотность

повышается. Причем зависимость плотности от температуры при постоянной норме азотной кислоты практически линейная, а зависимость плотности от нормы азотной кислоты при постоянной температуре нелинейная.

После аммонизации азотнокислотной вытяжки ее вязкость увеличивается почти в 1,36–2,36 раза и составляет 139,26–335,64 мПа·с (табл. 5).

Таблица 5.

Вязкость аммонизированных азотнокислотных вытяжек с pH 5,5

Норма HNO_3 , %	Вязкость, мПа·с						
	20 °С	30 °С	40 °С	50 °С	60 °С	70 °С	80 °С
100	253,01	212,50	181,39	161,72	150,20	143,32	139,26
105	263,73	219,84	187,77	164,46	154,25	147,95	143,04
110	276,45	229,16	196,89	171,54	160,32	153,41	148,35
115	292,25	242,78	207,11	179,08	166,97	159,66	154,75
120	308,54	257,22	218,34	189,67	175,85	167,87	162,06
125	335,64	277,96	230,60	201,83	187,33	179,76	176,35

У аммонизированных растворов вязкость также снижается с повышением температуры и повышается с увеличением нормы азотной кислоты.

Изучение реологических свойств кислых и аммонизированных пульп показывает, что они обладают приемлемой текучестью и могут транспортироваться перекачивающими устройствами без особых ограничений.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования показали возможность переработки различных видов фосфоритов Центральных Кызылкумов азотной кислотой. Кислые растворы и аммонизированные пульпы обладают приемлемыми реологическими свойствами и могут транспортироваться перекачивающими устройствами без особых трудностей.

Список литературы:

1. Абдурахманов Э., Амирова А.М., Ильяшенко В.Я. Нерастворимые остатки при азотнокислотном разложении фосфоритов Джерой // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 1984. – № 1. – С. 48–52.

2. Беглов Б.М., Намазов Ш.С. Состояние и перспективы разработки инновационных технологий в области фосфорных удобрений из фосфоритов Центральных Кызылкумов // Тезисы докладов первой международной конференции «Ресурсосберегающие технологии переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов в фосфорсодержащие удобрения и фосфорные соли». – Ташкент, 2016. – С. 4–5.
3. Беглов Б.М., Намазов Ш.С. Фосфориты Центральных Кызылкумов и их переработка. – Ташкент, 2013. – 460 с.
4. Волинскова Н.В. Разработка и усовершенствование технологии производства фосфорной кислоты из фосфоритов Центральных Кызылкумов : дис. ... д-ра техн. наук. – Ташкент, 2019. – 196 с.
5. Гольдинов А.Л., Копылев Б.А. Комплексная азотнокислотная переработка фосфатного сырья. – Л. : Химия, 1982. – 208 с.
6. Кармышов В.Ф. Химическая переработка фосфоритов. – М. : Химия, 1983. – 304 с.
7. Кельман Ф.Н., Бруцкус Е.Б., Ошерович Р.И. Методы анализа при контроле производства серной кислоты и фосфорных удобрений. – М. : Госхимиздат, 1982. – 352 с.
8. Малявин А.С. Разработка технологических приемов использования низкосортного фосфатного сырья в производстве нитроаммофосфатов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М. : ОАО НИУИФ, 2006. – 18 с.
9. Методы азотнокислотной переработки фосфатного сырья в сложные удобрения // Обзор. инф. сер. «Минеральные удобрения и серная кислота». – М. : НИИТЭХИМ, 1977. – 47 с.
10. Методы анализа комплексных удобрений / М.М. Винник, Л.Н. Ербанова [и др.]. – М. : Химия, 1975. – 218 с.
11. Мирзакулов Х.Ч. Физико-химические основы и технология переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов. – Ташкент, 2019. – 412 с.
12. Набиев М.Н. Азотнокислотная переработка фосфоритов: в 2 т. – Ташкент : ФАН РУз, 1976. – 820 с.
13. Набиев М.Н., Абдурахманов Э., Амирова А.М. Азотнокислотное разложение фосфоритов Центральных Кызылкумов участка Джерой // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 1983. – № 6. – С. 49–52.
14. Набиев М.Н., Абдурахманов Э., Амирова А.М. Влияние предварительного обжига на процесс азотнокислотного разложения фосфоритов Центральных Кызылкумов // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 1984. – № 4. – С. 20–23.
15. Развитие направления азотнокислотных методов переработки фосфатного сырья в НИУИФ / В.Г. Казак, Н.М. Бризицкая, А.С. Малявин, Н.В. Букколини // Труды НИУИФ: сборник научных трудов. – М., 2009. – С. 57–60.
16. Реймов А.М. Разработка технологии получения фосфорных и сложных азотнофосфорных удобрений на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов : дис. ... д-ра техн. наук. – Ташкент, 2014. – 200 с.
17. Способ обогащения высококарбонизированных фосфоритов // Патент № IAP 05667 (UZ). 31.10.2018. Бюл. № 10 / Мирзакулов Х.Ч., Халмуминов С.А., Усманов И.И., Меликулова Г.Э. [и др.].
18. Сравнительные характеристики технологических показателей фосфоритов Центральных Кызылкумов при производстве экстракционной фосфорной кислоты / Н.В. Волинскова, Г.Э. Меликулова, И.И. Усманов, Х.Ч. Мирзакулов // Universum: Технические науки: электрон научн. журн. – 2019. – № 2 (59). – С. 89–92.
19. Усманова З.Г., Кутфитдинов Р.Н., Кармышов В.Ф. Влияние природы фосфорита на пенообразование при азотнокислотном разложении // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 1985. – № 4. – С. 45–48.
20. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. – М. : Химия, 1970. – 360 с.
21. Экстракционная фосфорная кислота из мытого, обожженного фосконцентрата Центральных Кызылкумов / Н.В. Волинскова, Г.Э. Меликулова, И.И. Усманов, Х.Ч. Мирзакулов // Universum: Технические науки: электрон научн. журн. – 2019. – № 1 (58). – С. 77–81.
22. Hignett T.P. Nitrophosphates // Fertilizer Manual. Developments in Plant and Soil Sciences. – Amsterdam, 1985. – Vol. 15. – P. 203–210.
23. Steen J., Aasum H., Heggeboe T. The Norsk Hydro Nitrophosphate Process // In: Manual of fertilizer processing. – New York : CRC Press, 1986. – P. 393–420.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРИЗАЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ХЛОПКОМ-СЫРЦОМ

Эминов Шерзод Олимжонович

доктор технических наук (PhD), старший преподаватель кафедры
«Химической технологии» Ферганского политехнического института,
Республика Узбекистан, г. Фергана

Абдукаримова Динара Нурутдиновна

ассистент кафедры «Технология хранения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции»,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE ELECTROPHYSICAL NATURE AND CONCENTRATION OF FILLERS ON THE ELECTRIFICATION PROCESS OF COMPOSITE POLYMER COATINGS WHEN INTERACTING WITH RAW COTTON

Sherzod Eminov

Doctor of Technical Sciences (PhD), senior lecturer Chemical Technology Ferghana Polytechnic Institute,
the Republic of Uzbekistan, Fergana

Dinara Abdulkarimova

Assistant of "Storage Technology and Primary
Processing of Agricultural Products" Chair, Fergana Polytechnic Institute,
the Republic of Uzbekistan, Fergana

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты влияния электрофизической природы наполнителей на процесс электризации композиционных полимерных покрытий при фрикционном взаимодействии с хлопком-сырцом. Установлены основные закономерности электризации и изменения их электрофизических свойств. Наиболее эффективно воздействуют на электростатические свойства композиционных полимерных покрытий электропроводящие наполнители (сажа, графит).

ABSTRACT

The results of the influence of the electrophysical nature of fillers on the electrification process of composite polymer coatings during frictional interaction with raw cotton are presented. The basic laws of electrification and changes in their electrophysical properties are established. The most effective effect on the electrostatic properties of composite polymer coatings is electrically conductive fillers (carbon black, graphite).

Ключевые слова: полимер, хлопок-сырец, покрытие, композиционное полимерное покрытие, процесс электризации, кинетика, электростатические свойства, плотность, поверхностная плотность заряда, электростатический заряд, наполнитель, скольжение.

Keywords: polymer, raw cotton, coating, composite polymer coating, electrification process, kinetics, electrostatic properties, density, surface charge density, electrostatic charge, filler, slip.

Введение. Одним из путей регулирования электрофизических, электростатических и антифрикционных свойств композиционных полимерных материалов является введение в их состав электропроводящих и полупроводниковых органических наполнителей. Кроме того введение органических наполнителей позволяет улучшить триботехнические свойства полимерных покрытий за

счет оптимального регулирования их физико-механических свойств - микротвердости, температуры стеклования и др.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования выбраны эпоксидная смола ЭД-16, фурано-эпоксидная смола ФАЭД-20 и фурано-эпоксидно-сланцевый олигомер ФАЭИС-30, полиэтиленполиамин (ПЭПА), дибутилфталат (ДБФ), минеральные наполнители – каолин и тальк, углеродистые наполнители – сажа и графит, металлические

порошковые наполнители - окись меди, железный порошок, алюминиевая пудра, бронзовая мука и окись железа.

В качестве контртела использовали хлопок-сырец селекционного сорта С-6524, ручного и машинного сборов, влажность которого изменялась от 7,0 до 50,0 %

Электризацию и триботехнические свойства композиционных полимерных покрытий определяли на дисковом трибометре в соответствии с O'z DSt 3330: 2018. Электрические свойства композиционных полимерных покрытий оценивали по ГОСТу 6433.1-71 тераомметром Е6-13 и вольтметром-электрометром В7-30.

Полученные научные результаты и их обсуждение. Проведены исследования влияния электрофизической природы и концентрации выбранных наполнителей на процесс электризации полимерных покрытий с хлопком-сырцом.

Результаты исследований показали, что при введении наполнителей, независимо от вида полимера и наполнителя, положительная полярность покрытия и отрицательная хлопка-сырца, сохранялись в установившемся режиме трения скольжения.

На рисунках 1-3 представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию содержания наполнителей на электризацию выбранных полимерных материалов при трении скольжения с хлопком-сырцом разновидности С-6524. Как видно, введение минерального наполнителя каолина несколько увеличивают электризацию композиционных полимерных покрытий при содержании 20-40

мас.ч. у ЭД-16, ФАЭД-20 и ФАЭИС-30 и при более высоких концентрациях лишь незначительно уменьшает поверхностную плотность зарядов. Такое влияние каолина на электризацию полимерных покрытий, очевидно, связано с их достаточно высокими электроизоляционными свойствами. Содержание каолина до 20-40 мас.ч. в составе ЭД-16, ФАЭД-20 и ФАЭИС-30 не изменяет электрофизических свойств композиционных полимерных покрытий и в то же время влияет на физико-механические свойства (рисунки 1-3), что и вызывает некоторый рост поверхностной плотности зарядов. Уменьшение электризации композиционных полимерных покрытий при дальнейшем увеличении содержания каолина, очевидно, связано с уменьшением удельного объемного электрического сопротивления ρ_v и удельного поверхностного электрического сопротивления ρ_s композиции, так как электрофизические свойства самих наполнителей ниже, чем связующего.

При введении каолина в состав эпоксидных и фурано-эпоксидных полимеров, в процессе термообработки образуются продукты термодеструкции, которые абсорбируются на поверхности каолина, образованию пространственной сетки [1], что в значительной мере влияет на электропроводность композиции и соответственно электризацию покрытий. Наибольшее снижение поверхностной плотности зарядов, как и следовало ожидать, наблюдается при введении таких электропроводящих наполнителей, как железный порошок, алюминиевая и бронзовая пудра, сажа и графит.

