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: 12(57)

Декабрь 2018

Москва
2018

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;

Манасян Сергей Керопович, д-р техн. наук;

Мартышкин Алексей Иванович, канд. техн. наук;

Романова Алла Александровна, канд. техн. наук;

Серегин Андрей Алексеевич, канд. техн. наук;

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

U55 Universum: технические науки: научный журнал. – № 12(57). М., Изд. «МЦНО», 2018. – 116 с. – Электрон. версия печ. публ. – <http://7universum.com/ru/tech/archive/category/1257>

ISSN (печ.версии): 2500-1272

ISSN (эл.версии): 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2018.57.12

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 3

© ООО «МЦНО», 2018 г.

Содержание

Инженерная геометрия и компьютерная графика	6
О НЕОГРАНИЧЕННОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМАХ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ	6
Запаров Ахмаджон	
Арзикулов Фарходжон	
Абдукаюмова Турсунхон Шухратбек кизи	
Абдуллаева Матлубахон Аширали кизи	
Информатика, вычислительная техника и управление	10
РАЗРАБОТКА ОНЛАЙН-СЕРВИСА АНАЛИЗА КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЫ И БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЯ	10
Васильева Кристина Дмитриевна	
Винокуров Алексей Юрьевич	
УСЛОВНЫЙ КРИТЕРИЙ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ПРИ СИНТЕЗЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ	13
Северюхин Егор Павлович	
ПОДХОД К СИНТЕЗУ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ	18
Северюхин Егор Павлович	
Машиностроение и машиноведение	23
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГАШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ТРАНСМИССИИ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН	23
Алимухамедов Шавкат Пирмухамедович	
Гапиров Абдусамин Дехканбаевич	
Металлургия и материаловедение	29
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАЛЬЦА СЕНОКОСИЛКИ ПУТЕМ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	29
Маркарян Степа Енокович	
Овсепян Гурген Саркисджанович	
Симонян Ален Рафаелович	
Строительство и архитектура	33
ЭВОЛЮЦИЯ СТЕКЛА В РАЗВИТИИ АРХИТЕКТУРНЫХ СТИЛЕЙ КОНСТРУКТИВИЗМА, БРУТАЛИЗМА, БИОНИКИ	33
Вечкасова Екатерина Николаевна	
Фам Оксана Шоновна	
ОЦЕНКА ГИДРОДИНАМИКИ ЖИДКОСТНЫХ ПОТОКОВ И ПРОЦЕССЫ МАССОПЕРЕНОСА КИСЛОРОДА В АЭРАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЯХ	38
Абдукодырова Малахат Нориджоновна	
Радкевич Мария Викторовна	
Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности	42
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОРСИСТОСТИ ХЛОПКО-НИТРОНОВОЙ ПРЯЖИ	42
Ражапов Одил Олимович	
Матисмаилов Сайпила Лолашбаевич	
Махкамова Шоира Фахритдиновна	
Арипова Шахло Рауфовна	
ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА НА ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА НА ПРИБОРЕ ПАМ-1	47
Ахмедов Акмал Ахмедович	
Лайшева Элмира Талатовна	
Валиева Зулфия Фахритдиновна	
СОРТИРОВКА И ВЫРАБОТКА ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ РАЗНОГО АССОРТИМЕНТА	51
Жуманиязов Кадам Жуманиязович	
Юсупалиева Умида Нуриллаевна	
Рахматуллинов Фаррух Фаридович	

ОСОБЕННОСТИ СТАТИКИ РАЗМОТКИ ПОЛУПОГРУЖЕННЫХ КОКОНОВ	55
Гуламов Азамат Эшанкулович	
Эшмирзаев Алишер Пардаевич	
Боботов Улугбек Амирович	
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ДЕФОРМАЦИИ ПРЯЖИ ПРИ ПОМОЩИ	58
ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ	
Бобожанов Хусанхон Тохилович	
Юлдашев Жамшид Камбаралиевич	
Содилов Рашидхон Арипжанович	
Исмагуллаев Низом Адашалиевич	
Технология продовольственных продуктов	63
РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ	63
ПО ПРОИЗВОДСТВУ ДЖЕМА И ДЕСЕРТА С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ САХАРА	
ИЗ СОКОВЫХ ВЫЖИМОК ТОПИНАМБУРА	
Атаханов Шухрат Нуриддинович	
Содилов Шоида Абдураззаковна	
Абдуллаева Буфотима Турсунали кизи	
Абдураззакова Мамура Нематжановна	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ СОЕВОГО МАСЛА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО	67
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАРГАРИНА	
Салиджанова Шахноза Дилмурадовна	
Рузибаев Акбарали Турсунбаевич	
Ботирова Мохинур Насриддин кизи	
Шавкатов Сайёдхон Жахонгир угли	
Химическая технология.	73
СИНТЕЗ СОПОЛИМЕРА ПОЛИЭТИЛЕНА С ВИНИЛАЦЕТАТОМ	73
Ибрагимов Абдусаттар Тургунович	
Рафиков Адхам Салимович	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРБОНАТНЫХ ОТХОДОВ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА	77
В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА	
Джандуллаева Мунавара Сапарбаевна	
Адилова Мохира Шавкатовна	
Алиева Жанат Аскарловна	
Холмухаматова Фарангиз Науфаловна	
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ	81
СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ	
Махмудова Надыра Абдукадыровна	
Бабакулова Нилуфар Бахрамджановна	
Муминова Нилуфар Абдулла кизи	
РЕАКЦИЯ М-ФЕРРОЦЕНИЛБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ С ТИОМОЧЕВИНОЙ	85
Отахонов Кобулжон Кахрамонович	
Аскаров Ибрагим Рахманович	
Исаев Юсуп Тожимаматович	
Хожиматов Махсад Муйдинович	
ОЧИСТКА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТИОМОЧЕВИНО-	88
ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С АЦЕТАТАМИ МЕДИ, ЦИНКА И КОБАЛЬТА	
Исаков Хаятулла	
Аскаров Ибрагим Рахманович	
Усманов Султон	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ	93
ТИОМОЧЕВИНО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШИЛКЕ	
Исаков Хаятулла	
Аскаров Ибрагим Рахманович	
Усманов Султон	
ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ	99
ТИОМОЧЕВИНО – ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ	
Исаков Хаятулла	
Аскаров Ибрагим Рахманович	
Усманов Султон	

ПОЛУЧЕНИЕ БУРКЕИТА ИЗ СУЛЬФАТНЫХ СОЛЕЙ УЗБЕКИСТАНА	102
Кошанова Бибигул Турганбаевна	
Эркаев Актам Улашевич	
Кучаров Бахром Хайриевич	
Мамарасулов Бекзод Суннат угли	
ПОЛУЧЕНИЕ ЧИСТОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ СТЕБЛЕЙ ПОМИДОРА (SOLÁNUM LYCOPÉRSICUM)	107
Норматов Гайрат Алижанович	
Примкулов Махмуд Темуривич	
МЕЖФАЗНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРЕХФАЗНЫХ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	111
Тураев Эркин Рустамович	
Бекназаров Хасан Сойибназарович	
Ахмедов Улуг Каримович	
Джалилов Абдулахат Турапович	

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

О НЕОГРАНИЧЕННОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМАХ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

Запаров Ахмаджон

ст. преподаватель, кафедра математики, Андижанский госуниверситет,
Республика Узбекистан, г. Андижан

Арзикулов Фарходжон

д-р физ.-мат. наук, доцент, кафедра математики, Андижанский госуниверситет,
Республика Узбекистан, г. Андижан

Абдукаюмова Турсунхон Шухратбек кизи

студент 2-го курса, кафедра математики, Андижанский госуниверситет,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: abdukayumova98@mail.ru

Абдуллаева Матлубахон Аширали кизи

студент 2-го курса, кафедра математики, Андижанский госуниверситет,
Республика Узбекистан, г. Андижан

ABOUT LIMITLESS DIMENSIONAL SYSTEM OF LINEAR EQUATIONS

Ahmadjon Zaparov

Head lecturer, department of mathematics, Andijan state university,
Republic of Uzbekistan, Andijan city

Farkhod Arziqulov

DSc, assistant professor, department of mathematics, Andijan state university,
Republic of Uzbekistan, Andijan city

Tursunkhon Abduqayumova

Student of the department of mathematics, Andijan state university,
Republic of Uzbekistan, Andijan city

Matlubakhon Abdullayeva

Student of the department of mathematics, Andijan state university,
Republic of Uzbekistan, Andijan city

АННОТАЦИЯ

В статье изучены системы уравнений, проблемы применения методов их решений к неограниченноразмерным системам линейных уравнений.

ABSTRACT

In this article was studied the systems of linear equations, the using problems of solving methods in limitless dimensional system of linear equations.

Ключевые слова: неограниченноразмерные, система линейных уравнений.

Keywords: limitless dimensional, the system of linear equations.

Известно, что системы линейных уравнений входят в курс среднего образования и являются одними

из первых изучаемых математических объектов. Однако можно сказать, что они до сих пор не изучены

полностью. В настоящей статье рассмотрены сферы, в которых еще не применены эти системы. Подтверждением тому могут служить выводы, сделанные в статье, о бесконечноразмерных системах линейных уравнений.

В данной работе использованы методы ограниченных систем линейных уравнений для изучения понятий бесконечноразмерных систем линейных уравнений, их эквивалентности и решения. В статье показано, что понятия и методы решения ограничено размерных систем линейных уравнений могут быть применены для некоторых типов бесконечноразмерных систем линейных уравнений. Для этого рассмотрим следующую систему бесконечноразмерных линейных уравнений общего вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{1j_1}x_{j_1} = b_1 \\ a_{2j_1}x_{j_1} + a_{2j_2}x_{j_2} = b_2 \\ a_{3j_1}x_{j_1} + a_{3j_2}x_{j_2} + a_{3j_3}x_{j_3} = b_3 \\ \dots \dots \dots \\ a_{mj_1}x_{j_1} + a_{mj_2}x_{j_2} + \dots + a_{mj_m}x_{j_m} = b_m \\ \dots \dots \dots \end{array} \right.$$

1. Бесконечноразмерные системы линейных уравнений, их эквивалентность и их решения.

Мы применяем понятия и методы решений систем линейных уравнений для некоторых типов бесконечноразмерных линейных уравнений. Для этого сначала рассмотрим систему бесконечноразмерных линейных уравнений.

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}x_1 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3 \\ \dots \dots \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mm}x_m = b_m \\ \dots \dots \dots \end{array} \right. \quad (1)$$

Если рассмотрим систему как систему ниже треугольных бесконечно размерных линейных уравнений, то число уравнений в этой системе линейных уравнений является бесконечным. Неизвестными этой системы являются $x_1, x_2, \dots, x_m$; свободными числами неограниченной последовательности – $b_1, b_2, \dots, b_m$ – образуют бесконечную последовательность. Основной матрицей для данной системы является следующее:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & 0 & 0 \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mm} & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \ddots \end{pmatrix}$$

Описание. Пусть задана система (1) со следующей системой бесконечноразмерных линейных уравнений.

$$\left\{ \begin{array}{l} b_{11}x_1 = c_1 \\ b_{21}x_1 + b_{22}x_2 = c_2 \\ b_{31}x_1 + b_{32}x_2 + b_{33}x_3 = c_3 \\ \dots \dots \dots \\ b_{m1}x_1 + b_{m2}x_2 + \dots + b_{mm}x_m = c_m \\ \dots \dots \dots \end{array} \right. \quad (2)$$

Тогда системы (1) и (2) называются эквивалентными, если для любого натурального числа m следующие системы взаимно эквивалентны.

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}x_1 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3 \\ \dots \dots \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mm}x_m = b_m \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} b_{11}x_1 = c_1 \\ b_{21}x_1 + b_{22}x_2 = c_2 \\ b_{31}x_1 + b_{32}x_2 + b_{33}x_3 = c_3 \\ \dots \dots \dots \\ b_{m1}x_1 + b_{m2}x_2 + \dots + b_{mm}x_m = c_m \end{array} \right.$$

Последовательность $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ называется решением системы, если для любого натурального числа m числа $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ являются решениями уравнения (3). Поиск всех решений системы (1) называется решением этой системы. Ясно, что нахождение значений переменных системы (1) производится от верхней части к нижней.

Пример. Пусть дана следующая система линейных уравнений с неограниченной размерностью.

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 = 1 \\ x_1 + x_2 = 1 \\ x_1 + x_2 + x_3 = 1 \\ \dots \dots \dots \\ x_1 + x_2 + \dots + x_m = 1 \\ \dots \dots \dots \end{array} \right. \quad (4)$$

Эта система имеет единственное решение, которое представляет собой следующую последовательность:

$$x_1 = 1, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0, \dots, x_m = 0, \dots$$

Действительно, для любого натурального числа $m, x_1 = 1, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0, \dots, x_m = 0$ будет единственным решением следующей системы:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 = 1 \\ x_1 + x_2 = 1 \\ x_1 + x_2 + x_3 = 1 \\ \dots \dots \dots \\ x_1 + x_2 + \dots + x_m = 1 \end{array} \right. \quad (5)$$

Теперь к системе (1) мы применяем метод Крамера. Докажем следующую лемму.

Лемма. Пусть для системы (1)

$$A_m = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & 0 \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mm} \end{pmatrix}$$

$$B_m = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 & 0 & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & 0 & 0 & b_2 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 0 & b_3 \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & b_m \end{pmatrix}$$

Здесь матрица B_m образуется заменой свободных чисел последнего столбца матрицы A_m . Предположим, что для всех матриц A_m детерминанты отличаются от нуля. Тогда решением системы (1) является единственная последовательность $(x_1, x_2, \dots, x_m, \dots)$, которая удовлетворяет условию

$$x_m = \det(C_i^m) / \det(A_m), i=1, 2, \dots, m.$$

Доказательство. Согласно условию леммы для любого натурального числа m (3) решение системы (1) единственно и находится следующим образом:

$$x_m = \det(C_i^m) / \det(A_m), i=1, 2, \dots, m.$$

Здесь

$$C_i^m = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 & 0 & b_1 \dots a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & 0 & 0 & b_2 \dots a_{2m} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 0 & b_3 \dots a_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & b_m \dots a_{mm} \end{pmatrix},$$

значит, C_i^m матрица образуется заменой свободных чисел i -ного столбца матрицы A_m . Предположим, что уместно равенство $C_m^m = B_m$. Кроме того, единственное решение $(x_1, x_2, \dots, x_m)$ системы (3) удовлетворяет m -ным количествам начальных уравнений системы (1). Так как натуральное число m выбрано случайно, естественное число необязательно

$$x_m = \det(C_i^m) / \det(A_m) = \det(B_i) / \det(A_i), i=1, 2, \dots, m.$$

Доказательство закончено.

Теперь дадим систему бесконечномерных линейных уравнений в следующем общем виде.

$$\begin{cases} a_{1j_1}x_{j_1} = b_1 \\ a_{2j_1}x_{j_1} + a_{2j_2}x_{j_2} = b_2 \\ a_{3j_1}x_{j_1} + a_{3j_2}x_{j_2} + a_{3j_3}x_{j_3} = b_3 \\ \dots \\ a_{mj_1}x_{j_1} + a_{mj_2}x_{j_2} + \dots + a_{mj_m}x_{j_m} = b_m \end{cases} \quad (6)$$

Как вы можете видеть, некоторые из переменных могут быть недоступны в этой системе. По этой причине коэффициенты переменных, не указанных в системе, считаются нулевыми. Решение данной системы $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$ можно искать в виде неограниченной последовательности. Для таких систем понятие эквивалентности систем можно описать следующим образом.

Описание. Пусть вместе с системой (6) задана следующая система бесконечномерных линейных уравнений:

$$\begin{cases} b_{1i_1}x_{i_1} = c_1 \\ b_{2i_1}x_{i_1} + b_{2i_2}x_{i_2} = c_2 \\ b_{3i_1}x_{i_1} + b_{3i_2}x_{i_2} + b_{3i_3}x_{i_3} = c_3 \\ \dots \\ b_{mi_1}x_{i_1} + b_{mi_2}x_{i_2} + \dots + b_{mi_m}x_{i_m} = c_m \end{cases} \quad (7)$$

Тогда системы (6) и (7) называются эквивалентными, если для любого натурального числа m взаимно эквивалентны и следующие системы:

$$\begin{cases} a_{1j_1}x_{j_1} = b_1 \\ a_{2j_1}x_{j_1} + a_{2j_2}x_{j_2} = b_2 \\ a_{3j_1}x_{j_1} + a_{3j_2}x_{j_2} + a_{3j_3}x_{j_3} = b_3 \\ \dots \\ a_{mj_1}x_{j_1} + a_{mj_2}x_{j_2} + \dots + a_{mj_m}x_{j_m} = b_m \\ b_{1i_1}x_{i_1} = c_1 \\ b_{2i_1}x_{i_1} + b_{2i_2}x_{i_2} = c_2 \\ b_{3i_1}x_{i_1} + b_{3i_2}x_{i_2} + b_{3i_3}x_{i_3} = c_3 \\ \dots \\ b_{mi_1}x_{i_1} + b_{mi_2}x_{i_2} + \dots + b_{mi_m}x_{i_m} = c_m \\ b_{1i_1}x_{i_1} = c_1 \\ b_{2i_1}x_{i_1} + b_{2i_2}x_{i_2} = c_2 \\ b_{3i_1}x_{i_1} + b_{3i_2}x_{i_2} + b_{3i_3}x_{i_3} = c_3 \\ \dots \\ b_{mi_1}x_{i_1} + b_{mi_2}x_{i_2} + \dots + b_{mi_m}x_{i_m} = c_m \end{cases} \quad (8)$$

Последовательность $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m, \dots$ называется решением системы (6), если для любого натурального числа m числа $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ являются решением системы (8). Поиск всех решений системы (6) называется решением этой системы. Ясно, что (6) все значения переменных системы можно найти последовательно сверху вниз. Ниже решается система некоторых бесконечномерных линейных уравнений.

Пример 1. Решите следующую систему бесконечно размерных линейных уравнений.

$$\begin{cases} x_1 = 1 \\ \frac{1}{2}x_1 + \frac{1}{2}x_2 = 1 \\ \frac{1}{3}x_1 + \frac{1}{3}x_2 + \frac{1}{3}x_3 = 1 \\ \dots \\ \frac{1}{m}x_1 + \frac{1}{m}x_2 + \dots + \frac{1}{m}x_m = 1 \end{cases}$$

Решение. Основные и расширенные матрицы этой системы имеют следующий вид:

$$A_m = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & 0 \\ \frac{1}{m} & \frac{1}{m} & \frac{1}{m} & \dots & \frac{1}{m} \end{pmatrix},$$

$$B_m = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 1 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & 1 \\ \frac{1}{m} & \frac{1}{m} & \frac{1}{m} & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

Тогда $x_1 = 1$,

$$x_m = \det(B_m) / \det(A_m) = 1, \quad m = 2, 3, 4, \dots$$

бесконечная последовательность является решением данной системы.

Пример 2. Решите следующую систему бесконечных размерных линейных уравнений.

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 = 1 \\ \frac{1}{2}x_1 + \frac{1}{2}x_2 = \frac{1}{2} \\ \frac{1}{3}x_1 + \frac{1}{3}x_2 + \frac{1}{3}x_3 = \frac{1}{3} \\ \dots \\ \frac{1}{m}x_1 + \frac{1}{m}x_2 + \dots + \frac{1}{m}x_m = \frac{1}{m} \\ \dots \end{array} \right.$$

Решение. Основными и расширенными матрицами этой системы являются:

$$A_m = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & 0 \\ \frac{1}{m} & \frac{1}{m} & \frac{1}{m} & \dots & \frac{1}{m} \end{pmatrix},$$

$$B_m = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{m} & \frac{1}{m} & \frac{1}{m} & \dots & \frac{1}{m} \end{pmatrix}.$$

Тогда $x_1 = 1$,

$$x_m = \det(B_m) / \det(A_m) = 0, \quad m = 2, 3, 4, \dots$$

бесконечная последовательность является решением системы.

Как видно, существует взаимосвязь между системами бесконечномерных линейных уравнений и системами размерных линейных уравнений. Например, мы можем обосновать следующие общие гипотезы:

Гипотеза 1. Если система бесконечномерных линейных уравнений имеет единственное решение, то между этим решением и решениями системы размерных линейных уравнений с этой системой существует неразрывная связь.

Гипотеза 2. Если решение системы бесконечномерных линейных уравнений единственно и это решение является нулевым приближением, то это аналогично системе размерных линейных уравнений.

Гипотеза 3. Если последовательность (или сеть) определителей основных матриц системы размерных линейных уравнений, соответствующая данному бесконечно размерному линейному уравнению, имеет предел, то эта система безграничного линейного уравнения имеет единственное решение.

Список литературы:

1. Головина Л.И. Линейная алгебра и некоторые ее приложения. – М.: Наука, 1985. – 392 с.
2. Кострикин А.И. Введение в алгебру. – М.: Наука, 1994. – С. 319
3. Кострикин А.И. Сборник задач по алгебре. – М.: Наука, 1987. – С. 352.
4. Краткий курс по математике / В.Е. Шнейдер и др. – Ташкент: Учитель, 1985. С. 407.
5. Мальцев А.И. Основы линейной алгебры. – М.: Наука, 1970. – С. 400.
6. Сарымсаков Т.А. Курс функционального анализа. – Ташкент: Учитель, 1980. – С. 402.
7. Халмош П. Конечномерные векторные пространства. – М.: ИЛ, 1968. – С. 322.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**РАЗРАБОТКА ОНЛАЙН-СЕРВИСА АНАЛИЗА КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЫ
И БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЯ****Васильева Кристина Дмитриевна***научный сотрудник, РАНХиГС при Президенте РФ,
РФ, г. Москва**E-mail: kv9616540@gmail.com***Винокуров Алексей Юрьевич***ведущий разработчик, LiteBox,
РФ, г. Ульяновск**E-mail: alwinn1977@gmail.com***DEVELOPING OF ONLINE SERVICE FOR COMPETITIVE ENVIRONMENT ANALYSIS
AND BUSINESS PLANNING****Kristina Vasilyeva***research worker, RANEPa,
Russia, Moscow,***Alexey Vinokurov,***lead developer, LiteBox,
Russia, Ulyanovsk***АННОТАЦИЯ**

Статья посвящена разработке online-сервиса анализа конкурентной среды и бизнес-планирования с использованием архитектуры SPA и современного стека web-разработки MEAN.

ABSTRACT

The article is devoted to the development of online service for analysis of the competitive environment and business planning using the SPA architecture and modern web development stack MEAN.

Ключевые слова: бизнес-план, online-сервис, микросервисы, MEAN, Angular, Node.js.

Keywords: business plan, online service, microservices, MEAN, Angular, Node.js.

Статья посвящена разработке web-приложения online-сервиса анализа конкурентной среды и бизнес-планирования. Данный сервис предназначен для использования предпринимателями, маркетологами и другими специалистами, осуществляющими анализ рынка и составление бизнес-планов. Исследования и разработки проводились при поддержке Фонда содействия инновациям.

За основу архитектуры сервиса взята модель микросервисов, преимуществами которой являются модульность и расширяемость [9]. В качестве стека разработки выбран распространенный стек MEAN [2]. Серверная часть приложения предоставляет

RESTful API, через который происходит обмен данными с клиентской частью приложения, и осуществляет взаимодействие с микросервисами.

Микросервис сканирования осуществляет сканирование интернет-ресурсов по выбранным параметрам. Архитектура серверной части приложения позволяет интегрировать в приложение новые микросервисы без значительной переработки программного кода.

Для хранения данных серверная часть приложения и микросервисы используют No-SQL СУБД MongoDB [5].

Клиентская часть приложения построена на принципах SPA (Single Page Application) и предоставляет пользовательский интерфейс (UI), через который осуществляется работа пользователя с системой.

Для реализации серверной части приложения и микросервисов выбрана платформа Node.js [6,7] и язык программирования ESMA Script 2015 (ES6) [3]. Для разработки REST API использовался фреймворк Express [4].

Для реализации клиентской части приложения выбран фреймворк Angular 6 и язык программирования TypeScript [8,11].

Архитектура приложения показана на рисунке 1.

Рисунок 1. Архитектура приложения

Процесс написания программного кода был организован на основе организационного фреймворка Scrum, предполагающего итеративный характер разработки приложения [1,12]. Использование Scrum

позволило достичь наибольшей гибкости и скорости разработки при минимальной затрате ресурсов.

В результате был разработан прототип веб-сервиса бизнес-планирования и анализа конкурентной среды, реализующего следующие функции:

1. управление учетными записями и авторизация пользователей;
2. работа пользователей с несколькими проектами (до 10 проектов на одного пользователя);
3. сканирование находящихся в открытом доступе web-ресурсов по заданным параметрам с целью поиска страниц, содержащих информацию о параметрах конкурентной среды;
4. группировка и выдача результатов поиска с возможностью поиска и фильтрации по ключевым словам;
5. формирование бизнес-плана по типовому шаблону и вывод его на печать.

Разработанный прототип представляет собой многопользовательское приложение (в настоящее время установлен лимит в 100000 пользователей, потенциально он может быть увеличен). Процедура аутентификации (проверки подлинности) пользователей осуществляется путем сравнения пароля, введенного пользователем, с паролем, сохраненным в виде хэша в базе данных приложения.

После прохождения аутентификации открывается главный пользовательский интерфейс приложения, включающий несколько разделов.

Для переключения между разделами служит главное меню в верхней части окна приложения.

Пользователь приложения имеет возможность параллельной работы с несколькими проектами, в каждом из которых могут быть сохранены собственные настройки интеллектуального поиска коммерческих предложений и бизнес-план.

После прохождения аутентификации по умолчанию отображается режим результатов анализа. Пользовательский интерфейс режима результатов анализа показан на рисунке 2.

Рисунок 2. Пользовательский интерфейс прототипа приложения (режим просмотра результатов анализа)

В режиме просмотра результатов анализа найденные коммерческие предложения отображаются в виде карточек, сгруппированных по представленным на рынке компаниям. На каждой карточке имеется гиперссылка для перехода на исходную web-страницу, с которой была получена информация, с целью актуализации информации, просмотра дополнительной информации о компании, ее контактов, местоположения и т. д.

Для быстрого составления бизнес-плана с использованием результатов анализа используется режим шаблона бизнес-плана, позволяющий быстро составить типовой бизнес-план на основании результатов анализа.

Разработанный online-сервис в настоящее время находится в режиме тестирования и в ближайшее время на его основе планируется открыть стартап, предназначенный для маркетологов и предпринимателей.

Список литературы:

1. Джефф Сазерленд. Scrum. Революционный метод управления проектами. Издательство «Манн, Иванов и Фербер», М. 2016. - 288 с.
2. Документация стека MEAN [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mean.io/>
3. Документация ECMAScript [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ecmascript.org/docs.php>
4. Документация Express [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://expressjs.com/>
5. Документация MongoDB [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.mongodb.com/>
6. Документация Node.js [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nodejs.org/en/docs/>
7. Дэвид Хэррон: Node.js Разработка серверных веб-приложений на JavaScript. М., ДМК-Пресс, 2015. – 144 с.
8. Козловский Павел, Бэкон Дарвин Питер. Разработка web-приложений с использованием AngularJS. М., ДМК-Пресс, 2014. – 394 с.
9. Микросервисы (Microservices) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/post/249183/>
10. Сухов К. Node.js. Путеводитель по технологии. М., ДМК-Пресс, 2015. – 416 с.
11. Angular. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://angular.io/>
12. Scrum Guide Russian [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.scrumguides.org/docs/scrum-guide/v2017/2017-Scrum-Guide-Russian.pdf>

УСЛОВНЫЙ КРИТЕРИЙ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ПРИ СИНТЕЗЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ

Северюхин Егор Павлович

*соискатель, Государственный университет природы общества и человека "Дубна", кафедра КИТЭС
РФ, Московская обл., г.Дубна
E-mail: nord106@mail.ru*

CONDITIONAL CRITERION OF PREFERENCE AT SYNTHESIS OF INTELLECTUAL SYSTEMS OF CLIMATE CONTROL

Egor Severyukhin

*Competitioner, Government University of Nature, Society and Man "DUBNA",
Russia, Moscow region, Dubna*

АННОТАЦИЯ

В статье предлагается новый подход к построению условного критерия предпочтения, основанного на отличающейся платформе, сочетающей в себе безусловный и условный критерий предпочтения. Новый подход основывается на условном критерии предпочтения, который позволяет выбирать оптимальные сочетания пар критериев и по ним подбирать оптимальный состав интеллектуальной системы. Предлагается условный критерий предпочтения, основывающийся на теории нечетких множеств и теории принятия решений. Этот условный критерий предпочтения предполагается использовать, как часть большого алгоритма по синтезу системы климат-контроля. После применения процедуры дефазификации [1] решений, остаются только наиболее предпочтительные варианты исполнения интеллектуальной системы климат-контроля.

ABSTRACT

In article new approach to creation of conditional criterion of the preference based on a different platform, combining unconditional and conditional criterion of preference is offered. New approach is based on conditional criterion of preference which allows to choose optimum combinations of couples of criteria and to select optimum structure of intellectual system for them. The conditional criterion of preference which is based on the theory of indistinct sets and the theory of decision-making is offered. This conditional criterion of preference is supposed to be used, as part of big algorithm on synthesis of system of climate control. After application of procedure of a defazifikation of [1] decisions, there are only most preferable options of execution of intellectual system of climate control.

Ключевые слова: условный критерий предпочтения; дефазификация; нечеткое множество.

Keywords: the conditional criterion of preference; defazifikation; unsharp set.

На современном этапе развития общества перед человеком все чаще встает проблема выбора наиболее оптимального решения с минимальным количеством известной информации, выраженной численными значениями показателей качества. Общие показатели качества, характеризующие в данной статье систему климат-контроля подчас мало известны, иногда известны только характеристики лишь некоторых, отдельных частей системы (называемые в дальнейшем частными показателями качества), именно они и обеспечивают численные технические показатели функционирования автоматизированной системы.

При синтезе систем климат-контроля интеллектуальных зданий подходящий математический аппарат предоставляет как теория принятия решений, так

и теория нечетких множеств [1], в процессе разработки успешно применяются элементы комбинаторики.

Задача определения условного критерия предпочтения, наиболее оптимально подходящая для реализации синтеза из блоков (последовательной сборки) и выбора конечного варианта системы климат-контроля представляется центральным вопросом. Она освещается в данной статье.

В процессе решения предлагается один из возможных подходов к оптимизации или к построению условного критерия предпочтения, применяемый при синтезе системы климат-контроля на основе первоначальной оптимизации с помощью площадей, и последующей дефазификации оставшихся решений с помощью простейшей функции нормального распределения [2]. С помощью функций нормального распределения предполагается представить и выделить

два множества решений: “посредственные -средние” и “средние- наилучшие”.

Мощность нечеткого множества составляет автoрами только из элементов отобранных по безусловному критерию предпочтения, применяя принцип оптимальности Парето, в соответствии с теорией принятия решений.

Пусть для примера число лингвистических переменных, [1] используемых при реализации данного метода равно трем. Точность оценки качества по условному критерию представляется в трех градациях: ”посредственное” [v1], ”среднее”[v2] и ”наилучшее”[v3]. Количество же информационных гранул [1] используется две “посредственный—средний” [v1(x,y)-v2(x,y)]; “средний—наилучший”[v2(x,y)-v3(x,y)], где v1(x,y), v2(x,y), v3(x,y)—функции принадлежности к этим трем лингвистическим переменным.

В таком случае каждая модель системы климат-контроля имеет кроме двух рассматриваемых числовых значений показателей качества еще и три функции принадлежности: A(v1,v2,v3,x,y). Система, принимается наилучшей по условному критерию, если у

нее степень принадлежности к грануле “средний—наилучший” является большей, чем у остальных- т.е она является наиболее оптимальным вариантом исполнения, сочетающим в себе пять блоков составляющих.

После того как получено условное, мысленное разделение системы климат-контроль на уровни проектирования, осуществляется сравнение прошедших отбор по Парето вариантов блоков системы между собой. Для наглядности они располагаются на графике по порядку см. рис.1 .

Оптимизации для прошедших отбор по Парето вариантов осуществляется по парам основных (ключевых) критериев. Весь представленный далее алгоритм приводится только для одной пары критериев X и Y. В общем же случае рекомендуется рассматривать не только одну пару ключевых критериев, а как все их возможные сочетания или если критериев много —ключевые сочетания главных критериев. В дальнейшем, на рисунке №1 изображается примерный вид расположения моделей-аналогов систем климат-контроля, взятый из реального примера.

Рисунок 1. Иллюстрация моделей аналогов, прошедших отбор по Парето

Предлагаемый алгоритм используемого условного критерия предпочтения.

1) Руководствуясь принципом рациональной необходимости, лицом, принимающим решения (ЛПР) вводятся ограничения c1 для Xp и c2 для Yp. (на практике, например, такими ограничениями например могут быть минимальная мощность обогрева, стоимость (бюджетные ограничения) и проч.

2) Рассчитывается общая ограничиваемая площадь [уе] $S = c1 * c2$ в условных единицах; Ограничения налагаются посредством условий определяемых заказчиком к разрабатываемому проекту.

$$S_a = x_{pa} * y_{pa};$$

3) Вычисляются значения: (1)

$$S_f = x_{pf} * y_{pf};$$

4) Вычисляется промежуточный параметр: $\overline{S_{cp}} = \frac{S_A + S_B + S_C + S_D + S_E + S_F}{6}$; для представленных шести точек (2) (если число выбранных точек

больше, то соответственно при расчетах нужно учесть их большее количество).

5) Вычисляется характеристика: $\Delta = \frac{\overline{S_{cp}}}{S}$ при $\Delta \in [0,1]$. Данная характеристика представляет собой промежуточный параметр.

6) Вычисляются коэффициенты перевода:

$$\begin{cases} K_1 = \frac{c1}{V(p1)} = c1 = x_e; \\ K_2 = \frac{c2}{V(p2)} = c2 = y_e \end{cases}; \quad (3)$$

Вспомогательный график с единичной площадью $S_B = 1$ необходим, для того чтобы зафиксировать и отсечь площадь оптимизации, ограничиваемую по расчетным значениям на реальном графике.

7) Осуществляется расчет $S_{op} = M * \Delta * S_B$; в таком случае зададим нормирующий множитель $M=2$;

8) Рассчитывается радиус R_B :

$$\frac{\pi * R_B^2}{4} = S_{op} = M * \Delta * S_B$$
 ; отсюда

$R_B = \sqrt{\frac{4 * M * \Delta * S_B}{\pi}}$; (5)- вспомогательный радиус .

9) Расчет крайних точек, расположенных на осях координат:

$$\begin{cases} x_p = K_1 * x_B \\ y_p = K_2 * y_B \end{cases} ; \text{Для радиуса, расположенного на}$$

вспомогательном графике:

$$\begin{cases} x_{p1} = K_1 * R_B; y_{p1} = 0; \\ x_{p2} = 0; y_{p2} = K_2 * R_B; \end{cases} \text{ для обозначения рассчи-}$$

танных координат на основном графике.

Рисунок 2. Иллюстрация построения вспомогательного графика (площади оптимизации)

10) Фиксируются две крайние точки на вспомогательном графике и на основном графике [точки пересечения круга и эллипса с осями критериев соответственно]. Затем определяется местонахождение остальных точек, сначала на вспомогательном, а затем и на основном графике.

$y_B = \sqrt{R_B^2 - x_B^2}$; для окружности . По этой формуле отображаем значения y_B на вспомогательном графике.

Шаг интерполяции на вспомогательном графике равен : $h_B = \frac{R_B - 0}{n} = \frac{R_B}{n}$; если $n=10$ (обычно такого количества точек бывает достаточно для восстановления окружности с требуемой точностью по ним, но рекомендуется для достижения большей точности использовать большее количество расчетных точек). Тогда значения получаются $x_{Bi} = x_{B0} + h_B * N$; при $N=0, 1, \dots, n-1$. $i \in (1, n)$

Здесь для совокупности точек $y_{Bi} = \sqrt{R_B^2 - x_{Bi}^2}$;
 (6) при $i \in (1, n)$.

С учетом n точек $\left. \begin{matrix} (x_{B1}, y_{B1}) \\ (x_{B2}, y_{B2}) \\ \dots \\ (x_{Bn}, y_{Bn}) \end{matrix} \right\} \rightarrow \text{восстанавлива-}$

ется окружность на вспомогательном графике, рассчитанной площади. И впоследствии осуществляется построение окружности по формуле: $y_B = \sqrt{R_B^2 - x_B^2}$;

11) На основном графике строится эллипс-граница, путем перенесения рассчитанных точек со вспомогательного графика. Определение точного расположения эллипс-границы на основном графике осуществляется посредством операции преобразования.

Здесь,

$$\left. \begin{matrix} (x_{B1}, y_{B1}) \\ (x_{B2}, y_{B2}) \\ \dots \\ (x_{Bn}, y_{Bn}) \end{matrix} \right\} \text{ переводятся в } \left. \begin{matrix} (x_{p1}, y_{p1}) \\ (x_{p2}, y_{p2}) \\ \dots \\ (x_{pn}, y_{pn}) \end{matrix} \right\} \text{ посредством}$$

$$\begin{cases} x_{pi} = K_1 * x_{Bi} \\ y_{pi} = K_2 * y_{Bi} \end{cases} \text{ при } N=0, 1, \dots, n-1; i \in (1, N)$$

Шаг интерполяции (7) на основном графике рассчитывается с учетом расположения точек по которым осуществляется восстановление четверти эллипсоида на основном графике. На примере приведенном в данной статье четверть круга-границы на вспомогательном графике постепенно преобразуется в четверть эллипса-границы на основном графике.

$$h_p = \frac{R_p}{n} ; (7), \quad \text{где} \quad x_{pi} = x_{p0} + h_p * N ; \quad (8)$$

$$y_{pi} = f(x_{pi}) ; \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 ; \text{Для эллипсоида с центром}$$

$$\text{в точке начала координат откуда } y_{pi} = \sqrt{b^2 - \frac{b^2 x_{pi}^2}{a^2}}$$

$$\text{где } N=0, 1, \dots, n-1 ; i \in (1, N) . \begin{cases} a = x_{p1} ; \\ b = y_{p2} ; \end{cases}$$

Рисунок 3. иллюстрация построения основного графика с площадью оптимизации

Часть эллипсоида-границы строится посредством сплайн-интерполяции с использованием n рассчитанных точек, ограничивая площадь оптимизации по формуле эллипса.

После того как четверть эллипса построена, область содержащая прошедшие по условному критерию решения ограничена, перед лицом, принимающим решения появляются два альтернативных варианта действий, из которых нужно выбрать один.

Вариант первый: ограничиться выделением наиболее подходящих сочетаний (моделей-аналогов) с последующей технической реализацией всех оставшихся вариантов. В дальнейшем же по практической реализации в жилой зоне отобрать наилучший вариант автоматизированной системы климат-контроля.

Вариант второй: попытаться выделить, при необходимости, среди отобранных проектов наилучшие модели-аналоги автоматизированных систем с помощью теории нечетких множеств. Предположительно проектировщик ограничен в финансовых средствах, не имеет возможности реализовать все оставшиеся варианты тогда, далее в статье описывается решение вышеупомянутой задачи руководствуясь вторым вариантом действий.

Решая задачу выбора оптимальной модели системы климат-контроля, в конечном счете, необходимо задействовать аппарат дефазификации нечетких множеств [1]. Использование дефазификации нехудших решений, в общем случае, допускается, чтобы случайно в процессе выбора не отбросить нехудший вариант-исполнения системы климат-контроля, оказавшийся за обозначенной границей, т.е. попадающий в зону наиболее перспективных вариантов реализации.

Операцию дефазификации отобранных решений предполагается проводить с помощью перпендикуляра, который опускается на часть эллипсоида-границы, расположенную в положительных координатных осях, из каждой точки модели-аналога. В дальнейшем измеряется длина перпендикуляра. По данной длине мы определяем качество данной системы климат контроля. Эта длина принимается к расчету

размерностью (y_i/x_i) , выражаемая через условные единицы критериев X и Y .

Длина перпендикуляра вычисляется, как числовой параметр α -для решений справа-вверху (рис.3) от разграничивающей линии и, как числовой параметр β -для решений, расположенных слева -внизу от разграничивающей линии эллипсоида (рис.3).

При осуществлении операции дефазификации нечеткого множества оценивается расположение моделей справа и слева от этого эллипсоида. Тогда процедуру дефазификации предполагается проводить с помощью функции нормального распределения [2]. Здесь, α_j –длины перпендикуляров до точек A, B, D, E, F от линии эллипсоида; $v_1(\alpha_j)$ -значение величины функции принадлежности модели A,B,D,E,F к классу лингвистических переменных”.

Рисунок 4. Иллюстрация определения величины функции принадлежности [1]

для класса “средний— посредственный” используя лингвистические переменные “посредственные” [v1], “средние” [v2] ; оценка функции принадлежности вариантов- моделей посредством параметра α_j .

$$v_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp^{-(\alpha-s)^2/(2\sigma^2)}$$

Значение $v_2(A)$ связано с $v_1(A)$ посредством соотношения:

$$v_2(A) = 1 - v_1(A)$$

Рисунок 5. Определение величины функции принадлежности для класса “средний—наилучший”,

лингвистические переменные: “средние”[v2], “наилучшие”[v3]; оценка функции принадлежности вариантов—моделей посредством параметра β .

$$v_2 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp^{-\frac{(\beta-s)^2}{2\sigma^2}}; \text{ где } \beta \text{ — длины перпендикуляров опущенные от точки C до рассчитанной границы;}$$

v_2 отображает значение величины функции принадлежности модели C к классу “средних”.

Для осуществления процесса дефазификации решений используется функция нормального распределения; где $v_3(C) = 1 - v_2(C)$. Для рассматриваемого задания в этой статье $\beta \neq 0$ только для аналога обозначаемого буквой C, $v_2(C) \neq 0$, значит из шести рассматриваемых аналогов C является единственным представителем класса “посредственные -средние” с ненулевой функцией принадлежности.

У остальных вариантов аналогов функция принадлежности к классу “посредственные” [v1] значительно выше, чем у модели C.

$$v_1(F) > v_1(E) > v_1(B) > v_1(D) > v_1(A) > v_1(C) \\ v_2(C) > v_2(A) > v_2(D) > v_2(B) > v_2(E) > v_2(F)$$

Список литературы:

1. Анджей Пегат. Нечеткое моделирование и управление, Щецинский технический университет. Пер.с англ. А.Г.Подвесовского, Ю.В.Тюменцева. М.: Бином, 2009;
2. В.Е.Гмурман Теория вероятностей и математическая статистика. М.” Высшая школа”, 2001.
3. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб. Пособие для вузов. Под.ред. В.Н. Волковой, В.Н.Козлова. -М.: Высш.шк., 2004-616 с.:ил.
4. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие / Г.Э.Яхьяева. -2-е изд.,испр.-М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010-316 стр.

Из всех оставшихся вариантов, кроме C, аналог A является наилучшим, и следует вторым по предпочтительности после C. Таким образом, для рассматриваемого примера, модель C является наиболее подходящей для практической реализации в техническом исполнении.

Приведенный пошаговый алгоритм является лишь одним из возможных в данном случае при реализации выбора, но он обладает рядом преимуществ. Во-первых, он математически обоснован. Во-вторых, предполагает возможность полного перебора базы данных, оставшихся из числа нехудших решений, наглядно представить варианты. В-третьих, предоставляет возможность четко определить окончательный выбор, руководствуясь парой наиболее важных критериев. В-четвертых, позволяет создавать новые варианты реализации систем климат-контроля и сэкономить финансовые и трудовые ресурсы при технической реализации.

Выводы

В данной статье предлагается условный критерий предпочтения, основанный на оптимизации по площадям.

Поставленная задача решается с помощью определения функция принадлежности к нескольким типам лингвистических переменных, для градации и оценки решений-аналогов систем климат-контроля между собой. В качестве вспомогательной операции выбора используется дефазификация нечеткого множества решений. В более сложном случае (не рассматриваемом в рамках данной статьи), для более чем одной пары критериев X и Y, введение дефазификации позволит не исключить нехудшие варианты, оказавшиеся расположенные, ближе к ядру (оси) нечеткого множества[1], а при необходимости учесть качество, выраженное через другие критерии. Поскольку принадлежность к множеству “наилучшие” для одной пары критериев (X-Y) не подразумевает автоматического включения данной реализации в множество “нехудшие” для других пар критериев.

В результате осуществления вышеуказанного алгоритма реализуется подготовка к проектированию нового варианта системы климат-контроля. Происходит последовательная отбраковка неподходящих вариантов блоков и число возможных сочетаний для синтеза автоматизированной системы климат-контроля сокращается, впоследствии же осуществляется синтез автоматизированной системы.

ПОДХОД К СИНТЕЗУ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ

Северюхин Егор Павлович

соискатель, Государственный университет природы общества и человека "Дубна", кафедра КИТЭС
 РФ, Московская обл., г. Дубна
 E-mail: nord106@mail.ru

APPROACH TO SYNTHESIS OF THE INTELLECTUAL AUTOMATED CLIMATE CONTROL SYSTEMS

Egor Severyukhin

Competitioner, Government University of Nature, Society and Man "DUBNA",
 Russia, Moscow region, Dubna

АННОТАЦИЯ

Рассматривается проблема многокритериальной параметрической оптимизации. В статье приведен общий подход к решению задачи многокритериального параметрического синтеза интеллектуальной системы климат-контроля. Приводится общая постановка задачи синтеза интеллектуальной системы. В процессе решения этой задачи предлагается разделение на классы различных вариантов исполнения по типам интерфейсов, формируется матрица возможных решений, рассматривается выбор решений. Приводится общий вид алгоритма синтеза системы климат-контроля по критериям. В окончании приводится анализ результатов, и теоретические выводы, заключение о возможности практического применения.

ABSTRACT

The problem of multicriteria parametrical optimization is considered here. Article is devoted the problem resolution of multicriteria parameter optimization. In article the general approach is given to the solution of a problem of multicriteria synthesis of intellectual system of climate control. The problem definition of synthesis of intellectual system is given. In the course of the solution of this task division into classes of various options of execution on types of interfaces is offered, the matrix of possible decisions is formed, the choice of decisions is considered. The synthesis algorithm of system of climate control by criteria is given. The analysis of results, and theoretical conclusions, the conclusion is provided in the termination about possibility of practical application.

Ключевые слова: интеллектуальная система климат-контроля; параметрическая оптимизация; экономия ресурсов.

Keywords: intellectual system climate control, parametrical optimization; resource saving.

На современном этапе развития общества, человек предъявляет все больше и больше требований к комфорту внутри своего жилья. Кроме того, возрастают требования по экономии тепла, электроэнергии, а также экономии финансовых ресурсов для домохозяйств. В этой статье рассматривается общий подход к синтезу интеллектуальных систем с помощью блоков их составляющих.

Задача оптимального параметрического синтеза [2] состоит в выборе номинальных значений внутренних параметров синтезируемой системы $V_{ном} = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ обеспечивающих максимум вероятности ее безотказной работы, а также функции максимума комфорта и функции минимума энергозатрат, в течение заданного времени: $V_{ном} = \arg \max P1 \{V(v_{ном}, t) \in D_x, \forall t \in [0, T]\} \cup$

$$V_{ном} = \arg \min P2 \{V(v_{ном}, t) \in D_x, \forall t \in [0, T]\} \quad (1).$$

Здесь $V(v_{ном}, t)$ – случайный процесс изменения параметров; D_x – область работоспособности; T – заданное время эксплуатации системы.

У проектировщика имеется ряд параметров: 1) $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_4\}$ – множество общих показателей качества, описывающих характеристики системы климат-контроля; $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ – общие условия характеризующие систему климат-контроля, $O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ – общие ограничения характеризующие всю систему климат-контроля;

2) $P_a = \{p_{a1}, p_{a2}, \dots, p_{a6}\}, P_f = \{p_{f1}, p_{f2}, \dots, p_{f6}\}$ – множество частных показателей качества, характеризующих блоки системы климат-контроля; $U_a = \{u_{a1}, u_{a2}, u_{an}\}, \dots, U_f = \{u_{f1}, u_{f2}\}$ – множество частных условий, описывающих характеристики блоков составляющих системы климат-контроля; $O_a = \{O_{a1}, O_{a2}, \dots, O_{a6}\}, \dots, O_f = \{O_{f1}, O_{f2}, \dots, O_{f6}\}$ – множество частных

ограничений, описывающих характеристики блоков составляющих системы климат-контроля;

3) N_q – число возможных значений на шкале критериев $q_i \in G_K$, характеризующих каждый уровень;

4) $\{\alpha_{i1}\}, \{\alpha_{i2}\}, \{\alpha_{i3}\}$ – множество векторов, определяющих альтернативные варианты реализации первого уровня системы КК, LON- интерфейса; EIB- интерфейса; и X10-интерфейсов соответственно;

$\{\beta_{i1}\}, \{\beta_{i2}\}, \{\beta_{i3}\}$ – множество векторов, определяющих альтернативные варианты второго уровня системы КК, LON-интерфейса; EIB- интерфейса; и X10-интерфейсов соответственно;

$\{\gamma_{i1}\}, \{\gamma_{i2}\}, \{\gamma_{i3}\}$ – множество векторов, определяющих альтернативные варианты третьего уровня системы КК, LON-интерфейса; EIB- интерфейса; и X10-интерфейсов соответственно;

$\{\lambda_{i1}\}, \{\lambda_{i2}\}, \{\lambda_{i3}\}$ – множество векторов, определяющих альтернативные варианты четвертого уровня системы КК, LON-интерфейса; EIB-интерфейса; и X10-интерфейсов соответственно;

$\{\vartheta_{i1}\}, \{\vartheta_{i2}\}, \{\vartheta_{i3}\}$ – множество векторов, определяющих альтернативные варианты пятого уровня системы КК, LON- интерфейса; EIB-интерфейса; и X10-интерфейсов соответственно;

5) $T = \{T_i\}; i=1,2,...,t$ – множество из t векторов, описывающих данные системы климат-контроля в целом;

6) Значимость общих показателей качества, $q_i = (q_{i1}, q_{i2}, ..., q_{in})$, где $q_i \in K_q; u_i \in U$;

Задачей, решаемой в данной статье является: подобрать и предложить метод проектирования системы климат-контроля, построив понятную и непротиворечивую классификацию векторов по предпочтениям лица принимающего решение (ЛПР).

С математической точки зрения проектировщику интеллектуальной системы климат-контроля требуется построить классификацию векторов $A \rightarrow \{A_i\}, i=1,2,...,L$ оптимальным образом, удовлетворяющую требованиям заказчика.

Выбрав наилучший вариант проектировщику (лицу, принимающему решение) предстоит работать в дальнейшем над его практической реализацией.

Если отметить более точно, то общая задача с математической точки зрения состоит в том, чтобы отыскать и подобрать составляющие матрицы T , где

$$T = \begin{bmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \\ \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 \\ \vartheta_1 & \vartheta_2 & \vartheta_3 \end{bmatrix}.$$

Вышеуказанная матрица T -представляет собой матрицу оптимальных решений, составляющих систему климат-контроля по уровням. В ней каждая

буква-модель отображается вектором с координатами взаимно однозначно отображающим значения показателей качества приведенных систем. В данном случае три вектора с пятью компонентами составляющими, по числу блоков образуют матрицу оптимальных решений.

Таблица 1 (в приложении) обозначает и выделяет эти блоки-уровни проектирования, которые отображаются на рисунке 1. Также на данном рисунке приводится примерная система климат-контроля с выделенными ее составляющими, техническими комплектами. Они распределены по данным блокам-уровням рис. 1.

При проектировании оптимальных вариантов системы огромное значение имеет тип интерфейса, на котором функционирует данная система, поэтому каждый блок, составляющий системы климат-контроля, относят к тому или иному типу интерфейса. Матрица решений T приводится с учетом трех, рассматриваемых в статье типов интерфейса: LON, EIB, X-10. Типовой пример решения данной задачи представляется на нижеприведенном алгоритме. Общий вид реализации, отбора и доработки до технической модели приведен на рисунке 2.

Рисунок 1. Модель автоматизированной системы климат-контроля с разделением на блоки-уровни проектирования

Выводы. Алгоритм синтеза интеллектуальной системы климат-контроля реализованной на едином интерфейсе

Реализацию алгоритма предполагается осуществлять по этапам, которые регламентируют процесс создания матрицы нехудших решений и в дальнейшем отобранные блоки могут служить основой для синтеза оптимальной технической модели системы климат-контроля. Т.е. отобранные таким образом блоки можно считать оптимальными компонентами для создания законченной системы климат-контроля.

1) Техническое и экономическое обоснование и введение пяти выделяемых блоков системы климат-контроля;

2) Выбор лицом, принимающим решение (ЛПР), показателей качества, условий и ограничений как общих, технически характеризующих всю систему целиком; так и частных, технически характеризующих пять уровней системы обособленно друг от друга;

3) Сбор информации из доступных источников и формирование информационной базы данных, состоящей из самых современных автоматизированных систем климат-контроля;

4) Условная фрагментация интеллектуальных систем по блокам, составляющим интеллектуальную

систему, с выделением их в отдельные таблицы данных для удобства использования, компонуемых по единому типу интерфейса. Таким образом, чтобы один блок при желании проектировщика, можно было заменить на другой.

5) Из альтернативных вариантов исполнения посредством блоков (известных фирм производителей: Johnson Controls, Honeywell, Siemens и т.п.) происходит формирование векторов, отображающих законченную автоматизированную систему. Каждому блоку синтезируемой системы соответствует своя буква: α_1 , β_1 , γ_1 и т.д. Параметры, численно характеризующие эти блоки, подвергаются анализу. Далее осуществляется формирование из векторов — множества матриц, соответствующих отдельной интеллектуальной системе климат-контроля. Одна матрица соответствует одному законченному варианту реализации интеллектуальной системы климат-контроля.

6) Применяется безусловный критерий предпочтения: по определенным частным показателям качества реализуется отбор среди векторов, для каждого уровня проектирования по принципу оптимальности по Парето [1].

7) Применяется условный критерий предпочтения, к выделенным блокам в табл.1., используется условный критерий предпочтения.

8) Теперь на данном этапе ЛПР, имея набор векторов, производит перебор комбинаций сочетаний векторов, ставя конечной целью, добиться формирование из них законченных систем (общим количеством L единиц), представляемых пока в матричной форме T ;

9) Анализ матриц-моделей по общим: показателям качества, условиям и ограничениям скомбинированных вариантов на уровне законченных моделей систем климат-контроля подразумевает:

9.1) Применение к L вариантам безусловного критерия предпочтения: по общим показателям качества реализуется отбор по принципу паретовской оптимизации [1].

9.2) Отметка и фиксирование всех моделей интеллектуальных систем, прошедших отбор (общим количеством $L-g$ единиц).

10) Применение к $L-g$ вариантам (где g —это не прошедшие отбор по пункту 9 вектора) условного критерия предпочтения для окончательного выбора в общем случае. Далее выбор по этому условному критерию предпочтения реализуется по общим условиям и общим ограничениям, а также с использованием субъективной целевой результирующей функции.

11) Фиксируются и отмечаются $L-g_1$ оставшиеся модели после отбора по пункту 10.

12) Расположение прошедших отбор вариантов (кол-вом $L-g_1$ штук) функционально представленными функциями $F_1(q_1, q_2, \dots, q_n)$, $F_2(q_1, q_2, \dots, q_n), \dots, F_{L-g_1}(q_1, q_2, \dots, q_n)$ на шкале оценок [1], [3] составленной лицом принимающим решения, с помощью субъективной целевой результирующей функции (СЦРФ).

13) Сравнение векторов, отображающих законченные варианты исполнения систем климат-контроля и последующий выбор того вектора с координатами $\bar{T}_j(\alpha_j, \beta_j, \gamma_j, \lambda_j, \vartheta_j)$ при $j=1, 2, 3, \dots$, у котором $F_L(q_1, q_2, \dots, q_n)$ принимает минимальное значение. Данное действие реализуется при учете того, что все значения показателей качества устремляются к минимуму.

14) Формирование единственной матрицы

$$T1 = \begin{bmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \\ \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 \\ \vartheta_1 & \vartheta_2 & \vartheta_3 \end{bmatrix} \text{ решений, из отобранных ука-}$$

занным, подобно приведенному алгоритму методу.

Таким образом определяется набор векторов, принадлежащих множеству $M5$, составляющие в совокупности матрицу $T1$.

15) Осуществление проектирования и создания технической модели системы, а затем и технического проекта интеллектуальной системы климат -контроля на основе матрицы, указанной в пункте 14.

16) Представление технического проекта для его последующей поэтапной реализации на практике, в отведенном жилом доме. При этом komponуются и выделяются зоны проектирования, т.е. используется зонный принцип построения системы.

17) Реализация выводов, проверка, повторный анализ технических свойств синтезированных систем климат-контроля.

У инженера-разработчика, работающего над новым проектом автоматизированной системы климат-контроля, появляется возможность найти оптимальное равновесие в процессе синтеза: не сокращая выбор по одному показателю качества, при этом не ухудшать другой показатель качества. Такое требование и соответствующая задача подчас возникают перед генеральным конструктором и командой инженеров-проектировщиков: им необходимо четко ограничивать свои возможности, сопоставляя их с имеющимися доступными аналогами и потребностями заказчика. Реализуется данное требование заказчика за счет применения эллиптической фигуры оптимизации, и последующего за этим исключения нехудших решений. Таким образом, создается мобильность при принятии решений в выборе оптимального сочетания компонентов, которая наиболее необходима для достижения технической совместимости устройств.

У проектировщика обозначается возможность исключить неудачные варианты реализации систем, за счет многократных повторяемых применений условного критерия предпочтения, сначала к отдельным блокам, а затем и к целым сформированным системам. Аналоги российского производства адаптируются к российским климатическим условиям и возможностью изготовить их нашими предприятиями с оптимальным соотношением цены и технических характеристик.

Рисунок 2. Иллюстрирует общий, укрупненный вид алгоритма синтеза интеллектуальной системы климат-контроля

Список литературы:

1. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения. М.: "Радио и связь", 1981.
2. Абрамов О.В. Методы и алгоритмы параметрического синтеза стохастических систем// Проблемы управления, №4, 2006.С.3-8
3. Батищев И., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Оптимизация в САПР. Издательство Воронежского государственного университета, 1997.

Приложение.

Таблица 1.

Предполагаемые блоки-уровни проектирования интеллектуальной автоматизированной системы климат-контроля

Номер	Уровни системы климат-контроля
1 уровень	блок сбора и обработки информации
2 уровень	блок управления и передачи информации
3 уровень	блок "умного" пола
4 уровень	блок отопления и устройств обогрева
5 уровень	блок исполнительных и переключающих устройств

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГАШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ТРАНСМИССИИ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

*Алимухамедов Шавкат Пирмухамедович**д-р техн. наук, профессор Ташкентского института по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог, Республика Узбекистан, г. Ташкент**Гапиров Абдусамин Дехканбаевич**канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой Ташкентского института по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог, Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: maria7878@mail.ru*

STRESSED DEFORMED CONDITION OF DEVICE FOR DAMPING DYNAMIC LOADS IN TRANSMISSION OF TRANSPORT MACHINES

*Shavkat Alimukhamedov**doctor of technical Sciences,
Professor of Tashkent institute of design, construction and maintenance of automobile roads, Uzbekistan, Tashkent**Abdusamin Gapirov**candidate of technical Sciences, associate Professor,
Department head of Tashkent institute of design, construction and maintenance of automobile roads, Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

Разработаны модель и алгоритм статического расчета пространственной модели, основанные на конечно-элементной дискретизации и численных методах решения задачи. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния устройства для гашения динамических нагрузок в трансмиссии транспортных машин в зависимости от угла наклона прорезей, приложенной нагрузки и условий закрепления. Установлены области с наибольшими напряжениями и осевые перемещения в конструкции устройства.

ABSTRACT

A model and an algorithm for static calculation of the spatial model based on finite element discretization and numerical methods for solving the problem are developed. The analysis of the stress-strain state of the device for damping dynamic loads in the transmission of transport vehicles, depending on the slots inclination angle, the applied load and fastening conditions. The areas with the highest stresses and axial displacements in the design of the device are established.

Ключевые слова: трансмиссия, гаситель, деформация, напряжения, нагрузка, оболочка, МКЭ.

Keywords: transmission, damper, deformation, stress, load, casing, MFE.

Способность амортизировать и демпфировать колебания нагрузки, толчки и удары в трансмиссии транспортных машин является важной задачей, решение которой приводит к увеличению ресурса её узлов и деталей.

Обычно для уменьшения динамических нагрузок в трансмиссии применяется резино-металлические

упругие муфты, а также демпферы крутильных колебаний малой жесткости с возможностью регулирования момента трения [2].

Недостатком указанных демпферов является большой угол холостого хода (до 200°) торсиона, передающего крутящий момент двигателя, вследствие чего увеличивается время начала движения транспортного средства, в режимах пуска и реверса, а

также возникновения явления ударного импульса в конце угла закрутки.

Для устранения указанных недостатков предлагается [3] устройство для гашения динамических нагрузок в трансмиссии транспортных средств (рис.1).

Рисунок 1. Общий вид демпфера в трансмиссии транспортных машин

1, 2 – цилиндры с фланцами; 3 – вязко-упругий элемент; 4 – втулки; 5 – болты; 6 – гайки

Рассматривается напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкции, состоящей из двух одинаковых цилиндров длиной 145 мм, соединенных жестким кольцом. Внешний радиус цилиндров 38 мм, толщина стенок 3 мм [1]. Внешний диаметр кольца 100 мм, а внутренний совпадает с внутренним диаметром цилиндров и равен 70 мм. Каждый из цилиндров имеет по 4 наклонных прорези, симметрично расположенные относительно центрального сечения. Ширина прорезей 3,5 мм, их расстояние от верхнего и нижнего края цилиндров одинаково и равно 24 мм. Наклон прорезей в расчетах варьировался от 30° до 60° , поскольку одной из задач исследования являлось выявление влияния на напряженно-деформированное состояние конструкции различных углов наклона прорезей. На рис. 2, а угол наклона прорезей составляет 30° , на рис. 2, б – 45° , на рис. 2, в – 60° , а на рис. 2, г прорези отсутствуют. Верх конструкции жестко закреплён, а внизу приложен крутящий момент величиной 1 Нм, показанный на чертежах, вектор которого параллелен оси. Материал – сталь, со следующими физико-механическими характеристиками: модуль Юнга $E=2,6 \cdot 10^6$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu=0,3$, удельный вес $\gamma=7,8 \cdot 10^{-4}$ Н/м³.

Для математической постановки задачи используется принцип возможных перемещений, согласно которому сумма работ всех активных сил на возможных перемещениях равна нулю:

$$\delta A = - \int_V \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dv + \int_{l_i} M \delta \phi dl = 0, \quad (1)$$

где σ_{ij} , ε_{ij} – компоненты тензоров напряжений и деформаций; M – крутящий момент, приложенный к основанию конструкции (вала) и распределенный по границе l_i ; V – объем вала; δ – обозначает изохронную вариацию деформаций и поворота нагруженного торца ϕ . Первое слагаемое в (1) – представляет вариацию потенциальной энергии, а второе – работу крутящего момента на повороте $\delta \phi$.

Рисунок 2. Модели упругого звена с наклонами прорезей:

а – 30° ; б – 45° ; в – 60° ; г – без прорезей

Физические свойства материала конструкции описываются упругими соотношениями между напряжениями σ_{ij} и деформациями вида

$$\sigma_{ij} = \lambda \varepsilon_{ij} \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij}, \quad (2)$$

где величины λ и μ являются упругими константами Ламе.

Для решения поставленной задачи определения напряженно-деформированного состояния конструкции под действием приложенной нагрузки и в зависимости от наклона прорезей воспользуемся методом конечных элементов (МКЭ).

Рассмотрим процедуру МКЭ применительно к поставленной задаче расчета оболочек. Пусть срединная поверхность оболочки S ограничена линией Γ , где задана краевая нагрузка. Для получения разрешающей системы уравнений поставленной задачи и получения матрицы жесткости всей системы, разобьем рассматриваемую область на элементы, тогда (1) представится в виде:

$$\sum_{n=1}^N \delta A_n = - \sum_V \int \sigma_{ij}^e \delta \varepsilon_{ij}^e dv + \sum_{l_i} \int M_{кр} \delta \phi dl = 0 \quad (3)$$

Рассмотрим конечно-элементную дискретизацию развертки срединной поверхности оболочки с прорезями треугольными элементами (рис. 3). Координаты узлов элементов в представленной прямоугольной системе координат будут определяться количеством вертикальных разбиений и уравнениями наклонных прямых с углом наклона прорезей ($\angle \alpha$):

$$y_i = x \operatorname{tg} \alpha + b_i, \quad (4)$$

где величина b_i представляет собой ординату наклонной прямой на левой границе развертки.

Рисунок 3. Конечно-элементная дискретизация боковой поверхности конструкции

После определения координат узлов в локальной системе координат (x, y) , нетрудно перейти к цилиндрической системе (r, ϕ, z) , фактически склеить развертку. В этой системе первая координата r_j для всех узловых точек оболочек будет равна радиусу цилиндра R , вторая координата ϕ_j будет определяться отношением $\phi_j = x_j / R$, а координата $z_j = y_j$.

Предполагается, что напряженное состояние определяется в рамках линейной теории оболочек. Тогда напряженное состояние в срединной плоскости элемента описывается соотношениями плоской задачи теории упругости, а в качестве величин, определяющих решение сформулированной задачи, принимаются линейные перемещения u, v, w (рис. 4) в каждом из узлов конечно-элементной дискретизации, общее число которых равно N .

Рисунок 4. Узловые перемещения треугольного элемента в общей системе координат

Аппроксимирующие функции поля перемещения в пределах i -го элемента принимаются по линейному закону:

$$\begin{aligned} u^r &= \alpha_{11}^r + \alpha_{12}^r x + \alpha_{13}^r y \\ v^r &= \alpha_{21}^r + \alpha_{22}^r x + \alpha_{23}^r y \\ w^r &= \alpha_{31}^r + \alpha_{32}^r x + \alpha_{33}^r y \end{aligned} \quad (5)$$

Вектор узловых перемещений конечного элемента имеет вид

$$\{q\} = \{u_1 \quad v_1 \quad w_1 \quad u_2 \quad v_2 \quad w_2 \quad u_3 \quad v_3 \quad w_3\} \quad (6)$$

Зависимости (5), являясь наиболее простыми, удовлетворяют условию непрерывности перемещений в пределах всего тела, т.к. вдоль каждой стороны треугольника перемещения, изменяясь по линейному закону полностью определяются значениями в узловых точках, примыкающих к данной стороне. Следовательно, для соседних элементов, с одинаковыми перемещениями в узлах, совпадают перемещения и в любой точке их общей границы-стороны. Таким образом, при переходе от элемента к элементу непрерывность перемещений не нарушается.