1-каолин; 2-окись меди; 3-железный порошок; 4-алюминиевая пудра; 5-сажа; 6-тальк; 7-графит, 8-бронзовая мука; 9-окись железа

Рисунок 1. Зависимость поверхностной плотности заряда композиционных полимерных покрытий на основе ЭД-16 от вида и содержания наполнителей

1-каолин; 2-окись меди; 3-железный порошок; 4-алюминиевая пудра;
 5-сажа; 6-тальк; 7-графит; 8-бронзовая мука; 9-окись железа

Рисунок 2. Зависимость поверхностной плотности заряда полимерных покрытий на основе ФАЭИС-30 от вида и содержания наполнителей

Причем наиболее эффективно снижают электризацию полимерных покрытий сажа и графит, что обусловлено ее высокой электропроводностью вследствие чего удельное поверхностное и удельное объемное сопротивления полимерных покрытий резко снижается уже при 5 мас.ч. сажи у ПНП и 10 мас.ч. сажи у ФАЭД-20, ФАЭИС-30 и ЭД-16.

При этом увеличивается пути утечки зарядов и, соответственно, снижается электризация покрытий. Высокая электропроводность полимерных покрытий при введении электропроводящих наполнителей обусловлено образованием цепочечной структуры в объеме полимера.

При этом общий характер уменьшения поверхностной плотности зарядов с увеличением содержания электропроводящих наполнителей, очевидно,

связан с тем, что в трехкомпонентной системе хлопко-сырец-полимер-наполнитель, участки контактирования хлопко-сырца с наполнителем увеличиваются, вследствие чего образующиеся заряды на поверхности полимерного покрытия отводятся по цепочке, образованной электропроводящим наполнителем. Более эффективное воздействие сажи по сравнению с графитом на процессы электризации полимерных покрытий, несмотря на ее большее удельное электрическое сопротивление, связано с взаимодействием полимеров с активной поверхностью частиц сажи вследствие наличия на их поверхности функциональных групп, содержащих двойные связи [2] и способных образовывать химические связи, особенно с полярными полимерами.

1-каолин; 2-окись меди; 3-железный порошок; 4-алюминиевая пудра;
 5-сажа; 6-тальк; 7-графит; 8-бронзовая мука; 9-окись железа

Рисунок 3. Зависимость поверхностной плотности заряда полимерных покрытий на основе ФАЭД-20 от вида и содержания наполнителей

Результаты исследований показали, что сажа эффективнее снижает электризацию ФАЭД-20 и

ФАЭИС-30 по сравнению с ЭД-16. Это обусловлено, очевидно, лучшей их совместимостью сажи с ФАЭД-

20 и ФАЭИС-30, так как эти смолы менее вязкие и распределение частиц наполнителя происходит более равномерное по объему покрытия.

Введение алюминиевой пудры в состав полимерных материалов, несмотря на снижение электризации полимерных покрытий, приводит к ухудшению антифрикционных свойств покрытий. При этом ухудшение физико-механических свойств обусловлено способностью алюминиевой пудры комковаться и образовывать микродефекты. В то же время меньшая способность алюминиевой пудры снижать электризацию по сравнению с сажей связана с ее более высоким электрическим сопротивлением и меньшей активностью взаимодействия с полимерной матрицей.

Оксид меди по своим электрофизическим свойствам является полупроводником и поэтому введение ее в состав полимерного покрытия приводило к небольшому снижению электризации и по способности воздействия на электростатическое покрытие занимает промежуточное положение между каолином и алюминиевой пудрой.

Анализ полученных результатов (рисунки 1-3) показывает, что удельное электрическое сопротивление железного порошка выше, чем у сажи, графита и меньше, чем у алюминиевой пудры. При этом поверхностная плотность электростатических зарядов полимерных покрытий, наполненных железным порошком, также несколько выше, чем у покрытий, наполненных сажей и алюминиевой пудрой. И только при высоких наполнениях полимерных покрытий железным порошком, наблюдается резкое снижение поверхностной плотности электростатических зарядов. Очевидно, это объясняется тем, что при одном и том же содержании наполнителя в объеме полимерного покрытия образуется неодинаковое объемное распределение частиц наполнителя за счет

различной плотности. Так при содержании наполнителей (каолин, алюминиевая пудра, сажа и оксид меди) и до 50 мас.ч. железного порошка, их распределение наблюдается в виде отдельных не связанных между собой частиц. При дальнейшем увеличении содержания наполнителя, очевидно, образуется пространственная цепочечная структура, и утечка электростатических зарядов происходит как по поверхности, так и по объему покрытия. Вследствие высокого удельного веса железного порошка, его распределение по объему полимер происходит неравномерно. Так, в композициях на основе ЭД-16, ФАЭД-20 и ФАЭИС-30 в процессе их отверждения железный порошок оседает в слое полимера, вблизи подложки образуется цепочечная структура, а около поверхности трения железный порошок распределен в виде отдельных частиц. Такое распределение частиц железного порошка приводит к тому, что электризация полимерных покрытий значительно снижается лишь при высоких наполнениях[3].

Природа полимерных материалов также оказывает влияние на распределение частиц наполнителя в объеме покрытия. Так, у менее вязких фурано-эпоксидных покрытий наблюдается более равномерное распределение частиц наполнителей, за исключением железного порошка. Это приводит к более значительному снижению электризации ФАЭД-20 и ФАЭИС-30 по сравнению с ЭД-16.

Выводы. Таким образом, изучены закономерности изменения электрофизических свойств полимерных покрытий в зависимости от вида и содержания наполнителей. Показано, что наиболее эффективно воздействуют на электростатические свойства полимерных покрытий электропроводящие наполнители (сажа, графит) обеспечивающие оптимальные физико-механические свойства антиэлектростатических композиционных полимерных покрытий.

Список литературы:

1. Негматов С.С., Джумабаев А.Б., Джалилов Н.Х. Физико-химические процессы при фрикционном взаимодействии композиционных полимерных материалов с волокнистой массой // «Триботехника-87»: Сб. докл. конф. - Бухарест, 1987. - С.159-166.
2. Джалилов Н.Х., Негматов С.С. и др. Электризация композиционных полимерных материалов на основе фурано-эпоксидных олигомеров при трении с хлопком-сырцом // Тез. докл. II Всесоюз. конф. по композиционным полимерным материалам и их применение в народном хозяйстве. - Ташкент, 1983. - Ч. II. - С. 129-130.
3. Джалилов Н.Х., Негматов С.С. и др. Исследование влияния электропроводящих наполнителей на трибоэлектрические процессы при взаимодействии полимерных покрытий с хлопком-сырцом // Тез. докл. УШ Всесоюз. Симпозиума по механоэмиссии и механохимии твердых тел. -Таллин, 1981. -С. 45-46.

ИЗУЧЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ФИЗИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АНТИПИРЕНОВЫМИ СУСПЕНЗИЯМИ

Хайдаров Ислон Норбаевич

*базовый докторант, Ташкентский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент*

Исмаилов Ровшан Исраилович

*д-р хим. наук, проф., Ташкентский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: i.ravshan1972@mail.ru*

THE STUDY OF FIRE RESISTANCE OF CELLULOSE MATERIALS PHYSICALLY MODIFIED WITH FLAME RETARDANT SUSPENSIONS

Islom Khaidarov

*basic doctoral student, Tashkent State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Rovshan Ismailov

*Doctor of Chemical Sciences, Professor, Tashkent State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В статье для придания материалам огнезащитных свойств предлагается метод обработки материалов водными антипиреновыми суспензиями на основе вермикулита, растворенного в ортофосфорной кислоте и нейтрализованного щелочью, для улучшения физико-механических и эксплуатационных свойств добавляем многоатомный спирт. Представлены анализы горения, дымообразования текстильных материалов из целлюлозосодержащих волокон.

ABSTRACT

In the article to treat materials with fire-resisting properties, the processing method of materials with water-based flame-retardant suspensions is proposed based on vermiculite dissolved in orthophosphoric acid and neutralized with an alkali; to improve the physical-mechanical and operational properties, polyatomic alcohol is added. Burning analyses, smoke formation of textile materials from cellulose-containing fibers are presented.

Ключевые слова: целлюлозный материал, антипиреновая суспензия, вермикулит, ортофосфорная кислота, щелочь натрия, глицерин, дымообразование, горючесть.

Keywords: cellulose material; flame retardant suspension; vermiculite; orthophosphoric acid; sodium alkali; glycerine; smoke formation; combustibility.

В настоящее время в целях реализации стратегии развития легкой промышленности Узбекистана, обеспечивающей развитие инновационной и научной деятельности, одним из направлений является создание прогрессивных технологий по получению новых текстильных материалов с повышенными эксплуатационными свойствами. Создание материалов пониженной горючести достигается путем поверхностной и глубокой пропитки материалов специальными составами, введения антипиренов в состав исходных композиций, использования различных минеральных наполнителей, а также путем использования разнообразных технологических приемов. Огнезащита способом пропитки заключается во введении в материал специальных веществ – антипиренов. Антипирены – это химические вещества, которые добавляются в го-

рючие материалы для придания им большей сопротивляемости к воспламенению [4, с. 2389–2392; 5, с. 28–36, 1; с. 14–19; 2, с. 96–102, 140–142, 53–62].

В данной работе рассматривается применение вспучивающих антипиренов для повышения огнестойкости текстильных материалов. Перед пропиткой образцы ткани обмывали для удаления крахмальной и других химических обработок. Это позволяет изменить свойства поверхности материалов в широких пределах, улучшает гидрофильные свойства текстильного материала, увеличивает смачиваемость ткани, приводит к более эффективному и равномерному растворопоглощению. Задача вспучивающего антипирена заключается в повышении огнезащиты текстильных материалов путем создания на поверхности материалов теплоизолирующего слоя, выдер-

живающего высокие температуры и непосредственное действие огня. Наличие этого слоя позволяет замедлить прогревание и сохранять материал при пожаре в течение заданного периода времени.

Целлюлозное волокно занимает одно из ведущих мест среди других полимерных волокон по использованию в текстильной промышленности. Однако целлюлозе свойственна повышенная горючесть, и для снижения ее горючести на сегодняшний день было проведено колоссальное количество исследований, которые показали, что наиболее эффективными ингибиторами горения целлюлозы и ее производных являются фосфорсодержащие соединения и их комбинации с азотсодержащими веществами.

Однако до настоящего времени мало изучено влияние фосфор-кремнийсодержащих антипиренов на горючесть целлюлозы, и фактически в доступной нам литературе отсутствуют сведения о влиянии на горючесть целлюлозных материалов антипиреновых суспензий. В этом аспекте представляло интерес исследование нами водных антипиреновых суспензий на основе вермикулита с ортофосфорной кислотой, нейтрализованного щелочью, с добавкой глицерина в качестве замедлителя горения целлюлозных материалов.

Образцы огнезащищенных целлюлозных материалов получали путем пропитки водным раствором антипиреновых суспензий, приготовленным с различным содержанием вермикулита, отжима до 85–100 % привеса и последующей сушкой.

Образцы обработанных целлюлозных материалов переданы в научно-исследовательскую лабораторию МЧС Республики Узбекистан, где проведены сравнительные испытания на определение степени

горючести исходных и модифицированных содержащих целлюлозу материалов. Так, образцы текстильных тканей, обработанных антипиреновой суспензией, испытывались на лабораторной установке по определению скорости распространения пламени по ГОСТ 28157–89 «Методы определения стойкости к горению». В таблице 1 приведены основные термические параметры огнезащищенных образцов целлюлозных материалов.