Соответствующий вектору узловых перемещений (6) вектор узловых усилий:

$$\{R\} = \{R_{1x} \quad R_{1y} \quad R_{1z} \quad R_{2x} \quad R_{2y} \quad R_{2z} \quad R_{3x} \quad R_{3y} \quad R_{3z}\} \quad (7)$$

Между векторами (6) и (7) можно установить зависимость вида

$$\{R\} = [K]\{q\} \quad (8)$$

где $[K]$ – матрица жесткости конечного элемента в локальной системе координат. При этом предполагается, что перемещения оболочки малы по сравнению с ее толщиной. Поэтому для матрицы жесткости элемента оболочки используется матрица жесткости треугольного элемента, используемая в плоской задаче теории упругости и приведенная во всех известных классических монографиях. Эта матрица имеет порядок (6×6) и следующий вид

$$[K] = \frac{Eh}{4s(1-\nu^2)} \times \begin{bmatrix} y_{23}^2 + ax_{23}^2 & (a+\nu)x_{32}y_{23} & x_{23}^2 + ay_{23}^2 & y_{32}^2 + ax_{31}^2 & (a+\nu)x_{13}y_{31} & x_{31}^2 + ay_{31}^2 & y_{12}^2 + ax_{12}^2 & (a+\nu)x_{21}y_{12} & x_{12}^2 + ay_{12}^2 \\ y_{23}y_{31} + x_{23}x_{31} & ax_{13}y_{23} + \nu x_{23}y_{31} & x_{23}x_{31} + ay_{23}y_{31} & y_{32}y_{31} + x_{32}x_{31} & (a+\nu)x_{13}y_{31} & x_{31}^2 + ay_{31}^2 & y_{12}^2 + ax_{12}^2 & (a+\nu)x_{21}y_{12} & x_{12}^2 + ay_{12}^2 \\ ax_{32}y_{31} + \nu x_{13}y_{23} & x_{23}x_{31} + ay_{23}y_{31} & x_{23}x_{31} + ay_{23}y_{31} & ax_{12}x_{23} + y_{12}y_{23} & ax_{21}y_{23} + \nu x_{32}y_{12} & ax_{12}x_{31} + y_{12}y_{31} & ax_{21}y_{31} + \nu x_{13}y_{12} & y_{12}^2 + ax_{12}^2 & (a+\nu)x_{21}y_{12} & x_{12}^2 + ay_{12}^2 \\ ax_{32}y_{12} + \nu x_{21}y_{23} & x_{12}x_{23} + ay_{12}y_{23} & x_{12}x_{23} + ay_{12}y_{23} & ax_{13}y_{12} + \nu x_{21}y_{31} & x_{12}x_{31} + ay_{12}y_{31} & (a+\nu)x_{21}y_{12} & x_{12}^2 + ay_{12}^2 & (a+\nu)x_{21}y_{12} & x_{12}^2 + ay_{12}^2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Здесь: $s=0.5(x_{23}y_{31}-x_{31}y_{23})$; $x_{ij}=x_i-x_j$; $a=G(1-\nu^2)/E$; h – толщина элемента.

Для кольца жесткости, находящегося в центральной части оболочки, используются кольцевые элементы треугольного сечения (рис.5). При выводе матрицы жесткости для такого элемента предполагается, что поле перемещений внутри объема конечного элемента зависит только от координат r и z . И тогда задача становится аналогичной плоской задаче теории упругости.

Рисунок 5. Кольцевые элементы треугольного профиля

В процессе формирования матрицы жесткости всего вала, объединяющего оболочку и кольцо жесткости, учитываются кинематические условия на стыке оболочки и кольца, т.е. равенство линейных перемещений узловых точек.

Элементы сформированной матрицы жесткости представляют собой коэффициенты в разрешающей системе линейных алгебраических уравнений, а столбец свободных членов – узловый нагрузкой, приложенной к валу

$$[K]\{q\} = \{P\} \quad (10)$$

Полученная система (10) решается методом Холесского.

С помощью описанного подхода, заключающегося в применении метода конечных элементов к статическому и динамическому расчету исследуемой конструкции, решен ряд задач и проведены исследования, касающиеся напряженно-деформированного состояния упругого вала с прорезями в зависимости от наклона прорезей, приложенной нагрузки и условий закрепления вала.

Ниже приведены результаты статического расчета и приведены исследования влияния наклона прорезей конструкции на ее напряженно-деформированное состояние. Результаты получены с помощью

разработанной программы, реализующей метод конечных элементов, с использованием треугольных конечных элементов для оболочек, составляющих конструкцию и кольцевых треугольных элементов для кольца жесткости.

На рис. 6-7 показано деформированное состояние конструкции с прорезями, направленными под различными углами (30° – на рис. 6; 45° – рис.7 и 60° – рис.8) под действием нагрузки в виде единичного крутящего момента ($M_{кр}=1\text{Нм}$), место приложения которого находится в нижней части конструкции и показано на чертежах. Производимый им поворот конструкции противоположен направлению прорезей. Другой торец конструкции жестко зашпелен. Масштаб на всех чертежах одинаков, однако деформированное состояние звена с наклоном 30° более выражено, чем во всех остальных случаях.

Рисунок 6. Компоненты напряженно-деформированного состояния упругого звена с наклоном прорезей 30° при единичном крутящем моменте в основании и жесткой заделкой сверху

а) Продольные перемещения	б) Касательные напряжения,	в) Главные напряжения,
[мм]:	[Па]:	[Па]:
$-1,2 \times 10^{-2} - (1);$	$-2,0 - (1);$	$0,0 - (1);$
$-0,25 \times 10^{-2} - (2);$	$+0,8 - (2);$	$1,6 - (2);$
$+0,5 \times 10^{-2} - (3);$	$+3,3 - (3);$	$3,2 - (3);$
$+1,2 \times 10^{-2} - (4);$		

Из чертежа на рис. 6, где прорези направлены под углом 30° , видно, что верхняя часть боковой поверхности раскручивается, а нижняя часть, к границе которой приложен крутящий момент, скручивается, что приводит в первом случае к выпиранию, а в другом –

к сужению боковой поверхности с прорезями. Результаты расчетов показывают, что чем круче наклон прорезей ($\alpha = 45^\circ, 60^\circ$), тем меньше выпор боковой поверхности. В отсутствии прорезей деформация конструкции показана на рис. 8, где продольные перемещения практически отсутствуют, и конструкция совершает чистое кручение под действием приложенного момента.

Рисунок 7. Компоненты напряженно-деформированного состояния упругого звена с наклоном прорезей 45° при единичном крутящем моменте в основании и жесткой заделкой сверху

а) Продольные перемещения [мм]:	б) Касательные напряжения, [Па]:	в) Главные напряжения, [Па]:
$-5 \times 10^{-2} - (1);$	$-2,4 - (1);$	$0,0 - (1);$
$-2,2 \times 10^{-2} - (2);$	$-1,5 - (2);$	$0,2 - (2);$
$-0,5 \times 10^{-2} - (3);$	$0,25 - (3).$	$2,0 - (3).$

Перемещения по оси конструкции на уровне кольца жесткости при различных углах наклона прорезей показаны на соответствующих рисунках с индексом «а» и составляют, соответственно, $7,05 \cdot 10^{-2}$ мм при $\alpha = 30^\circ$ (рис. 6, а); $1,56 \cdot 10^{-2}$ мм при $\alpha = 45^\circ$ (рис. 7, а); $3,42 \cdot 10^{-3}$ мм при $\alpha = 60^\circ$. В других сечениях значения перемещений представлены в таблицах с соответствующими индексами изолиний. Размерность перемещений, представленных в таблицах, дается в миллиметрах.

Таким образом, из полученных результатов видно, что наклон прорези влияет не только на радиальные перемещения (это ясно из анализа приведенных чертежей деформированного состояния), но и на осевые перемещения точек конструкции. При этом наибольшие радиальные перемещения наблюдаются в области, ослабленной прорезями, а осевые – в центральной части – на кольце жесткости. С увеличением угла наклона прорезей и те, и другие перемещения уменьшаются.

Следующая серия расчетов касается определения напряжений, возникающих при действии момента в основании для различных углов наклона прорезей. Значения напряжений (в Па) на изолиниях приводятся в таблицах на соответствующих рисунках.

Распределение касательных напряжений на боковой поверхности конструкций показано на рис. 6, б; 7, б. Здесь также при малом угле наклона прорезей ($\alpha = 30^\circ$) наибольшие значения напряжений ($\tau_{r\phi} = 4,95$ МПа достигаются в областях между прорезями, причем как в нижней, так и в верхней частях конструкции. С увеличением угла α до величины 45° касательные напряжения в нижней части между прорезями уменьшаются до значения 3,3 Па, а в верхней – до 0,78 Па. При $\alpha = 60^\circ$ внизу между прорезями напряжения еще меньше – $\tau_{r\phi} = 1,5$ Па, а сверху – всего 0,25 Па.

Таким образом, увеличение наклона прорезей приводит к уменьшению касательных напряжений по всей боковой поверхности конструкции, особенно в верхней, незагруженной части. При отсутствии прорезей напряжения (рис. 8) концентрируются у основания и практически отсутствуют на боковой поверхности конструкции.

Наибольшие значения растягивающих напряжений (6, в – 7, в) достигаются на границах прорезей. При этом с увеличением наклона ($\alpha = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$) абсолютные значения растягивающих напряжений последовательно уменьшаются с 12 Па (при $\alpha = 30^\circ$) до 3 Па (при $\alpha = 45^\circ$) и 0,2 Па (при $\alpha = 60^\circ$). Для цилиндров без прорезей напряжения на боковой поверхности незначительны, и проявляются в виде краевых эффектов в местах приложения нагрузки.

Рисунок 8. Компоненты напряженно-деформированного состояния упругого звена без прорезей при единичном крутящем моменте в основании и жесткой

Во всех приведенных расчетах приложенный к торцу вала крутящий момент противоположен направлению прорезей. Для сравнения на рис. 9 показано деформированное состояние конструкции с прорезями, расположенными под углом $\alpha = 30^\circ$ в масштабе 1:100 при действии крутящего момента в основании, направленном в противоположную сторону.

Рисунок 9. Деформированное состояние модели с прорезями под углом 30° при воздействии крутящего момента в направлении, совпадающем с направлением прорезей

В этом случае, в отличие от предыдущего, боковая поверхность нижнего цилиндра – раскручивается, а верхнего – скручивается. Осевые перемещения совпадают по абсолютному значению, но противоположны по направлению тем, которые были получены ранее при положительном направлении крутящего момента.

Таким образом, можно заключить, что наличие прорезей приводит к увеличению всех видов напряжений, а также осевых и радиальных перемещений точек конструкции. При этом для малого наклона прорезей ($\alpha = 30^\circ$) одинаково ослабленными являются центральные зоны верхней и нижней оболочек вдоль границ прорезей. С увеличением угла ($\alpha = 45^\circ, 60^\circ$) и при отсутствии прорезей наибольшие значения всех напряжений концентрируются в нижней части конструкции. Часть конструкции, находящаяся выше кольца жесткости, с увеличением угла наклона прорезей постепенно освобождается от напряжений, и в отсутствии прорезей становится практически незагруженной.

Список литературы:

1. Алимухамедов Ш.П., Хикматов Ш.И. и др. Динамика трансмиссии колесных мобильных машин. Ташкент: Adabiyot uchqunlari, 2017. – 188 с.
2. Демпфер крутильных колебаний малой жесткости с возможностью регулирования момента трения // Патент России № 2399812. 2000. Бюл. № 26 / Тверсков Б.
3. Устройство для гашения динамических нагрузок в трансмиссии транспортных машин // Патент Республики Узбекистан UZ IAP 05524. 2018. Бюл. № 12 / Нарзиев С.О., Алимухамедов Ш.П. [и др.].

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАЛЬЦА СЕНОКОСИЛКИ
ПУТЕМ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**Маркарян Степа Енокович***д-р техн. наук, профессор, Национальный аграрный университет Армении,
Республика Армения, г. Ереван
E-mail-smarkaryan1@gmail.com***Овсепян Гурген Саркисджанович***д-р техн. наук, профессор, Национальный аграрный университет Армении,
Республика Армения, г. Ереван
E-mail-hovsepnkal@mail.ru***Симонян Ален Рафаелович***аспирант, Национальный аграрный университет Армении,
Республика Армения, г. Ереван
E-mail-alenyan.sim@gmail.com*INCREASING THE GRASS MOWING MACHINE FINGER QUALITATIVE CHARACTERIS-
TICS WITH THERMOCHEMICAL PROCESS**Stepan Markaryan***Doctor of Technical Sciences, National Agrarian University of Armenia
Republic of Armenia, Erevan***Gurgen Hovsepyan***Doctor of Technical Sciences, National Agrarian University of Armenia
Republic of Armenia, Erevan***Alen Simonyan***Aspirant, National Agrarian University of Armenia
Republic of Armenia, Erevan*

АННОТАЦИЯ

Пальцы сенокосилок, работающих на горных сенокосах, имеют низкую эксплуатационную надежность. В основном они ломаются. Для повышения долговечности пальцев приняты технологии температурной обработки стальных пальцев и покрытых тугоплавким металлом – рением. Он в корне отличается от традиционных методов термодиффузионной обработки инструментов, применяемых в настоящее время.

ABSTRACT

For increasing the fingers durability accepted thermal operations and covering the steal fingers with refractory metal – renium. This method fundamentally differs from traditional methods that are used now days to operate tools with thermal diffusion.

Ключевые слова: косилка, палец, сенокос, термохимический, рений.

Keywords: grass mowing machine, finger, landscape, thermochemical, renium.

Естественные горные сенокосы каменистые, имеют шероховатые поверхности и часто покрыты кустарниками. Во время работы сенокосилок происходит большое количество отказов, которые резко

уменьшают надежность их эксплуатации, производительность, а также увеличивают эксплуатационные затраты. И поэтому в Национальном аграрном уни-

верситете Армении проводятся работы в направлении повышения надежности эксплуатации сенокосильных машин [2, 6 и др.].

В сенокосилках из восстанавливающих деталей большинство отказов наблюдаются у пальцев. В основном они ломаются. С нашей стороны ведутся работы в направлении повышения долговечности пальцев.

Палец сенокосилки изготавливается литейным способом из чугуна (КЧ 35-10, ГОСТ-1215-79) и из стали (серии 35L, ГОСТ-977-75) [4]. Стальные пальцы более прочные и долговечные, чем чугунные. Однако в естественных сенокосах они также не удовлетворяют эксплуатационным требованиям. Поэтому наши исследования посвящены повышению долговечности стальных пальцев в этих условиях.

Во время эксплуатации пальцы ломаются в месте крепления и заменяются на новые. Частая поломка пальцев объясняется тем, что при работе сенокосилки на естественных сенокосах, они часто ударяются о камни и выходят из строя (рис. 1). Частая поломка пальцев, изготовленных литейным способом объясняется тем, что металл, из которого он изготавливается имеет большую хрупкость и малую пластичность.

Рисунок 1. Пальцы сенокосилки (сломанные и не сломанные). В середине показан образец, изготовленный литем стали 35 L, который используется при исследовании процессов термохимической обработки

По техническим данным [5] металл серии 35L проходит термическую обработку – закалка производится при температуре 850°С, а для получения достаточной пластичности производится отпуск при температуре 650°С. Однако не всегда удается сохранять вышесказанные термические режимы обработки, поскольку пальцы имеют высокую твердость (НВ 250-300, вместо НВ 150-200). Это также является следствием несоблюдения режимов отливки (охлаждение производится раньше, чем это нужно) в следствии чего получается высокая хрупкость металла и низкая пластичность. В следствии увеличения твердости пальцы приобретают высокую хрупкость, и ударяясь о камни, ломаются.

В направлении повышения качественных характеристик пальца сенокосилки считаем целесообразным применить современные передовые технологии температурной обработки стали с дальнейшим ее покрытием тугоплавкими металлами, которые обеспечивают высокую эффективность и качество [1, 7, 8].

При использовании подобных технологий будет возможно регулирование режимов термической обработки, особенно процесс медленного охлаждения после покрытия рением, что приводит к уменьшению внутренних напряжений, обеспечивает достаточную пластичность, увеличивает трещиностойкость, тем самым уменьшая ломкость пальцев.

В результате научно-исследовательской работы были обоснованы высокая прочность, стойкость, коррозиестойчивость, износостойкость при покрытии внешних поверхностей деталей и инструментов диффузионным износостойким покрытием тугоплавкими металлами [1, 3, 5, 7, 8]. Была также поставлена задача проделать те же работы и в отношении пальца сенокосилки, получить на ней износостойкие слои и металлические покрытия путем термохимической обработки. И в то же время выявить новые пути увеличения прочности.

Новейшим методом научно обоснованы технологические основы получения износостойких поверхностей термодиффузионным путем покрытия рением и обеспечение долговечности пальцев, уменьшение их поломок, и увеличение коррозиестойчивости и износостойкости.

Металл рений обладает наилучшими механическими, физическими и технологическими качествами. Имеет темно-серебристый цвет, плавится при высокой температуре-3180°С и кипит при температуре 5600°С.

Рений имеет высокую прочность, твердость, износостойкость, пластичность, коррозиестойчивость, электропроводность [3, 8].

Рений получают также и в Армении на металлургических предприятиях-” Армениян Молибден Продакшн” и” Макур Еркат”.

Предусмотрено автоматизировать и компьютеризировать регулирование технологических операций термохимической обработки пальца сенокосилки, для чего проделана определенная работа.

Проводились сравнения результатов работ, проводимых в разных средах по термодиффузионной обработке и получения износостойких поверхностей на инструментах с качественными характеристиками пальцев сенокосилки, покрытых рением.

В ходе исследований было обнаружено, что кроме хорошей поломкостойкости деталей, рений обладает также высокой сопротивляемостью разным кислотам и влажности.

Для работ покрытия рением и металлографических исследований были разработаны 6 пальцев, а также взят образец из того же состава, который обеспечивает получение более точных данных.

Разработана технология термодиффузионной обработки пальцев сенокосилки раствором соли рения (NH₄ReO₄), для чего и были ранее выбраны пальцы, с

которых было удалено масляное покрытие и произведены все необходимые операции для дальнейшего использования, а именно – очистка, сушка и проверка. Масляное покрытие было снято с помощью электролиза химических и органических растворов. После этого пальцы были очищены от растворов чистой водой. Обсушивание проводилось на воздухе или в муфлонной печи при низкой температуре $T=50-60^{\circ}\text{C}$, а в конце были произведены осмотр и тщательная проверка.

На рис. 2 показана технологическая цепочка оборудования, выбранных для термодиффузионной обработки пальца косилки тугоплавкими металлами. Покрытие рением пальцев проводится в водородной среде и в солях рения – перрената аммония при температуре 1000°C . В результате такой обработки пальцы покрываются 10-15 мкм поверхностным и 50-75 мкм диффузионным износостойкими слоями, которые также способствуют увеличению прочности изделий.

Был выбран образец для испытаний и произведено металлографическое исследование. Образец показан на рис. 3б. На поверхности данного образца отсутствуют микротрещины и другие недостатки (отверстия, скопления большого количества свободного графита, неровное распределение различных фаз и т.д.). На рис. 3б показан отполированный образец после того прошел процесс обработки покрытием рения. Покрытие рением было произведено вышеизложенной технологией, т.е. в водородной среде при температуре 800°C в течении одного часа.

В результате рентгеновского исследования поверхности пальца, покрытого рением выявлены новые фазы, в том числе и Re_3W , Re_3WC , Re , $\text{Co}_6\text{W}_6\text{C}$, Co_7W_6 и интерметаллоиды- SiO_2 , CCO_2W_4 , Co_3W , WC , $\text{Co}_6\text{W}_6\text{C}$, которые способствуют увеличению качественных характеристик пальца сенокосилки, в том числе получению достаточной прочности, пластичности и твердости.

Выявление данных о коррозиоустойчивости и безотказности работы пальца сенокосилки было произведено с помощью механических испытаний, а этот метод дает возможность выявить общие характеристики образцов покрытых рением, связанные с разными режимами и методами.

Рисунок 2. Технологическая цепочка устройств и оборудования для термодиффузионной обработки тугоплавкими металлами пальцев косилки:

1-выбор пальцев сенокосилки, 2-удаление масляного слоя, чистка, сушка и проверка, 3-погружение пальцев в водный раствор перрената аммония, 4-сушка пальцев в электрической печи $T=90-100^{\circ}\text{C}$, $t=60$ мин., 5-согревание в водородной среде с последующим покрытием рением, 6-температурный график термохимической обработки а) зона согревания, б) зона покрытия рением, в) зона охлаждения, 7- закаливание пальцев $T=90-95^{\circ}\text{C}$, $t=60$ мин, 8-поверхность покрытого рением пальца, 9-(9-1, 9-2, 9-3, 9-4) рисунки инструментов с рениевым покрытием (фрезы, резак, ролики, палец сенокосилки, вальца).

Рисунок 3. а) палец сенокосилки, изготовленный из стали серии 35L, б) структура поверхности пальца до покрытия рением, в) структура поверхности пальца после покрытия рением (увеличено в 200 раз)

В ходе научных экспериментов выявлено, что технологический процесс покрытия рением стальных поверхностей – это новейшее достижение с точки зрения увеличения их качественных характеристик. Он в корне отличается от традиционных методов термодиффузионной обработки инструментов, применяемых в настоящее время.

В результате проделанных научно-экспериментальных данных стало ясно, что закрепление рением поверхностного слоя имеет большое значение и дает возможность выявить новые сферы деятельности, а также увеличить коррозиоустойчивость, долговечность работы, износостойкость и надежность ответственных инструментов и деталей.

Список литературы:

1. Иванов В.В., Поплавко Е.М., Малевский А.Ю. Минеральное сырье. Рений/Справочник. -М.: ЗАО “Геоинформарк”, 1998. -346с.
2. Маркарян С.Е., Акопян О.Т., Айрапетян Д.Т., Результаты экспериментальных исследований по выбору и эффективной эксплуатации сеноуборочных машин в горных условиях//Альманах современной науки и образования, номер 2, Томбов, 2015.-С. 80...83.
3. Овсепян Г.С., Карапетян Г.К., Механические свойства и структура рения. -Ер.: Чартапет, 2009. – С. 112.
4. Особов В.И., Васильев Г.К., Сеноуборочные машины и комплексы. -М.: Машиностроение, 1983. -304 с.
5. Сорокин В.Г., А.В. Влопснкова и др. Справочник сталей и сплавов. -М.: Машиностроение, 1989. - 640 с.
6. Тарвердян А.П., Акопян О.Т., Айрапетян Д.Т. Техничко технологические основы повышения эксплуатационной надежности сеноуборочных машин // Известия НАУА, №4, Ер., 2013. - С. 95...101.
7. Шадерман Ф.И., Кременецкий А.А., Новый сырьевой источник рения и перспективы его промышленного освоения //Разведка и охрана недр. -1996.-№8. -С. 17...21.
8. Hovsepyan G.S., Petrosyan D.P., Poghosyan G.E., Hovhannisyan V.A., Karapetyan G.A., The analysis of mechanism of rhenium-coated tools wear-resistance rising. -Tbilisi, 2017.-V 15, №2. -page 184...186.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ЭВОЛЮЦИЯ СТЕКЛА В РАЗВИТИИ АРХИТЕКТУРНЫХ СТИЛЕЙ КОНСТРУКТИВИЗМА, БРУТАЛИЗМА, БИОНИКИ

Вечкасова Екатерина Николаевна

*и.о. доцента, кафедра основ архитектурного проектирования
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
440028, РФ, Пензенская область, г. Пенза, ул. Германа Титова, дом №28
E-mail: kat5060@gmail.com*

Фам Оксана Шооновна

*бакалавр, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
440028, РФ, Пензенская область, г. Пенза, ул. Германа Титова, дом №28
E-mail: office@pguas.ru*

EVOLUTION OF THE GLASS IN DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL STYLES OF CONSTRUCTIVISM, BRUTALISM, BIONICA

Ekaterina Vechkasova

*Acting obzannosti assistant professor, Department of the basics of architectural design
Penza State University of Architecture and Construction,
440028, Russia, Penza Region, Penza, Herman Titov Street, 28*

Oxana Fam

*Bachelor, Penza State University of Architecture and Construction,
440028, Russia, Penza Region, Penza, Herman Titov Street, 28*

АННОТАЦИЯ

Строительство стеклянных зданий постоянно развивается, появляются новые технологические и архитектурные решения. В данной статье рассмотрены вопросы актуальности использования стекла в современном строительстве, история возникновения и применения стекла в архитектуре, возможности применения стекломатериалов в различных архитектурных стилях. Проанализировано использование стекла и стекломатериалов архитекторами в периоды расцвета конструктивизма в СССР, брутализма в США и странах Европы, а так же новейшего течения бионики. Приведены примеры позитивного и негативного воздействия «стеклянной архитектуры» на жизнь человека и облик городского пространства в целом.

ABSTRACT

The construction of glass buildings is constantly developing, new technological and architectural solutions are emerging. This article discusses the relevance of the use of glass in modern construction, the history of the emergence and use of glass in architecture, the possibility of using glass materials in various architectural styles. The use of glass and glass materials by architects was analyzed during the heyday of constructivism in the USSR, brutalism in the United States and European countries, as well as the latest trend of bionics. Examples are given of the positive and negative impact of "glass architecture" on human life and the appearance of urban space in general.

Ключевые слова: стекло, архитектура, конструктивизм, фасад, здание, брутализм, форма, поверхность, бионика.

Keywords: glass, architecture, constructivism, facade, building, brutalism, form, surface, bionics.

Современный строительный рынок предлагает архитекторам и дизайнерам широкий выбор ассортимента материалов, который регулярно пополняется

все более новыми качественными видами строительной продукции. Особое место среди них занимает стекло.

Стекло имеет богатейшую историю и обширный опыт применения в строительстве. В арсенале современного архитектора стекло является одним из основных строительных материалов. На заре становления новой архитектуры именно стекло – материал промышленного века – было выбрано для воплощения смелых архитектурных идей в сооружениях, оказавших влияние на ее последующее развитие. [1]

За последние два столетия стекло приобрело уникальные качества, которые позволили стать ему ведущим строительным материалом – одновременно экологичным и практичным. Технический прогресс в стекольной промышленности привел к изобретению в конце XVII века листового стекла, появление которого полностью изменило отношение к его привычным свойствам.

На стационарных зданиях светопрозрачные фасады впервые в мире стали применять в Советском Союзе, где в то время процветала эпоха конструктивизма, в том числе и в архитектуре.

Советские архитекторы-конструктивисты видели своей главной задачей отрицание исторической преемственности, отказ от декоративных элементов классических стилей и использование функциональной схемы как основы пространственной композиции. Архитекторы расцвета конструктивизма в СССР так же считали, что выразительность состоит не в декоре, а в динамике простых конструкций, вертикалей и горизонталей строения. Ведущим материалом, применяемом в архитектуре конструктивизма, наравне с бетоном и металлом являлось стекло.

В идеях советских модернистов и конструктивистов стекло являлось, прежде всего, выражением концепции свободы: свободного от лишних деталей фасада, свободной планировки – универсального пространства. В начале XX века в строительстве появились каркасные металлические конструкции, позволившие освободить тектонику стены от ее основной функции – несущей, тогда мастера того времени сразу взяли эту идею на вооружение. [2]

Для широкого применения стекла в архитектуре конструктивизма особенно много в практическом и теоретическом плане сделал Ле Корбюзье. Ему принадлежит первое здание с фасадным остеклением – Дом Центросоюза, построенный в Москве. Советские архитекторы эпохи конструктивизма (братья Веснины, Константин Мельников, Илья Голосов и др.) увлекались идеями известного французского архитектора, который часто приезжал в Россию и сотрудничал с лидерами ОСА (объединение современных архитекторов).

Тогда архитектурный облик городов в значительной степени определяли жилые здания, занимающие основную часть территории страны. Характерным примером конструктивизма в СССР являлись дома-коммуны, архитектура которых часто соответствовала принципу, высказанному Ле Корбюзье: «Дом – машина для жилья», где главной концепцией проекта считалась функциональность здания.

Применение стекла в архитектуре таких зданий чаще всего ограничивалось использованием в сетке

оконно-балконных конструкций, либо же остеклением лоджий на фасадах зданий. Проблема эстетического разнообразия жилых застроек в таком случае не решалась, так же были упущены из виду социальные и архитектурно-художественные вопросы формирования комфортабельного жилища в неблагоприятных условиях крупных промышленных городов.

В эпоху конструктивизма в СССР чаще всего многоэтажные жилые дома трактовались лишь как некая сумма индивидуальных ячеек-квартир, а не сложное, многофункциональное, формирующее среду обитания и ткань застройки образование, которым оно всегда было и будет.

Только отказ от серийно-массового, типового жилища и возврат к конкретному его проектированию и строительству, с учетом региональной специфики, позволят сделать реальный шаг в будущее – к городской жилищной архитектуре, в которой синтез адресности и индустриальных методов возведения даст нужную эстетическую гармоничность – и отдельных зданий, и жилой застройки в целом.

Общеизвестно, что большинство многоэтажных жилых домов отличается измельченностью масштаба фасадов, безликостью поэтажной сетки окон и лоджий. Стекло в свою очередь может позволить разбивать фасады на крупные, «читаемые» фрагменты. Этот прием укрупняет масштаб фасадов, а светотеневые эффекты обогащают общий рисунок жилой застройки. [3]

В 20-50-х годах прошлого столетия, так же как и сейчас – спустя почти сто лет, стекло являлось флагманом самых передовых архитектурных идей. Наряду с массовой застройкой жилых домов в конструктивизме новаторские принципы строительства реализовывались главным образом в дворцах культуры, клубах или крупных промышленных зданий.

Например, здание газеты «Известия». Работа архитекторов Григория Бархина и Артура Лолейта с использованием панорамного остекления почти всего фасада здания. Внешним видом данное строение напоминает собранную из окон и балок решетку, окна-иллюминаторы наверху – это кабинет главного редактора.

В Москве самая эффектная стеклянная постройка того периода — здание ВЭИ на Красноказарменной улице по проекту А. Кузнецова, братьев Мовчанов, Л. Мейльмана и С. Фисенко. На фасадах огромные поверхности стекла — в расчете на большие залы свободной планировки. [2]

Ярким примером архитектуры конструктивизма с применением стекла так же является дом культуры им. С.М. Зуева, этот рабочий клуб был построен по проекту Ивана Голосова. В центре композиции большой цилиндр из двухслойных стекол в металлических переплетах с лестницей внутри.

В дальнейшем применении стекла в архитектуре широкое признание завоевывает прием, когда в зданиях используются большие ленточные светопроемы со сплошными ограждениями из стекла. Стеклянные поверхности являются в этих зданиях основным архитектурным мотивом.

После осуществления ряда удачных проектов, где остекление занимало значительную площадь ограждений, появляются здания со сплошными стеклянными ограждениями. Наряду с прозрачным бесцветным стеклом используют цветное, а также стекло с цветными непрозрачными покрытиями, в том числе эмалированное. Конструктивной основой таких зданий был каркас с навесными ограждениями.

Дальнейшее развитие конструкций зданий с навесными ограждениями существенно изменило характер их архитектуры. Появляются здания с кристаллическими четкими объемами, в которых выявлена каркасная структура. Технические приемы предстают здесь как средства эстетической выразительности.

Появление металлического каркаса в XIX веке стало одним из ключевых факторов развития архитектурной формы, так как позволило освободить тектонику стены от ее основной функции – несущей. Впоследствии его применение позволило создавать большие остекленные поверхности, иначе решать композиционную структуру зданий. Ярким примером архитектурного стиля того времени с использованием каркасных конструкций и монолитного остекления можно считать брутализм.

Брутализм среди множества архитектурных стилей занимает особое место наравне с конструктивизмом, так как тоже использует геометричность и руководствуется главным образом своей масштабностью. Но если конструктивизм обитал в основном в пределах Советского Союза из-за своей идеологии, то брутализм распространился практически на всю Европу, США и многие страны Азии.

Основными материалами, которые использовали в брутализме остаются бетон и стекло. Это следует из требований к прочности, практичности этих материалов и сложности конструкций.

В середине XX века технологии в строительстве позволили создавать еще большие площади идеально ровного плоского остекления на высоте. Выдающийся немецкий архитектор Людвиг Ми сван дер Роэ в 1958 году представил здание небоскреба, в архитектуре которого впервые был использован принцип «навесных стен», основой здания служил «скелет» из железобетонных конструкций, а навесные стены и фасады с застекленными окнами как бы навешивались на этот скелет. Этот стеклянный небоскреб послужил прототипом для многих стеклянных зданий, построенных позже. А так же дал начало интернациональному стилю высотных зданий, в которых за счет прозрачности стекол артикулировалась функциональность внутренних элементов. [4]

Впоследствии применение стекла и стекломатериалов позволило создавать большие остекленные поверхности и иначе решать композиционную структуру зданий.

Технический прогресс и бурное развитие строительной индустрии переродили стекломатериалы из утилитарного архитектурно-планировочного элемента в доминирующий композиционный аспект.

Достаточно резко возникла идея строительства стеклянных небоскребов, олицетворяющих власть и прогресс в крупных городах стран Европы, Азии и США.

Активное строительство «стеклянных домов» происходило, не опираясь на полноценные научные исследования, что привело технически развитые страны ко многим проблемам, обозначившим необходимость массовой реконструкции зданий, построенных в тот период. Высотные здания, возведенные в исторических центрах, обесценили прежние доминанты городской застройки. Новое строительство, занимавшее целые кварталы, перекрывало сложившиеся пешеходные пути и транспортные магистрали. На месте рекреационных площадей, между небоскребами, предназначенных для обеспечения комфорта в городской среде, сформировались неудобные и пролинные сквозняками участки застройки. Погоня за максимальным поступлением света в высотных зданиях с панорамными окнами вылилась в практически нерешаемую проблему перегрева внутренних интерьеров. [5]

В течение эксплуатации высотных стеклянных зданий стали выявляться и технические проблемы, которые мешали нормальному функционированию. Например, полная замена наружного остекления требуется зданию знаменитого Лавер Хауса, возведенного в 1952 году в Нью-Йорке по проекту архитекторов Л.Скидмора и Н.Овингса. Причинами для глобальной реконструкции стало появление ржавчины несущих металлоконструкций и растрескивание стекол вследствие температурных деформаций.

Стоит отметить и тот факт, что архитектура зданий и внешний облик городов в значительной мере влияет на психику его жителей. Человеческий мозг тонко влияет на форму зданий и цветовое оформление. Однотипные, монолитные серые здания в условиях городской уплотненной застройки, вводят людей с состоянием тоски, повышают уровень стресса, утомления, также ухудшает настроение.

Строительство высотных стеклянных зданий в контексте крупных городов стало предметом многочисленных обсуждений в области архитектуры. Массовая застройка однотипными небоскребами преследовала главную цель – возведение большого количества квадратных метров площади за короткие сроки, но социальный фактор при этом не учитывался.

Формирование облика городов решает не только сугубо специальные планировочные и стилистические задачи. Учитывая влияние архитектуры на человека, архитектура городов является одной из активных факторов формирования и развития психики и психической деятельности горожан, чье воздействие пока тщательно не изучено, но неоспоримо. Американский архитектор Луис Генри Салливан утверждал, что «архитектура – это искусство, которое воздействует на человека наиболее медленно, зато наиболее прочно» [6].

Однообразие с множеством прямоугольных «домов-близнецов» и кварталов, однотонных по окраске и имеющих большое количество однородных элементов, таких как голые стены и монолитное стекло

организует среду, которая резко отличается от естественно-природной, в которой веками жил и формировался человек.

В 1995 году художник Рик Силас предложил инновационную технологию с использованием холодного литья, которое придавало стеклянным поверхностям трехмерность. Согласно этой методике плоские многослойные стеклопакеты помещали в рамы, где они сгибались под собственным весом без какого-либо термического воздействия, а создаваемая криволинейность обеспечивала идеальную гладкость поверхности фасадов, которые могли повторить любую геометрию здания. [7]

Эта технология открывала новые возможности интернациональному стилю в архитектуре. После стеклянных параллелепипедов человечество стало обживать здания со сложными асимметрическими поверхностями самых разнообразных форм: масштабных сфер, спиралей. Стали создаваться уникальные формы фасадов в стекле: выпуклые, вогнутые (например, естественно-научный музей Конфлуанс в Лионе), закрученные (такие, как башня Эволюция в Москва-Сити). Так же проекты, обильно представленные в заявках архитектурных конкурсах, подтверждают, что сегодня стекло как строительный материал переживает новый пик популярности. [8]

Рекордсмен по объему фасадного остекления сегодня – строящийся многофункциональный комплекс «Лахта Центр» в Санкт-Петербурге. 85% фасадной поверхности здания – это остекление, состоящее из 16 тысяч различных по форме стеклопакетов. Подобный объем уникального фасадного стекла на высотном объекте применяется впервые в мире.

Одним из прогрессивно развивающихся направлений в архитектуре является бионика, отличительная черта данного стиля – применение органичных форм и естественное их объединение с окружающей средой. Зародившись еще в древних веках, тенденция заимствования архитектурных линий и объемов у природы приобрела новую огранку, проявившись с необычайной силой в стилистике современных общественных и частных зданий.

Современные технологии в производстве строительных материалов и широкие возможности проектирования позволяют современным архитекторам создавать оригинальные проекты, необычные по своей концепции и эстетической нагрузке. Исключением не стало стекло.

Примером могут служить работы одного из самых выдающихся архитекторов XXI века и первой в истории женщины, награжденной престижной Притцкеровской премией – Захи Хадид, такие как центр Гейдара Алиева в Баку, Азербайджан. В проекте практически не было использовано прямых линий. Панели из стекла и армированного полиэстера

плавно изгибаются по всей поверхности здания, создавая гладкую сплошную поверхность фасада.

Современная архитектура стеклянных оболочек шагнула далеко вперед и уже не ограничивается лаконичностью и простотой форм. Она прошла этап строгих прямолинейных плоскостей и объемов. Сегодня это разнообразие зданий с разными цветовыми решениями, отличающихся неординарным решением светопрозрачных строительных конструкций. Выразительность и эстетичность светопрозрачных фасадов подчеркивается дополнительными конструктивными элементами – солнечными батареями, солнцезащитными устройствами, приточными клапанами естественной вентиляции. Своеобразный ночной эффект делает эти здания украшением ночных улиц. Он создается дополнительным внутренним освещением. Здания со стеклянными стенами эффектно выглядят как днём, так и ночью. В современной городской застройке они, помимо великолепного зрительного эффекта, создают специфический неповторимый облик любого города. [9]

С конца XIX века стекло стало одним из самых выразительных средств архитектуры. Если проанализировать историю архитектуры, то XX век – это эксперименты архитекторов и конструкторов с этим выдающимся материалом, параллельный поиск его философской и эстетической роли и процесс создания все более совершенных видов стекла и новых форм применения. Стекло стало одним из факторов, повлиявших на развитие новой эстетики архитектурного объекта, оболочка которого должна защищать человека от неблагоприятных факторов внешней среды и при этом обеспечивать ему максимальную визуальную связь с ней в моменты благоприятного воздействия.

В настоящее время стекломатериалы прочно заняли одно из передовых мест среди конструктивных и отделочных материалов. Стекло позволяет создавать уникальные здания и сооружения, не имеющие аналогов в мировой истории архитектуры.

Положительные результаты экспериментов архитекторов со стеклом привели к все более широкому применению этого материала в архитектуре, что позволило говорить о появлении в арсенале архитекторов нового по своим качествам и потенциалу материала.

Современное архитектурное стекло – уникальный строительный и отделочный материал, который при всей своей хрупкости прочен, химически стоек, а главное – дает огромное многообразие архитектурно-дизайнерских решений, новые возможности для выражения тектонической структуры архитектурного объекта. [3]

Список литературы:

1. Стекло в архитектуре / С.П. Соловьев, Ю.М. Динеева. – М.: Стройиздат, 1981. – 191 с.
2. Стекло — значит свобода. Из истории русского авангарда / Е. Овсянникова – [режим доступа]: <http://archspeech.com/article/steklo-v-avangarde> (дата обращения 12.05.2018)

3. Стекло и архитектура / Ю.С. Янковская – [режим доступа]: http://archvuz.ru/2005_4/6 (дата обращения: 11.05.2018)
4. История развития и основы технологии стекла: учеб. пособие / Н.И. Минько, В.М. Нарцев, Р.Г. Мелконян. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 396 с.
5. Теория глобального остекления.// Интерьер Дайджест №7(51)2004. – М.: Салон-Пресс, 2004, стр.38-43.
6. Архитектура и психология / А. В. Степанов, Г. И. Иванова, Н. Н. Нечаев. – М.: Стройиздат – 1993. – 295 с.
7. Использование стекла и изделий из него в современном строительстве / Н.И. Минько, А.Б. Аткарская, С.А. Кеменов// Строительные материалы. – 2008. – № 10. – С. 91 – 95.
8. Применение стекла в современном строительстве / А.Б. Жималов // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI в. – 2002. – № 3. – С. 14 – 16.
9. Стекло в современной архитектуре / – [режим доступа]: <http://www.glss.ru/blog/steklo-v-sovremennoj-arhitecture/> (дата обращения: 11.05.2018)

ОЦЕНКА ГИДРОДИНАМИКИ ЖИДКОСТНЫХ ПОТОКОВ И ПРОЦЕССЫ МАССОПЕРЕНОСА КИСЛОРОДА В АЭРАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Абдукодирова Малахат Нориджоновна

*доцент, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства,
Узбекистан, г. Ташкент*

Радкевич Мария Викторовна

*д-р техн. наук, доцент, и.о. профессора Ташкентский институт инженеров ирригации
и механизации сельского хозяйства,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: maria7878@mail.ru*

EVALUATION OF FLUID FLOW HYDRODYNAMICS AND OXYGEN MASS TRANSFER PROCESSES IN AERATION STRUCTURES

Malakhat Abdukodyrova

*Associate Professor, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers,
Uzbekistan, Tashkent*

Maria Radkevich

*Doctor of tech. Sci., Associate Professor, Acting Professor of Tashkent Institute
of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются рабочие характеристики гибких аэрационных трубок, выполненных из пористой резины. Выявлена зависимость между физическими характеристиками трубок и их гидродинамическими показателями. Также выявлено, что размер образующихся пузырьков не зависит от расхода воздуха, но связан с жесткостью отверстия.

ABSTRACT

The article discusses the performance of flexible aeration tubes made of porous rubber. The relationship between the physical characteristics of the tubes and their hydrodynamic indices is revealed. It was also revealed that the size of the bubbles formed does not depend on the air flow, but is associated with the rigidity of the hole.

Ключевые слова: аэротенк, система аэрации, гибкий диффузор, твердость, размер пузырька

Keywords: aeration tank, aeration system, flexible diffuser, hardness, bubble size

Аэрационные сооружения являются основной составляющей биологической очистки, обеспечивающей подачу и распределение кислорода в аэротенке, поддержание активного ила во взвешенном состоянии и создание благоприятных гидродинамических условий работы аэротенков.

Ранее проведенная оценка работы Саларской станции аэрации г. Ташкента [1] показала, что существующая система аэрации (через фильтровые пластины) не обеспечивает достаточного качества очистки. Таким образом, возникла необходимость разработки более совершенной конструкции аэраторов. В настоящее время наиболее эффективными считаются пневматические трубчатые аэраторы [3, 5]. Для оценки возможностей применения гидропневматических аэраторов на Саларской станции

аэрации рассмотрим свойственные им процессы гидродинамики жидкостных потоков и массопереноса кислорода.

В зависимости от способа подачи и распределения воздуха различают аэраторы пневматического, механического, гидравлического и комбинированного типа [2]. В настоящее время наиболее широкое распространение получили пневматические аэраторы [3], хотя вопрос о создании оптимальной конструкции аэратора до сих пор не решен. Все многообразные по размеру и форме устройства пневматической аэрации подразделяются мелкопузырчатые ($d = 1-4$ мм), среднепузырчатые ($d = 5-10$ мм) и крупнопузырчатые ($d > 10$ мм). К мелкопузырчатым относятся, например, аэраторы форсуночного и ударного типа, а также керамические, тканевые и пластиковые аэраторы; к среднепузырчатым – перфорированные

трубы, щелевые и др.; к крупнопузырчатым – открытые трубы, сопла и т.п.

Основным недостатком пористых мелкопузырчатых аэраторов является их засорение пылью, поступающей с воздухом. Содержание пыли в воздухе не должно превышать $0,05 \text{ мг/м}^3$. Перерывы в аэрации приводят к фильтрованию жидкости через пористые аэраторы и забиванию их частицами активного ила. Эффекты обрастания снижают эффективность массопереноса кислорода и требуют большего рабочего давления, которое снижает их энергетические характеристики [6].

Среднепузырчатые аэраторы (перфорированные трубы диаметром $d = 6 \dots 10 \text{ мм}$) менее эффективны, но и меньше засоряются. В процессе массопереноса кислорода в аэрационных сооружениях газ может выделяться в виде небольших пузырьков для обеспечения их наибольшей поверхности.

Считается, что наилучшими характеристиками обладают пузырьки, генерируемые на гибком отверстии [5, 6]. Поэтому нами были проанализированы гидродинамические характеристики массопереноса кислорода [4] при использовании гибких аэрационных трубок.

Гибкие трубки различаются по таким физическим свойствам, как толщина стенки, прочность на растяжение, размер отверстия, твердость и удлинение, которые влияют на характеристики переноса кислорода. Учитывая свойства гибких трубок, их пористая стенка может образовывать мелкий пузырь, что приводит к увеличению межфазной области и ускоряет скорость переноса кислорода. Благодаря

своей гибкости трубка может быть установлена и смонтирована на различных поверхностях, причем возникающее в трубке усилие сдвига помогает уменьшить накопление загрязняющих веществ на трубчатом диффузоре и увеличить продолжительность его использования [5].

При очевидных достоинствах гибких аэраторов на сегодняшний день нет точных методов их проектирования, а также отсутствуют достоверные данные о характеристиках различных видов и форм трубок и оптимизации выпускаемой гибкой трубки диффузора аэрации, а также для оценки ее характеристик [4, 6]. Чтобы заполнить этот пробел, необходимо изучить различные гибкие трубки диффузора аэрации, используемые в городских системах очистки сточных вод. Кроме того, стоимость имеющихся на рынке аэрационных трубок составляет 70-75 долларов за 1 м. Поэтому необходим поиск более дешевых материалов и технологий изготовления. Предполагается в дальнейшем изготавливать гибкие аэраторы из резиновых отходов, что позволит повысить коэффициент рециклинга и уменьшить проблему накопления отходов резины.

Для исследования было изготовлено несколько образцов гибких аэраторов длиной по 100 мм (рис. 1), имеющих множество мелких пор в стенках. Эксперименты проводились при следующих рабочих условиях: подача газа $Q_{\text{г}} = 0,5-5 \text{ л/мин}$, объем жидкости 10 л, высота слоя жидкости 0,25 м и температура $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$. В качестве рабочей жидкости использовалась водопроводная вода.

Рисунок 1. Гибкая аэрационная трубка из резины

К главным физическим характеристикам, влияющим на гидродинамику жидкостных потоков и процессы массопереноса кислорода в аэрационных сооружениях, относятся: 1) коэффициент объемного массопереноса кислорода (k_{Lo}) и эффективность массопереноса кислорода (ЭМК); 2) эффективность аэрации (ЭА); 3) основные свойства гибкости аэрационных трубок (толщина стенки трубок, их прочность на растяжение, размер отверстия, устойчивость при относительном удлинении); 4) гидродинамические параметры пузырьков (диаметр пузырьков $d_{\text{п}}$), частота образования пузырьков и скорость образования пузырьков $U_{\text{п}}$); 5) оценка межфазной площади ($S_{\text{м}}$) и

коэффициент объемного массопереноса жидкости (k_{L}).

Коэффициент массопереноса кислорода (k_{Lo}) можно рассчитать по ф-ле (1), которую в свою очередь можно перестроить в линейную ф-лу (2):

$$\frac{C_{\text{s}} - C_{\text{t}}}{C_{\text{s}} - C_{\text{o}}} = e^{-(k_{\text{Lo}}) \times t} \quad (1)$$

$$\ln(C_{\text{s}} - C_{\text{t}}) = \ln(C_{\text{s}} - C_{\text{o}}) - k_{\text{Lo}} \cdot t \quad (2),$$

где C_{s} – растворенный кислород в жидкой фазе в равновесии (или насыщенный растворенный кислород); C_{t} – растворенный кислород во время аэрации; C_{o} – изначальный уровень растворенного кислорода; k_{Lo} –

коэффициент массопереноса кислорода; t – время аэрации.

ЭМК может быть рассчитана по формуле (3):

$$\text{ЭМК} = \frac{O_2 \text{ перенесенный}}{O_2 \text{ добавленный}} = \frac{k_{LO} \times C_s \times V}{\rho_G \times Q_G} \quad (3)$$

где k_{LO} – коэффициент массопереноса кислорода; C_s – растворенный кислород в жидкой фазе в равновесии; V – объем аэрированной воды; ρ_G – плотность воздуха; Q_G – расход воздуха.

Энергоэффективность диффузоров можно оценить по эффективности аэрации (ЭА), которая связана с потреблением энергии P_G , как представлено в формулах (4) и (5).

$$P_G = Q_G \times \Delta P_{\text{общая}} = Q_G \times \rho_L \times g \times H_L + \Delta P \quad (4)$$

$$\text{ЭА} = \frac{k_{LO} \times C_s \times V}{\rho_G} \quad (5)$$

где P_G – потребление энергии; Q_G – введенный показатель расхода воздуха; $\Delta P_{\text{общая}}$ – потеря энергии через диффузор; ρ_L – плотность жидкости; g – ускорение из-за силы тяжести; H_L – высота жидкости; k_{LO} – коэффициент массопереноса кислорода; C_s – растворенный кислород в жидкой фазе в равновесии (или насыщенный растворенный кислород); V – объем аэрированной воды; ρ_G – введенный показатель плотности воздуха.

Принимая во внимание гидродинамические параметры пузырька, а именно диаметр пузырька (d_n) и скорость образования пузырьков (U_n) были получены формулы (6) и (7).

$$d_n = \sqrt[3]{I_n^2 \cdot h_n} \quad (6)$$

$$U_n = \frac{\Delta D}{t} \quad (7)$$

где d_n – диаметр пузырька; l_n – длина пузырька; ΔD – пространственное смещение пузырьков в течение фиксированного временного периода; h_n – высота пузырька; t – временной период.

Для исследования основных показателей, характеризующих гидродинамику жидкостных потоков, а именно: коэффициент массопереноса кислорода (k_{LO}) и эффективность массопереноса кислорода (ЭМК), были проведены испытания 20 вариантов аэрационных трубок с различными физическими свойствами. Толщина образцов колебалась от 2,5 до 3,6 мм, твердость – от 50 до 72 единиц, прочность при растяжении – от 1100 до 3200 МПа, удлинение – от 22 до 80 %. В процессе эксперимента определены зависимости от которых зависят от характеристик трубок. Результаты для некоторых трубок представлены в табл. 1.

Как видно из представленной таблицы, показатели массопереноса кислорода для различных типов трубок взаимосвязаны с их физическими свойствами. Наилучшим показателем эффективности аэрации обладает трубка № 12 со следующими физическими параметрами: толщина стенки 3,15 мм; твердость 63 единицы, предел прочности 1000 Па, удлинение 19 %.

Выявлено, что изменение различных гидродинамических показателей аэрационных систем зависит от физических свойств трубок. С увеличением толщины стенки трубки увеличивает коэффициент массопереноса кислорода k_{LO} в среднем от $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ до $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ в зависимости от расхода газа. При этом расход газа изменяется в среднем от 1 до 4 л/мин.

Таблица 1.

Показатели массопереноса кислорода в зависимости от типа аэрационных трубок

№ трубки	k_{LO} , $\times 10^{-3} \text{ л/с}$	ЭМК, %	Рабочее давление, кПа	Эффективность аэрации, мг-О ₂ /кВт·с
1	1,2-5,4	2,1-2,4	121,68-183,74	79-287
2	1,3-3,2	1,4-2,3	107,9-110,65	402-904
3	1,1-2,7	1,2-2,0	106,52-109,27	391-989
5	1,2-3,0	1,3-2,1	108,9- 121,68	178-833
8	1,1-3,7	1,6-2,1	106,52-113,4	366-936
9	1,1-3,8	1,7-1,9	107,9-114,8	334-742
11	1,4-3,4	1,5-2,4	113,4 - 142,37	99-538
12	1,4-3,9	1,7-2,4	106,52-108,58	631-1210
13	1,2-3,6	1,6-2,2	113,4 - 190,7	49-475
16	1,3-12,2	2,2-5,4	128,6-314,9	69-226
18	1,3-3,3	1,4-2,2	106,52-109,27	480-1104

Кроме того, толщина стенки трубки напрямую связана с использованием рабочего давления (P), потребляемой мощностью (P_G) и, следовательно, с эффективностью аэрации.

Физические характеристики трубки необходимы для описания механизма массопереноса кислорода и для выбора подходящей трубки-диффузора для аэрации. Например, самый высокий коэффициент k_{LO} и

самая низкая ЭА, полученные при использовании трубок с толщиной стенки и прочностью на растяжение соответственно 3,4 мм 3100 Па и 2,8 мм и 3000 Па. На рис. 2 на примере трех видов трубок, которые характеризуются средними показателями толщины стенки и прочности на растяжение, показана зависимость рабочего давления и скорости потока газа, увеличивающаяся по экспоненте.

Рисунок 2. Зависимость рабочего давления от скорости потока газа

Твердость трубки в различных диффузорах находится в диапазоне от 50 до 72 единиц, что влияет на гибкость структуры трубки и модификацию размера отверстий при различной скорости потока газа. Многочисленные неоднородные поры и каналы (средний диаметр около 0,19 мм) в стенках трубок служат отверстиями для образования пузырьков. Было выявлено, что размер образующихся пузырьков не зависит от расхода воздуха, однако связан с жесткостью отверстия. Следовательно, характеристики твердости трубки играют важную роль в изменении размеров пузырьков. Размеры пузырьков также связаны со статическим поверхностным натяжением. Скорость образования пузырьков варьируется в диапазоне 0,22 – 0,27 м/с и увеличивается с ростом расхода газа. Поэтому можно заключить, что гидродинамические параметры пузырьков (диаметр и скорость образования) связаны между собой. Очевидно, что нет необходимости создавать много мелких пузырьков для

увеличения объема массопереноса, так как при этом резко возрастает потребление энергии и снижается коэффициент массопереноса в жидкой фазе.

Таким образом, физические параметры (толщина стенки трубки, прочность трубки на растяжение, а также ее твердость и удлинение) следует рассматривать как ключевой фактор для управления потреблением энергии, эксплуатационными расходами, гидродинамическими параметрами пузырьков и, следовательно, эффективностью массопереноса кислорода в гибком диффузоре. Задачей будущих исследований является анализ характеристик гибких резиновых аэраторов при работе в сточных водах, а также экономические показатели производства аэрационных трубок из резиновых отходов. Кроме того, необходима разработка теоретических моделей прогнозирования параметров гидродинамики и массопереноса пузырьков в реальных условиях аэрационного резервуара.

Список литературы:

1. Абдукодырова М.Н. О возможностях интенсификации биологической очистки стоков в г. Ташкенте // *Universum: технические науки*. 2018. № 5 (50). С. 54-56.
2. Аэрационное оборудование. (Эл. ресурс). URL: <http://www.sbm-mega.ru/aeration-equipment>. Дата обращения 5.12.2018.
3. Мешенгиссер Ю.М. Теоретическое обоснование и разработка новых полимерных аэраторов для биологической очистки сточных вод. Дис. ... д-ра техн. наук. 05.23.04. – М.: ФГУП «НИИ ВОДГЕО», 2005. – 340 с.
4. Фомин Д.П., Заславский Ю.А. Моделирование процесса струйной аэрации жидкости // *Успехи современного естествознания*. 2004. № 4. С. 77-78
5. Low SL, Ong SL, Ng HY. Characterization of membrane fouling in submerged ceramic membrane photobioreactors fed with effluent from membrane bioreactors. *Chem. Eng. J.* 2016; 290: 91-102.
6. Narapong Hongprasith, Natchanok Dolkittikul et al. Study of different flexible aeration tube diffusers: Characterization and oxygen transfer performance. *Environmental Engineering Research* 21(3). 233-240

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОРСИСТОСТИ ХЛОПКО-НИТРОНОВОЙ ПРЯЖИ

Ражаров Одил Олимович

докторант, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан, г.Ташкент
E-mail: odil_2005@rambler.ru

Матисмаилов Сайпила Лолаибаевич

канд. техн. наук, доцент, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан, г.Ташкент

Махкамова Шоира Фахритдиновна

старший преподаватель, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан, г.Ташкент

Арипова Шахло Рауфовна

старший преподаватель, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан, г.Ташкент

STUDYING OF THE HAIRINESS OF COTTON-NITRON YARN

Odil Razharpov

doctoral student, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent

Saypila Matismailov

candidate of technical sciences, assistant professor, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent

Shoira Makhkamova

senior teacher, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent

Shakhlo Aripova

senior teacher, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты исследования влияния сырьевого состава и частоты вращения дискретизирующего барабанчика на ворсистость хлопко-нитроновой пряжи пневмомеханического способа прядения.

ABSTRACT

The article presents the study of the hairiness of the raw material composition and rotation frequency of the opening roller on the hairiness of cotton-nitron yarn of the rotor spinning.

Ключевые слова: ворсистость, дискретизирующий барабанчик, нитрон, волокно, задачи оптимизации.

Keywords: hairiness, the opening roller, nitron, fiber, optimization tasks.

Ворсистость является одной из характеристик геометрических свойств пряжи, это мало выступающие из тела пряжи кончики отдельных волокон. Они не участвуют в создании прочности пряжи, делают её пушистой, не стойкой к трению. Выступающие на поверхности пряжи волокна могут сцепляться с волокнами соседних нитей и вызывать обрывность на ткацком и трикотажном оборудовании [1].

В данной работе исследовано влияние сырьевого состава и частоты вращения дискретизирующего барабанчика на ворсистость хлопко-нитроновой пряжи, полученной пневмомеханическим способом прядения, и определены условия снижения ворсистости [2].

Пряжа линейной плотности 20 текс вырабатывалась на пневмопрядильной машине BD-330.

Варьировалось два фактора: доля содержания нитрона в смеси (X_1) на уровнях 0%, 10%, 15% и частота вращения дискретизирующих барабанчиков (X_2) на уровнях 6000, 6500, 7000 мин⁻¹ (в кодированном виде значения обоих факторов равны -1, 0, +1).

Для решения задачи оптимизации проведён полный факторный эксперимент ПФЭ 3² [3].

Параметрами оптимизации являлись: y_1 – ворсистость пряжи, см; y_2 – удельная разрывная нагрузка пряжи, гс/текс; y_3 – коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %.

План и результаты экспериментов приведены в таблице 1.

Оценка ворсистости пряжи осуществлялась двумя методами: методом микроскопии с использованием высоко увеличивающего микроскопа «Nikon» и путём тестирования пряжи на приборе PREMIER.

Таблица 1.

План и результаты экспериментов

№ опыта	ФАКТОР		ФАКТОР		Параметры оптимизации		
	X_1	X_2	X_1 -содержание нитрона, %	X_2 -частота вращения дискретизирующего барабанчика, мин ⁻¹	y_1 - ворсистость пряжи, см	y_2 - удельная разрывная нагрузка, гс/текс	y_3 - коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %
1	1	-1	15	6000	4,06	10,2	10,1
2	1	0	15	6500	4,34	10,2	10,0
3	1	1	15	7000	4,78	10,0	10,3
4	0	-1	10	6000	3,73	10,4	9,3
5	0	0	10	6500	3,84	10,5	9,2
6	0	1	10	7000	3,98	10,3	9,5
7	-1	-1	0	6000	3,22	11,0	8,9
8	-1	0	0	6500	3,34	11,2	8,6
9	-1	1	0	7000	3,48	10,9	9,0

Результаты микроскопии пряжи приведены на рис. 1.

ПАН-15%, $n_{дб}=6000 \text{ мин}^{-1}$ ПАН-15%, $n_{дб}=6500 \text{ мин}^{-1}$ ПАН-15%, $n_{дб}=7000 \text{ мин}^{-1}$ **Рисунок 1. Электронно-микроскопические снимки исследуемых образцов**

Изучая микрофотографии представленные на рис.1. можно сделать следующие выводы:

- ворсистость пряжи любого сырьевого состава (см. по горизонтали) возрастает с увеличением частоты вращения дискретизирующего барабанчика, распрямлённость волокон снижается;
- ворсистость пряжи возрастает с увеличением доли в сырьевом составе нитроного волокна (см. по

вертикали), что объясняется структурой волокна нитрон и его повышенной электризацией в процессе переработки;

- наиболее высокую ворсистость имеет хлопко-нитроновая пряжа с содержанием 15% ПАН, выработанная при частоте вращения дискретизирующего барабанчика – 7000 об/мин.

Таблица 2.**Индекс ворсистости**

№	Наименование показателей	Варианты								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Характеристика варианта: сырьё	15%	15%	15%	10%	10%	10%	100% х/б	100% х/б	100% х/б
	$n_{дб}, \text{мин}^{-1}$	6000	6500	7000	6000	6500	7000	6000	6500	7000
2	Индекс ворсистости, см	4,06	4,34	4,78	3,73	3,84	3,98	3,22	3,34	3,48
3	Число ворсинок на 100 м пряжи, в том числе по группам длин: длина ворсинки	298,4	286,3	316,2	346,6	268,6	299,2	290,4	297,8	346,2
	3 мм	249,5	249,3	262,1	286,6	230,2	255,0	241,8	249,6	289,2
	4 мм	42,6	33	48,7	53,4	35,2	40,6	44,2	43,4	50,4
	5 мм	4,5	3	4,4	5,6	2,8	3,2	4,2	4,4	6,2
	6 мм	1,4	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4
	7 мм	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8 мм	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9 мм	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10 мм	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Оценка ворсистости пряжи при её тестировании на приборе PREMIER проводилась по двум показателям: индексу ворсистости и числу ворсинок на 100 метрах пряжи. Кроме этого замеры выполнение на приборе PREMIER позволяют с помощью оптико-электрической сканирующей системы не только регистрировать количество ворсинок, но и распределять их по 8 группам длин. Результаты оценки ворсистости по вариантам приведены в таблице 2 и на рис.2.

Из таблицы 2 и рис.2. видно, что индекс ворсистости пряжи у хлопковой пряжи 3,22-3,48, с вложе-

нием 10% нитрона в смесь – 3,73-3,98, а с вложением 15% нитрона – 4,06-4,78, т.е. ворсистость пряжи увеличивается при увеличении доли нитрона в смеси. Если рассматривать влияние частоты вращения дискретизирующего барабанчика на ворсистость пряжи, то видим, что при каждом сырьевом составе ворсистость пряжи повышается с увеличением частоты вращения т.к. ворсистость пряжи на 40-78% зависит от конфигурации волокон внутри тела пряжи, которая для пряжи пневмомеханического способа прядения определяется в основном процессом в прядильной камере.

Рисунок 2. Зависимость индекса ворсистости пряжи от сырьевого состава и частоты вращения дискретизирующего барабанчика

Из рис.2. так же видно, что если ворсистость хлопковой пряжи при увеличении частоты вращения дискретизирующего барабанчика возрастает незначительно (на 8%), то с увеличением содержания нитрона в смеси до 15% ворсистость возрастает более

резко на 17,7%, так как при чрезмерно высокой частоте вращения химическое волокно вследствие своей хрупкости укорачивается, а также электризуется, это хорошо видно и на спектрограммах ворсистости 3D (рис.3.).

а - хлопковая пряжа

б - с вложением 10% нитрона

в - с вложением 15% нитрона

Рисунок 3. Спектрограммы 3D-ворсистости пряжи при частоте $n_{об} = 7000$ мин⁻¹

Пики в интервале 5-20 см указывают в качестве основной причины ворсистой пряжи процессы, происходящие в прядильной камере.

Зависимость между количеством ворсинок на 100 м пряжи от сырьевого состава или частоты вращения дискретизирующего барабанчика отсутствует.

Распределение количества ворсинок по группам длин приводится в таблице 2. Из таблицы 2 видно, что полученная пневмомеханическим способом прядения пряжа, как хлопчатобумажная, так и хлопко-нитроновая всех вариантов, на 83-87% состоит из ворсинок длиной 3 мм, на 11,5-15,5% – длиной 4 мм, на 1-2% – длиной 5 мм, на 0,1-0,36% – длиной 6 мм. Ворсинки длиной от 7 до 10 мм в пряже, полученной пневмомеханическим способом, практически не встречаются. Количество ворсинок любой группы длин не зависит ни от сырьевого состава, ни от частоты вращения дискретизирующего барабанчика.

Для каждого параметра оптимизации, приведённых в таблице 1, рассчитаны коэффициенты регрессионных зависимостей.

Для y_1 (индекс ворсистой пряжи) уравнение регрессии принимает вид:

$$y_1 = 3,86 + 0,52 \cdot x_1 + 0,205 \cdot x_2 + 0,115 \cdot x_1 x_2 \quad (1)$$

Из уравнения 1 видно, что ворсистость хлопко-нитроновой пряжи возрастает с увеличением доли

волокна нитрон в смеси и с увеличением частоты вращения дискретизирующего барабанчика, причём влияние на ворсистость пряжи сырьевого состава в 2,5 раза выше.

Регрессионные зависимости для y_2 и y_3 имеет вид:

$$y_2 = 10,52 - 0,45 \cdot x_1 - 0,07 \cdot x_2 - 0,025 \cdot x_1 x_2 \quad (2)$$

$$y_3 = 9,43 + 0,65 \cdot x_1 + 0,08 \cdot x_2 + 0,025 \cdot x_1 x_2 \quad (3)$$

С помощью полученных регрессионных зависимостей была сформулирована и решена задача оптимизации: минимизировать ворсистость пряжи при ограничениях снизу на удельную разрывную нагрузку и сверху на коэффициент вариации по разрывной нагрузке.

Выводы:

1. Ворсистость пряжи увеличивается при увеличении долевого содержания нитрона в смеси.
2. Ворсистость пряжи возрастает с увеличением частоты вращения дискретизирующих барабанчиков.
3. Зависимость между количеством ворсинок на 100 м пряжи от сырьевого состава или частоты вращения дискретизирующего барабанчика отсутствует.
4. Оптимальным является вариант с содержанием 10% нитрона в смеси и частоты вращения дискретизирующего барабанчика 6500 об/мин.

Список литературы:

1. Труевцев Н.Н. Свойства пряжи пневмомеханического способа прядения. Ленинград, 1977 г.
2. Фролов В.Д. и др. Технология и оборудование текстильного производства. Ч.1. Производство пряжи и нитей. Иваново. ИГТА. 2006 г.
3. Семенов В.А. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие. Стандарт третьего поколения. Питер. 2013 г.

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА НА ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА НА ПРИБОРЕ ПАМ-1

Ахмедов Акмал Ахмедович

канд. техн. наук, профессор, "Paxtasanoat Ilmiy markazi" Joint stock company,
Республика Узбекистан, г.Ташкент
E-mail : info@paxtasanoatilm.uz

Лайшева Элмира Талатовна

старший преподаватель, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан, г.Ташкент

Валиева Зулфия Фахритдиновна

ассистент, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан, г.Ташкент
E-mail: zulfiya-valieva-76@mail.ru

INFLUENCE OF HUMIDITY AND GEOMETRICAL CHARACTERISTICS OF WOOL FIBER ON THE PASSAGE OF THE SOUND SIGNAL ON THE PAM-1 DEVICE

Akmal Ahmedov

candidate of technical sciences, "Paxtasanoat Ilmiy markazi" Joint stock company,
Uzbekistan, Tashkent

Elmira Laysheva

senior teacher, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent

Zulfiya Valieva

assistant, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье изучено изменение показателей звукового сигнала прибора ПАМ-1 в зависимости от влажности и геометрических характеристик шерстяного волокна.

ABSTRACT

The article examines the change in indicators of the sound signal of the device PAM-1, depending on the humidity and geometric characteristics of wool fiber.

Ключевые слова: шерсть, длина, диаметр, неровнота, акустический прибор, влажность, звуковой сигнал, регрессионный анализ.

Keywords: wool, length, diameter, unevenness, acoustic device, humidity, sound signal, regression analysis,

Ввиду высокого удельного веса стоимости сырья в шерстяной промышленности, первостепенное значение приобретает рациональное и экономное использование шерсти. В результате несоответствия качественных показателей физической шерсти требованиям отрасли первичной обработки наблюдается тенденция снижения выхода волокна.