Лабораторная установка помещается в вытяжной шкаф. После проведения каждого испытания вытяжной шкаф тщательно вентилируется. Для образования пламени используется универсальная горелка Бунзена с длиной патрубка от 80 до 100 мм и внутренним диаметром от 9,4 до 11,0 мм. Образцы крепятся на лабораторном штативе с зажимами в горизонтальном или вертикальном положении. При проведении испытаний используется природный газ, пламя горелки подносят к нижней кромке свободного конца образца. Центральная ось патрубка горелки должна находиться в той же вертикальной плоскости, что и продольная ось образца. Пламя подносят на определенное время без изменения положения горелки так, чтобы торец образца был погружен в пламя на глубину около 6,5 мм, и затем удаляют от образца. Чтобы определить наивысшую категорию стойкости к горению, к которой может быть отнесен данный материал, пламя горелки подносят к центру свободного конца образца на 5 сек. Затем горелку удаляют от образца не менее чем на 150 мм и регистрируют время горения образца. На следующем этапе определено время воспламенения и потухания обработанных образцов.

Таблица 1.

Результаты испытания образцов текстильных материалов, пропитанных антипиреновыми суспензиями

№ обр.	Масса образца до сгорания m_0 , г			Масса образца после горения m_0 , г			Скорость распространения пламени v , мм/мин			Время горения t , сек								
	Каждого образца	Средняя величина	С.в. по всем об- разцам	Каждого образца	Средняя величина	С.в. по всем об- разцам	Каждого образца	Средняя величина	С.в. по всем об- разцам	Каждого образца	Средняя величина	С.в. по всем об- разцам						
1а	1.26	1.22	1.22	0.90	0.92	0.89	43.64	41.18	39.18	55	54.2	77.63						
1.1а	1.26			0.86			27.6			76								
1.2а	1.16			0.91			40			45								
1.3а	1.23			1.04			48			50								
1.4а	1.22			0.93			46.7			45								
2а	1.34	1.37		0.99	0.96		0.89	40.54		33.91	39.18		74	93.6	77.63			
2.1а	1.39			0.92				34.61					104					
2.2а	1.41			1.01				28.84					104					
2.3а	1.35			0.91				35.64					101					
2.4а	1.40			0.99				29.91					85					
1д	1.04	1.06		0.88	0.86			0.89		28.28			41.75	39.18		70	56	77.63
1.1д	1.09			0.85						60						40		
1.2д	1.06			0.85						36.84						57		
1.3д	1.07			0.85						40.22						55		
1.4д	1.06			0.86						43.41						58		
2л	1.25	1.23		1.04	0.97					48.64			48.19			37	54.6	

2.1д	1.20			1.00			48.94			38		
2.2д	1.21			1.05			60			35		
2.3д	1.27			0.80			37.5			104		
2.4д	1.22			0.97			45.87			59		
2б	1.53			1.00			25.4			118		
2.1б	1.31	1.40		0.69	0.86		29.1	28.51		185	135.8	
2.2б	1.35			0.97			30.5			125		
2.3б	1.45			0.76			27.64			137		
2.4б	1.37			0.87			29.92			114		
1б	1.03			0.90			43.90			41		
1.1б	1.08	1.05		0.66	0.79		40.1	41.59		112	71.6	
1.2б	1.07			0.90			42.7			67		
1.3б	1.02			0.80			41.12			87		
1.4б	1.05			0.71			40.17			51		

В результате проведения комплексных исследований, учитывающих огнезащитные свойства тканей, установлено, что для изготовления огнестойкого материала целесообразно использовать оптимальное соотношение «текстильный материал – антипиреновая суспензия».

По ГОСТ 28157–89 для образцов толщиной менее 3 мм скорость горения должна превышать 75 мм/мин. Выводы по акту испытаний: образцы текстильного материала, пропитанные антипиреновыми суспензиями № 1а, 1б, 1д, 2а, 2б, 2д в различных соотношениях не входят в класс распространяющих пламя по требованиям ГОСТ 28157–89 ($\alpha < 75$ мм/мин).

Следует отметить, что полученные огнезащитные целлюлозные материалы сохраняют почти все прикладные свойства исходного материала.

Далее представляло интерес исследование дымообразования в приборе по ГОСТу 12.1.044-89 «Определение коэффициента дымообразования веществ и материалов» (табл. 2) для образцов, обработанных антипиреновой суспензией, которая содержит в своем составе вермикулит и фосфор, придающие материалам огнестойкие свойства. Опыты проводились в образцах с размером $40 \times 40 \times 1$ мм ($U = 200$ В).

Таблица 2.

Определение коэффициента дымообразования текстильных материалов, пропитанных антипиреновой суспензией на основе вермикулита и фосфора

Опыт	Номерной порядок образца	Масса образца, m(гр).		Пропускание света, %		Продолжительность дыма, (мин.)	Коэффициент дымообразования каждого образца, D_m , (м ² /кг)
		до опыта	после опыта	Исходная, T_0	Итоговая, T_{min}		
№ 1а–обр.	1(1 ¹)	1,267	1,082	3,5	2,3	21	204,5
	1(2 ¹)	1,274	1,096	3,4	2,2	25	217,02
№ 1б–обр.	1(1 ¹)	1,064	0,902	3,8	2,6	23	227,4
	1(2 ¹)	1,056	0,896	4,4	3,0	25	231,5
№ 1д–обр.	1(1 ¹)	1,095	1,013	3,6	3,0	24	106,4
	1(2 ¹)	1,017	0,864	3,7	3,1	22	113,4
№ 2а–обр.	2(1 ¹)	1,390	1,170	3,5	1,9	27	280,9
	2(2 ¹)	1,460	1,204	3,5	1,8	24	290,6
№ 2б–обр.	2(1 ¹)	1,453	1,195	4,5	2,6	22	237,9
	2(2 ¹)	1,385	1,153	4,6	2,7	21	244,9
№ 2д–обр.	2(1 ¹)	1,321	1,167	4,5	2,9	23	213,2
	2(2 ¹)	1,254	1,101	4,6	2,9	21	218,0

После проведения серии опытов был рассчитан коэффициент дымообразования (D_m) по следующей формуле:

$$D_m = \frac{V}{l \Delta m} \ln \frac{I_0}{I_{min}}, [\text{м}^2/\text{кг}],$$

где V – внутренний объем прибора для опыта $0,512 \text{ м}^3$;

l – интервал пропускания света $0,8 \text{ м}$;

Δm – разница массы исходного и последующего образца, кг;

I_0, I_{min} – относительное освещения измерительной среды без дыма (100%) и с дымом, %.

При исследовании образцов текстильного материала, обработанных антипиреновыми суспензиями, содержащих в своем составе

вермикулит и фосфор, среднее число коэффициента дымообразования составляет $D_{ср1а} \approx 210 \text{ м}^2/\text{кг}$, $D_{ср1б} \approx 229 \text{ м}^2/\text{кг}$, $D_{ср1д} \approx 110 \text{ м}^2/\text{кг}$, $D_{ср2а} \approx 286 \text{ м}^2/\text{кг}$, $D_{ср2б} \approx 240 \text{ м}^2/\text{кг}$, $D_{ср2д} \approx 215 \text{ м}^2/\text{кг}$. Антипиреновые суспензии на основе вермикулита и фосфора относятся к категории с умеренной дымообразующей способностью. Все опыты проводились по ГОСТу 12.1.044–89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов» и ГРП 2.01.02–04 «Пожаробезопасность зданий и сооружений».

Таким образом, исследование горючести модифицированных целлюлозных материалов методом

«огневой трубы» и определением скорости возгорания показали, что антипиреновая суспензия обладает более высоким огнезащитным эффектом, способствующим переводу сгораемого материала в группу трудносгораемых. Наблюдаемое при этом обугливание, свойственное любому органическому веществу, ограничивается площадью действия пламени. Также антипиреновые суспензии на основе вермикулита и фосфора при использовании пропитки текстильных материалов относятся к категории со средней дымообразующей способностью.

Список литературы:

1. Балакин В.М. Первичная оценка огнезащитных свойств вспучивающихся покрытий на основе различных водных дисперсий // Пожаровзрывобезопасность. – М., 2010. – Т. 19. – № 6. – С. 14–19.
2. Зубкова Н.С., Антонов Ю.С. Снижение горючести текстильных материалов – решение экологических и социально-экономических проблем // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества имени Д.И. Менделеева). – М., 2002. – Т. XLVI. – № 1. – С. 96–102.
3. Сабирзянова Р.Н. Применение вспучивающего антипирена для придания материалам огнестойкости // Вестник Казанского национального исследовательского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 19. – С. 140–142.
4. Abdul Rahman, Babu G. An experimental investigation on light weight cement concrete using vermiculite minerals // Int. J. Innovative Res. Sci. Eng. Technol. – 2016. – № 5 (2). – P. 2389–2392.
5. Abidi S., Joliff Y., Favotto C. Impact of perlite, vermiculite and cement on the Young modulus of a plaster composite material: experimental, analytical and numerical approaches // Compos. – 2016. – В 92. – P. 28–36.
6. Rashad A.M. Vermiculite as a construction material – A short guide for Civil Engineer // Construction and Building Materials. – 2016. – № 125. – P. 53–62.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ
СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ****Сапаев Хушнуд Бабаджанович***д-р техн. наук, проф., Ташкентский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент***Умаров Шухрат Бадретдинович***канд. техн. наук, доц., Ташкентский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: shumarov1951@mail.ru***Атажиев Шохрух Миразамович***ассистент, Ташкентский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент***Бокижонов Убайдулла Абдушукурович***ассистент, Ташкентский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент***Муминов Хумойун Асосрбекович***ассистент, Ташкентский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент***FREQUENCY-REGULATED AUTOMATED SOLAR BATTERY COOLING SYSTEM****Khushnud Sapaev***doctor tech. Sciences, Professor, Tashkent State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***Shukhrat Umarov***cand. tech. Sciences, Associate Professor, Tashkent State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***Shohrukh Atazhiev***Assistant, Tashkent State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***Ubaidulla Bokizhonov***Assistant, Tashkent State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***Khumoyun Muminov***Assistant, Tashkent State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***АННОТАЦИЯ**

В работе приводятся результаты разработки системы автоматизированного электропривода системы охлаждения солнечных батарей на основе использования универсального преобразователя частоты на базе высококачественных интегрально-гибридных инверторов, управляемых микропроцессорными системами в среде Arduino IDE.

ABSTRACT

The paper presents the results of the development of an automated electric drive system for cooling solar panels based on the use of a universal frequency converter based on high-frequency integrated-hybrid inverters controlled by micro-processor systems in an Arduino IDE environment.

Ключевые слова: альтернативные источники питания, солнечные батареи, системы охлаждения, автоматизированная система управления.

Keywords: alternative power sources, solar panels, cooling systems, automated control system.

Солнечная энергия является одной из весомых среди альтернативных энергетических источников и наиболее перспективной с точки зрения количества ресурсов и высокой экологичности [3, с. 132–134]. Как известно, при эксплуатации альтернативных источников питания на базе солнечных батарей с практической точки зрения может возникнуть ряд проблем, одной из которых является обеспечение их качественного охлаждения [1, с. 23–25]. В летние дни температура на поверхности солнечной батареи может составлять примерно 70–80 °С. Для нормальной

работы солнечной батареи необходимо уменьшить температуру ее поверхности до 25 °С, что достигается путем применения системы водяного охлаждения.

В данной статье приводятся результаты разработки автоматизированной системы охлаждения солнечных батарей с системой водяного охлаждения по замкнутому контуру. Ниже, на рис. 1, представлена технологическая схема системы водяного охлаждения по замкнутому контуру солнечных батарей.

Рисунок 1. Общая технологическая схема системы водяного охлаждения солнечных батарей:
 1 – стеклянный сосуд; 2 – солнечная батарея; 3 – насос; 4, 5, 6 – электромагнитные вентили;
 7 – резервуар

Система водяного охлаждения работает следующим образом. Вода из резервуара 7 при открытом состоянии 4 и 5 вентилей и в закрытом состоянии вентиля 6 при включенном состоянии насоса 3 направляется в стеклянный сосуд, установленный на поверхности солнечной батареи 1. Наполнение сосуда контролируется датчиком уровня ДУ, а температура воды в сосуде контролируется датчиком температуры ДТ. При полном заполнении сосуда с водой ДУ подает сигнал в систему управления автоматизированного электропривода насоса, и этот сигнал соответствует выключению его и запираанию электромагнитов вентилей 4 и 5. В дальнейшем датчик температуры ДТемп контролирует температуру

воды, и, когда температура воды в сосуде достигнет установившегося значения, подается сигнал для открытия электромагнита вентиля 6 и, соответственно, включаются насос и вентили 4 и 5.

Одним из перспективных способов качественного решения проблемы охлаждения является применение системы автоматизированного электропривода системы охлаждения солнечных батарей на основе частотно-регулируемого асинхронного электропривода [2, с. 148–150].

Настоящая работа посвящена разработке функциональной схемы автоматизированной системы управления охлаждением солнечных батарей.

Рисунок 2. Функциональная схема автоматизированной системы охлаждения солнечных батарей:
А – асинхронный двигатель; Н – насос; ПЧ – преобразователь частоты; СС и СУН и СУЧ – силовая схема и системы управления напряжением и частотой соответственно; МП – микропроцессор; ДН, ДТ, ДТемп – соответственно датчики напряжения, тока и температуры

Работа системы частотно-регулируемого асинхронного двигателя осуществляется по величине температуры датчика. При температуре солнечных панелей выше допустимого значения в микропроцессоре выбираются частота и амплитуда питаемого напряжения асинхронного двигателя, которые обеспечивают требуемые параметры. Затем от системы управления выдаются сигналы по напряжению и частоте в силовую схему преобразователя частоты. Таким образом, для регулирования скорости асинхронного двигателя применяется частотный способ с возможной оптимизацией энергетических параметров частотно-регулируемого асинхронного двигателя, которая осуществляется с помощью подпрограмм, установленных в микропроцессоре, за счет коррекции напряжения в статорной обмотке посредством системы управления напряжением преобразователя частоты. Данный способ регулирования скорости асинхронных двигателей подразумевает и повышение его энергетических показателей за счет регулирования напряжения на обмотках статора асинхронной машины. Предлагается производить регулирование напряжения на обмотках статора при помощи полупроводникового преобразователя. При этом следует отметить, что электродвигатель насоса с регулированием от ПЧ забирает от сети пусковой ток значительно меньший, чем при прямом пуске. Таким образом, номинальные токи и типоразмеры электрооборудования снижаются, и потребление электроэнергии также уменьшается.

В качестве преобразователя частоты предлагается использовать универсальный преобразователь частоты на базе высокочастотных интегрально-гибридных инверторов, управляемых микропроцессорными системами в среде Arduino IDE. В качестве платформы для создания системы управления была выбрана платформа с открытым кодом на основе микроконтроллера Arduino Uno с интерфейсом

Application programming interface (API). Данная платформа имеет библиотеки среды программирования и готовые программные модули для периферийных устройств и различных датчиков. Аппаратные средства системы Arduino Uno состоят из 8-разрядного микроконтроллера ATmega328P, блока электропитания и интерфейса с USB. Система имеет 14 цифровых входов или выходов, из которых 6 являются аналоговыми (8-разрядный ШИМ). Шины SPI и I2C служат как цифровые интерфейсы [4, с. 12–15].

Система управления автоматизированной системы охлаждения солнечных батарей должна отслеживать факты повышения температуры нагрева солнечной батареи, контролировать время работы насоса и обеспечивать беспроводное управление системой охлаждения для соблюдения условий безопасности при длительных условиях эксплуатации солнечных панелей. Структурная схема разработанной системы состоит из двух основных модулей – силовой схемы и системы управления на основе Arduino Uno. Как написание, так и отладка программного обеспечения для микроконтроллера выполнялись в среде Arduino IDE (общедоступная среда программирования) на языке программирования C++ с использованием общедоступных программных модулей, созданных инженерным сообществом. Подпрограммы для цифровых датчиков и внешних устройств опубликованы на условиях свободной лицензии GPL, такая лицензия позволяет изменять программный код в своих целях. Так, в процессе разработки оказалось, что ресурсов ATmega328P (ОЗУ 2 кБ, ПЗУ 27 кБ) недостаточно для того, чтобы одновременно использовать несколько библиотек, поэтому код был оптимизирован под доступные ресурсы.

При этом следует отметить, что применение нерегулируемой системы охлаждения подразумевает включение электропривода насоса напрямую, а это

приводит к тому, что по обмоткам протекают 6–10-кратные пусковые токи, которые приводят к возникновению больших электродинамических и механических усилий, в результате чего обмотки двигателя подвергаются повышенному износу, значительно сокращается срок службы механической и электрической частей электропривода и механизма. Кроме того, после выхода на установившуюся скорость вращения электропривод работает в режиме недогрузки, вследствие которого происходит необоснованный перерасход потребляемой полной мощности, в результате снижаются технико-экономические, энергетические и эксплуатационные показатели установки в целом. При этом повышается удельный расход электроэнергии на единицу продукции.

Для уменьшения величины пусковых токов асинхронных двигателей и повышения энергетической эффективности работы автоматизированного электропривода в установившихся режимах работы при относительно низкой степени загруженности механизмов необходимо оптимизировать энергетические параметры по различным критериям оптимальности (минимум тока статора, максимум КПД и коэффициента мощности).

Использование тиристорного преобразователя частоты на базе высокочастотного интегрально-гибридного инвертора при реализации автоматизированного электропривода позволяет также увеличить функциональные возможности системы как в статических, так и в динамических режимах работы. Применение микропроцессорной системы управления позволяет, сохраняя постоянство структуры автоматизированного электропривода, реализовать выбранный критерий оптимальности энергетических параметров системы, обеспечить плавный пуск и эффективную защиту от аварийных режимов работы.

Исходя из вышесказанного, можно констатировать, что разработка и создание энергосберегающей технологии, обеспечивающей качественную работу солнечных батарей с высокими энергетическими показателями, на базе современной полупроводниковой техники с учетом их производственных особенностей является одной из актуальных проблем, а разработка, исследование и создание энергосберегающих технологий нового поколения, наиболее отвечающих современным требованиям с точки зрения энергетики, являются актуальным объектом исследования.

Список литературы:

1. Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – СПб.: С-ПЭТУ, 2003. – 81 с.
2. Проектирование электроснабжения домов на основе солнечных батарей / Т.А. Имомназаров, Г.А. Азамова, Ш.А. Назаров, А.С. Файзиев // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – Ташкент, 2014. – № 4. – С. 148–152.
3. Рац Г.И., Мордвинова М.А. Развитие альтернативных источников энергии в решении глобальных энергетических проблем // Проблемы мировой экономики. – 2012. – № 2 (82). – С. 132–135.
4. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. Электроника. – СПб.: БХВ Петербург, 2012. – 256 с.

ЭНЕРГЕТИКА

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ
ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ КОНДЕНСАТООТДАЧИ ПЛАСТА**Ахмедов Мирзаанвар Мохиджонович**

заместитель заведующего отделением «Разработка нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений», старший преподаватель филиала Российского Государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: akhmedov.mm@mail.ru

Акрамов Бахшилло Шафиевич

канд. техн. наук, профессор отделения «Разработка нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений», старший преподаватель филиала Российского Государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: akhmedov.mm@mail.ru

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF HORIZONTAL WELL
ON IMPROVING GAS-CONDENSATE RECOVERY**Bakhshillo Akramov**

PhD, professor of the department of Oil, gas and gas condensate fields development, branch of the Russian State University of Oil and Gas (National Research University) named after I.M. Gubkin in Tashkent, Uzbekistan

Mirzaanvar Akhmedov

Deputy head of the department of Oil, gas and gas condensate fields development, senior lecturer, branch of the Russian State University of Oil and Gas (National Research University) named after I.M. Gubkin in Tashkent, Uzbekistan

АННОТАЦИЯ

В работе приводятся результаты анализа возможности увеличения коэффициента извлечения конденсата ($K_{ик}$) в пласте с относительно большим содержанием конденсата путем применения горизонтальных скважин в пластовых условиях газоносных регионов Узбекистана. Увеличения конденсатоотдачи пласта достигается снижением в горизонтальной скважине разности перепадов давления в системе пласт-забой с целью контроля за темпом выпадения конденсата в призабойной зоне.

ABSTRACT

The paper presents the analysis of the possibility of improving the gas-condensate recovery factor in a reservoir with high condensate content by using horizontal wells in the reservoir conditions of the gas-bearing regions of Uzbekistan. The increase in the condensate yield of the formation is achieved by reducing the pressure difference in the reservoir-bottomhole system in a horizontal well in order to control the rate of condensation of C_{5+} components in the bottomhole zone.

Ключевые слова: выпадение, горизонтальный участок, коэффициент извлечения газового конденсата, депрессия на пласт, углеводороды, фрагмент залежи, зона дренирования, коэффициенты фильтрационного сопротивления, забой скважины.

Keywords: condensation, horizontal section, gas-condensate recovery factor, reservoir depression, hydrocarbons, reservoir fragment, drainage zone, filtration resistance coefficients, bottom hole.

Постановка проблемы. Известно, что газовый (нестабильный) конденсат - смесь компонентов преимущественно C_{5+} (насыщенные углеводороды, начиная с пентана и выше) и легких углеводородов (в

малом количестве) является весьма дорогим веществом. Даже в нынешних условиях переизбытка предложения и низкого спроса не углеводородное

сырье, связанных с карантинными мерами и затруднений в соглашениях стран-лидеров по добыче углеводородного сырья, приводящих к падению цен на сырье нефти и газа, стоимостью закупаемого Узбекистаном стабилизированного конденсата составляет более 500 долларов за тонну [5].

Конденсат является ценным продуктом как сырьевая жидкость. Он имеет широкую линейку продуктов его переработки таких, как бензин, керосин, масла, ароматические и углеводороды и это не весь список готовых продуктов. При наличии благоприятных условий для широкой переработки, как в Узбекистане, он необходим при производстве товарной продукции с высокой добавленной стоимостью. В частности, на сегодня в Узбекистане работают два нефтеперерабатывающих завода с фактической загрузкой в среднем 38% при общей проектной мощностью 8,7 млн. тонн углеводородной жидкости. Годовой объем добытой нефти составляет ниже 900 тыс. тонн и не покрывает внутреннее потребление страны. Объем добываемого газового конденсата в год также находится на отметке ниже 1 млн. тонн.

Вместе с тем, в добыче газа тоже наблюдается темп падения из-за естественного истощения запасов залежей, что отражается и на падении объемов ежегодного добываемого газового конденсата. Вторым же фактором падения добычи конденсата является уменьшение потенциального содержания конденсата (параметра q_{c5+}) в газе в результате перехода тяжелых углеводородов в жидкую фазу в пласте – выпадением конденсата.