В связи с такой ситуацией высокую актуальность приобретают научные исследования, направленные на разработку и внедрение более совершенных испытательных приборов нового поколения и соответ-

ствующие методы оценки ее свойств. Поэтому использование экспрессного акустического метода определения геометрических характеристик и сравнение полученных результатов с полученными при определении по стандартным методикам, является актуальной задачей.

Целью исследования явилось изучение возможности использования акустического прибора ПАМ-1 при определении качественных характеристик шерстяных волокон.

Косвенные характеристики тонины и грубости шерстяных волокон отобранных пород были также

определены на унифицированном акустическом приборе ПАМ-1. Акустический прибор ПАМ-1, предназначенный для определения показания микроней хлопкового волокна экспрессным методом. Принцип работы прибора основан на способности пропускать звуковые импульсы через текстильные волокна в зависимости от их структуры. Метод является косвенным методом оценки тонины и грубости волокон [1].

Для оценки шерстяных волокон на приборе ПАМ-1 экспрессным методом были проведены экспериментальные исследования. Результаты определения прохождения сигналов звуковых импульсов через шерстяные волокна на приборе ПАМ-1 при массе образцов 10 грамм и влажности 17% представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Оценка грубости шерстяных волокон акустическим методом

№ п/п	Наименование пород шерстяного волокна	Показания прибора, цикл			Среднее значение
		1 вар.	2 вар.	3 вар.	
1	Гиссарская	664	664	664	664
2	Каракульская	1285	1282	1282	1283
3	Местная помесная	1517	1517	1517	1517

Результаты прохождения звуковых импульсов представлены на рис. 1

Рисунок 1. Прохождения звуковых импульсов через шерстяные волокна на приборе ПАМ-1

Величина проходящего через массу навески шерсти звукового импульса зависит от плотности укладки массы волокон в измерительной камере. Плотность будет тем выше, чем больше в составе тонких пуховых волокон.

Анализ результатов показывает, что наибольшую величину прохождения звукового импульса имеет грубая помесная шерсть, у которой самое большое значение толщины волокна и равномерность по длине, что способствует равномерной укладке волокон в измерительной камере и прохождению наибольшего значения звукового импульса.

Самое маленькое значение прохождения звукового сигнала у образца Гиссарской шерсти. Оно соответственно на 48 % и 56% меньше, чем у Каракульской и Помесной шерсти, что вероятно можно объяснить большей плотностью укладки волокон в камере

прибора. Это можно объяснить тем, что Гиссарская шерсть имеет наименьший диаметр, большую равномерность по тонине и присутствие коротких волокон, дают сильное уплотнение и препятствуют проникновению звука.

Так как воздух является проводником звука, то чем больше плотность волокон, препятствующих проникновению воздуха, отмечается большее затухание импульса. Таким образом, более тонкие и мягкие волокна будут создавать более высокую плотность укладки и способствовать затуханию импульсов.

Для исследования формы связи пар данных, приведенных в таблице 2, проведен регрессионный анализ. Для этого по статистическим данным получены уравнения зависимостей (линейная, полиномиальная) и рассчитаны коэффициенты детерминации с использованием программы Microsoft Excel.

Таблица 2.

Показание прибора ПАМ-1 в зависимости от тонины, массы и влажности образцов

№	Порода овец	Диаметр волокна, мкм	Показания прибора, цикл								
			Масса образцов, грамм			Масса образцов, грамм			Масса образцов, грамм		
			8			9			10		
			Влажность образцов, %			Влажность образцов, %			Влажность образцов, %		
			7	12	17	7	12	17	7	12	17
1	Шерсть Гиссарская	29	1203	1208	1206	818	827	911	594	629	664
2	Шерсть Каракульская	33	1324	1520	1716	1108	1304	1499	882	1083	1283
3	Шерсть Помесная	44	1666	1702	1738	1552	1603	1654	1440	1479	1517

В таблицу 3 занесены уравнения полиномиальных моделей регрессии, которые наилучшим обра-

зом описывают зависимость пар данных, а коэффициенты детерминации принимают наибольшие значения.

Таблица 3.

Сводные данные регрессионного анализа

Пары данных для оценки	Параметры	
	Уравнение модели	Коэффициент детерминации, R ²
При влажности пробы 7 %		
При массе пробы 8 грамм	$Y=30,809x+309,73$	$R^2=0,9999$
При массе пробы 9 грамм	$Y=-2,1424x^2+205,33x-3334,5$	$R^2=1$
При массе пробы 10 грамм	$Y=-1,4114x^2+159,43x-2842,2$	$R^2=1$
При влажности пробы 17 %		
При массе пробы 8 грамм	$Y=-8,3839x^2+647,65x-10528$	$R^2=1$
При массе пробы 9 грамм	$Y=-8,8674x^2+696,86x-11840$	$R^2=1$
При массе пробы 10 грамм	$Y=-8,8985x^2+706,46x-12340$	$R^2=1$

Качество составленных уравнений регрессии оценено с помощью величины достоверности аппроксимации (коэффициента детерминации), который равен квадрату коэффициента корреляции (R^2). Он показывает, в какой мере изменчивость y (результативного признака) объясняется поведением x (факторного признака), т. е. какая часть общей изменчивости y вызвана собственно влиянием x . Этот показатель вычисляется путём простого возведения в квадрат коэффициента корреляции. Тем самым доля изменчивости y , определяемая выражением $1 - R^2$, оказывается необъясненной [2].

Результаты регрессионного анализа показывают, что между факторами звукового сигнала и диамет-

ром образцов шерстяных волокон наблюдается сильная зависимость, коэффициент детерминации при влажности 17% и при тонине шерстяных волокон соответственно : 29 мкм, 33 мкм, 44 мкм составляет $R^2 = 1$, значение которого говорит о том, что 100% общей вариации звукового импульса обусловлено вариацией фактора – размером поперечного сечения шерстяных волокон.

Полученные значения по среднеквадратическому отклонению и коэффициенту вариации по выходному параметру (прохождение звукового сигнала) в зависимости от массы отобранных лабораторных проб при влажности проб 17% приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Показатели неравномерности значений прохождения звукового импульса

№	Порода овец	Масса образцов, 8 грамм		Масса образцов, 9 грамм		Масса образцов, 10 грамм	
		Среднеквадратическое отклонение, мВ	Коэффициент вариации, %	Среднеквадратическое отклонение, мВ	Коэффициент вариации, %	Среднеквадратическое отклонение, мВ	Коэффициент вариации, %
1	Шерсть Гиссарская	1,16	0,096	0	0	0	0
2	Шерсть Каракульская	1,39	0,08	1,22	0,08	1,73	0,13
3	Шерсть Помесная	0,94	0,05	2,0	0,12	0	0

Как видно из таблицы 4 среднееквadrатическое отклонение по звуковому сигналу при массе отобранной пробы равной 8 грамм у Гиссарской шерсти составляет 1,16 мВ, что на 16,5% меньше чем у Каракульской шерсти и на 23,4% больше чем у Помесной шерсти; коэффициент вариации у Гиссарской шерсти составляет 0,096% что на 0,7% меньше чем у Каракульской шерсти и на 0,046% больше чем у Помесной шерсти. Среднееквadrатическое отклонение по звуковому сигналу при массе отобранной пробы равной 9 грамм у Гиссарской шерсти равняется нулю, у Каракульской шерсти- 1,22мВ, что на 39% меньше чем у Помесной шерсти; коэффициент вариации у Каракульской шерсти составляет 0,08% что на 0,04% меньше чем у Помесной шерсти. При массе отобранных проб, составляющих 10 грамм у Гиссарской шерсти и у Помесной значения по среднееквadrатическим отклонения и коэффициентам вариации равны нулю, но у Каракульской шерсти, учитывая её большую неравномерность по тонине, которая по стандартной методике составляет 51,5%, среднееквadrатическое отклонение по звуковому сигналу составляет 1,73 мВ, а коэффициент вариации – 0,13%.

При определении среднего арифметического значения неровноты звукового импульса на приборе

ПАМ-1 в зависимости от массы образца при помощи значений, приведённых в таблице 4, получим, что при массе 8 грамм среднееквadrатическое отклонение составило 1,16 мВ, а коэффициент вариации -0,075%, при массе образца 9 грамм среднееквadrатическое отклонение составило 1,07 мВ, а коэффициент вариации -0,06%, при массе образца 10 грамм среднееквadrатическое отклонение составило 0,6 мВ, а коэффициент вариации -0,04%.

Выводы:

1. Между факторами звукового сигнала и диаметром образцов шерстяных волокон наблюдается сильная зависимость, коэффициент детерминации при влажности 17% и при тонине шерстяных волокон соответственно : 29 мкм, 33 мкм, 44 мкм составляет $R^2 = 1$, значение которого говорит о том, что 100% общей вариации звукового импульса обусловлено вариацией фактора – размером поперечного сечения шерстяных волокон.

2. Можно сделать вывод, что для шерстяных волокон наиболее оптимальной массой образца является значение в 10 грамм, так как при указанной массе показатели среднееквadrатического отклонения и коэффициента вариации результатов испытаний наименьшие.

Список литературы:

1. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М., Давыдов А.Ф. и др. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению. ООО «Научно-издательский центр» ИНФРА-М, Москва, 2016.-72-78с.
2. D.J. Cottle and B.P. Baxterb Wool metrology research and development. School of Environmental and Rural Science, University of New England, Armidale, NSW 2350, Australia; b SGS New Zealand Ltd., P.O. Box 15062, Wellington, New Zealand (Received 5 March 2015; final version received 2 October 2015)
3. ГОСТ 17514- Межгосударственный стандарт «Шерсть натуральная. Методы определения тонины»
4. ГОСТ 20576 «Шерсть натуральная. Правила приёмки и методы отбора проб»
5. Ахмедов А.А. ПАМ-1. Определение сорта хлопкового волокна при помощи акустического прибора. АО Научный центр «Пахтасаноат». Ташкент, 2002 г.
6. Тимошенко Н.К., д-р экон.н. Разгонов Н.Г., к.с.-х.н., Баженова И.А. к.с.-х.н., Пелиховская Т.Н., к.с.-х.н. «Тонина как основной показатель шерсти» Журнал Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2013 г.

СОРТИРОВКА И ВЫРАБОТКА ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ РАЗНОГО АССОРТИМЕНТА

Жуманиязов Кадам Жуманиязович

*д-р техн. наук, профессор, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан, г. Ташкент*

Юсупалиева Умида Нуриллаевна

*ассистент, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: odil_2005@rambler.ru*

Рахматуллин Фаррух Фаридович

*PhD., Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан, г. Ташкент*

SORTING AND PRODUCTION OF COTTON YARN OF DIFFERENT ASSORTMENT

Kadam Jumaniyazov

*doctor of technical sciences, professor, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent*

Umida Yusupalieva

*assistant, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent*

Farrux Raxmatullinov

*PhD., Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена определению видов производственных отходов, их качественных и количественных показателей, а также разработке эффективных способов их дальнейшего использования.

ABSTRACT

This article is devoted to the definition of types of industrial wastes, their qualitative and quantitative indicators, as well as the development of effective ways of their further use.

Ключевые слова: пряжа, волокно, волокнистые отходы, угароочиститель, жгут, непс, разрывная нагрузка.

Keywords: yarn, fiber, fibrous waste, carbon monoxide, flagellum, neps, explosive load.

Известно, что для оптимизации технико-экономических показателей хлопкопрядильных производств важное значение имеет рациональное использование сырьевых ресурсов, так как они составляют до 80% общих расходов в определении себестоимости продукции. За счет того, что хлопкопрядильные предприятия республики за последние годы были оснащены современным технологическим оборудованием ведущих фирм мира, которое принципиально отличается от ранее существовавшего, изменилась классификация и характеристика выделяемых отходов при выработке пряжи. Исходя из этого, определение видов производственных отходов при выработке пряжи на современном хлопкопрядильном обо-

рудовании, их качественных и количественных показателей и разработка эффективных способов их дальнейшего использования является важной научно-технической и экономической задачей.

Данная работа посвящена частичному решению вышеуказанной задачи на линии очистки фирмы «Трючлер» (Германия), эксплуатируемой на хлопкопрядильной фабрике ООО «Protex to'qimachi», специализирующейся на выпуске пряжи различных линейных плотностей пневмомеханическим способом прядения.

Принципиальная схема технологической цепи обработки оборудования для переработки волокна и по-

лучения из него чесальной ленты, а также выделяемых при этом волокнистых отходов и посторонних примесей показана на рисунке 1.

Рисунок 1. Технологическая цепочка оборудования, установленная на фабрике ООО «Proteks to'qimachi»

где:

1. Автоматический кипоразрыхлитель «Блендо-мат ВО-А».
2. Многофункциональный волокноочиститель «SP-FM».
3. Предварительный очиститель «CL-P».
4. Смеситель «MX-1.6».
5. Тонкий очиститель «CL-3C».
6. Агрегат для очистки от пыли «SP-DX».
- 7, 9, 11, 13 – чесальные машины «TC-11».
- 8, 10, 12, 14 – лентоукладчики.
9. Адаптор для сбора отходов.
10. Вентилятор.
11. Циклон.
12. Мешок для сбора пуха и песка.
13. Вентилятор.
14. Компактор.
15. Волокнистые отходы с посторонними примесями.

Система сбора, транспортировки волокнистых отходов с посторонними примесями и их очистка от воздуха и пыли с дальнейшим удалением из производственных помещений производится установкой, разработанной и изготовленной фирмой «Imtek» (Германия).

Как показано на схеме, при технологических переходах разрыхления, очистки, смешивания и чесания выделяются две группы отходов.

Первая группа отходов в основном состоит из коротких волокон типа пуха, смешанных с пылью и песком. Эта группа отходов из источника их появления всасывается воздушным потоком вентилятора

адаптора и оседает на дне вращающихся сетчатых барабанов, затем они отсасываются вентилятором и подаются в циклон, где отходы отделяются от воздушного потока и сбрасываются в специальный мешок.

Вторую группу отходов составляет волокнистая масса, имеющая в своем составе волокна различной длины, посторонние примеси, такие как кусочки листьев, стеблей и коробочек хлопчатника, а также дефекты волокна в виде жгутиков, узелков и кожицы с волокном. Источниками появления этой группы отходов в основном являются машины предварительной и тонкой очистки, смесители, а также приемный, главный, съемный барабаны и неподвижные, подвижные шляпки чесальных машин.

Наиболее перспективными для дальнейшей переработки являются отходы второй группы, где доля хлопкового волокна по различным источникам составляет до 80-85% от общего объема.

Нами было проведено исследование по определению качественных показателей отходов второй группы. Для этого мы перерабатывали отходы второй группы на угароочистительной машине собственной конструкции, разработанной на предприятии. Ориентировочный выход волокнистой массы после угароочистительной машины составил 75-80 процентов.

Физико-механические свойства выделенного волокна определили на приборе HVI-1000-SA фирмы «USTER», установленном в лаборатории ИП «Коканд Индорама Текстиль». Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Физико-механические свойства выделенного волокна

п/п	Показатели	Волокнистые отходы
1	SCI – прядельная способность	95
2	Mst [%]	7,7
3	Mic – показатель микронейер	5,22
4	Mat – влажность	0,88
5	UNML [in] – верхняя средняя длина	1,008
6	UI [%] – индекс равномерности по длине 11	78,9
7	SF [%] – индекс коротких волокон	16,6
8	Str [сН/текс] – относительная разрывная нагрузка	30,6
9	Elg [%] – удлинение при разрыве	7,3
10	Rd – индекс отражения лучей	66,5
11	+b – степень желтизны	8,5
12	CGrd Upland – степень класса и сорта волокна	52-1
13	TrCnt	203
14	TrAr [%] – площадь загрязненной смеси	1,00
15	TrID	6
16	Amt	449

Для определения возможности выработки пряжи пневмомеханическим способом прядения составили опытную партию сортировки в составе:

- 38% – 5 тип – I сорт, класс «олий»;
- 52% – 5 тип – II сорт, класс «яхши»;
- 12% – очищенные отходы;

Из составленной сортировки выработали пряжу линейных плотностей 37 текс ($N_e=16$) и 29,4 текс ($N_e=20$). Пряжи вырабатывали на существующем оборудовании по принятым на фабрике технологическим режимам.

Качественные показатели полученной пряжи приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Качественные показатели полученной пряжи

п/п	Показатели	$N_e=16$	$N_e=20$
1	Линейная плотность, текс	37,03	29,4
2	Неровнота по линейной плотности, U%	10,02	10,66
3	Коэффициент вариации по линейной плотности, CV%	12,64	13,5
4	Разрывная нагрузка (Forse), сН	461,29	341,57
5	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, CV%	3,04	6,08
6	Относительная разрывная нагрузка, (Rkm) сН/текс	12,78	12,01
7	Коэффициент вариации по относительной разрывной нагрузке, CV%	3,04	6,08
8	Удлинение при разрыве (Elongation) %	4,48	4,58
9	Количество тонких мест (Think 200% / km)	5	5
10	Количество толстых мест (Thick/-40% / km)	28	50
11	Количество узелков (Neps/1000 м)	171	346

Анализ полученных результатов показал:

а) пряжа линейной плотностью 37 текс ($N_e=16$):

- по показателям относительной разрывной нагрузки (RKM) соответствует 75% по уровню международного стандарта Uster Statistics-2013;
- коэффициент вариации по относительной разрывной нагрузке соответствует 5% по уровню Uster Statistics-2013;
- по количеству неспов на 1000 метров не соответствует стандарту Uster Statistics-2013;

б) пряжа линейной плотностью 29,4 текс ($N_e=20$):

- по показателям относительной разрывной нагрузки (Rkm) соответствует 95% по уровню международного стандарта Uster Statistics-2013;

- коэффициент вариации по относительной разрывной нагрузке соответствует 95% по уровню Uster Statistics-2013;

- по количеству неспов на 1000 метров не соответствует нормам Uster Statistics-2013.

Выводы:

1. Для выработки хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью 29,4 текс ($N_e=20$) с качеством, соответствующим требованиям Uster Statistics-2013, необходимо снизить процент отходов, включаемых в состав сортировки.

2. В существующей системе сбора отходов было бы желательно отделить отходы, выделяемые очистительными и смесительными машинами.

Список литературы:

1. Борзунов М.Г. и др. Прядение хлопка и химических волокон (изготовление ровницы, суровой и меланжевой пряжи, крученых нитей и ниточных изделий)-2-е издание. М: Легпромбытиздат 1986 г. -392
2. Стандарты на волокно Uster Statistics-2013
3. Kastenhuber, Heinz, Practical experience with waste cleaning machines in cotton spinning, International Textile Bulletin, Yarn Forming (English Edition) Volume 37, Issue 2, 2 December 1991, Pages 20, 22-24

ОСОБЕННОСТИ СТАТИКИ РАЗМОТКИ ПОЛУПОГРУЖЕННЫХ КОКОНОВ

Гуламов Азамат Эшанкулович

д-р техн. наук, профессор, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Эшмирзаев Алишер Пардаевич

докторант, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: alisher.eshmirzaev@mail.ru

Боботов Улугбек Амирович

научный сотрудник, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

PECULIARITIES OF THE STRATEGY OF RELEASE OF SEMI-LOADED COCOONS

Azamat Gulamov

(DSc), professor Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent

Alisher Eshmirzaev

doctoral student, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent

Ulugbek Bobotov

Researcher, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В работе нами определено предельное минимальное натяжение нити, начиная с которого последняя сходит с оболочки. При этом показано, что это натяжение зависит от энергии, затрачиваемой на отрыв единицы длины нити от оболочки и главным образом зависящей от степени удаления серицина из кокона при запарке.

ABSTRACT

In this paper, we determined the limiting minimum tension of the thread, starting from which the latter goes off the sheath. Moreover, it is shown that this tension depends on the energy spent on tearing a unit of the length of the thread from the casing and mainly depends on the degree of removal of sericin from the cocoon when parsing.

Ключевые слова: кокон, разматывание, натяжение, динамические, вращение, запарка, длина нити.

Keywords: cocoon, unwinding, tension, dynamic, rotates, steaming, thread length.

Нами определено предельное минимальное натяжение нити, начиная с которого последняя сходит с оболочки. Притом показано, что это натяжение зависит от энергии, затрачиваемой на отрыв единицы длины нити от оболочки и главным образом зависящей от степени удаления серицина из кокона при запарке.

Рассмотрим статику процесса разматываемого кокона, у которого натяжение варьирует в пределах

$\{0, [\bar{R}]\}$, при условии медленного разматывания, когда силами инерции можно пренебречь.

В случае натяжения $T=0$ (рис. 1,а) кокон находится на плаву под действием двух сил – веса кокона $G=mg$ (m – масса кокона) и выталкивания P_0 , архимедовой, максимальной для данного положения, соответствующего максимальному погружению Z_{max} . При этом уравнение статики дает однозначное равенство

$$G=D_0, \quad (1)$$

А точка приложения веса O в случае устойчивого положения кокона будет располагаться ниже точки A приложения архимедовой силы (обратное, конечно, возможно, но маловероятно – здесь необходима и особая форма оболочки, обеспечивающая остойчивость подобно плавучим средствам). При этом силы действуют по одной вертикали (отметим сразу, что точки O и A при повороте кокона изменяют свое положение).

Примем, что недалеко от истины направление натяжения $T > 0$ нити вертикальным – при отсутствии динамических усилий и внешнего воздействия на кокон поперек вертикальной оси это безусловно (рис. 1, б). Тогда погружение кокона уменьшится и выталкивающая сила P будет меньше P_0 по сложному закону (функции формы кокона)

$$P = P_0 - a(Z) \quad (2)$$

где, a – функция объема выталкивающейся коконом воды, зависящая от формы кокона; Z – подъем центра кокона относительно максимального начального погружения.

Причем выталкивающую силу линейно зависящей от Z и запишем (2) в линейной форме

$$P = P_0 - az \quad (3)$$

ограниченная, что при Z_{max} имеем $P=0$ (рис. 1, а), откуда

$$P = P_0 \left(1 - \frac{Z}{Z_{max}} \right) \quad (4)$$

при $0 \leq Z \leq Z_{max}$

Отметим сразу, что если кокон вращается, то Z_{max} – величина переменная, ограниченная габаритами кокона. Запишем теперь условие равновесия кокона для произвольного T

$$\left. \begin{aligned} T &= G - P_0 \left(1 - \frac{Z}{Z_{max}} \right) \\ T \cdot r_{gt} &= P_0 \left(1 - \frac{Z}{Z_{max}} \right) r_{pg} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

(обозначения плеч r_{gt} и r_{pg} – на рис. 1, б)

Из системы (5) очевидно:

- с ростом натяжения T выталкивающая (архимедова) сила падает и кокон поднимается над поверх-

ностью воды; при этом, если натяжение не превышает усилия отрыва $[R]$ нити от оболочки, кокон покидает ванну и натяжение достигает величины веса кокона G ; если же последнее условие не выполняется – а это задача шелкомотания, – нить сматывается с оболочки, натяжение автоматически (скачком) уменьшается до минимального значения (или нуля) и процесс, описанный выше, повторяется;

- все три силы – T , P и G – должны лежать не только в одной плоскости (закон механики), но и моменты от этих сил должны быть уравновешены.

Последнее обстоятельство существенно, так как точка схода нити B переменна и последовательно проходит все точки оболочки, кокон неизменно вращается в пространстве и в статике каждому моменту соответствует однозначное положение тела кокона в пространстве.

Рисунок 2. Диаграмма, иллюстрирующая описанную картину процесса

В диаграмме две зоны возможных движений кокона – AB с вариацией натяжения без вытаскивания кокона из ванны, ABC – с такой вариацией натяжения, что кокон покидает водную среду и процесс нарушается. Этому соответствует случай недостаточной запарки, когда $\tau_{max} = G < [R]$ и размотки невозможна.

Реально коконы разматывают в диапазоне $[\tau_{min}; \tau_{max}]$, сопровождающемся подъемом и сопутствующим поворотом тела кокона, и чем меньше размах колебаний натяжения τ , тем стабильнее процесс, меньше обрывность и больше средняя разматываемая длина нити.

Нами определено предельное минимальное натяжение нити, начиная с которого последняя сходится с

оболочки. Притом показано, что это натяжение зависит от энергии, затрачиваемой на отрыв единицы

длины нити от оболочки и главным образом зависящей от степени удаления серицина из кокона при запарке.

Список литературы:

1. Влияние флуоресцентных свойств оболочки на показатели размотки коконов / К.М. Юлдашбекова, А.В. Корабельников, А.Э. Гуламов, К.Р. Авазов // Проблемы текстиля. – Ташкент. – 2007. – № 2. – С. 38-41.
2. Гуламов А.Э. Движение кокона во время размотки // Проблемы текстиля. – Ташкент. – 2007. - № 2. – С. 30-33.
3. Основные периоды движения кокона во время размотки // Проблемы текстиля. – Ташкент. – 2007. – № 1. – С. 64-66.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ДЕФОРМАЦИИ ПРЯЖИ ПРИ ПОМОЩИ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Бобожанов Хусанхон Тохирович

докторант. Наманганский инженерно-технологический институт
Узбекистан, Наманганская область, г. Наманган
E-mail: BHT1979@mail.ru

Юлдашев Жамшид Камбаралиевич

канд. техн. наук. Наманганский инженерно-технологический институт
Узбекистан, Наманганская область, г. Наманган
E-mail: jamshid_yu_q@mail.ru

Содилов Рашидхон Арипжанович

старший преподаватель, Наманганский инженерно-технологический институт
Узбекистан, Наманганская область, г. Наманган

Исмагуллаев Низом Адашалиевич

Ассистент. Наманганский инженерно-технологический институт
Узбекистан, Наманганская область, г. Наманган
E-mail: Ianizom1988@gmail.com

RESEARCH ON MEASURING THE DEFORMATION OF THE YARN WITH THE HELP OF OPTICAL INSTRUMENTS

Husanhon Bobojanov

Doctoral student, Namangan Institute of Engineering and Technology
Uzbekistan, Namangan region, Namangan

Jamshid Yuldashev

Candidate of technical sciences, Namangan Institute of Engineering and Technology
Uzbekistan, Namangan region, Namangan

Rashidhon Sodiqov

Candidate of technical sciences, Namangan Institute of Engineering and Technology
Uzbekistan, Namangan region, Namangan

Nizom Ismatullayev

Assistant, Namangan Institute of Engineering and Technology
Uzbekistan, Namangan region, Namangan

АННОТАЦИЯ

В данной статье приведён анализ приборов по определению деформации пряжи и предлагается новый прибор измеряющий деформацию пряжи при помощи веб камеры. Проведены устройство, принцип работы и полученные результаты. Широко проанализированы изменения происходящие за 1 час и 1 секунду в компактной и обычной пряже и даны рекомендации. Хотя номер компактной и обычной пряжи одинаковы, сопротивление их вытягиванию различное, что экспериментально доказано различием свойств ткани выработанной из компактной и обычной пряжи. Экспериментальными исследованиями доказано, что для выработки трикотажного полотна с одинаковыми свойствами очень важно учитывать и натяжение пряжи.

ABSTRACT

In this article, instruments that measure yarn deformation are analyzed and a new optical instrument for measuring with a web camera is recommended. The structure, operating principle and obtained data of the device are given. Structural changes of compact and ordinary yarn under deformation up to 1 second are analyzed and appropriate recommendations are given. Experiments have shown that for the same linear density of compact and conventional yarn, the resistance to their stretching will be different and, accordingly, the properties of the fabric from them will differ from each

other. It is established that to obtain a knitted fabric with the same parameters of geometric properties, it is necessary to take into account the thread tension of the thread when knitting.

Ключевые слова: Компактная пряжа, кольцевой прядение, ворсистость, неровнота, разрывная нагрузка, продукция, качество, меланж, карда, гребенная система, веретено.

Keywords: Compact yarn, ring spinning, fleecy, unevenness, breaking load, products, quality, mélange, card, comb system, spindle.

Основные выводы исследований в области развития текстильной науки и техники основаны на результатах экспериментальных исследований, потому, что в них выявляются новые законы и факторы, влияющие на технологические процессы. Например, для изучения структуры и свойств пряжи большую роль играют законы механики. Особенно эффективное использование новейших достижений измерительной техники и персональных компьютеров создало условия развитию механики пряжи [1].

При анализе деформационных свойств текстильных нитей широко пользуются теорией и экспериментами основ механики, её математическими моделями, а также методами измерения. В результате проведения практических испытаний по изучению деформационных свойств текстильных нитей можно определить изменения, происходящие при различных нагрузках, изолинии упругих и пластических деформаций, а также значение изменения деформации при нагрузке и разгрузке. Целью проведения данных практических испытаний является определение цифровых значений деформационных изменений в зоне упругих и пластических деформаций, а также при мгновенной нагрузке и разгрузке[2].

При действии на пряжу определённой силы в ней возникают изменения. Эти изменения действуют и на плотность ткани, изготовленной из этой пряжи. С увеличением плотности ткани изменяются и её свойства. Поэтому для изучения деформации пряжи учёные пользовались различными способами. Предварительно подвесив обыкновенный груз измеряли долю деформации. В результате получили общие сведения о структуре и свойствах различной пряжи. Но начальные значение деформации при нагрузке разгрузке не определялись. В результате не было возможности всесторонне и глубоко изучить характер технологических процессов.

После этого, используя метод тензометрии считающийся методом электрического измерения механических значений: он применяется во всех отраслях технической механики из-за того, что обладает возможностью определения значений деформации. Учитывая высокую эффективность метода для определения деформационных свойств текстильной пряжи различной структуры, решили целесообразным использование тензометрического метода. В результате измерения доли деформации при подвешивании обычного груза хотя и были получены общие сведения о структуре и свойствах различных нитей, но начальные деформационные значения при нагрузке и разгрузке не определялись. В результате не было возможности всесторонне и глубоко изучить характер технологических процессов[3].

Определение деформационных долей тензометрическим методом считается сложным процессом. Основой измерения деформации пряжи составляют датчик сдвига, усилитель, блок питания и записыватель. В общем виде схема электроизмерителя состоит из датчика сдвига, тензометрического усилителя ТОПАЗ-3-01, блока питания марки АГАТ, записывателя Н-041, осциллографа и блока питания осциллографа [4]. Эти приборы значительно отстали от современных технических средств, для более точного определения деформации пряжи мы поставили перед собой задачу использовать компьютерную программу и веб камеру.

Рисунок 1. Принципиальная схема прибора

1 – бобина, 2 и 3 – нитепроводник, 4 – горизонтальная стойка, 5 – неподвижные тиски, 6 – пряжа, 7 – шар отражающий установленные лучи, 8 – подвижные тиски, 9 – приспособление для передачи движения подвижным тискам 10 – веб камера, 11 – стойка для установки веб камеры, 12 – основной стол, 13 – груз, 14 – компьютер.

Для изучения изменения деформации пряжи под действием груза в одно цикловом классе создан специальный измерительный прибор, производящий измерения при помощи луча (веб камера). Этот прибор позволяет с большой точностью определить деформацию пряжи при действии на него груза. При определении деформации пряжи исследования проводились при подвешивании груза, составляющего 25% прочности пряжи.

Для проведения эксперимента установим расстояние между тисками на отметке «50см» и закрепим пряжу между верхними и нижними губками тисков стенда. Перед запуском установки необходимо подключить веб камеру к компьютеру.

Установка работает следующим образом (рис 1). Бобина 1 устанавливается на основной стол 12.

Пряжа 6 проводится через два нитепроводника 2 и 3, затем зажимается между неподвижными тисками 5 и подвижными тисками 8. На нижней части подвижных тисков установлен крючок для подвешивания груза. На этот крючок подвешивается груз 13. Шарик

7 закрепляется на подвижных тисках. Шарик на дисплее компьютера отражается в виде яркой точки. Точка на дисплее устанавливается в положение «ноль». При помощи устройства 9 шарик 7 и подвижные тиски 8 приводятся в действие. Веб камера 10 передает движение шарика в компьютер.

Рисунок 2. Программа “TENS0” созданная для измерения деформации пряжию

- 1- кнопки для ввода времени измерения (в минутах),
- 2- кнопки для ввода времени измерения (в секундах)

Для начала работы прибора компьютер необходимо подключить к сети. Приводится в действие специально созданная программа “TENS0” (Рис. 2). В программе присутствуют следующие кнопки: 1 – кнопки для ввода времени измерения. Они располагаются в верхней части экрана монитора. Эти две кнопки “Parameters Time Minute и Seconds” являются местом для введения цифровых значений, туда вводятся время деформации пряжи в минутах и секундах. Ниже расположена кнопка “Weight” – место для ввода значения массы груза. На правой

стороне экрана в низу расположены ещё три кнопки “Clear” – очистка, “Save” – сохранение и “Exit” – выход. На левой стороне этих кнопок расположены ещё четыре кнопки. “Initialize” – кнопка предварительного ввода в действие веб камеры. При её нажатии на экране активизируется веб камера. “Calibration” – кнопка определения места измерения. При вводе в действие этой кнопки на мониторе компьютера появляется новый маленький экран (Рис. 3).

Рисунок 3. “Calibration” – кнопка определения места измерения

На экране при помощи веб камеры появляется шар закреплённый на нижней губке тисков. Подводим мышку на самое яркое место шарика и нажимаем её совместно с кнопкой “ctrl”. При нажатии цвета в точке выделения указателя мышки кнопка цвета “color” в нижней части экрана изменяет свой цвет. После чего нажимаем кнопку и закрываем маленький экран.

Нажатием кнопки “START” приводим в действие программу. Вместе с этой кнопкой одновременно нажимается кнопка приспособления приводящего в действие подвижные тиски.

В это время груз натягивает пряжу. Натяжение пряжи в течение установленного времени наблюдается на правой части экрана в установленном месте (Рис. 4).