В этих условиях недостатки сырья, при наличии падения уровня добычи нефти и газа, становится еще актуальным выбор рациональной системы разработки и извлечения газа ($K_{изг}$) и газового конденсата ($K_{ик}$) с минимальными потерями дорогой составляющей пластовой продукции. Причем этот выбор имеет технологическую и техническую составляющую.

Анализ исследований и публикаций. В трудах [1], [3] приводится методика расчета распределения давления, дебита, обоснования длины горизонтального участка скважины, обеспечивающей увеличение добычи газа. Расчет и обоснование фильтрационных свойств пласта при фильтрации газа к забою

горизонтальной скважины описывается в работе [2]. В настоящих источниках к пластовому газу относится как к единому веществу и возможности увеличения конденсатоотдачи пласта в трудах [1], [2] и [3] не рассматриваются.

Известно, что эффект от мероприятий по увеличению конденсатоотдачи пласта напрямую связана с содержанием конденсата в пластовом газе и в залежах с низким содержанием C_{5+} эффект от мероприятий сводится к нулю.

Автором труда [4] отмечается, что Бухаро-Хивинский регион располагает газоконденсатными месторождениями, где содержание конденсата достигает 200 г/м³. Мероприятия по увеличению паров жидких углеводородов в составе газа находят свою актуальность именно в таких пластах с высоким содержанием конденсата.

Цель исследования. Целью настоящей работы послужило изучение и обоснование возможности увеличения коэффициента конденсатоотдачи применением горизонтальной скважины. Она должна решить задачи, с технологической точки зрения, выбора режима эксплуатации скважины с точки зрения минимизации потерь конденсата в пласте.

Изложение основного материала. В качестве изучаемого объекта выбрана газоконденсатная залежь Бешкент-Акназарской группы месторождений Бухаро-Хивинского нефтегазоконденсатного региона с начальным потенциальным содержанием конденсата в газе 208 г/м³, где 92,7% запасов месторождения (залежей) залегают в верхнеюрских отложениях J_3 в глубинах 2500-2800 метров.

Залежь месторождения массивная, не имеет тектонических нарушений по площади, по запасам относится к категории больших месторождений (более 30 млрд. м³), выделяется начальными термобарическими свойствами, начальное пластовое давление по залежи составляет $P_{пл.нач} = 55,1$ МПа при пластовой температуре $T_{пл} = 390$ К [4].

Пластовый газ имеет в составе кислых компонентов, содержание углекислого газа более 3% от объема, сероводорода в составе меньше 0,1% от объема газовой смеси (таблица 1).

Таблица 1.

Состав и некоторые свойства пластового газа изучаемого объекта

Компонент	Значение	Единица измерения
CH ₄	84.67	%
C ₂ H ₆	4.57	
C ₃ H ₈	1.7	
nC ₄ H ₁₀	0.8	
iC ₄ H ₁₀	0.3	
C _{5+в}	4.01	
N ₂	0.61	
CO ₂	3.33	
H ₂ S	0.04	
Итого	100	
Параметр	Значение	Единица измерения
$P_{кр}$	4,69	МПа
$T_{кр}$	220	К

$\rho_{ст}$	0,952	кг/м ³
$\rho_{отн}$	0,791	д.е.
μ	0,015	мПа*с

Источник: [4]

Результатами газоконденсатных исследований установлено, что давление начала конденсации пластового газа находится на отметке выше начального пластового давления 55,1 МПа, что вызовет выпадение конденсата в пласте с первого года при разработке залежи на истощение.

Если учесть, что в системе пласт-забой призабойной зоне приходится минимальное значение давления, то именно в около-скважинной зоне интенсивно выпадает конденсат, при этом ухудшая фильтрационные свойства пласта.

В целях минимизации потерь конденсата предложено уменьшить депрессию на пласт при сохранении или даже увеличении темпов годовых отборов. Такого рода двойного эффекта можно добиться увеличением, в горизонтальном направлении, зоны дренирования скважины. В результате в забое

поддерживается высокое значение давления, уменьшается дебит на погонный метр забоя, но за счёт увеличения длины зоны дренирования горизонтальной скважиной суточный дебит сохраняется или даже увеличивается.

Расчётно-аналитические работы были направлены на обоснование значений длины горизонтального участка и депрессии на пласт и режима эксплуатации, обеспечивающие эффект от применения горизонтальной скважины - прирост извлечения конденсата. Проводились они в нескольких вариациях разработки залежи проектной горизонтальной скважиной в сравнении с базовым вариантом (таблица 2).

В качестве базового варианта выбрана динамика добычи газа фактической вертикальной скважиной до падения пластового давления до давления забрасывания (не менее 10% начального пластового давления), результаты которых приведены на рисунке 1.

Рисунок 1. Динамика основных показателей разработки газоконденсатной залежи вертикальной скважиной

Источник: собственные расчёты на основе данных [4]

Согласно результатам расчётов, к концу двадцатого года разработки пластовое давление снизилось до 5,57 МПа (10,1% от начального значения 55,1 МПа), при этом содержание конденсата в газе уменьшилось до 137,7 г/м³ (66,2% от начального 208 г/м³). К концу разработки накопленная добыча газа вертикальной скважиной составила 989,743 млн.м³ (87,3% от начальных 1133,08 млн.м³ дренируемых скважиной запасов), конденсата – 157,7 тыс.тонн (66,9% от начальных 235,68 тыс. тонн удельных запасов).

Первый вариант разработки залежи горизонтальной скважиной предполагает достижение идентич-

ных годовых отборов и соответственно конечного извлечения газа $K_{из}=0,87$ полученных при разработке залежи вертикальной скважиной, при такой задаче длина горизонтального участка скважины подбирается исходя из дренируемых запасов газа. Так для охвата горизонтальной скважиной удельных запасов в объёме 1133,08 млн.м³ пластового газа длина горизонтального участка скважины должна составить 785 метров. За 13 лет разработки горизонтальной скважиной, согласно настоящему варианту накопленная добыча конденсата составила 159,6 (67,7% от начальных запасов), т.е. всего на 1,9 тыс.тонн больше, чем в базовом варианте.

Второй вариант разработки предполагает достижения базового значения $K_{иг}=0,87$, но с удельными запасами газа в объеме 1,443 млрд.м³ и конденсата в количестве 300,24 тыс.тонн (что на 27,3% больше объема по базовому варианту), дренируемыми горизонтальной скважиной с длиной фрагмента 1000 метров при тех же сроках разработки 13 лет. К концу разработки, когда давление пласта составило 5,2 МПа (9,4 от начального значения пластового давления), добыто 207,48 тыс.тонн газового конденсата, что составляет 69,1% начальных запасов конденсата.

Расчёты разработки горизонтальной скважиной по третьему варианту проводились при условиях увеличения коэффициента газа и конденсата. При длине фрагмента 1500 метров объем удельных запасов, дренируемых скважиной, составил 2,165 млрд.м³ газа и 450,35 тыс.тонн конденсата. За 8 лет разработки с убывающим темпом депрессии на пласт в диапазоне от 1 до 0,5 МПа суммарный отбор с залежи составил

1,899 млрд.м³ пластового газа, в том числе 320,2 тыс тонн газового конденсата. Суммарное извлечение по пластовому газу и конденсату при этом составили 87,7% и 71,1% соответственно.

Анализ результатов расчётов свидетельствуют о том, что разработка газоконденсатной залежи горизонтальной скважиной с низкой депрессией на пласт (относительно вертикального) даёт прирост конечного коэффициента извлечения конденсата. Причем при привлечении больших длин охвата залежи горизонтальным участком эффект от горизонтального притока повышается за счёт увеличения и коэффициента газоотдачи и накопленной добычи (варианты 3 и 4, таблица 2). Путем постепенного снижения разности давлений в системе пласт-забой в годы разработки при длине горизонтального участка 1000 метров удастся одновременно увеличить долю извлекаемого газа и конденсата, а также сократить сроки эксплуатации скважины до 8 лет (таблица 2).

Таблица 2.

Критерии и основные показатели разработки газоконденсатной залежи горизонтальной скважиной

Варианты разработки	Базовый (вертикальная скважина)	Вариант №1 (горизонтальная скважина)	Вариант №2 (горизонтальная скважина)	Вариант №3 (горизонтальная скважина)
Пояснение/критерии	$K_{иг}=0,873$ $K_{ик}=0,659$	достижение базовых значений накопленной добычи и $K_{иг}$	достижение базового значения $K_{иг}$ с увеличением дренируемых запасов	увеличение дренируемых запасов с одновременным увеличением $K_{иг}$ и $K_{ик}$
Длина горизонтального участка, м	-	284 м (определена как функция от удельных дренируемых запасов, приравненных к запасам базового варианта)	500 м при длине фрагмента залежи (дренируемой скважиной) равной 1000 метров	1000 м при длине фрагмента залежи (дренируемой скважиной) 1500 метров
Удельные запасы газа/конденсата скважины, млн.м ³ /тыс.тонн	1133,1 млн.м ³ 235,68 тыс.т	1133,1 млн.м ³ 235,68 тыс.т	1443,4 млн.м ³ 300,23 тыс.т	2165,1 млн.м ³ 450,34 тыс.т
Накопленная добыча газа, млрд.м ³	989,743	989,743	1 260,7	1 899,8
Накопленная добыча конденсата, тыс.тонн	157,7	159,5	207,4	320,2
Срок разработки, лет	13	13	13	8

Источник: собственные расчёты на основе данных [4]

Выводы. По полученным результатам исследования можно сделать вывод, что к применению горизонтальной скважины, которая показывает эффект в первую очередь в увеличении зоны охвата пласта, можно подходить с точки зрения технологии увеличения извлекаемых запасов конденсата, даже в режиме разработки залежи на истощение. Последнее

является наиболее актуальным в условиях Узбекистана, где в настоящее время наблюдается дефицит нефти и конденсата как сырья переработки при имеющихся и простаивающих мощностях нефтеперерабатывающих заводов, а темп падения годовой добычи газа в большинстве месторождений не позволяют применение мероприятий по поддержанию пластовой энергии.

Рисунок 2. Конечные показатели извлечения газа и конденсата по вариантам разработки

Источник: собственные расчёты на основе данных [4]

Список литературы:

1. Алиев З.С. Определение основных параметров горизонтальных скважин: Учебное пособие / З.С. Алиев, Е.М. Котлярова, Л.В. Самуйлова, Д.А. Мараков. - Москва: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2012. - 228 с.
2. Алиев З.С. Определение производительности горизонтальных скважин, вскрывших газовые и газонефтяные пласты / З.С. Алиев З.С., В.В. Шеремет. Москва: Недра, 1995. - 131 с.
3. Алиев З.С. Технология применения горизонтальных газовых скважин: Учебное пособие / З.С. Алиев, Е.М. Котлярова. - Москва: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, 2015.- 156с.
4. Махмудов Н.Н. Бухоро-Хива регионидаги нефтгазконденсат конларини сўнгги даврларида разведка қилиш ва ишлаш методологик асосларини яратиш. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ing.uz/images/Biblioteka/Avtoreferat/Avtoreferat_Mahmudov_N.N.pdf
5. Цены на газовый конденсат по состоянию на дату 9 июня 2020 года. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://tashkent.flagma.uz/ru/kondensat-gazovy-stabilny-o1791169.html>

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ВЛИЯНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО БАРЬЕРА В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КРЕМНИЯ

Абдувохидов Муроджон Комилович

*PhD докторант, Андижанский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: info@murodjon.uz*

Мирзаалимов Авазбек Алишерович

*PhD докторант, Андижанский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: avazbek.mirzaalimov@mail.ru*

Мирзаалимов Наврузбек Алишер угли

*PhD докторант, Андижанский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: mirzaalimov90@mail.ru*

Гуломов Жасурбек Журахон угли

*студент, Андижанский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: jasurbekgulomov@yahoo.com*

TEMPERATURE INFLUENCE POTENTIAL BARRIER IN SILICON SOLAR ELEMENTS

Murodjon Abduvohidov

*PhD student, Andijan state university,
Republic of Uzbekistan, Andijan*

Avazbek Mirzaalimov

*PhD student, Andijan state university,
Republic of Uzbekistan, Andijan*

Navruzbek Mirzaalimov

*PhD student, Andijan state university,
Republic of Uzbekistan, Andijan*

Jasurbek Gulomov

*Student, Andijan state university,
Republic of Uzbekistan, Andijan*

АННОТАЦИЯ

В этой статье описывается теоретический анализ температурной и легирующей зависимости встроенного напряжения в кремниевых солнечных элементах, а также приведенные результаты, которые принимаются программой моделирования.

ABSTRACT

In this article, describe analyzing theoretically temperature and doping dependence built in voltage in silicon solar cells. Besides given results which are taken by simulation program.

Ключевые слова: встроенное напряжение, полупроводники, кремний, солнечный элемент, температура, концентрация легирования, моделирование, симуляция.

Keywords: built-in voltage, semiconductors, silicon, solar cell, temperature, doping concentration, modeling, simulating.

Размер внутреннего потенциала является одним из важных параметров для всех солнечных элементов. Функция внутреннего потенциала заключается в перемещении электронов и дырок из одного поля в другое. Разумеется, речь идет о существовании двух таких сил при движении электронов и дырок. Но самым важным из них является внутренний потенциал бедной зоны. Мы знаем, что первое поле дает интегральный потенциал первого порядка вдоль координатных осей. Вопрос в том, как создается внутренний потенциал. Имеет ли обычный кремний внутренний потенциал? Ни один обычный кремниевый элемент не имеет внутреннего потенциала. Внутренний потенциал также называется потенциальным барьером под другим именем.

Потенциальный барьер разделяет электроны и дыры, генерируемые светом в солнечных элементах, и создает напряжение. Существуют разные способы создания потенциального барьера в солнечных элементах. Самым популярным из них является р-п-соединение.

Потенциалы заряженных частиц в среде определяются уравнением Пуассона [2]:

$$\Delta\varphi = \frac{\rho}{\varepsilon}, \quad (1)$$

где ρ – плотность заряда;
 φ – потенциал;
 ε – диэлектрическая проницаемость.

$$V_0 = \frac{kT}{q} \ln \frac{p_p}{p_n}. \quad (2)$$

Мы можем определить внутренний потенциал либо по ямам, либо по концентрации электронов. То есть мы можем определить концентрацию дырок в области р по отношению концентрации дырок в области п.

$$p \approx N_A. \quad (3)$$

Концентрация дырок в области р приблизительно равна концентрации акцепторов в этой области.

$$p_n \approx \frac{n_i^2}{N_D}. \quad (4)$$

Концентрация ям в области п равна отношению квадрата концентрации конкретных носителей заряда к концентрации донора.

$$n \approx N_D. \quad (5)$$

Концентрация электронов в п-поле примерно равна концентрации донорного входа в этом поле.

$$n_p \approx \frac{n_i^2}{N_A}. \quad (6)$$

Концентрация электронов в поле р равна отношению квадрата удельной концентрации носителей заряда к концентрации акцептора на входе.

$$V_0 = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}. \quad (7)$$

Учитывая вышеприведенные выражения, значение потенциального барьера является величиной, зависящей от входной концентрации и температуры. Однако из уравнения 7 видно, что потенциальный барьер линейно связан с температурой, но это не так. Это связано с тем, что концентрация специфических носителей заряда тесно связана с температурой [3].

$$n_i = 5.2 \times 10^{15} T^{3/2} \exp \frac{-E_g}{2kT} \text{ electrons / cm}^3, \quad (8)$$

где Т – температура;
 E_g – ширина запрещенной зоны;
 k – постоянная Больцмана.

Это означает, что с ростом температуры концентрация специфических носителей заряда также резко возрастает.

Если мы говорим, что потенциальный барьер формируется на р-п-переходе, то концентрация носителей заряда, потенциал и напряженность внутреннего поля распределяются следующим образом.

Рисунок 1. Координатная зависимость концентрации носителей заряда в р-п-переходе

Рисунок 2. Координатная зависимость напряженности внутреннего поля на переходе p-n

Рисунок 3. Координатная зависимость внутреннего потенциала на p-n-переходе

Все вышеприведенные диаграммы предназначены для обедненной зоны на p-n-переходе. Отсюда можно сделать вывод, что значение потенциала в центре обедненной зоны p-n-перехода равно нулю. Вот почему эта линия называется переходной линией. Концентрация носителей заряда изменяется вдоль линии перехода. Модуль напряженности поля достигает своего максимального значения на линии перехода. Это позволяет сгенерированным электронам и дырам разделиться.

Сегодня компьютерные технологии стремительно развиваются. Цифровые технологии широко используются во всех областях. Преимуществами этого являются меньшее время, затрачиваемое на

расчеты, и повышенная точность расчетов. Теории никогда не возникают сами по себе.

Они также основаны на результатах, полученных в эксперименте [1]. Я думаю, что, если мы сможем правильно организовать цепочку теорий, мы сможем получить информацию о многих свойствах объекта, который мы изучаем. Я создал цепочку таких теорий и создал программу Suntulip-2 для кремниевого солнечного элемента. Программа проста в применении и может быть использована людьми, которые не имеют знаний о программировании. Используя эту программу, мы определили приведенную ширину зоны, а также потенциальный барьер солнечного элемента со следующими параметрами.

График 1. Температурная зависимость ширины обедневшей зоны

График 2. Зависимость потенциального барьера от входной концентрации

$N_A = 1 \times 10^{15}$;
 $N_D = 1 \times 10^{17}$;
 $d_n = 100 \text{ нм}$;
 $d_p = 200 \text{ мкм}$.

В заключение можно сделать вывод, что величина потенциального барьера в солнечных элементах тесно связана с входной концентрацией.

Список литературы:

1. Fan J.C.C. Theoretical temperature dependence of solar cell parameters // Solar Cells. – 1986. – Vol. 17. – № 2–3. – P. 309–315.
2. Luque A., Hegedus S. Handbook of photovoltaic science and engineering. – John Wiley & Sons Inc. – P. 148.
3. Sze S. Physics of semiconductor devices. 3rd ed. – John Wiley & Sons Inc., 2006. – P. 109.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО ВРАЩАЮЩЕГО ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА 3D ФОРМАТА

Мирзаалимов Авазбек Алишерович

*PhD докторант Андижанский государственный университет
Узбекистан, Андижан*

E-mail: avazbek.mirzaalimov@mail.ru

Мирзаалимов Наврузбек Алишер угли

*PhD докторант Андижанский государственный университет
Узбекистан, Андижан*

E-mail: mirzaalimov90@mail.ru

Гуломов Жасурбек Журахон угли

*студент Андижанский государственный университет
Узбекистан, Андижан*

E-mail: jasurbekgulomov@yahoo.com

ADVANTAGES OF USING THE NEW ROTATING PHOTOELECTRIC ENERGETIC DEVICE 3D FORMAT

Avazbek Mirzaalimov

*PhD student Andijan State University
Uzbekistan, Andijn*

Navruzbek Mirzaalimov

*PhD student Andijan State University
Uzbekistan, Andijn*

Jasurbek Gulomov

*Student Andijan State University
Uzbekistan, Andijn*

АННОТАЦИЯ

В этой статье представлена информация о проблемах использования традиционных солнечных батарей и о том, как преодолеть эти проблемы с помощью новых вращающихся фотоэлектрических силовых устройств в формате 3D. Результаты, полученные в эксперименте, обсуждались.

ABSTRACT

In the article information about problems of using traditional solar panels and how to overcome these problems with new rotating photovoltaic power devices in 3D format is presented. The results obtained in the experiment have been discussed.

Ключевые слова: солнечная панель, температура, излучение, вынужденная конвекция.

Keywords: solar panel; temperature; radiation; forced convection.

Одной из актуальных проблем использования фотоэлектрических устройств является негативное влияние на них жаркого климата. Мы знаем, что тепло передается через излучение, теплопроводность и конвекцию [3]. Из-за прямых лучей, падающих на солнечные панели, температура поверхности солнечных панелей со временем увеличивается по сравнению с окружающей средой за счет излучения [1]. Но температура поверхности также зависит в некоторой степени от температуры окружающей среды. Если мы рассмотрим теорию охлаждения Ньютона

“Newton cooling”, температура поверхности солнечной панели может подняться до определенного значения [2]. Это определяется температурой окружающей среды. Например, в эксперименте с температурой окружающей среды 33 °C температура поверхности солнечной панели выросла до 52 °C за 1 час, что привело к снижению выходного напряжения и КПД на 34%. Если бы температура окружающей среды была выше этой, поверхность солнечной панели была бы нагрета до более высокой температуры, и эффективность была бы значительно снижена. В

Узбекистане средняя летняя температура составляет 40 °С. Это означает, что использование традиционных солнечных панелей создает как экономические, так и энергетические проблемы в Узбекистане.

Для решения вышеуказанных проблем нами было предложено вращающееся фотоэлектрическое энергетическое устройство нового формата 3D. Принцип работы устройства основан на самоохлаждении. Наши эксперименты на этом устройстве показали, что даже после 1 часа работы температура поверхности солнечной панели не изменилась,

никакого снижения КПД и выходного напряжения не наблюдалось. Это потому, что в нем формируется «принудительная конвекция». То есть традиционные солнечные панели не успевают излучать тепловую энергию, которую они поглощают, в окружающую среду, и вызывают нагрев поверхности. Однако в предлагаемой конструкции, помимо теплового излучения, также наблюдаются потери тепла за счет принудительной конвекции, что предотвращает возникновение перепадов температуры с окружающей средой и становится причиной самоохлаждения.

Таблица 1.

Результаты экспериментов на традиционных солнечных панелях

t (min)	0	5	15	30	45	60
T (°C)	33	35	38	42	48	52
U (V)	24	20	18	17	16.3	16
η (%)	21	17.5	15.75	14.875	14.26	14

Таблица 2.

Результаты экспериментов, проведенных на новом 3D формате вращающегося фотоэлектрического энергетического устройства

t (мин)	0	5	15	30	45	60
T (°C)	33	33.2	33.2	33.1	33.1	33.1
U (V)	13.3	13.27	13.27	13.28	13.28	13.28
η (%)	21	20.95	20.95	20.97	20.97	20.97

В таблицах: t время эксперимента, T температура поверхности солнечной панели, U напряжение солнечной панели, η (КПД) эффективность солнечной панели.

Рисунок 1. График относительного изменения коэффициента полезного действия (КПД) с течением времени [1] традиционной плоской солнечной панели и [2] нового вращающегося фотоэлектрического энергетического устройства 3D-формата

Подводя итоги эксперимента, можно сказать, что температура поверхности обычных плоских солнечных панелей со временем увеличивается, что приводит к снижению их КПД и уменьшению выходного напряжения. В предлагаемом новом формате 3D вращающегося фотоэлектрического энергетического

устройства не изменяется температура его поверхности из-за самоохладения с течением времени, что гарантирует неизменное КПД фотоэлектрического устройства и выходное напряжение U (рисунок 1). В регионах с высокой температурой окружающей среды рекомендуется использовать предлагаемое нами устройство.