Рисунок 4. Вывод результатов на экран

Если примем установленное время за 1 секунду, то за это время программа выведет на экран 17 точек натяжения пряжи. Выбрав место нажатием кнопки “Save”, сохраняем результаты, выведенные на экран. Через определённое время (30 секунд, 1 минуту, 5 минут...60 минут) ещё раз шажатием кнопки “START” в памяти компьютера сохраняются следующие временные точки натяжения пряжи.

Состояние пряжи в момент снятия груза на экране определяется программой в численном выражении.

Предприятие “OSBORN Textil”, расположенное в Бустонликском районе Ташкентской области, является единственным предприятием Узбекистана, специализирующемся на выработке меланжевой

пряжи. Для проведения экспериментов было использована кольцепрядильная машина «Zinser-350» (Германия) и компактная установка RoCoS фирмы Rotorcraft [3]. При проведении эксперимента выработали пряжу линейной плотности $T=20$ текс ($Ne=30$) при частоте вращения веретена 14000 мин^{-1} рутки пряжи 800кр/метр. Для выработки пряжи использовали сортировку, составленную из смеси селекционных сортов хопка Бухоро-102 и Мехнат.

Для определения качественных показателей выработанной пряжи воспользовались лабораторным оборудованием (USTER TESTER4, Zweigle D 314), установленном на предприятии. Результаты эксперимента даны в таблице 1.

Таблица 1.

Физико механические показатели пряжи линейной плотности $T=20$ текс ($Ne 30$)

№	Номер пряжи (Ne)	Способ прядения	Частота вращения веретена $\times 10^3, \text{ мин}^{-1}$	Фактическая крутка, $K_f, \text{ кр/м}$	Относительная разрывная нагрузка, (Rkm)	Удлинение при разрыве, $\varepsilon, (\%)$	Ворсистость, H, (%)	Неров нота, CV, (%)
1	30	Обычно венная меланжевая пряжа	14000	800	14,28	4,12	6,05	16,66
2		Компактная меланжевая пряжа (RoCos)	14000	800	17,84	4,22	4,7	15,99

Определение деформация образцов производилось на новом предложенном приборе. Физико-механические показатели свойств преведены на рис 5. Образцы под действием груза получают различную деформацию, с истечением времени разница между графиками возрастает. Первый образец – обычная пряжа успевает удлиниться за короткий промежуток времени. Деформирование компактной пряжи в начальной стадии нагрузки происходит медленнее по сравнению с обычной пряжей. Это связано стем, что структура и положение волокон, а также их расположение объясняется их разнообразием. Точно такое же

происходит при разгрузке пряжи. Обычная пряжа укорачивается медленнее по сравнению с компактной. Отличие остаточной деформация видно из таблицы. Стало известно, что остаточная деформация компактной пряжи относительно меньше. Изменение деформации в единицу времени подчиняется закону реологии и впервые это явление определили при помощи веб камеры.

Как видно из графика рис. 5 деформация обычной меланжевой и компактной меланжевой пряжи одинакового номера определённая на новом предложенном приборе отличается друг от друга.

Рисунок 5. График деформации пряжи

1 – обыкновенная меланжевая пряжа, 2 – компактная меланжевая пряжа

При эксперименте определили, что компактная пряжа (Рис. 5, 2) по сравнению с обыкновенной пряжей (Рис. 5, 1) подвергается малой деформации. Это обстоятельство связано со структурным строением пряжи. Такое различие в пряже, действует и на свойства ткани, выработанной из этой пряжи,

что приводит к различным показаниям качественных характеристик ткани.

Смотря на изменения деформации пряжи в начальной стадии, можно оценивать свойства ткани выработанной из этой пряжи.

Рисунок 6. Деформация пряжи в течении одной секунды

1 – обыкновенная меланжевая пряжа, 2 – компактная меланжевая пряжа.

На рис. 6 приведено деформирование пряжи на 17-ти точках в течении одной секунды. На этом графике отчетливо видно различие между деформированием обычной пряжи (Рис. 6, 1) и компактной пряжи (Рис. 6, 2). При вязании трикотажных полотен в течении секунд на пряжу действуют нагрузки.

Выводы: Несмотря на то, что компактная и обычная пряжа имеют одинаковую линейную плотность, их сопротивление вытягиванию различное, что приводит к выработке ткани с различными свойствами. В результате эксперимента

установлено, что для того, чтобы выработать трикотажные полотна с одинаковыми свойствами необходимо учитывать натяжение пряжи.

В зависимости от условий деформирования пряжи одинаковой линейной плотности при помощи данного прибора можно прогнозировать плотность и разрывную нагрузку полотна, выработанной из этой пряжи. При помощи данного прибора можно определять деформацию пряжи, ткани и трикотажного полотна.

Список литературы:

1. Xuzhong Su, Weidong Gao, Xinjin Liu, ChunpingXie, and Bojun Xu. 2013 Theoretical study of fiber tension distribution at the spinning triangle. Textile Research Journal, vol83(16) p 1728-1739
2. Абдурасулов О, Гафуров Қ.Ғ. “Чўзилган иплар деформацияси ўзгаришини аниқловчи асбоб” ТТЕСИ, Магистратура талабаларининг илмий мақоалар тўплами, Тошкент-2017 й. 109 бет
3. Х.Т. Бобожанов, Ж.К.Гафуров, Қ.Ғ. Гафуров. Натяжение и деформация нити на кольцепрядильной машине Zinser-350 // Тўқимачилик муаммолари – Тошкент, 2009. –№ 3. –Б. 28-30.87
4. Х.Т.Бобожанов «Zinser» ҳалқали йигириш машинаси параметрларини муқобиллаб ип хоссаларини яхшилаш мавзусидаги номзодлик диссертация иши. 2011 й. 61-73 б.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ДЖЕМА И ДЕСЕРТА С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ САХАРА ИЗ СОКОВЫХ ВЫЖИМОК ТОПИНАМБУРА

Атаханов Шухрат Нуриддинович

доцент, Наманганский инженерно-технологический институт,
Узбекистан, Наманганская область, г. Наманган

Содикова Шоира Абдураззаковна

ассистент, Наманганский инженерно-технологический институт,
Узбекистан, Наманганская область, г. Наманган

Абдуллаева Буфотима Турсунали кизи

ассистент, Наманганский инженерно-технологический институт,
Узбекистан, Наманганская область, г. Наманган

Абдураззакова Мамура Нематжановна

ассистент, Наманганский инженерно-технологический институт,
Узбекистан, Наманганская область, г. Наманган

THE DEVELOPMENT OF A PRINCIPAL SCHEME OF THE PROCESSING LINE ON PRODUCTION OF JAM AND DESSERT WITH LOW SUGAR FROM EXIT-JUICE SQUEEZ- INGS OF TOPINAMBUR

Shukhrat Atakhanov

Associate Professor, Namangan Engineering and Technology Institute,
Uzbekistan, Namangan Region, Namangan

Shoira Sodikova

Assistant, Namangan Engineering and Technology Institute,
Uzbekistan, Namangan Region, Namangan

Bufotima Abdullayeva

Assistant, Namangan Engineering and Technology Institute,
Uzbekistan, Namangan Region, Namangan

Mamura Abdurazzakova

Assistant, Namangan Engineering and Technology Institute,
Uzbekistan, Namangan Region, Namangan

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы разработки принципиальной схемы технологической линии по производству джема и десерта с пониженным содержанием сахара из соковых выжимок топинамбура. Учитывая, что при производстве этих изделий в качестве основного сырья используют вторичное сырье топинамбура, в процессе составления принципиальной схемы авторы выбрали существующие виды оборудования и учитывали принципы оптимального варианта, который предусматривает наилучшее сочетание последовательности. Организация производства планируемых к выпуску новых видов изделий на этих линиях способствует получению продукта с повышенным качеством и снижает затраты на его производство.

ABSTRACT

The article deals with the development of the for the production of jam and dessert with a low sugar content from juice of Jerusalem artichoke. Considering that, in the production of these products, the secondary raw materials of Jerusalem artichoke are used as the main raw material, in the process of drawing up the flowchart, the authors chose the existing types of equipment and in the preparation they took into account the principles of the optimal variant that provides the best combination of sequence. The organization of production of new types of products planned for release on these lines contributes to obtaining a product with higher quality and reduces the cost of its production.

Ключевые слова: джем, десерт, вторичное сырье, топинамбур, сахар, соковые выжимки, сироп, массовое питание, механизированная линия.

Keywords: jam, dessert, secondary raw materials, Jerusalem artichoke, sugar, juice pomace, syrup, massive nutrition, mechanized line.

Главной задачей перерабатывающих отраслей АПК является повышение темпов и эффективности развития экономики на базе ускорения научно-технического прогресса, перевооружения и реконструкции производства, интенсивного использования созданного производственного потенциала, совершенствования системы управления, хозяйственного механизма и достижение на этой основе улучшения благосостояния народа [3].

Агропромышленному комплексу республики предстоит решить ряд проблем. Основные из них – улучшение качества продукции, устранение ее потерь на всех стадиях производства; более широкое внедрение индустриальных и безотходных технологий производства; укрепление материально-технической базы; концентрация ресурсов на важнейших направлениях научно-технического прогресса; устранение узких мест по всему технологическому циклу [3].

Интенсификации производственных процессов – одно из направлений научно-технического прогресса. Поэтому изыскание новых способов ее осуществления при разработке высокоэффективного оборудования, создании новых технологий, технологических схем и технологических линий является важной народнохозяйственной задачей.

Сложность оптимального выбора параметров технологического процесса обусловлена трудностями и противоречивостью требований к оборудованию и средствам управления. Часто невозможно однозначно определить все характеристики машин и аппаратов, так как выбор их конструкций, технологических режимов и систем управления в какой-то мере произвольный. Это объясняется еще и тем, что не всегда существуют надежные методы расчета оборудования и средств управления.

Перед разработчиками технологического оборудования и линий перерабатывающих отраслей АПК основные технические задачи заключаются в том, чтобы на основании изучения и анализа конструкций правильно смонтировать, наладить, установить требуемый режим работы существующих машин, добиться максимально возможных количественных и качественных показателей.

Джем из соковых выжимок топинамбура также приготовлен по новой технологической схеме, которая имеет ряд особенностей, научную новизну и практическую значимость [1]. Возникла необходимость разработки схемы технологической линии по производству джема из соковых выжимок топинамбура.

При составлении новых технологических схем мы организовали производство джема непрерывным способом. Для этого создали механизированную линию по приготовлению джема из соковых выжимок топинамбура.

Созданная нами механизированная линия включает серийно выпускаемое и применяемое на предприятиях пищевой промышленности и массового питания оборудование.

Технологическая линия состоит из следующих участков: обработки соковых выжимок топинамбура; приготовления сахара, пектина и наполнителей; составления рецептур и приготовления джема (рис. 1). Поправить на рисунке: (отделить тире от цифр; 12 – дозатор для лимонной кислоты; 13 – дозатор фруктового сока)

Десерты из соковых выжимок топинамбура с пониженным содержанием сахара также имеют ряд существенных особенностей, придающих им научную новизну и практическую значимость [2]. Поэтому возникла необходимость в разработке принципиальной схемы технологической линии по производству десертов из соковых выжимок топинамбура.

Важным преимуществом новых технологических схем приготовления десертов из соковых выжимок топинамбура является возможность организации производства непрерывным способом. Для этого создана механизированная линия по приготовлению десертов из соковых выжимок топинамбура (рис. 2).

Механизированная линия включает серийно выпускаемое оборудование, применяемое на предприятиях пищевой промышленности и массового питания. Линия состоит из трех участков: обработки соковых выжимок топинамбура; для приготовления глюкозного сиропа и других наполнителей; для приготовления десерта. (Принципиальная схема...)

Рис. 1. Механизированная линия по производству джема из соковых выжимок топинамбура

1- бланширователь; 2- бункер; 3- транспортер; 4- котел; 5- протирачная машина; 6- бункер для сахара-песка; 7-магнеточувствитель; 8-дозатор; 9-емкость для приготовления пектинового раствора; 10- дозатор для пектина; 11- дозатор фруктовой эссенции; 12-дозатор для лимонной кислоты; 13- дозатор фруктовой сока; 14-котел; 15-наполнитель; 16-закатка; 17- автоклав; 18-машина этикетирования

Принципиальная схема технологической линии по производству десертов из соковых выжимок топинамбура

Рис. 2. 1-бланширователь соковых выжимок гипотоническим раствором; 2-бункер для сбора; 3-транспортер для инспекции; 4-котел для тушения; 5-протирачная машина; 6- емкость для приготовления глюкозного сиропа; 7-дозатор; 8- бункер для сахара; 9-магнитоуловитель; 10-дозатор для сахара; 11-дозатор для эссенции; 12-дозатор для сока; 13-котел для варки; 14-охладитель смеси; 15-фризер

При составлении механизированной линии по производству десерта из соковых выжимок топинамбура мы исходили из принципа оптимального варианта, который предусматривает наилучшее сочетание последовательности операций, их физико-химических и биологических закономерностей, технологических режимов, конструктивных параметров машин и аппаратов, основных законов управления экономики в соответствии с конкретными условиями предприятия, направленными на улучшение качества

пищевых продуктов и снижение затрат на его производство. Этот принцип выражается в выборе такой последовательности операций, режимов, типов машин и аппаратов, порядка их размещения, соединительных коммуникаций, средств механизации и автоматизации, которая обеспечивала бы достижение заданных технологических целей при минимальных затратах.

На участке обработки соковых выжимок топинамбура установлены: бланширователь (1) соковых

выжимок топинамбура на гипотоническом растворе для предотвращения потемнения и улучшения органолептических показателей; бункер (2) для сбора соковых выжимок; транспортер (3) для инспекции; котел (4) для тушения; и протирачная машина (5) для измельчения.

На участке для приготовления глюкозного сиропа и других наполнителей установлена емкость со смесителем (6) для приготовления глюкозно-крахмального сиропа и дозатор (7) для подачи заданного соотношения компонентов, а также бункер (8) для сахара-песка, магнитоуловитель (9) для пропускания сахара-песка и дозатор (10) для подачи заданного ко-

личества сахара. Кроме того на этом участке установлен дозатор (11) для фруктовых эссенций и дозатор для сока, а также готовят раствор карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ).

На участке приготовления десерта установлен котел для варки со смесителем (13) и охладитель (14) готовой смеси, так как температура смеси при подаче к фризтеру (15) должна составлять 6-8°C.

Десерты из соковых выжимок топинамбура реализуются потребителям через сеть предприятий массового питания. Ориентировочная производительность технологической линии по производству десерта с пониженным содержанием сахара из соковых выжимок топинамбура составляет 0,8-1 т в смену.

Список литературы:

1. Атаханов Ш.Н., Маллабоев О.М., Рахимов У.Ю. Исследование свойств и качества десерта из соковых выжимок топинамбура // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 1. – С. 13-14.
2. Атаханов Ш.Н., Маллабоев О.М., Рахимов У.Ю. Исследование физико-химических и бактериологических показателей джема из соковых выжимок топинамбура // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 6. – С. 36-37.
3. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли Фармони билан тасдиқланган “2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасининг ривожлантиришнинг 5 та устувор йўналиши бўйича Ҳаракат стратегияси”.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ СОЕВОГО МАСЛА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАРГАРИНА

Салиджанова Шахноза Дилмуродовна

докторант, Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Рузибаев Акбарали Турсунбаевич

канд. техн. наук, Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: akbar216@mail.ru

Ботирова Мохинур Насриддин кизи

магистр, Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Шавкатов Сайёдхон Жахонгир угли

магистр, Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

RESEARCH OF SOYBEAN OIL PROCESSING AND USING IT IN PRODUCING MARGARINE

Shaxnoza Salidjanova

PhD student, Tashkent Chemical-Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Akbarali Ruzibaev

PhD, Tashkent Chemical-Technological Institute
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Mohinur Botirova

Master of Science, Tashkent Chemical-Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Sayyodxon Shavkatov

Master of Science, Tashkent Chemical-Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В работе исследована переработка соевого масла с целью получения фосфотидного концентрата и гидрированного жира. Определены оптимальные режимы процессов гидратации и гидрогенизации соевого масла. Разработаны рецептуры маргарина из местного жирового сырья: соевого масла, хлопкового масла и их саломасов, а также исследованы физико-химические показатели полученного маргарина.

ABSTRACT

In the work investigated the processing of soybean oil in order to obtain a phosphatide concentrate and hydrogenated fat. The optimal modes of water degumming and hydrogenation processes of soybean oil are determined. Developed the formulation of margarine from local fatty materials: soybean oil, cottonseed oil and their hydrogenated oils, and also investigated the physico-chemical parameters of the obtained margarine.

Ключевые слова: соевое масло, хлопковое масло, маргарин, саломас, янтарная кислота, жирнокислотный состав, ненасыщенные жирные кислоты, структурообразователь, диетический маргарин.

Keywords: margarine, hydrogenated oil, succinic acid, fatty acid composition, unsaturated fatty acids, structure-forming agent, dietary margarine.

Соевые бобы выращиваются в нескольких странах мира, и получают из них соевое масло. Восточная Азия является родиной сои, и она была важной частью рациона питания в течение многих столетий. Соя выращивалась в Узбекистане уже с 1932 г., но оставалась сельскохозяйственной диковинкой и имела незначительные урожаи в течение более чем полувека. В настоящее время началось выращивание сои на государственном уровне [2; 3].

Соевое масло получают из семян сои прессованием или экстракцией. Наряду с маслом важными компонентами семян сои являются белки (30-50%) и фосфатиды (0,55-0,60%).

Соевое масло широко используется в пищевой промышленности, а также в домашнем хозяйстве для заправки салатов из сырых или вареных овощей (содержание ненасыщенных жирных кислот в нем около 60%). В промышленных масштабах его часто используют в качестве сырья для производства маргарина и майонеза. Соевое масло содержит линоленовую, линолевую, олеиновую, арахисовую, пальмитиновую, стеариновую жирные кислоты, витамины Е, В₄, К, а также минеральные элементы [2].

Известно, что полиненасыщенные жирные кислоты избавляют организм от плохого холестерина. Кроме того, соевое масло богато фитостеролами (растительные гормоны), которые оздоравливают флору желудочно-кишечного тракта. Соевое масло нормализует процессы свертывания крови, обогащает организм железом. Соевое масло является источником лецитина, который широко применяют в пищевой и фармацевтической промышленности [4].

Сначала исследована гидратация соевого масла в лабораторных условиях и получен фосфатидный концентрат.

При производстве диетических маргаринов, майонезов, комбинированных масел и спредов в качестве эмульгатора и пищевых биологически активных добавок применяются пищевые растительные фосфолипиды [5].

Фосфолипиды извлекаются из жидких растительных масел (соевое, подсолнечное, рапсовое, кукурузное) путем гидратации с целью производства самостоятельных продуктов, называемых фосфатидными концентратами, различного состава и свойств. Из-за дифильного характера молекул фосфолипидов они являются поверхностно-активными веществами (ПАВ).

С целью установления оптимальных условий гидратации и определения оптимального количества воды мы провели комплекс исследований по гидратации соевого масла.

В опытах использованы нерафинированное форпрессовое соевое масло со следующими показателями: кислотное число – 2,5 мг КОН, цветное число – 50 мг йода, массовая доля влаги и летучих веществ – 0,2%, массовая доля нежировых примесей (отстой на массе) – 0,2%. Для определения влияния количества воды на показатели масла применяли следующие количества воды: 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0%.

В таблице 1 приведены результаты опытов, из которых следует, что с увеличением количества воды уменьшается кислотное число гидратированного соевого масла и увеличивается выход гидратированного осадка.

Таблица 1.

Влияние количества воды на показатели форпрессового соевого масла

№	Количество воды, %	Кислотное число, мг КОН	Влажность, %	Выход, %	
				Гидратационного осадка	Масла
1	2	3	4	5	6
1	1,0	1,98	0,04	2,91	95,93
2	2,0	1,94	0,04	3,93	96,42
3	3,0	1,87	0,05	4,52	96,71
4	4,0	1,79	0,05	5,84	95,81
5	5,0	1,66	0,06	6,91	95,31
6	6,0	1,64	0,06	7,43	94,89

С увеличением количества воды с 1,0 до 3% выход гидратированного масла увеличивается с 95,93% до 96,71% и выход гидратационного осадка – с 2,91% до 4,52%. Однако дальнейшее увеличение количества воды с 4 до 6% приводит к снижению выхода гидратационного масла с 95,81 до 94,89%, а выход гидратационного осадка увеличивается с 5,49 до 6,95%. При проведении экспериментов кислотное число гидратированного масла снижается с 1,98 до 1,64 мг КОН, а влажность масла увеличивается с 0,04 до 0,06%.

На основании проведенных исследований пришли к заключению, что оптимальное количество воды для гидратации соевого масла составляет 2-3%.

При гидратации нерафинированных растительных масел наряду с гидратированным маслом получают осадок, называемый фосфатидная эмульсия. Фосфатидная эмульсия состоит из воды, фосфолипидов и увлеченного в осадок растительного масла. После сушки фосфатидной эмульсии в вакууме получают фосфатидный концентрат.

Для получения фосфолипидного концентрата мы исследовали режимы сушки фосфолипидной эмульсии. Фосфолипидную эмульсию, полученную после гидратации, сушили в лабораторной установке при температурах 60-90°C. При этом изучали влияние температуры процесса на длительность сушки. Высушивание фосфолипидной эмульсии проводили до достижения фосфатидного концентрата с содержанием

влаги до 1-3%. Результаты опытов представлены на рисунке 1.

Рисунок 1. Влияние температуры процесса сушки фосфолипидного концентрата на его продолжительность

Показано, что сушка при температуре 70-90°C в течение 30-50 мин. обеспечивает снижение влажности до значений, регламентированных ГОСТ.

Повышение температуры при сушке фосфолипидной эмульсии способствует усилению окислительных процессов. Протекание окислительных процессов контролировали путем определения перекисного числа получаемого фосфатидного концентрата. Установлено, что при температуре выше 80°C значительно повышается скорость окислительных процессов, т. е. происходит возрастание перекисного числа концентрата (рис. 2).

Рисунок 2. Влияние температуры сушки фосфолипидной эмульсии на перекисное число

Таким образом, были установлены следующие оптимальные режимы сушки фосфолипидной эмульсии: температура – 70-80°C, остаточное давление – 5 кПа, продолжительность сушки – 50 минут.

В результате исследования физико-химических показателей фосфатидного концентрата были получены следующие результаты: цветное число – 12 мг

йода, содержание влаги и летучих веществ – 0,9%, содержание фосфатидов – 55,0%, содержание масла – 43,0%, содержание веществ, не растворимых в этиловом эфире – 2,5%, кислотное число масла, выделенного из фосфатидного концентрата, – 8 мг КОН, перекисное число – 3,4 ммоль актив. кислорода/кг.

Установлено, что показатели качества полученного фосфатидного концентрата соответствуют требованиям ГОСТа и он является конкурентоспособным по отношению к импортному фосфатидному концентрату.

Маргарин – эмульсия обратного типа, состоящая из воды и жира. Основным сырьем для маргарина являются растительные масла в жидком и гидролизованном виде, а также животные жиры. Наиболее широко применяются подсолнечное, хлопковое и соевое масла.

Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты, фосфатиды (полученные с помощью гидратации из растительных масел), витамины в составе маргарина определяют его пищевую и биологическую ценность.

Жирынокислотный состав маргарина определяет его назначение. Так, например, в жирнокислотном составе диетического маргарина для лиц пожилого возраста с нарушенным липидным обменом должна содержаться линолевая кислота на уровне 50%. В зависимости от целевых назначений диетического маргарина вводятся фосфатиды и витамины в определенном количестве.

На основе вышеописанных данных мы разработали рецептуры маргарина из местного жирового сырья: соевого, хлопкового масел и их саломасов, а также исследовали физико-химические свойства полученного маргарина.

Основным сырьем для производства маргарина является пищевой саломас. Саломас – продукт, получаемый путем гидрогенизации растительных масел и животных жиров.

Путем частичного (селективного) гидрирования растительных масел и их смесей с животными жирами получают пластичные жиры, с температурой плавления 31-34°C, твердостью 160-320 г/см и йодным числом 62-82, предназначенные для использования в качестве основного (структурирующего) компонента маргаринов и кулинарных жиров.

Гидрогенизация соевого масла является одним из перспективных способов производства твердых саломасов пищевого и технического назначения. Для осуществления данного процесса предложены различные виды катализаторов: никелевые, никель-медные и никель-хромовые.

Гидрогенизация соевого масла относится к сложным гетерогенным каталитическим процессам, где наряду с насыщением этиленовых связей водородом протекает множество побочных реакций, влияющих на качество целевого продукта с заданными свойствами. При использовании сравнительно активных катализаторов наблюдается характерное для гидрирования соевого масла «отставание» температуры плавления и в особенности твердости саломаса от

степени его ненасыщенности. Кроме того, из-за высокой ненасыщенности масла продолжительность процесса гидрогенизации увеличивается.

Для устранения этих недостатков и увеличения скорости гидрирования целесообразно гидрировать в виде его смесей с другими маслами, например с хлопковым. Кроме того, известно, что пассивированные катализаторы обладают наибольшей изомеризующей способностью в отношении мононенасыщенных кислот. Это способствует получению гидрогенизата с

высокой твердостью. Поэтому гидрировали смеси соевого (йодное число 137,1 J₂%) и хлопкового (йодное число 108,5 J₂%) масел в присутствии высокоактивного (N-820) и пассивированного (N-210) никелевого катализатора при температуре 180-200°C. Количество катализатора и продолжительность процесса при гидрировании составляло соответственно 0,1%, 0,2% и 90 мин. Полученные саломасы для отделения катализатора фильтровались через бумажный фильтр при температуре 80°C. Результаты опытов представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Влияние состава масла и активности катализатора на физико-химические показатели гидрогенизатов

Массовая доля соевого масла в смеси, %	Йодное число, % J ₂	Температура плавления, °C	Кислотное число, мг КОН
Катализатор - N-820			
5	54,4	44,2	0,94
10	56,2	42,6	1,23
20	59,7	38,2	0,96
30	63,3	35,6	1,34
40	67,7	31,1	1,28
50	73,4	28,6	1,08
60	78,8	26,2	1,26
Катализатор - N-210			
5	60,6	38,6	0,82
10	63,3	38,8	1,13
20	65,8	36,5	0,98
30	66,8	35,8	1,03
40	73,4	32,4	1,18
50	78,2	30,1	0,92
60	85,3	28,6	1,15

Как свидетельствуют данные табл. 2, с повышением массовой доли соевого масла в смеси от 5 до 30 снижается температура плавления саломаса. Следует отметить, что саломасы, полученные в присутствии пассивированного катализатора, имеют низкую температуру плавления и кислотного числа в отличие от полученных на высоком активном катализаторе. Кроме того, использование пассивированного катализатора способствует повышению селективности процесса гидрирования.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что гидрирование соевого масла и его смеси с хлопковым маслом в присутствии пассивированного никелевого катализатора дает возможность получения пищевого саломаса, отвечающего требованиям ГОСТа.

При длительном хранении стойкость маргарина тесно связана с их консистенцией, в частности со степенью дисперсности влаги в продукте. Высокая степень дисперсности влаги и воздуха в таких продуктах может быть достигнута только при использовании эмульгаторов и стабилизаторов структуры. Поверхностное окисление маргарина, или, как говорят, штафф, ухудшает внешний вид, вкус и запах продуктов.

Новые разновидности таких продуктов можно разделить на виды, при выработке которых не используют эмульгаторы и стабилизаторы структуры, маргаринов, в состав которых вводят структурообразователи.

Для улучшения качества маргаринов и повышения термоустойчивости продукта рекомендуется использовать структурообразователи – низкойодные саломасы. Низкойодные саломасы повышают прочность кристаллической решетки продукта, способствуют удерживанию низкоплавких жировых фракций. Это позволяет вырабатывать термоустойчивое масло, которое даже при повышенных режимах хранения и реализации продукции сохраняет свой товарный вид.

Низкойодные саломасы часто называют полностью гидро-генизированными твердыми жирами, или стеаринами, однако нормативные документы требуют нулевого значения йодного числа лишь для полностью насыщенных жиров. Поскольку для проведения гидрогенизации этих жиров единственным критерием является активность катализатора, можно применять повторно используемый катализатор. Обычно для максимального ускорения реакции используют высокое давление и высокую температуру. Однако получение низкойодного саломаса является

очень трудоемким, особенно от высоконенасыщенного соевого масла. Поэтому мы исследовали получение низкойодного саломаса из хлопкового масла.

Для получения низкойодного саломаса осуществляется глубокое гидрирование хлопкового масла на порошкообразных никелевых катализаторах путем дробной подачи катализатора.

Поэтому с целью интенсификации процесса гидрогенизации и стабилизации активности катализатора хлопковое масло (йодное число – 108,5 J₂%, цветность – 8 кр. ед., кислотное число – 0,2 мг КОН/г, содержание влаги летучих веществ – 0,2%,) гидрировали с вводом катализатора в два этапа, т. е. производили дробную подачу. Гидрирование проводилось при температуре 180°C, при атмосферном давлении водорода и скорости подачи водорода на барботаж 3 л/мин. в течение 3 ч. При этом количество N-820 катализатора в пересчете на никель составляло 0,2% от массы масла. Загрузка катализатора в начале процесса составляла 50-60%, а через час, во втором этапе, остальные 40-50% от общего количества подаваемого катализатора. Йодное число сырья и гидрогенизата определяли рефрактометрическим методом, а температуру плавления и кислотное число масла – по известной методике [1].

Как показали полученные результаты, дробная загрузка катализатора позволяет в лабораторных условиях сократить в 1,4-1,7 раза длительность глубокого гидрирования хлопкового масла при получении низкойодного и высокотитрового саломаса. Полученные саломасы по йодному числу (5-8 J₂%) и температуре плавления (не ниже 60°C) отвечают требованиям, предъявляемым к низкойодному саломасу – сырью для использования как структурообразователя при производстве маргарина.

На основе полученных в лабораторных условиях компонентов мы проводили исследования для создания рецептуры диетического маргарина с оптимизированными свойствами. В исследовании использованы пищевой саломас, саломас из смеси хлопкового и соевого масел, хлопковый пальмитин, соевое и хлопковое масла, эмульгатор, фосфатидный концентрат и другие компоненты. Из-за введения молока и высоконенасыщенного соевого масла в рецептуру добавляют лимонную кислоту. Также добавляют янтарную кислоту для повышения дисперсности и стабильности к окислению маргарина.

Предлагаемый рецепт маргарина показан в таблице 3.

Таблица 3.

Рецептура маргарина

Компоненты маргарина	Образцы		
	1	2	3
Саломас, T _{пл} 31-34°C, твердость 160-320 г/см	30	20	15
Саломас, T _{пл} 35-36°C, твердость 350-410 г/см	15	10	5
Саломас из смеси хлопкового и соевого масел	6	10	15
Пальмитин хлопковый T _{пл} 20-25°C	-	10	15
Соевое масло	15	15	15
Хлопковое масло	15	15	15
Структурообразователь (глубокогидрированное масло)	-	1	1
Краситель	0,1	0,1	0,1
Эмульгатор	0,2	0,2	0,2
Молоко	10	10	10
Соль	0,35	0,35	0,35
Концентрат фосфатидный пищевой	2,0	2,0	2,0
Сахар	0,3	0,3	0,3
Янтарная кислота	0,05	0	0,03
Лимонная кислота	0	0,05	0,02
Вода	6	6	6
Всего	100	100	100
Массовая доля жира, % не менее	82	82	82

На основе составленной рецептуры приготовлен маргарин в лабораторных условиях. Для этого смесь рецептурных компонентов *перемешивают* до получения однородной эмульсии и переохлаждают.

Полученный маргарин обладает высокой пластичностью, большей степенью дисперсности, технологичностью, стойкостью, стабильностью к окислению. Кроме того, добавление пищевых растительных

фосфолипидов и янтарной кислоты повышает пищевую ценность предлагаемого маргарина.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что использование в составе маргарина структурообразователя – глубокогидрированного

хлопкового масла, подобранного его количественного содержания и растительных масел дало возможность частичного вывода из рецептуры маргарина са-ломаса (гидрированного жира), что позволило получить продукт с низким содержанием транс-изомеров.

Список литературы:

1. Лабораторный практикум по технологии переработки жиров. – 2-е изд., перераб. и доп. / Н.С. Арутюнян, Л.И. Янова, Е.А. Аришева и др. – М.: Агропромиздат, 1991. – 160 с.
2. Петибская В.С. Соя: химический состав и использование. – Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2012. – С. 432.
3. Постановление Президента Республики Узбекистан от 14 марта 2017 года № ПП-2832 «О мерах по организации посева сои и увеличению возделывания соевых бобов в республике на 2017-2021 годы» // Все законодательство Узбекистана [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://nrm.uz/contentf?doc=509888_&products=1_vse_zakonodatelstvo_uzbekistana (дата обращения: 10.12.2018).
4. Практическое руководство по переработке и использованию сои / Под ред. Д. Эриксона; пер с англ. – М.: Макцентр, 2002. – С.659
5. Терещук Л.В., Савельев И.Д., Старовойтова К.В. Эмульгирующие системы в производстве молочно-жировых эмульсионных продуктов // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 4. – С.108

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ.

СИНТЕЗ СОПОЛИМЕРА ПОЛИЭТИЛЕНА С ВИНИЛАЦЕТАТОМ

*Ибрагимов Абдусаттар Тургунович**канд. хим. наук, доцент, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Узбекистан, г. Ташкент**E-mail: abdusattor.ibragimov1963@mail.ru**Рафиков Адхам Салимович**д-р техн. наук, профессор, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Узбекистан, Ташкент**E-mail: asrafikov@umail.uz*

SYNTHESIS OF COPOLYMER POLYETHYLENE WITH VINYL ACETATE

*Abdusattar Ibragimov**PhD, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent**Adham Raphikov**DSc, Professor, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В целях создания полимерных композиций для изготовления обувной подошвы синтезированы сополимеры с использованием полиэтилена низкой плотности с винилацетатом. Спектроскопическими исследованиями доказаны образования термопластичного сополимера ПЭВА. Полученные полимерные материалы апробированы и рекомендованы для изготовления низа обуви.

ABSTRACT

In order to create polymer compositions for the manufacture of shoe sole, copolymers were synthesized using low density polyethylene with vinyl acetate. Spectroscopic studies have proven the formation of thermoplastic copolymer PEVA. The resulting polymeric materials tested and recommended for the manufacture of bottom shoes.

Ключевые слова: сополимер, полиэтилен низкой плотности, винилацетат, обувная подошва.

Keywords: copolymer, low density polyethylene, vinyl acetate, shoe sole.

За последние годы широкое применение для изготовления обуви, в частности, материала для подошвы, находит сополимер этилена с винилацетатом (ЭВА – товарное название «Севилен»), представляющий собой высокомолекулярное соединение, относящееся к представителям полиолефинов [1, с. 874;]. Промышленный способ синтеза сополимера ЭВА осуществляется совместной полимеризацией мономеров этилена и винилацетата (ВА) при различном их соотношении при высоком давлении в присутствии инициаторов радикальной полимеризации в трубчатом реакторе [2, 187-209]. Известный способ получения сополимера ЭВА связан с необходимостью использования высокого давления, в тоже время и с низким выходом конечного продукта. Из-за высокого содержания одного из мономеров, каким

является ВА в составе сополимера, ЭВА приобретает таких важных показателей свойств, как устойчивость к маслам, растворителям, озону, повышенным температурным воздействиям, а также высокую эластичность при широком интервале температур [3, 53-56].

Изменение количество винилацетата довольно существенно влияет на механические свойства полученного сополимера [4, 60-64]. Так, например, из-за высокого содержания винилацетата в составе смеси сополимера, ЭВА приобретает такие важные свойства как, высокую устойчивость к маслам, растворителям, озону, стойкости к повышенным температурным воздействиям, а также обладает наибольшую эластичность в широком диапазоне температур.

Ниже приводятся основные физические свойства промышленного образца ЭВА (табл. 1).

Таблица 1.

Физические свойства промышленного образца сополимера ЭВА

Наименование показателей	Величина
Плотность	0,929÷0,931 г/см ³
Рабочая температура	от -80°С кратко до +70°С
Теплопроводность	0,32÷0,35 Вт/К·м
Удельное объемное сопротивление	1014 Ом·м

Целью исследования является получение термопластичного сополимера для низа обуви на основе полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) и ВА. Процесс сополимеризации протекает при атмосферном давлении и с высоким выходом конечного привитого продукта. Причем, варьируя соотношения компонентов в составе смеси, особенно винилового мономера, можно достичь к получению термопластичного сополимера типа ПЭВА и преимущественно формировать экологически безопасных композиций для литья низа обуви с регулируемыми параметрами, а также нужными физико-химическими и механическими свойствами, принятыми в обувном деле [5, 171-175].

Синтез сополимера осуществляли ПЭНП и ВА по следующей методике. Гранулы ПЭНП растворяли в органическом растворителе – толуоле или ксилоле

при температуре 75÷80°С. Раствор помещали в трехгорлую круглодонную колбу с мешалкой и обратным холодильником. В колбу загружали инициатор – динитриловый эфир азобисизомасляной кислоты (ДАК) (1% от общего количества компонентов) и мономер – ВА. Общее время продолжительности процесса сополимеризации при постоянном перемешивании смеси раствора составляло 4÷5 часов. Содержимое колбы смешивали с этиловым спиртом. Соплимер осаждался в этаноле, которого затем отбирали фильтрованием. Полученный сополимер высушивали сначала при комнатной температуре, а затем в термостате при температуре 40÷50°С до постоянной массы. Определяли выход сополимера от соотношения исходных компонентов в составе смеси (табл. 2).

Таблица 2.

Условия синтеза и соотношения компонентов в составе смеси ПЭНП-ВА

НАИМЕНОВАНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ КОМПОНЕНТОВ, Г				ВРЕМЯ СИНТЕЗА, Ч.	ВЫХОД СОПОЛИМЕРА	
РАСТВОРИТЕЛЬ (ТОЛУОЛ)	ПЭНП	ВА	ИНИЦИАТОР (ДАК)		Г	%
50	14 (70%)	6 (30%)	0,06	5	16,4	82
50	12 (60%)	8 (40%)	0,08	5	17,2	86
45	10 (50%)	10 (50%)	0,10	4	17,8	89
45	8 (40%)	12 (60%)	0,12	4	19,0	95
45	6 (30%)	14 (70%)	0,14	4	18,4	92

Из данных табл. 2 следует, что наибольший выход продукта достигается при содержании ПЭНП 8 г (40%) и ВА 12 г (60%). А в составе, где соотношение компонентов в смеси ПЭНП:ВА – 30:70% выход сополимера снизился на 3%.

Важными характеристиками привитых сополимеров являются такие параметры как степень прививки и эффективность прививки. Значение величины степени прививки определены по отношению массы привитых цепей поливинилацетата (ПВА) к массе исходной ПЭНП. Эффективность прививки – как отношение массы привитых цепей к массе привитых и непривитых цепей ПВА.

Параметры прививки вычислены по результатам измерений на аналитических весах. Как видно из данных табл. 3, степень прививки закономерно увеличивается с повышением массовой доли ВА в составе смеси. Давольно неожиданно, но по результатам опыта наблюдалось сравнительно высокое значение эффективности прививки при различных соотношениях исходных компонентов.

Причем, с увеличением массовой доли ВА до 60% наблюдалось завышенное значение показателя эффективности прививки. Видимо, дальнейшее увеличение его содержания приводит к увеличению массы гомополимера, и в этом случае эффективность прививки несколько снижается, а точнее на 3%.

Даже при высоком содержании привитых цепей образуется разветвленный сополимер, растворяющийся в диметилформамиде (ДМФА). Преимущества полученного сополимера заключаются в доступности компонентов; процесс осуществляется при атмосферном давлении и умеренной температуре; имеется возможность широкого регулирования состава и использования вторичного полиэтилена и сополимера ПЭВА в составе рецептур полимерного материала для низа обуви.

Таблица 3.

Зависимость степени прививки и эффективности прививки ПВА к макромолекулам полиолефина (ПЭНП)

Соотношение компонентов, масс. %		Степень прививки, %	Эффективность прививки, %
ПЭНП	ВА		
70	30	45	40
60	40	60	65
50	50	78	78
40	60	113	92
30	70	207	89

Образование сополимера ПЭНП с ВА доказано с помощью УФ - и ИК - спектроскопическими методами анализа. Сняты УФ - спектры в области видимой и электромагнитных колебаний. Исследованы

образцы, синтезированные при соотношении ПЭНП:ВА = 70:30 (рис. 1) и 30:70 (рис. 2).

Рисунок 1. УФ - спектры сополимера ПЭНП-ВА, синтезированного при соотношении 70:30

Рисунок 2. УФ - спектры сополимера ПЭНП-ВА, синтезированного при соотношении 30:70

Как видно из рисунков 1 и 2, УФ - спектры двух образцов сополимера ПЭНП-ВА имеют почти одинаковую форму. Оба спектра имеют одну полосу пропускания, относящиеся к сложноэфирной группе —O—C=O звеньев мономера ВА. В первом сополимере эта полоса обнаруживается в области 290 см^{-1} , а во втором сополимере – в области 240 см^{-1} . Смещение полосы пропускания в УФ – спектрах в коротковолновую область оценивается как факт образования новых связей или сопряжения хромофорной группы с

другими атомами. Возможно, при большем содержании ВА привитые к полиэтилену цепи ПВА вступают в сопряжение с группами соседних цепей. Полученные результаты свидетельствуют об образовании привитого сополимера ПЭНП с ВА.

В изображении в ИК - спектрах сополимера ПЭНП-ВА обнаружены характеристические полосы пропускания полиэтилена и ПВА (рис. 3).

Рис. 3. ИК-спектры сополимера ПЭНП:ВА

Полоса пропускание деформационных колебаний С–Н связей полиэтилена $(\text{CH}_2)_x$ обнаруживается в области 719 см^{-1} и 1465 см^{-1} (асимметричных), полоса пропускание валентных колебаний этих связей обнаруживаются в областях 2852 см^{-1} (симметричных) и 2925 см^{-1} (асимметричных). Известно, что симметричные деформационные колебания С–Н связей CH_3 ацетильной группы проявляют сигнал в области 1373 см^{-1} (см.рис. 3.). Полосы пропускание при 1628 и 1715 см^{-1} относятся к валентным колебаниям карбонильных групп С=О ПВА. Сильная полоса пропускания при 1134 см^{-1} является характерической

полосой валентных колебаний эфирных групп С–О–С в составе звена ПВА.

Таким образом, данные полученные в результате анализа спектроскопических исследований подтверждают образования сополимера при взаимодействии ПЭНП с ВА. В продукте их взаимодействия обнаруживаются полосы пропускание хромофорных групп в УФ - спектрах, характеристических валентных и деформационных колебаний связей обоих полимеров в ИК - спектрах.

Список литературы:

1. Biron M. Thermoplastics and thermoplastic composites: Technical information for plastic users. Elsevier Science, 2007. 874 p.
2. Handbook of engineering and specialty thermoplastics. In 4 volumes. V. 1. Polyolefin's and styrenes / Ed. by J.K. Fink. Scrivener Publishing, John Wiley & Sons, 2010. P. 187-209.
3. Реологические свойства огнестойкого сополимера этилена и винилацетата с гидроксидом магния, модифицированным силанами / Deng Ai-xia, Teng Mou-yong, Yu An-jun, Xie Qian, Su Ya-jun, Chen Ya-qiong, Li Yue-ying // Qingdaokejidaixuebao. Ziranhexue ban = J. Qingdao Univ. Sci. and Technol. Nat. Sci. Ed. - 2013. - 34, №1. - С. 53-56.
4. Исследование влияния сополимера этилена и винилацетата на свойства композитов на основе полипропилена: Докл. [9^{ая} Межд. науч.-прак. конф. «Новые полимерные композиционные материалы», Нальчик, 11-18 сент., 2013]/ Слонов А.Л., Кучменова Л.Х., Шелгаев В.Н., Лигидов М.Х., Данилова-Волковская Г.М., Межидов В.Х., Кушхов Х.Б., Микитаев А.К.// Извест. Кабард.-Балк. гос. ун-та. - 2013. - 3, №5. - С. 60-64.
5. О преимуществах нанотехнологий при формировании экологически безопасных композиций для литья низа обуви. Ч. 1, 2 / Прохоров В.Т., Грецкая Л. Г., Тартанов А.А., Тихонова Н.В., Козаченко П.Н.// Вест. Казан. техн. ун-та. - 2014. -17, №13. - С. 146-151, №14. - С. 171-175.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРБОНАТНЫХ ОТХОДОВ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

Джандуллаева Мунавара Сапарбаевна

доцент Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент,
E-mail: djandullaeva@mail.ru

Адилова Мохира Шавкатовна

доцент Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Алиева Жанат Аскарровна

старший преподаватель Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Холмухаматова Фарангиз Науфаловна

магистрант Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

USE OF CARBONATE WASTE OF SODA PRODUCTION AS RAW MATERIAL IN THE PROCESS OF MANUFACTURING LIME BRICK

Munawara Dzhandullaeva

Associate Professor of Tashkent Chemical-Technological Institute,
Uzbekistan, Tashkent

Mohira Adilova

Associate Professor of Tashkent Chemical-Technological Institute,
Uzbekistan, Tashkent

Zhanat Aliyeva

Senior Lecturer of Tashkent Chemical-Technological Institute,
Uzbekistan, Tashkent

Farangiz Kholmukhamatova

Master's Degree Student, Tashkent Chemical-Technological Institute,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена актуальная проблема утилизации карбонатных отходов содового производства и использование их в качестве сырья для изготовления силикатных материалов. Установлена возможность повышения физико-механических свойств автоклавированных силикатных изделий при использовании вяжущих с добавкой карбонатных отходов содового производства в количестве 20 - 30%.

ABSTRACT

The relevant problem of carbonate waste utilization of soda production and their use as raw material to manufacture silicate materials is considered. The possibility of improving the physicommechanical properties of autoclaved silicate products using binders with the addition of carbonate soda production has been established in the amount of 20–30%.

Ключевые слова: твердые отходы содового производства (ТОСП), известково-кремнеземистые вяжущие, автоклавирование, прочность, формовочная влажность, силикатная смесь.

Keywords: solid waste of soda production (SWSP); silica-lime cementing; autoclaving; resistance; molding-moisture content; silicate mixture.

Использование техногенного сырья - мощный экологический ресурс. Наиболее массовым потребителем различных минеральных отходов промышленности могут быть заводы силикатного кирпича.

Сложной для разрешения является проблема применения в строительной отрасли отходов химической отрасли ввиду их широкого спектра и разнообразных физико-химических и физико-механических свойств. Одними из крупнотоннажных и не утилизируемых видов отходов являются отходы предприятия по производству кальцинированной соды. Отходы предприятия в виде шламов карбоната кальция образуются в результате отстаивания дистиллерной жидкости в шламонакопителях, или так называемых «белых морях» [1].

Твердая фаза дистиллерной жидкости представляет собой шлам влажностью от 25 до 60%, содержащий тонкодисперсные частицы, состоящие в основном из карбонатов кальция. Также в ней содержится карбонат магния, гидроксид кальция и гидроксид магния, примеси гипса и хлорида кальция, натрия, аммония и глинистых соединений [2].

Целью исследований являлось, определение влияния карбонатных твердых отходов содового производства на известково-кремнеземистые смеси различной активности при ведении его в состав силикатного кирпича.

Для исследования использовались крупнотоннажные твердые отходы Кунградского содового за-

вода (ТОСП) - шламы дистиллерной суспензии, отсевы карбонатного сырья, отходы гашения извести, содержащих (масс, %): SiO_2 – 1,45, CaO – 45,56, MgO – 3,83; Na_2O – 1,68; SO_3 – 0,6.

Приготавливали образцы из соответствующего известково-кремнеземистого вяжущего с добавкой различного количества тонкодисперсного ТОСП и заполнителя из барханного песка. Заполнителем служил барханный песок Ургенчского месторождения. Составы силикатной массы менялись в широких пределах: от 6 до 20 % CaO акт.

Из силикатных смесей формовали образцы размером 50х50х50 мм при удельном давлении прессования – 20 МПа. Контрольные образцы изготавливались из молотой извести и кварцевого песка по той же методике.

Запаривание этих образцов осуществляли в лабораторном автоклаве. Режим запаривания: 2+8+2 часа при 0,8 МПа. Часть образцов испытывали через сутки после автоклавной обработки, а другую часть - после хранения в различных условиях при нормальной температуре в течение трех месяцев.

Физико-механические характеристики силикатных материалов определяли по ГОСТ 379-95, 7025-91, 8462-85.

В табл.1. приводятся данные исследования, характеризующие формовочную влажность силикатной массы, прочность при сжатии, среднюю плотность и водопоглощение автоклавированных силикатных образцов.

Таблица 1.

Зависимость свойств силикатных образцов от активности силикатных смесей (CaO акт) и содержания ТОСП

Номер пробы	Свойства силикатных образцов	Показатели свойств силикатных образцов						
		Активность смеси ($\text{CaO}_{\text{акт}}$), %						
		6	8	10	12	14	16	20
Проба №1, без добавки ТОСП	Предел прочности при сжатии, МПа	9,2	17,7	17,3	17,9	18,1	20,4	21,9
	Формовочная влажность, %	10,0	11,0	11,5	12,6	13,0	14,8	16,0
	Средняя плотность, г/см ³	1,80	1,90	1,96	2,00	1,96	1,98	1,97
	Водопоглощение, %	11,8	9,7	9,6	8,2	10,4	10,6	10,9
Проба №2, с ТОСП 10 %	Предел прочности при сжатии, МПа	12,8	23,8	25,3	26,4	26,7	27,2	29,6
	Формовочная влажность, %	10,5	11,9	11,6	12,6	13,5	14,6	15,6
	Средняя плотность, г/см ³	1,82	1,92	1,99	1,94	1,95	1,93	1,90
	Водопоглощение, %	10,8	9,2	9,3	8,1	9,1	11,2	10,9
Проба №3, с ТОСП 20 %	Предел прочности при сжатии, МПа	18,2	28,2	29,4	32,3	30,7	30,1	29,8
	Формовочная влажность, %	10,8	12,0	12,0	12,5	14,0	15,3	16,0
	Средняя плотность, г/см ³	1,84	1,97	1,98	1,93	1,87	1,88	1,89
	Водопоглощение, %	9,7	9,0	8,8	8,5	8,0	11,5	13,6
Проба №4, с ТОСП 30 %	Предел прочности при сжатии, МПа	19,0	26,4	27,3	26,1	25,7	24,2	23,0
	Формовочная влажность, %	10,9	11,8	12,7	13,3	14,2	16,0	18,0
	Средняя плотность, г/см ³	1,87	1,94	1,99	2,02	1,89	1,87	1,85
	Водопоглощение, %	9,5	9,5	8,5	8,7	9,2	8,3	14,6
Проба №5, с ТОСП 40 %	Предел прочности при сжатии, МПа	19,5	25,9	24,4	23,4	22,2	20,9	20,5
	Формовочная влажность, %	11,0	12,0	13,7	15,3	18,6	19,0	20,4
	Средняя плотность, г/см ³	1,96	1,96	1,98	1,94	1,90	1,82	1,80
	Водопоглощение, %	9,2	9,9	12,2	11,7	11,7	14,8	14,4

Как видно из результатов исследований с увеличением активности силикатной смеси прочность образцов возрастает, причем введение ТОСП повышает среднюю плотность в меньшей степени, чем увеличивается прочность автоклавированных образцов. Средняя плотность и прочность силикатных материалов на основе композиционных известково-кремнеземистых вяжущих не находятся в прямой зависимости от количества вводимого тонкомолотого ТОСП. Одновременно наблюдается уменьшение водопогло-

щения. Чрезмерное увеличение содержания вяжущего любого состава приводит к снижению средней плотности и росту водопоглощения, а интенсивность роста прочности заметно убывает.

Формовочная влажность всех образцов с увеличением содержания ТОСП и активности силикатной смеси повышается прямо пропорционально.

Изменение прочностных показателей автоклавированных образцов, испытанных на следующие сутки после запаривания и при хранении в различных условиях в течение трех месяцев, показано в табл. 2.

Таблица 2.

Зависимость предела прочности при сжатии от активности силикатной смеси при хранении в различных условиях

Вид хранение	Активность силикатной смеси, %						
	6	8	10	12	14	16	20
	Предел прочности на сжатие, МПа						
Проба №1 - без добавки ТОСП							
После автоклава	9,2	17,7	17,3	17,9	18,1	20,4	21,9
Воздушное	11,0	18,1	19,0	19,6	20,2	21,8	23,6
Воздушно-влажностное	8,5	11,9	12,1	15,0	16,8	18,1	17,8
Водное	7,0	10,4	11,8	12,4	13,2	16,0	16,9
Проба №2 - с добавкой ТОСП 10 %							
После автоклава	12,8	23,8	25,3	26,4	26,7	27,2	29,6
Воздушное	14,3	25,5	26,3	28,9	29,8	30,6	32,8
Воздушно-влажностное	10,6	11,5	12,3	14,4	18,1	21,5	22,9
Водное	9,3	11,4	11,8	12,8	13,6	15,9	14,8
Проба №3 - с добавкой ТОСП 20 %							
После автоклава	18,2	28,2	29,4	32,3	30,7	30,1	29,8
Воздушное	19,8	30,0	32,4	34,2	38,2	40,0	40,8
Воздушно-влажностное	17,7	18,3	18,8	19,2	19,0	22,1	23,8
Водное	15,6	16,4	17,0	18,1	18,8	11,9	10,7
Проба № 4 - с добавкой ТОСП 30 %							
После автоклава	19,0	26,4	27,3	26,1	25,7	24,2	23,0
Воздушное	20,4	28,8	30,6	29,0	29,3	27,9	26,0
Воздушно-влажностное	18,5	17,2	17,9	18,8	19,0	20,4	19,5
Водное	16,4	16,5	18,7	18,9	18,8	17,8	17,2
Проба №5 - с добавкой ТОСП 40 %							
После автоклава	19,5	25,9	24,4	23,4	22,2	20,9	20,5
Воздушное	20,5	28,8	26,3	25,8	25,7	24,9	24,7
Воздушно-влажностное	16,9	16,6	16,1	17,4	16,9	17,0	15,8
Водное	16,8	16,4	16,0	16,8	16,0	16,2	16,4

Как видно из представленных данных, прочность силикатных образцов, приготовленных на основе композиционного ТОСП содержащего известково-кремнеземистого вяжущего при хранении в различных условиях, значительно повышается. Характерно, что для низко активных смесей наибольшее повышение прочности получено на вяжущем содержащем 40% добавки ТОСП. В целом наилучшие результаты были получены при использовании вяжущих с добавкой ТОСП в количестве 20 - 30%.

Введение в состав силикатной смеси тонкодисперсных карбонатных пород ранее рассматривалось, как инертная добавка и повышение прочности силикатных материалов при её введении связывалось

лишь с увеличением его средней плотности в результате уплотняющего действия микронаполнителя на структуру материала [3,4].

Сравнивая полученные результаты, сделан вывод, что увеличение прочности автоклавированных образцов с добавкой ТОСП не находится в прямой зависимости от средней плотности и в значительной мере определяется составом вяжущего. При правильном применении их они выполняют роль активных добавок, модифицирующих структуру силикатного кирпича и благоприятно влияющих на его строительно-технические свойства.

Таким образом, исследованиями физико-механических свойств образцов на основе композиционного ТОСП содержащего известково-кремнеземистого вя-

жущего, установлена зависимость прочности от активности силикатных масс. Наибольшее увеличение

прочности наблюдалось при применении вяжущего с добавкой 20 и 30% ТОСП.

Список литературы:

1. Джандуллаева М.С., Атакузиев Т.А. Изучение продуктов взаимодействия твердых отходов содового производства с известково-кремнеземистой смесью при автоклавной обработке // Химическая технология. Контроль и управление. –Т.: - 2016. – №6. – С. 8-13.
2. Ёкубов У.А., Атакузиев Т.А., Толипов Н.Х. Отходы содового производства интенсификаторы твердения и составляющая многокомпонентных цементов // Химическая технология. Контроль и управление. –Т.: - 2009. – № 5. – С. 18-23.
3. Кржеминский С.А., Рогачева О.И. Сравнительная эффективность различных тонкодисперсных добавок и степени уплотнения известково-кремнеземистых материалов автоклавного твердения // Сб.трудов РОСНИИМС. – 1956. – №10. –С. 101-106.
4. Пантелеев А.С. Карбонатные вяжущие вещества // Сб. трудов по химии и технологии силикатов. Промстройиздат. – 1957. – С. 216.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

Махмудова Надыра Абдукадыровна

канд. техн. наук, профессор, кафедра «Технология строительных материалов, изделий и конструкций»,
Ташкентский архитектурно-строительный институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: chemenguz@gmail.com

Бабакулова Нилуфар Бахрамджановна

старший преподаватель, кафедра «Технология строительных материалов, изделий и конструкций»,
Ташкентский архитектурно-строительный институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Муминова Нилуфар Абдулла кизи

магистр, кафедра «Технология строительных материалов, изделий и конструкций»,
Ташкентский архитектурно-строительный институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

ECONOMIC AND ECOLOGICAL ASPECTS OF USING SECONDARY AND RAW MATERIAL RESOURCES

Nadyra Makhmudova

Candidate of Technical Sciences, Professor, Chair of "Technology of Engineering Materials, Products and Constructions", Tashkent Institute of Architecture and Construction, Uzbekistan, Tashkent

Nilufar Babakulova

Senior Lecturer, Chair of "Technology of Engineering Materials, Products and Constructions", Tashkent Institute of Architecture and Construction, Uzbekistan, Tashkent

Nilufar Muminova

Master's Degree, Chair of "Technology of Engineering Materials, Products and Constructions", Tashkent Institute of Architecture and Construction, Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся сведения о современных методах и перспективах развития переработки вторичных ресурсов. Также в статье приводятся результаты сопоставления коэффициента качества и химического состава щелочных шлаков АПО «Узметкомбинат», рассматриваемых как основное техногенное сырье при производстве строительных материалов в регионе. В статье приводятся примеры современных методов переработки фосфогипса, вторичного материала предприятия АО «АммофосМаксам», разработанного отечественными исследователями.

ABSTRACT

In the article information about modern methods and prospects for the development of recycling of secondary resources is provided. The article also presents results of the comparison of the quality factor and the chemical composition of alkaline slags of the Uzmetkombinat APO considered as the main industrial raw material in the production of building materials in the region. Examples of modern methods for the processing of phosphogypsum, secondary material of AmorphosMaxam JSC, developed by domestic researchers are presented.

Ключевые слова: шлам, вторичное сырье, гипсодержащие отходы.

Keywords: sludge; secondary raw materials; gypsum-containing waste.

Рациональное решение проблемы промышленных отходов зависит от ряда факторов: вещественного состава отходов, их агрегатного состояния, количества,

технологических особенностей и т. д. Наиболее эффективным решением проблемы промышленных отходов

является внедрение безотходных технологий в производство. Разработка безотходных производств осуществляется за счет принципиального изменения технологических процессов, а также систем с замкнутым циклом, обеспечивающих многократное использование минерального сырья. При комплексном использовании сырьевых материалов промышленные отходы одних производств являются исходными сырьевыми материалами для других. Важность комплексного использования сырьевых материалов можно рассматривать в нескольких аспектах. Во-первых, утилизация отходов позволяет решить задачи охраны окружающей среды, освободить ценные земельные угодья, занимаемые под отвалы и шламохранилища, устранить вредные выбросы в окружающую среду. Во-вторых, отходы в значительной степени покрывают потребность ряда перерабатывающих отраслей в сырье. В-третьих, при комплексном использовании сырья снижаются удельные капитальные затраты на единицу продукции и уменьшается срок их окупаемости.

Решение вопросов экономии и рационального использования материальных ресурсов заключается прежде всего в реализации имеющихся резервов, возникновение и возрастание которых обусловлено непрерывным повышением уровня развития науки, техники, технологии, экономики и организации производства.

Одно из наиболее перспективных направлений утилизации промышленных отходов – это использование их в строительстве и производстве строительных материалов, что позволяет до 40% снизить расходы материальных ресурсов, используемых в производстве, без ухудшения качественных характеристик.

Одним из альтернативных источников сырья для строительного комплекса являются гипсосодержащие отходы, которых в странах СНГ уже накоплено сотни миллионов тонн в различном виде и состоянии: фосфогипс, фосфополугидрат, борогипс, фторогипс,

цитрогипс и другие. Работа предприятий по производству минеральных удобрений сопровождается образованием крупнотоннажных отходов, объем которых достигает десятков миллионов тонн. Наиболее многотоннажным из них является фосфогипс дигидрат, содержащий в составе более 80-90% двухводного гипса. Известно [2], что при производстве 1 тонны фосфорной кислоты образуется около 4,5 тонны тонкодисперсного влажного осадка техногенного гипса.

Современные методы утилизации фосфогипса, разработанные отечественными и зарубежными исследователями [1], подтверждают возможность широкого использования фосфогипса в качестве сырья для изготовления гипсовых вяжущих веществ.

Исследованиями установлено [2], что фосфорные руды различных месторождений отличаются по физическим и химическим свойствам в зависимости от минералогического состава, структуры, содержания примесей. Также данные исследования показали, что фосфориты – это осадочные породы, содержащие помимо фосфата кальция примеси силикатных и алюминатных соединений, кварца, кальцита и др.

На предприятии АО «АммофосМаксам» фосфорная кислота экстрагируется методом сернокислотного разложения фосфоритной муки с осаждением сульфата кальция в виде дигидрата ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Внешний вид фосфогипса АО «АммофосМаксам» – легкокомкающийся материал серого цвета. Гранулометрический состав представлен в основном фракциями 1,6-0,4 и 0,16-0,1 мм. Удельный вес фосфогипса, высушенного в естественных условиях, составляет 2,34-2,36 г/см³.

Вещественный состав и структура фосфоритов разнообразны. Широко развиты фосфатно-карбонатные и фосфатно-кремнистые формы, содержащиеся в фосфоритной руде.

Таблица 1.

Химический состав фосфогипса «Аммофос Максам», %

№ проб	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ раст.	Na ₂ O	п.п.п	Σ
1	10,07	0,84	0,30	33,10	0,44	46,24	1,34	0,44	0,15	6,85	99,77
2	8,86	0,91	0,61	31,91	0,5	44,37	1,04	0,55	0,18	10,11	99,04

Химический анализ показывает (табл. 1), что вещественный состав довольно постоянен и в основном состоит из двухводного гипса с примесью кремнезема

и незначительного количества P₂O₅, MgO, соединений алюминия и железа. Расчетное количество двухводного гипса составляет 91-95%.

Таблица 2.

Результаты химического анализа исходных добавок

Наименование	Содержание оксидов в %, на воздушно-сухое вещество										
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п.	Сумма
Известняк Джизакский	1,55	0,03	0,60	0,14	-	0,6	53,4	0,04	0,06	42,25	98,67
Шлак Алмалыкского ГМК	31,72	0,36	6,18	52,04	-	3,20	3,36	0,54	2,26	-	99,66
Шлак АПО «Узметкомбинат»	20,11	—	7,25	16,12	4,30	14,20	36,07	0,1	0,2	1,25	99,5

Рисунок 1. Рентгенограмма известняка Джизакского месторождения

На рентгенограммах Джизакского известняка (рис. 1) наблюдаются основные линии $d=0,302$; $0,208$; $0,208$; $0,190$; $0,186$ нм, соответствующие карбонату кальция. Результаты химического, дифференци-

ально-термического (рис. 2) и рентгенофазового анализов показывают, что Джизакские известняки в основном состоят из кальцита с незначительным содержанием кремнезема.

Рисунок 2. Дифференциально-термические кривые Джизакского известняка

Результаты химического анализа (табл. 2) показывают, что шлаки в своем составе содержат такие основные соединения, как SiO_2 ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3 ; CaO ; MgO ; MnO и другие. Из литературных данных известно [3], что вышеуказанные соединения являются основными компонентами, используемыми для производства строительных материалов. Рентгенофазовый анализ показал, что шлаки в основном состоят из оккermanита $2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$, смешанного во всех отношениях с галенитом $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2$, образуя серию твердых растворов. Мелилиты – минерал, образующийся в доменных шлаках в широком диапазоне смешанных растворов с межплоскостными расстояниями $d = 0,442$; $0,371$; $0,306$; $0,239$; $0,229$; $0,177$; $0,175$; $0,157$ - $0,154$ нм; мервинита $3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ с межплоскостными расстояниями $d = 0,292$ - $0,284$; $0,281$ - $0,273$; $0,274$ - $0,276$; $0,241$; $0,226$ - $0,220$; $0,203$;

$0,190$ - $0,190$ нм; вюсита $d = 0,253$ - $0,247$; $0,219$ - $0,214$; $0,153$ - $0,151$ нм, также наблюдаются линии четырехкальцевого алюмоферрита C_4AF $d = 0,724$; $0,195$ - $0,192$; $0,184$ - $0,182$; $0,153$ нм.

Известно, что мелилиты в доменных шлаках кристаллизуются преимущественно в виде коротких призм, в результате чего оптический знак минерала и знак главной зоны, как правило, противоположны. Оккermanит практически может содержаться во всех доменных шлаках и кристаллизуется в основном в виде коротких призм и табличек с коэффициентами светопреломления $n = 1,633$; $n_0 = 1,631$.

Мервинит – $3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ – образуется в доменных шлаках. По структуре представляют собой тонкую смесь очень мелких зерен, в основном карбоната кальция и глинистых частиц.

Рисунок 3. Рентгенограмма шлаков АГМК и «Узметкомбинат»

В зависимости от значения коэффициента качества и химического состава доменные шлаки подразделяются на различные сорта.

Рентгенографические исследования показывают близкую кристаллическую структуру изучаемых проб фосфогипса. На рентгенограммах (рис. 3) в основном наблюдаются линии дифракционных максимумов двухводного гипса со значениями межплоскостных расстояний $d = 0,755; 0,429; 0,375; 0,304; 0,286; 0,189$ нм; также наблюдаются линии кварца, составляющие основную массу примесей $d = 0,333; 0,244; 0,221; 0,180$ нм.

Таким образом, химический, дифференциально-термический и рентгенофазовый анализы показывают, что Джизакские известняки в основном состоят из кальцита с незначительным содержанием кремнезема, что делает его привлекательным сырьем для производства минеральных вяжущих веществ. Также результаты сопоставления коэффициента качества и химического состава шлаков АПО «Узметкомбинат» показывают, что они относятся к основным шлакам, также делая их перспективным сырьем для производства шлакощелочных вяжущих.

Список литературы:

1. Волков П.Г. Гидратация и твердение вяжущих // Тез. докл. и сообщ. IV Всесоюз. совещ. по гидратации и твердению цемента. – Львов: Изд. ЛГУ, 1981. – 332 с.
2. Долгорев А.Б. Вторичные сырьевые ресурсы в производстве строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1990. – С. 212.

РЕАКЦИЯ М-ФЕРРОЦЕНИЛБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ С ТИОМОЧЕВИНОЙ**Отахонов Кобулжон Кахрамонович***преподаватель кафедры химии, Андижанский государственный университет.
Узбекистан. Андижан***Аскарров Ибрагим Рахманович***д-р хим. наук, профессор кафедры химии, Андижанский государственный университет.
Узбекистан. Андижан***Исаев Юсуп Тожиаматович***к.х.н., заведующий кафедрой химии, Андижанский государственный университет.
Узбекистан. Андижан***Хожиматов Махсад Муйдинович***PhD по химии, старший преподаватель кафедры химии, Андижанский государственный университет.
Узбекистан. Андижан***REACTION OF M-FERROCENYL BENZOIC ACID WITH THIOUREA****Qobul Otakhonov***Senior teacher of the department of Chemistry, Andijan State University, Uzbekistan, Andijan***Ibragim Askarov***Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Chemistry, Andijan State University,
Uzbekistan, Andijan***Yusup Isaev***PhD, Head of the Department of Chemistry, Andijan State University,
Uzbekistan, Andijan***Makhsad Khozhimatov***PhD, Senior teacher of the department of Chemistry, Andijan State University,
Uzbekistan, Andijan***АННОТАЦИЯ.**

В статье приводятся сведения о роли, значении ферроцена и его производных, а также о тиомочевине, описывается синтез нового тиамида производного *m*-ферроценилбензойной кислоты, его спектральные данные. Предложена технологическая схема получения этого соединения.