Список литературы:

1. ISO 15099. Thermal performance of windows, doors and shading devices - detailed calculations. Technical report, 2003.
2. Sylvie Lorente. Heat losses through building walls with closed, open and deformable cavities. International Journal of Energy Research, (20):611–632, 2002.
4. Yougesh Jaluria and Kenneth E. Torrance. Computational Heat Transfer. Series in Computational Methods in Mechanics and Thermal Science. Taylor & Francis, New York, second edition edition, 2003.

СОЗДАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ КРЕМНИЕВОЙ БАЗОЙ

Мирзаалимов Авазбек Алишерович

*PhD докторант, Андижанский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: avazbek.mirzaalimov@mail.ru*

Гуломов Жасурбек Журахон угли

*студент, Андижанский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: jasurbekgulomov@yahoo.com*

Абдувохидов Муроджон Комилович

*PhD докторант, Андижанский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: Info@murodjon.uz*

CREATION OF PHOTOELECTRIC POWER DEVICES OF NEW GENERATION WITH HIGH-EFFICIENT SILICON BASE

Avazbek Mirzaalimov

*PhD doctoral student, Andijan State University,
Republic of Uzbekistan, Andijan*

Jasurbek Gulomov

*student, Andijan State University,
Republic of Uzbekistan, Andijan*

Murodjon Abdukhokhidov

*PhD doctoral student, Andijan State University,
Republic of Uzbekistan, Andijan*

АННОТАЦИЯ

В этой статье описывается недавно разработанное фотоэлектрическое солнечное энергетическое устройство, предназначенное для уменьшения влияния температуры на эффективность солнечных панелей.

ABSTRACT

This article describes a newly developed photovoltaic solar energy device designed to reduce the effect of temperature on the efficiency of solar panels.

Ключевые слова: солнечная панель, температура, КПД, фотоэлектрические устройства солнечной энергии.
Keywords: solar panel, temperature, efficiency, solar photovoltaic devices.

Одним из важных факторов, снижающих эффективность солнечных фотоэлектрических устройств (СФЭ), является высокая температура солнечных панелей при длительном и постоянном воздействии солнечного света. Поэтому важно разработать СФЭ с низкотемпературным режимом работы. Эта работа была посвящена разработке новой конструкции СФЭ, в которой эффективность прогона была увеличена за счет понижения рабочей температуры.

СФЭ может быть стационарным и наблюдаться вдоль траектории солнца. СФЭ, которые обычно имеют сервосистему, производят на 30 % больше энергии, чем устройства без сервосистемы. Известно,

что в [1] подставка солнечных панелей вращается вдоль двух взаимно перпендикулярных координатных осей, достигая постоянной перпендикулярной ориентации панелей к солнцу. Однако возникает другая важная проблема: использование СФЭ в положении, перпендикулярном потоку солнечного света, приводит к их перегреву, что, в свою очередь, приводит к снижению параметров выходной энергии. Чтобы предотвратить перегрев солнечных панелей, необходимо увеличить FIC устройства, поворачивая его горизонтально вокруг своей оси и доводя до нормальной температуры с помощью воздуха. Анализ литературы показывает, что существуют различные

конструкции силовых устройств, в том числе отдельный ветрогенератор и фотоэлектрические устройства, которые активно используются для выработки электроэнергии [3].

Интерес представляла конструкция вращающегося фотоэлектрического модуля [4] с полупроводниковыми солнечными элементами, включая горизонтальную цилиндрическую солнечную панель, вращающуюся вокруг горизонтальной оси, вращающийся механизм, неподвижное основание, катушки, постоянные магниты и соединительные провода. Фотоэлектрический модуль [4] имеет ряд преимуществ перед другими конструкциями, но при его использовании был также выявлен ряд важных недостатков.

Поэтому основной целью авторов новой конструкции является разработка новой конструкции фотоэлектрического модуля, который вращается свободно и обладает высокой эффективностью без внешнего источника питания. Предложенный авторами фотоэлектрический модуль покрыт полупроводниковыми прямыми прямоугольными солнечными панелями, которые свободно вращаются вокруг горизонтальной оси (или частично прямоугольной), а также включает механизм вращения, основание и внутренние соединительные провода.

Рисунок 1. Поперечное сечение призматических панелей солнечного фотоэлектрического устройства

Принцип работы нового дизайна заключается в следующем. Соотношение между расстоянием от оси вращения призмы до центра стороны и длиной сторон основания призмы можно определить по следующей формуле:

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2} a. \quad (1)$$

Линейная скорость точки на кратчайшем расстоянии от оси вращения до стороны призмы направлена вдоль поверхности призмы. Расстояние от любой

точки на поверхности призмы до оси вращения можно определить по следующей формуле: $R = \frac{h}{\cos \beta}$.

$$R = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{a}{\cos \beta}, \quad (2)$$

где R – расстояние от произвольно выбранной точки до оси вращения,

$\beta \in [0; \alpha]$ – R – угол между R и h , $\alpha = 30^\circ$.

Соотношение между скоростью вращения панели и частотой вращения призмы вокруг ее оси можно определить по следующей формуле:

$$v = \omega R; \\ v = \omega \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{a}{\cos \beta}. \quad (3)$$

При создании принудительной конвекции воздуха посредством механической циркуляции скорость воздуха в основном получается вдоль поверхности тела. Следовательно, можно определить линейную составляющую скорости призмы вдоль поверхности призмы: $v_x = v * \cos \beta$

$$v_x = \omega * \frac{\sqrt{3}}{2} a. \quad (4)$$

Скорость воздушного потока через поверхность одинакова в любой точке призмы. Это значит, что все его точки крутятся одинаково.

В недавно разработанной конструкции (рис. 1) солнечная панель надежно установлена на основании, состоящем из вертикальных многоугольных дисков, диски свободно вращаются вокруг горизонтальной оси с помощью электродвигателя малой мощности. В выражениях (3) и (4) ω – частота вращения призмы, h – расстояние от оси вращения до середины стороны призмы, v_1 – скорость центра стороны призмы, v_2 – скорость точек x от центра стороны призмы, v_4 – скорость ребер призмы нормальный компонент v_3 . Экспериментальный дизайн СФЭ был разработан в виде правильной гексагональной призмы [2]. На наружной поверхности смонтированы прямоугольные диффузионные $p-n$ переходные кремниевые солнечные элементы. Форма солнечной панели в виде простого прямого прямоугольника была выбрана для предотвращения возникновения механических напряжений в панели, собранной из плоских и тонких кремниевых солнечных элементов.

Предварительные результаты экспериментальных испытаний показывают, что в условиях использования в течение 1 часа и более солнечная электростанция новой конструкции имеет в 2–4 раза более высокую эффективность, чем традиционные солнечные электростанции с плоскими панелями.

Список литературы:

1. Автоматизированная фотоэлектрическая установка с повышенной энергоэффективностью / Ю.А. Шиняков, Ю.А. Шурыгин, В.В. Арджанов, А.В. Осипов [и др.] // Отчет ТУСУРа. – 2011, дек. – № 2 (24). – Ч. 1. – С. 282–287.
2. Солнечное фотоэлектрическое энергетическое оборудование // Заявка на патент РУз № ФАП 2020 047 / Алиев Р., Мирзаалимов А., Зияитдинов Ю., Алиев С.
3. SolarMill SM-3P: первая в своем роде, полностью интегрированная, крышная ветро-солнечная гибридная установка / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecotechnica.com.ua/energy/81-solarmill-gibrid-vetrogeneratora-i-solnechnykh-panelej-vyshel-v-prodazhu-v-ssha-za-3000.html>.
4. V3Solar Spin Cell – коническая солнечная панель / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://techvesti.ru/node/57974>.

ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА АБСОРБЕРА СОЛНЕЧНОГО ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРА

Узбеков Мирсоли Одилжанович

*PhD, Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: education.fer@mail.ru*

Тухтасинов Азамат Гофурович

*ассистент, Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: a.tuxtasinov@ferpi.uz*

MEASUREMENTS OF HEATING ABSORBER HEATING TEMPERATURE OF A SOLAR AIR HEATING COLLECTOR

Mirsoli Uzbekov

*PhD, Ferghana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Ferghana*

Azamat Tukhtasinov

*Assistant, Ferghana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Ferghana*

АННОТАЦИЯ

В статье приведены теоретические расчеты определения цветовой температуры поверхностей, которые были применены при определении температуры абсорбера солнечного воздушнонагревательного коллектора (СВК) из металлических стружек. Приведены описание конструкции СВК, методика проведения и результаты экспериментальных исследований по определению зависимости температуры металлических стружек от цвета их поверхности. Определены цвета поверхности, имеющие максимальную температуру.

ABSTRACT

The article presents theoretical calculations for determining the color temperature of surfaces that were used to determine the temperature of the absorber of a solar air heating collector (SAH) from metal shavings. A description of the SAH design, a methodology and the results of experimental studies to determine the dependence of the temperature of metal shavings on their surface color are given. Surface colors having a maximum temperature are determined.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, солнечные коллекторы, солнечные воздушнонагревательные коллекторы, абсорбер, температура, эффективность.

Keywords: renewable energy sources, solar energy, solar collectors, solar air heating collectors, absorber, temperature, efficiency.

Введение. На сегодняшний день в мире ведутся научные исследования, направленные на создание энергосистем с использованием солнечных низкопотенциальных установок в системах теплоснабжения, учитывающих оптимизацию тепломассообменных процессов, необходимых для разработки режимных, технологических и конструктивных параметров, схем контроля и управления, обеспечивающих непрерывность гидродинамических и тепловых процессов [7]. Повышение эффективности и разработка новых современных конструкций солнечных установок, а также усовершенствование методики их тепловых расчетов являются одной из наиболее важных задач исследований в данной области [3]. Вместе с тем повышение коэффициента полезного действия сол-

нечных воздушнонагревательных коллекторов на основе усовершенствованной конструкции абсорберов и интенсификации процессов теплообмена за счет турбулизации потока теплоносителя для систем теплоснабжения является актуальным [9]. До сих пор остается нерешенной проблемой вопросы оптимизации контактной поверхности абсорберов с учетом эффективных тепломассообменных процессов, а также снижения экономических затрат путем использования материала производственных отходов в целях разработки абсорберов и солнечных воздушнонагревательных коллекторов с повышенной тепловой эффективностью и их использования в системе теплоснабжения [1].

Основным элементом преобразования солнечной радиации в полезное тепло и отдающим его теплоносителю является абсорбер – теплоприемник [10]. Для интенсификации процесса теплообмена в теплоприемниках используются гофрирование, оребрение, а также насадки из различных металлических проволок [8]. В большинстве конструкций СВК теплоприемник покрашен в черный цвет. В данной работе исследовались естественные цветовые окраски металлических стружек, получаемые при обработке металла, для определения эффективного цвета поверхности, обладающей конечной высокой температурой и поглощающей способности плотности потока солнечного излучения при процессе преобразования солнечного излучения в полезное тепло.

Методика измерения. Измерения и сопоставления результатов температуры металлических стружек можно выполнить тремя способами.

1. Колориметрический метод. Цветовые показатели теплоприемника оказывают важное влияние на эффективность СВК, т.е. их спектр указывает на распределение потока энергии по поверхности. Значение величин, измеренных в разных спектральных диапазонах металлической стружки, зависит от длины волн спектра и температуры. В этом случае вместо отношения потоков или их освещенности можно использовать среднеспектральную плотность или интенсивность в данном промежутке потоков. В этом случае приводим следующую формулу монохроматического излучения:

$$\frac{E(\lambda_2, T)}{E(\lambda_1, T)} = \frac{I(\lambda_2, T)}{I(\lambda_1, T)} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right) \exp \left[c_2 \left(\frac{1}{\lambda_1 T} - \frac{1}{\lambda_2 T} \right) \right], \quad (1)$$

где $E(\lambda, T)$ – освещенность;

$\lambda_1 - \lambda_2$ – диапазон длины волн;

$I(\lambda_2, T)$ – интенсивность.

Если в формулу (1) добавить формулу Погсона:

$$\lg \frac{E(\lambda_2, T)}{E(\lambda_1, T)} = 0,4(m(\lambda_1) - m(\lambda_2)) = 5(\lg \lambda_1 - \lg \lambda_2) + c_2 \lg \frac{\lambda_1}{\lambda_2}, \quad (2)$$

получим изменение, в данном случае m – длина волны цветов металлической стружки:

$$C_3 = m(\lambda_1) - m(\lambda_2) = 2,51g \frac{E(\lambda_2, T)}{E(\lambda_1, T)}, \quad (3)$$

если внести обозначение, то тогда C_3 – эквивалент цвета.

$$C_0 = 12,5(\lg \lambda_1 - \lg \lambda_2) \quad (4)$$

C – вводим обозначения, получим:

$$C_3 = C_0 + 1,56 \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{T}. \quad (5)$$

Отсюда (4) получим:

$$T = 1,56 \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{C_3 - C_0}, \quad (6)$$

где длина волн измеряется в (см). Длина волн спектра темно-желтых (светло-желтых) цветов – $\lambda_{ct} = 605,78021$ нм, длина волн спектров кадмия красных цветов – $\lambda_{ct} = 643,84696$ нм, желтый цвет натрия – $\lambda_{ct} = 589,6156$ нм.

2. Оптический метод определения температуры металлической стружки.

Температура излучаемого спектра от металлической стружки в образцах:

$$\varphi(\lambda, T) = \frac{4\pi^2 hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{2\pi hc/RT\lambda} - 1}, \quad (7)$$

$$R_3^* = \frac{\pi^2 R^4}{60c^2 h^3} T^4 = \sigma T^4, \quad (8)$$

где σ – постоянная Стефана – Больцмана, равен $\sigma = 5,6696 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²·град⁴. (7) формула Планка. Здесь постоянная Планка равна $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, представляет собой постоянную линию $\frac{h}{2\pi} = \hbar$. $R = \frac{\omega}{c}$, c – скорость света находится как $\lambda = 2\pi \cdot c/\omega$, $\varphi(\lambda, T)$ – max и min функции.

Решение трансцендентного уравнения $\frac{2\pi hc}{RT\lambda_m} = 4,965$ и сопоставление с формулой теплового излучения дает экспериментальное значение:

$$T\lambda_m = \frac{2\pi hc}{4,965k} = b. \quad (9)$$

3. Определение и расчет температуры цвета металлической стружки с «цветной пирометрией». Способность испускания для серых предметов равна $r_{\lambda T} = \alpha_T \varphi(\lambda, T)$; $\alpha_T = const$. Это означает, что максимум способности испускания серым телом при температуре T совпадает с длиной одной волны максимума λ_m при максимуме способности испускания абсолютно черного тела при той же температуре.

Ввиду этого, если определено λ_m , можно определить температуру серого тела с помощью формулы:

$$B_3(\lambda, T) = \frac{1}{\pi} \alpha_{\lambda, T} \varphi(\lambda, T), \quad (10)$$

здесь B_3 – яркость, $\alpha_{\lambda, T}$ – поглощающая способность излучаемого тела, данные которых можно получить из справочника [11].

Температура, определяемая этим методом, называется цветовой температурой.

Формула цветовой температуры для серых и абсолютно черных тел выражается ниже следующим образом:

$$T_{\text{цвет}} = \frac{(2\pi hc/R)(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1})}{\ln \xi - 5 \ln(\lambda_2/\lambda_1)}. \quad (11)$$

Метод определения температур, основанный на этих законах, является методом, основанным на законе распределения скорости по длинам волн, что определяется единственным параметром – температурой. Для этого достаточно, например, найти длину

волны $\lambda_{\max}$, на которую приходится максимум распределения, тогда формула Вина равна:

$$\lambda_{\max}(\text{мк}) = \frac{2886}{T}, \quad (12)$$

где 2886 – определенная константа и обозначается C' (мк · град).

Из формулы (12) находим:

$$T = \frac{2886}{\lambda_{\max}}. \quad (13)$$

Описание конструкции. Проведены экспериментальные исследования зависимости температуры металлической стружки от их поглощающих свойств.

Экспериментально установлены зависимости температуры нагрева металлической стружки от их

цвета поверхности абсорбера солнечного воздушно-нагревательного коллектора. Для проведения эксперимента были изготовлены 3 солнечных воздушнонагревательных коллектора, одинаковые по размеру (рис. 1); изготовлены и отобраны сливные металлические стружки толщиной 1,5 мм, с диаметром 10 мм и с поверхностью стружки разного цвета (рис. 2).

Сливные металлические стружки были сгруппированы по цвету поверхности в следующем порядке:

- в первой группе – цвета поверхностей бледно-желтый, светло-желтый и темно-желтый;
- во второй группе – цвета поверхностей светло-серый и белый;
- в третьей группе – цвета поверхностей темно-синий, синевато-серый, фиолетовый.

Рисунок 1. Общий вид экспериментального участка

Рисунок 2. Образцы металлической стружки

Сгруппированные сливные металлические стружки были равномерно уложены на металлической сетке солнечного воздушнонагревательного коллектора. Сливная металлическая стружка получена

из заготовки легированной, нержавеющей стали марки X18H10T (X – хром, H – никель). В таблице 1 в приведен химический состав сливных металлических стружек.

Таблица 1.

Химический состав сливных металлических стружек

Al	C	Cr	Fe	Mn	Ni	P	S	Si	Ti
0,15	≤ 0,12	19–22	≤ 1	≤ 0,7	Осн.	≤ 0,015	≤ 0,01	≤ 0,8	0,35

Методика проведение эксперимента. Опыты проводились в натурных условиях, СВК размещались на гелиостатном участке большой солнечной печи института «Материаловедение» научно-исследовательского производственного объединения «Физика – Солнце» Академии наук Республики Узбекистан. Экспериментальный стенд состоял из: солнечного коллектора, вентилятора, измерительных приборов. Солнечный воздушнонагреватель был оснащен специальной опорой с тыльной стороны с механизмом, изменяющим угол наклона по отношению к горизонту от 0 до 90°.

Во время эксперимента измерялись следующие параметры: суммарная интенсивность солнечного излучения, скорость ветра, температура наружного воздуха, температура сливных металлических стружек, а также температура воздуха на входе и на выходе из СВК. Прямой поток солнечной радиации измерялся с помощью пиргелиометра СНР 1 (производства Нидерланды) [11]. Температуру воздуха и скорость ветра измеряли с помощью датчиков метеостанции МН 4 [4], температура воздуха на входе и на выходе из СВК измерялась термопарой из хромель-алюминия, соединенной с измерительной системой программой TRES MOD 5, подсоединенной через ТРЕМ

138 [6]. Температурные показатели сливных металлических стружек контрольно измерялись тепловизором FLIR 5 (производства США) [2].

Результаты экспериментов

Рисунок 3. Фотоснимки зависимости температуры металлической стружки от их цвета

Экспериментальные исследования по определению температурных показателей металлических сливных стружек в зависимости от цвета окраски проводились в следующем порядке: при фиксирован-

ном значении угла наклона СВК 45°, при фиксированном расходе воздуха м³/с, с предварительным включением регистрирующих приборов [5].

Рисунок 4. Зависимости влияния расхода воздуха на температуру стружки для различных типов окраски металлических стружек

Рисунок 5. Изменение интенсивности суммарной солнечной радиации во времени

На рис. 5 приведено изменение интенсивности суммарной солнечной радиации во время проведения экспериментов.

На рис. 3 представлены зависимости температуры сливных металлических стружек от их цвета поверхности, полученные с тепловизором FLIR 5. Анализ экспериментальных данных по определению

температурных показателей сливных металлических стружек в зависимости от цвета их поверхности показал, что металлические стружки бледно-желтого, светло-желтого и темно-желтого цвета имеют более высокую температуру, чем поверхности светло-се-

рой, переходящей в белый цвет. Максимальную температуру имеют стружки с темно-синей, синевато-серой поверхностями сливных металлических стружек.

На рис. 4 приведены зависимости влияния расхода воздуха на температуру стружки для различных типов окраски металлических стружек. Из анализа зависимости влияния расхода воздуха на температуру стружки можно констатировать, что расход теплоносителя одинаково влияет на температуру сливных металлических стружек для всех трех групп и одинаково падает.

Выводы.

1. Экспериментально получены зависимости температурных показателей сливных металлических стружек от их окрасок, а также зависимость влияния расхода теплоносителя на температуру стружки для различных типов окраски металлических стружек.

2. Экспериментально установлена зависимость температуры сливных металлических стружек от их цвета поверхности. Максимальную температуру имеют стружки с темно-синим, синевато-серым цветом поверхности.

Список литературы:

1. Аvezов Р.Р., Орлов А.Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения – Ташкент : Фан, 1988. – 288 с.
2. Кучкаров А.А., Муминов Ш.А. Моделирование и создание плоского френелевского линейного зеркального солнечного концентратора // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. – 2020. – № 3 (72) / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/9136>.
3. Теплотехническая эффективность двухканального солнечного воздухонагревателя / Ш.И. Клычев, С.А. Бахрамов, А.И. Исманжанов, Ю.А. Дудко [и др.] // Гелиотехника. – 2008. – № 3. – С. 27–31.
4. Abbasov E.S., Uzbekov M.O., Omunillayev B.I. Theoretical analysis of the characteristics of the air flow when flowing metal shavings in the solar air heaters // European science review. – Vienna, 2018. – № 1–2. – P. 255–259.
5. Abbasov Yo.S., Uzbekov M.O. Studies efficiency solar air collector // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. – Vienna, 2016. – № 7–8. – P. 13–17.
6. Optical Energy Characteristics of the Optimal Module of a Solar Composite Parabolic-Cylindrical Plant / A.A. Kuchkarov, Sh.R. Kholov, A.A. Abdumuminov, A.A. Abdurakhmanov // Applied Solar Energy. – 2018. – Vol. 54. – P. 293–296.
7. Solar Thermal Power Plants in the World: The Experience of Development and Operation / N.R. Avezova, A.E. Khaitmukhamedov, A.Yu. Usmanov and B.B. Boliyev // Applied Solar Energy. – 2017. – Vol. 53. – № 1. – P. 72–77.
8. Uzbekov M.O. Possibilities of increasing the efficiency of the heat receiver of ics from metal shavings // Computational nanotechnology. – 2019. – № 2. – С. 138–140.
9. Uzbekov M.O. Thermal balance of the solar air heater with a heat sink of metal shavings // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2019. – Vol. 6. Issue 5. – P. 9246–9254.
10. Uzbekov M.O., Ismoilov I.K., Sharipov M.S. Research by airflow of metal shavings used in a solar air heater as a heat receiver // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2019. – Vol. 6. Issue 5. – P. 9061–9065.
11. Uzbekov M.O., Sharipov M.S. Methods of discharging the heat from the surface of the heat receiver and improving the efficiency of solar air heater // Научные исследования. – 2019. – № 3 (29). – С. 12–15.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научный журнал

**UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 6(75)
Июнь 2020

Часть 3

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 – 54434 от 17.06.2013

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, улица Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: mail@7universum.com
www.7universum.com

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3
16+