ABSTRACT

The article provides information about the role, value of ferrocene and its derivatives, as well as thiourea, describes the synthesis of a new thioamide derivative of *m*-ferrocenylbenzoic acid, its spectral data. A flow chart for the preparation of this compound is proposed.

Ключевые слова: ферроцен, биостимуляторы, тиомочевина, *m*-ферроценилбензойная кислота, технологическая схема.

Keywords: ferrocene, biostimulants, thiourea, *m*-ferrocenylbenzoic acid, technological scheme.

После открытия ферроцена в 1951 году синтезированы многочисленные его соединения с широким спектром биологической активности. Некоторые ферроценсодержащие соединения нашли применение в производстве синтетических моющих средств, антидетонаторов, комплексонов и др. Производные

ферроцена, содержащие золото предложены для использования в нанотехнологии [1,2].

На протяжении ряда лет нами синтезировано большое число производных ферроцена, в том числе ферроценилбензойные кислоты и ферроценилфе-

нолы. Некоторые из этих соединений нашли применение в медицине (клеевые композиции для хирургии, антианемические препараты) и сельском хозяйстве (стимуляторы роста и развития хлопчатника, пшеницы, бобовых) [3,4].

Как известно, тиомочевина используется в органическом синтезе, получении лекарственных препаратов, фунгицидов. Тиомочевину можно использовать как удобрение и стимулятор для растений. Тиомочевину получают в основном двумя сравнительно удобными способами [5].

Ранее нами синтезированы соединения *m*-ферроценилбензойной кислоты с мочевиной и показана их биологическая активность [6]. С целью получения более доступных и биологически активных тиамидных производных *m*-ферроценил-бензойной кислоты, которая проявляет свойства стимулятора роста хлоп-

чатника, нами проведена реакция этой кислоты с тиомочевинной. Реакцию проводили методом диазотирования.

Полученную смесь, образовавшуюся в результате реакции разделили колоночной хроматографией. Выход основного вещества – 1'-(3-карбоксифенил)-1-дитиаамидферроцена (I) составил 95% от общего выхода. Строение этого соединения охарактеризованы с помощью ИК-спектров. Так, в ИК-спектре этого соединения имеется характерные полосы поглощения в области 1000 и 1104 см⁻¹, относящиеся к валентным колебаниям замещенного цикlopентадиенильного кольца в замещенном ферроценовом остатке. Полоса поглощения при 1269 см⁻¹ свидетельствует о наличии -C(S)-групп, при 814 и 1230 см⁻¹ фенильной группы, полоса при 3428 см⁻¹ подтверждает наличие -NH- группы. По данным ИК спектроскопического анализа можно предположить, что реакция протекает по следующей схеме:

Результаты элементного анализа полученных соединений

№ соед.	Брутто-формула	Fe, %		Т.пл., °C
		Найд.	Выч.	
I	C ₁₈ H ₁₅ FeNSO ₂	15.2	15.34	102-103
II	C ₁₈ H ₁₅ FeNSO ₂	15.2	15.34	145-146
III	C ₁₉ H ₁₆ FeN ₂ S ₂ O ₂	13.1	13.2	131-132
IV	C ₃₅ H ₂₆ Fe ₂ SO ₄	8.5	8.56	110-111

Строение 1'-(3-карбоксифенил)-1-дитиаамидферроцена анализировали и с помощью хромато-масс-спектрологии. Основной пик с *m/z* 419,391 относится к депротонированным тиамидным группам.

На основе проведенных экспериментов создана технологическая схема синтеза 1'-(3-карбоксифенил)-1-дитиаамидферроцена, приведенная на рисунке.

Рисунок Технологическая схема получения 1'-(3-карбоксифенил)-1-дитиоамидферроцена

1. Реактор 2. *м*-Аминобензой кислота 3. Ёмкость для нитрита натрия 4. Ёмкость для реактива нейтрализации 5. Соляная кислота. 6. Реактор 7. Ёмкость для тиомочевины 8. Фильтрат. 9. Прибор для разделения. 10. Ёмкость для дистиллированной воды 11. Ёмкость для гидроксида натрия. 12. Прибор для присадки. 13. Соляная кислота.

Таким образом, в результате проведенных работ создана технологическая схема получения 1'-(3-карбоксифенил)-1-дитиоамидферроцена.

Экспериментальная часть

Температуру плавления определяли на приборе SMP10 (Германия), ИК спектры записаны на спектрометре PerkinElmer Spectrum (Версия 10.4.2), масс-спектры зарегистрированы на жидкостном хромато-масс-спектрометре PerkinElmer AxION 2 TOF MS.

Реакция *м*-ферроценилбензойной кислоты с тиомочевинной. В трёхгорлую круглодонную колбу, вместимостью 500 мл, оснащённую перемешивающим устройством и капельной воронкой, поместили 0,76 гр (0,01 моль) тиомочевины (растворённой в 50 мл воды), к нему добавили 25 гр льда, 10 мл концентрированной соляной кислоты. Колбу поместили в ледяную баню. Смесь интенсивно перемешивали при температуре -5°C. Посредством капельной воронки в течение 20 минут в смесь по каплям добавили диазо-

тирующий раствор (3,45 г нитрита натрия, растворённого в 50 мл воды). Затем ледяная баня была заменена водяной баней. В реакционную колбу добавляли 3,306 г (0,01 моль) *м*-ферроценилбензойной кислоты, растворённой в 100 мл диэтилового эфира, затем реакционную смесь перемешивали при температуре 34-35 °C в течении 3,5 часов. После окончания реакции содержимое колбы была перенесена в делительную воронку. Водную часть отделили от эфирной, органическая часть была экстрагирована насыщенным раствором гидрокарбоната натрия порциями по 50 мл. Щелочные вытяжки и водную часть объединили и нейтрализовали 5% раствором соляной кислоты. 1'-(3-карбоксифенил)-1-дитиоамидферроцен – вещество бурого цвета. Выход 2,2 г (52% по *м*-ферроценилбензойной кислоте). Т.пл. = 102-103 °C.

В качестве побочных продуктов выделены три вещества с выходом по *м*-ферроценилбензойной кислоте 0,24%, 0,16%, 0,13% для II, III, IV, соответственно.

Список литературы:

1. Леменовский Д.А., Левицкий М.М. // Российский химический журнал (журнал Российского химического общества им. Д.И.Менделеева). — 2000. — Т. XLIV, вып.6. — С. 63-86.
2. Дядченко В.П. Стратегия синтеза производных ферроцена и золота с каламитической структурой. //Автореф. дисс.... д-ра хим. наук.— Москва: МГУ. 2012. - 35 с..
3. Аскаров И.Р. Производные ферроцена: монография. - Фергана.: 1999. – 100 с.
4. Хожиматов М.М. Синтез производных ферроцена и метилолмочевины и их классификация. //Дисс. ... д-ра филос. по химии. Фергана. ФерГУ, 2018. – 97 с.
5. Химическая энциклопедия. М: БРЭ, 1995. Том 4. – С.1139.
6. Аскаров И.Р., Хожиматов М.М. Реакция *п*-ферроценилфенола с монометилолмочевинной // Universum: технические науки. - 2017. - № 11 (44). Дата обращения 25.11.2017.

ОЧИСТКА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТИОМОЧЕВИНО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С АЦЕТАТАМИ МЕДИ, ЦИНКА И КОБАЛЬТА

Исаков Хаятулла

канд. техн. наук, доцент кафедры химии, Андижанский государственный университет,
Узбекистан, г. Андижан

Аскарров Ибрахим Рахманович

д-р хим. наук, профессор кафедры химии, Андижанский государственный университет,
Узбекистан, г. Андижан

Усманов Султон

д-р техн. наук, профессор, заведующий лабораторией, АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова»,
Республика Казахстан, г. Алматы

CLEANING OF EXHAUST GAS IN MANUFACTURE OF THIOUREA FORMALDEHYDE COMPOUNDS WITH COPPER, ZINC AND COBALT ACETATES

Hayatulla Isakov

candidate of technical sciences, associate professor of chemistry, Department of Chemistry, Andijan State University,
Uzbekistan, Andijan

Ibrahim Askarov

doctor of Chemical Sciences, Professor, Department of Chemistry, Andijan State University,
Uzbekistan, Andijan

Sulton Usmanov

doctor of technical sciences, professor, head of laboratories, JSC AB Bekturov Institute of Chemical Sciences,
Kazakhstan, Almaty

АННОТАЦИЯ

В статье преследовалась цель обобщить процессы улавливания пыли и формальдегида в производстве мочевино- и тиомочевино-формальдегидных соединений с добавками ацетатов меди, цинка и кобальта. А также установить оптимальный режим этих процессов и разработать рациональную принципиальную схему и конструкцию аппаратуры, с помощью которой можно осуществлять комплексную очистку пыли и формальдегида с возвратом их в технологический процесс.

ABSTRACT

In the article the processes of dust and formaldehyde catching in the production of urea- and thioureaformaldehyde compounds with addition of copper, cobalt and zinc acetates were generalized. Optimal regime of these processes was given and a technological scheme and equipment for complex purification with dust and formaldehyde recycle were proposed.

Ключевые слова: монометилтиомочевина, ацетаты меди, цинка, кобальта, формальдегид, конденсация, очистка, технологическая схема.

Keywords: monomethylthiourea, copper acetates, zinc, cobalt, formaldehyde, condensation cleaning, technology system.

Задача наших исследований – обобщить процессы улавливания пыли и формальдегида в производстве мочевино- и тиомочевино-формальдегидных соединений с добавками ацетатов меди, кобальта и цинка, установить оптимальный режим этих процессов и разработать рациональную принципиальную

схему и конструкцию аппаратуры, с помощью которой можно осуществлять комплексную очистку пыли и формальдегида с возвратом их в технологический процесс.

В процессе получения мочевино- и тиомочевино-формальдегидных соединений в виде сухих продук-

тов можно использовать аппараты БГС, распылительные сушилки, аппараты с псевдооживленным слоем. При этом во всех случаях происходит пылеунос и выделение паров формальдегида в газовую фазу.

В.И. Левш, Н.И. Кушнер [5] приводят результаты исследования улавливания мелкодисперсных пылей в аппаратах с псевдооживленной насадкой.

В [2] авторы предлагают в производстве мочевино-формальдегидных удобрений после аппарата БГС для улавливания пыли применять прямоточный аппарат с плавающей насадкой в режиме восходящего прямотока, а для улавливания формальдегида – абсорбер на провальных шариковых тарелках в режиме динамической пены.

В.Г. Синолицкий [6], Т. Тогатаев [7] испытывали процессы улавливания пыли и формальдегида соответственно в производстве мочевино-формальдегидных удобрений и стимуляторов роста растений на основе монометилтиомочевинных и ацетатов меди, цинка и кобальтана проточном скруббере с витающей кольцевой насадкой и противоточном скруббере с провальными тарелками в режиме динамической пены.

В зависимости от характера продукта применяли различные типы аппаратов для сушки. Если продукт

получается в виде удобрения, его сушат и гранулируют преимущественно в аппаратах БГС, если в виде порошка, то его сушат в аппаратах кипящего слоя или распылительных сушилках. При оптимальных условиях ведения процесса получения сухих продуктов (мочевино-формальдегидных соединений) на всех сушильных и сушильно-грануляционных аппаратах содержание пыли в газах после них составляет 170-300 мг/м³, а размер частиц пыли находится в интервале 0,8-5,1 мкм, в том числе от 2,0 до 5,1 мкм – 66%, от 0,8 до 1,3 мкм – 30% и менее 8 мкм – 4%. Формальдегида в выхлопных газах содержится 0,2-0,35 г/м³.

Запыленность газа определяли по методике [1], содержание формальдегида в газе – по методике [3].

В процессе получения тиомочевино-формальдегидных соединений с ацетатами цинка, меди и кобальта в составе отходящих газов содержится мелкодисперсная пыль продукта и формальдегид [4]. В данной статье приведены результаты исследования по изучению состава пыли, содержащей целевой продукт, и формальдегида в опытно-промышленных условиях.

В табл. 1 приведены данные запыленности газового потока после распылительной сушилки. Измерения производили с помощью импактора конструкции НИИОгаз.

Таблица 1.

Общий фракционный состав пыли после распылительной сушилки

NN n/n	Название соединения	Общая запыленность, мг/м ³	Фракционный состав пыли	
			Размер частиц аэрозоля, мкм	Массовая доля частиц, %
1.	$\text{NH}_2\text{CSNHCH}_2\text{OH} \cdot \text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	180	5,1	19,7
			3,4	14,3
			2,7	13,9
			2,0	10,3
			1,3	9,2
			0,8	4,5
			0,8	0,6
2.	$\text{NH}_2\text{CSNHCH}_2\text{OH} \cdot \text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	190	5,1	18,4
			3,4	15,5
			2,7	12,2
			2,0	10,6
			1,3	12,2
			0,8	11,8
			0,8	0,4
3.	$\text{NH}_2\text{CSNHCH}_2\text{OH} \cdot \text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	170	5,1	13,8
			3,4	17,5
			2,7	8,2
			2,0	8,0
			1,3	15,9
			0,8	21,1
			0,8	0,9
			0,7	19,1

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в составе пыли стимуляторов роста растений преобладают мелкодисперсные частицы размером 0,8 до 5 мкм, эффективным способом улавливания которых

является применение скоростного прямоточного скруббера с витающей кольцевой насадкой (ВН).

В задачу данных исследований входило определение гидродинамического сопротивления аппарата

ВН и определение оптимальных технологических параметров пылеулавливания. Исследования проводили на опытном пылегазоулавливающем аппарате (рис.1) на вентиляционном участке УзКТЖМ.

Опытный газопылеулавливающий аппарат (рис.1) состоит из прямооточного скруббера с вращающейся кольцевой насадкой (1), диаметром 350 мм и высотой 1200 мм. Верхняя часть аппарата снабжена сепаратором (2) инерционного типа, диаметром 800 мм и высотой 500 мм, внутри которого установлена сетка, предотвращающая брызгоунос и выброс насадки. В нижней части аппарата расположен шламосборник (3) объемом 2,0 м³, к которому поступает из сепаратора шлам содержащая жидкость. Чистая вода поступает на подпитку через вентиль (4). После отстаивания шлама осветленная вода с помощью насоса (5) подается на орошение колонны. Расход осветленной жидкости регулируется вентилем (6) по показаниям расходомера (7).

Полученная суспензия (шлам) периодически возвращается в технологический цикл через вентиль (8). Воздух в аппарат подавался центробежным вентилятором высокого давления (9), производительностью 4÷5 тыс.м³ и напором до 400 мм вод.ст.

В нижней части рабочей зоны аппарата (1) установлена решетка рационально-колосникового типа (10), живым сечением 50%, на которой расположен слой насадки (11) высотой 200-250 мм. В качестве насадки использованы резиновые кольца размером 40х40 мм. Жидкость на орошение колонны подавалась компактной струей через патрубок (12) в центральную часть тарелки, распределение жидкости по сечению аппарата осуществлялось за счет движения насадки.

Рисунок 1. Двухступенчатый абсорбер пылегазоочистки с плавающей насадкой в производстве мочевино- и тиомочевино-формальдегидных соединений

В аппарате имеется замкнутая система циркуляции, что позволяет достичь необходимой концентрации пыли в суспензии для последующей утилизации. Подача пыли в аппарат осуществлялась пылепитателем (13). Отбор проб производили непосредственно в воздуховоде (14) и после (15) пылеулавливающего аппарата (1). Продолжительность отбора проб зависела от степени запыленности воздуха и длилась 10-30 минут.

Определение запыленности воздуха проводили с помощью аэрозольного фильтра марки АФА-В-18 и электроасpirатора согласно методике (120-172). Для определения привеса пыли фильтр взвешивали до и после анализа на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Зная привес пыли G , запыленность воздуха определяли по формуле:

$$G = G/V$$

Количество воздуха, пропущенного за время опыта через фильтр и приведенного к нормальным условиям, вычисляли по уравнению

$$V_H = V_p \cdot \tau \sqrt{\frac{P_k}{P_H} \cdot \frac{273}{760} \cdot \frac{(\beta - P_p)}{(273 + t_p)}}$$

где: P_p – разряжения у расходомера, мм рт.ст.; V_H – объем воздуха, отобранного во время замера, м³; V_p , м³ – объемная скорость всасываемого воздуха м³ определялась микроанометром; $\frac{m^3/c}{t}$ – время эксперимента, с.; P_k – плотность воздуха при калибровке расходомера, кг/м³; P_H – плотность воздуха при термальных условиях, кг/м³; β – барометрическое давление, мм рт. ст.; t_d – температура у расходомера, °С.

Для определения степени поглощения формальдегида раствором мочевины отбор проб воздуха производили до и после колонны, протягивая газ электроасpirатором (19) через дрексельные склянки (18) в течение 5-10 минут. Концентрацию формальдегида в газовом потоке рассчитывали по результатам химического анализа на содержание уловленного формальдегида в дрексельных склянках и расхода через них газа, приведенного к нормальным условиям.

Опыт проводили при скорости воздуха 2-3 м/с, так как при скорости менее 2 м/с не создается динамическая пена, а при скорости более 3 м/с наблюдается существенный брызгоунос. Плотность орошения варьировалась в интервале (3-8) · 10⁻³ м/с при температуре 30-50 °С. Исследование процесса улавливания формальдегида из газовой смеси 30%-ным раствором тиомочевины проводили по следующей методике. Сначала в колонну подавали воздух и устанавливали его необходимую скорость. Затем подавали формальдегид из испарителя (7). Количество подаваемого формальдегида устанавливали по ротаметру (17). Через 3-5 мин. после установления постоянного положения поплавка ротаметра проводился отбор проб для определения начального содержания формальдегида в воздухе. Затем осуществляли оро-

шение колонны раствором тиомочевины и проводили отбор проб газовой смеси, выходящей из аппарата.

На рис.2 и 3 представлены зависимости количества поглощенного формальдегида от скорости газового потока (W) и плотности орошения (L) 30%-ным раствором тиомочевины при температуре 30 и 50°C.

Рисунок 2. Зависимость коэффициента поглощения формальдегида от плотности орошения (L)

1. $W=2,2 \text{ м/с}$;
2. $W=2,6 \text{ м/с}$;
3. $W=3,0 \text{ м/с}$.

Рисунок 3. Зависимость коэффициента поглощения формальдегида от скорости газового потока (W)

- 1,3 $L=7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;
- 2,4 $L=6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;
- 1,2 $T=30^\circ \text{C}$;
- 3,4 $T=50^\circ \text{C}$.

Проведенные исследования свидетельствуют, что степень поглощения формальдегида из газового потока увеличивается с увеличением газового потока и плотности орошения раствора тиомочевины, что объясняется увеличением слоя динамической пены в

аппарате, следовательно, увеличением времени абсорбционного поглощения формальдегида тиомочевинной.

Малое гидравлическое сопротивление проточного скруббера с провальной тарелкой (0,35-0,65 кПа) свидетельствует о перспективности его применения (рис.4).

Рисунок 4. Зависимость степени поглощения формальдегида от гидравлического сопротивления газожидкостного слоя скруббера

На основании эксперимента, проведенного в колонне с $L=300 \text{ мм}$ на системе «формальдегидный раствор – тиомочевина– воздух» в процессе поглощения, установлено, что применение раствора тиомочевины с концентрацией 30% масс позволяет обеспечить эффективную очистку газовых выбросов производства на основе низкомолекулярных тиомочевинно-формальдегидных соединений ацетатов меди, кобальта, цинка от формальдегида и может быть рекомендовано для промышленного внедрения. Высокая степень улавливания формальдегида (92%) водным раствором тиомочевины достигается при плотностях орошения противоточного скруббера $(3-6) \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ и скорости газового потока 3 м/с даже на одной провальной тарелке.

Таким образом, исследован процесс очистки отходящих газов после распылительной сушки при получении на основе низкомолекулярных тиомочевинно-формальдегидных соединений и ацетатов меди, кобальта, цинка от пыли продукта и формальдегида.

Установлено, что в прямоточном скруббере с вращающейся кольцевой насадкой при плотности орошения $(4,4-5,5) \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ и скорости газового потока 9-10 м/с достигается высокая степень улавливания пыли продукта, равная 97-99%. Определено, что высокая степень улавливания формальдегида в противоточном скруббере с провальной шаровой тарелкой водным раствором тиомочевины концентрацией 30% достигается при скорости газового потока 2,0-3,0 м/с и плотности орошения $(3-6) \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$.

Список литературы:

1. Базелин С.А. Практикум по физической и коллоидной химии. – М.: Просвещение, 1980. – 271 с.
2. Газоочистка в производстве мочевино-формальдегидных удобрений / В.И. Левш, С. Усманов, В.Г. Синолиций и др. // Узбекский химический журнал. – 1985. – № 2. – С. 50-56.
3. Губен-Вейль. Методы органической химии. Методы анализа. – М.: Гос. науч.-техн. издат. хим. лит., 1963. – 1032 с.
4. Исаков Х., Аскарлов И.Р., Усманов С. Исследование процесса получения стимуляторов роста растений на основе диметилполтиомочевины и ацетатов меди, кобальта и цинка в распылительной сушилке // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2017. – № 6 – С. 14-18.
5. Левш В.И., Кушнер Н.И. «Современные машины и аппараты химических производств». // Мат-лы 2-й Всесоюз. науч. конф. – Чимкент: Б. и., 1980. – С. 417-420.
6. Синолиций В.Г. Разработка безотходной технологии мочевино-формальдегидного удобрения: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Ташкент, 1985. – 30с.
7. Тогатаев Т. Разработка технологии стимуляторов роста растений на основе монометилполтиомочевины и ацетатов меди, кобальта и цинка: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Ташкент, 1993. – 30с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТИОМОЧЕВИНО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШИЛКЕ

Исаков Хаятулла

канд. техн. наук, доц. кафедры химии, Андижанский государственный университет,
Узбекистан, Андижан

Аскарлов Ибрахим Рахманович

д-р хим. наук, проф. кафедры химии, Андижанский государственный университет,
Узбекистан, Андижан

Усманов Султон

д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией, АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова»,
050010, Казахстан, г. Алматы

STUDY OF THE PROCESS DRYING OF INDIVIDUAL THIOUREA-FORMALDEHYDE COM- POUNDS IN THE SPRAY DRYER

Hayatulla Isakov

candidate of technical sciences, associate professor of chemistry, Department of Chemistry, Andijan State University
Uzbekistan, Andijan

Ibrahim Askarov

doctor of Chemical Sciences, Professor, Department of Chemistry, Andijan State University
Uzbekistan, Andijan

Sulton Usmanov

doctor of technical sciences, professor, head of laboratories, JSC AB Bekturov Institute of Chemical Sciences,
Kazakhstan, Almaty

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты исследований по получению тиомочевино-формальдегидных соединений в опытно-промышленных условиях, установлены оптимальные технологические параметры и условия очистки пылегазовой смеси.

Показано, что оптимальной для сушки является температура входящих газов 200-250°C и температура продукта 70-90°C. При этом образуются сыпучие порошкообразные продукты.

ABSTRACT

The results of studies on the preparation of thioureaformaldehyde compounds in experimental industrial conditions are given, the optimum technological parameters and conditions for cleaning the dust-gas mixture are established.

It is shown that the optimum drying temperature is the temperature of the incoming gases 200-250°C and the product temperature 70-90°C. In this case, free-flowing powdery products are formed.

Ключевые слова: монометилтиомочевина, диметилтиомочевина, метилентидиомочевина, тиомочевина, конденсация, очистка, улавливание газа, пыль продукта.

Keywords: monomethylthiourea, dimethylolthiourea, methylenedithiourea, methylene- dithiourea, thiourea, condensation, cleaning, gas trapping, product dust.

Координационные соединения солей микроэлементов с органическими лигандами являются эффективными стимуляторами роста и развития растений [1-2]. Одними из активных комплексообразующих лигандов являются амиды, такие как тиомочевина, монометилтиомочевина, диметилтиомочевина [3-4].

Амидная группа входит в качестве основного структурного элемента в состав большого числа природных биологически активных соединений [5]. Одними из таких амидных соединений являются тиомоче-

вино-формальдегидные соединения, которые образуются при взаимодействии тиомочевина и формальдегида.

Процесс получения тиомочевина-формальдегидных соединений (МтФС) включает ряд последовательных стадий. На первой стадии тиомочевина взаимодействует с формальдегидом при $\text{pH} > 7$ с образованием ряда производных: моно-, ди-, три-, тетра- (ММТ, ДММТ, ТММТ, ТетММТ).

На второй стадии в присутствии кислого катализатора идет процесс поликонденсации МММТ с тиомочевина с образованием производных тиомочевина: метилентитиомочевина (МДМТ); диметилентритиомочевина (ДМТМТ) и триметилентетратитиомочевина (ТМТМТ);

В литературе отсутствуют сведения об исследованиях процессов получения МтФС в промышленных условиях. На стадии сушки МтФС происходит

пылеунос и преобразование формальдегида в газовую фазу.

В связи с этим целью исследований была отработка в опытно-промышленных условиях оптимальных технологических параметров процесса получения МММТ, ДММТ, ТММТ, МДМТ и очистка пылегазовой смеси [6-9].

При этом ставилась задача изучить влияние технологических параметров процесса на состав готовых продуктов, определить количество и состав газовых выбросов после сушки.

Изучение процесса получения порошкообразных монометилентитиомочевина, диметилентитиомочевина, метилентитиомочевина проводили на опытной установке (рис. 1), основным узлом которой является распылительная сушилка. Раствор МтФС получали в обогреваемом баковом реакторе с размешиванием (1), следовательно, раствор поступает в напорную емкость (2), откуда самотеком через откалиброванный вентиль (3) раствор дозированно поступает в центральный диск распылительной сушилки (5). Скорость вращения диска 3000 об/мин варьировалась регулятором (6), контроль проводили посредством откалиброванного амперметра (7). Пульпы распылялись в аппарате с помощью диска до туманообразного состояния. Для сушки пульпы через кольцевое отверстие (8), расположенное в потолке сушилки, вводился теплоноситель – горячий воздух температурой 150-350°C, подаваемый в аппарат вентилятором (9) через калорифер (10). Температура воздуха фиксировалась потенциометром (11) и регулировалась регулятором температуры (12).

Рисунок 1. Схема опытной установки для получения индивидуальных тиомочевина-формальдегидных соединений:

1 – емкость для приготовления раствора МтФС, 2 – напорная емкость, 3 – вентиль, 4 – центральный диск, 5 – распылительная сушилка, 6 – регулятор, 7 – амперметр, 8 – кольцевое отверстие распылительной сушилки, 9 – вентилятор, 10 – калорифер, 11 – потенциометр, 12 – регулятор температуры, 13 – выходной патрубок, 14 – циклонный сепаратор, 15 – контейнер

За счет смешения горячего воздуха с распыленными пульпами достигается высокая интенсивность испарения влаги и образование продукта в виде порошка. Порошкообразные МтФС вместе с влажным воздухом через выходной патрубок (13) в конечном дне сушилки поступают в циклонный сепаратор (14), откуда они ссыпались в контейнер (15), а влажный воздух, содержащий формальдегид и пыль продукта, поступал в нижнюю часть пылегазоочистного аппарата, где для промывки выхлопных газов от пыли использован прямоточный скруббер с витающей кольцевой насадкой. Промывка от пыли осуществляется водой. Пульпа препарата из аппарата поступает в смеситель (7).

В верхней части пылегазопромывного аппарата, на провальных тарелках, происходит очистка выхлопных газов от формальдегида 50%-м раствором тиомочевина. Водный раствор тиомочевина, насыщенный формальдегидом, при достижении требуемого молярного соотношения тиомочевина и формальдегида перекачивается насосом в реактор (1) для приготовления МтФР, а очищенный воздух выбрасывается в атмосферу.

Для определения оптимального температурного режима получения порошковидных МтФР в распылительной сушилке были проведены исследования, в ходе которых изменяли температуру теплоносителя в интервале 150-350°C. В ходе эксперимента в аппарате фиксировали концентрацию раствора МтФР 40%, рН МтФС 6,8-7,0, нагрузку по раствору МтФС 7-10 кг/ч, расход воздуха при сушке 150-200 м³/час, скорость вращения диска 3000 об/мин.

При подаче в распылительную сушилку теплоносителя с температурой 150-200°C в аппарате происходит комкование недостаточно просушенных МММт, имеющих температуру 55-60°C. При увеличении температуры сушильного агента до 250-300°C устраняется агломерация и комкование МММт, происходит повышение температуры материала в аппарате до 70-90°C, что позволяет обеспечить получение в распылительной сушилке хорошо сыпучих порошкообразных МММт. При подаче в аппарат теплоносителя с более высокой температурой – 300-350°C – температура материала повышается до 95-100°C, что

приводит к сплавлению монометилोल-, диметилол-тиомочевина и частичному разложению МММт, вследствие чего повышается выход формальдегида в газовую фазу.

Таким образом, температура теплоносителя при получении в распылительной сушилке порошкообразных МММт не должна превышать на входе в аппарат 250-300°C, при которой в сушилке поддерживаются оптимальный температурный режим процесса и минимальное термическое разложение МММт.

При получении в распылительной сушилке порошка монометилोल-тиомочевина при рН 7,0 и температуре 70-90°C исключается конденсация соли и можно получить продукт стабильного состава (табл. 1). Характерно, что при повышении температуры монометилолтиомочевина в аппарате до 95°C минимальное содержание доли продукта конденсации составляет 1,0%, тогда как при получении твердой монометилолтиомочевина методом «тонких слоев» в лабораторных условиях массовая доля продукта конденсации составляет 3,0-5,0%. Это, по-видимому, объясняется тем, что сушка растворов МтФС в распылительной сушилке осуществляется быстро, в течение долей секунды они теряют влагу и осаждаются в виде тонких порошкообразных частиц, т. к. практически мгновенное удаление из продукта воды приводит к торможению процесса конденсации. Снижение рН-растворов монометилолтиомочевина, подаваемых в аппарат до 6,8, способствует процессу конденсации при сушке продукта с температурой 95°C, а содержание продукта конденсации при этом составило 3,5%. Однако это значение в два-три раза меньше, чем в случае тонкослойной сушки монометилолтиомочевина. Полученные результаты также подтверждают, что при быстром обезвоживании продукта снижается скорость реакции поликонденсации.

В выхлопных газах после распылительной сушилки при получении порошкообразных соединений монометилолтиомочевина концентрация формальдегида составляет 100-120 мг/м³ и пыли продукта 250-500 мг/м³, которые необходимо утилизировать. Химический анализ на формальдегид проводился с использованием хромотроповой кислоты [10]. Запыленность газа определяли по методике [11].

Таблица 1.

Состав и продукт сушки раствора МММт в распылительной сушилке и в газовой фазе

Условия эксперимента		Состав продукта, мас %			Состав газовой фазы, мг/м ³	
рН	температура продукта, °C	монометилол-тиомочевина	продукт конденсации	свободная тиомочевина	формальдегид	пыль продукта
7,0	70	97,5	0	2,5	100	200
	90	97,5	0	2,5	100	300
	95	96,5	1,0	2,5	110	400
6,8	70	97,5	0	2,5	100	250
	90	97,5	0,5	2,5	110	350
	95	94,0	3,5	2,5	120	500

При получении вещества порошкообразной диметилолтиомочевина в распылительной сушилке

был выпущен продукт стабильного состава при температуре воздуха, подаваемого в аппарат теплоносителя, 250-300°C и температуре продукта 70-90°C при рН 6,8-7,0 (табл. 2).

Таблица 2.

Состав и продукты сушки раствора ДММт в распылительной сушилке и газовой фазы

Условия эксперимента		Состав продукта, мас%			Состав газовой фазы, мг/м ³	
рН	температура продукта, °С	диметилолтиомочевина	продукт конденсации	свободная тиомочевина	формальдегид	пыль продукта
	70	90,8	0	9,2	150	220
7,0	90	90,8	0	9,2	150	340
	95	88,5	2,0	9,5	160	400
	70	91,9	0	8,1	150	260
6,8	90	90,8	0	9,2	150	370
	95	85,0	4,5	10,5	170	500

Повышение температуры продукта в сушилке до 95°C способствует протеканию поликонденсации диметилолтиомочевины, при этом содержание продукта конденсации составило 2,0-4,2%; в газовой

фазе после распылительной сушилки при получении порошка диметилолтиомочевины содержится 150-170 мг/м³ формальдегида и 300-500 мг/м³ пыли продукта.

Таблица 3.

Оптимальные технологические параметры процесса получения порошковидных МММт, ДММт и МДМт в распылительной сушилке

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Значение параметров
	Температура:		
	а) теплоносителя на входе в распылительную сушилку	°С	250-300
	б) теплоносителя на выходе из сушилки	°С	80-90
	в) раствора МтФС*	°С	40-50
	г) порошкообразного продукта	°С	70-95
	МтФС в реакционной зоне		
2.	Концентрация раствора МтФС*	%	30
3.	Нагрузка по раствору МтФС*	кг/час	7-10
4.	рН раствора МтФС*		6,8-7,0
5.	Время пребывания продукта в реакционной зоне	мин	2-5
6.	Влагосодержание порошкообразного продукта	%	2,0-4,0
7.	Расход воздуха на сушку	м ³ /час	150-200
8.	Производительность по готовому продукту	кг/час	2-3

МтФС – МММт, ДММт, МДМт*

При получении порошкообразной метилентдиомочевины в распылительной сушилке, при значении рН 6,8-7,0, в интервале температур соли 70-90°C, выпущен продукт стабильного состава с исключением процесса конденсации метилентдиомочевины. В выхлопных газах после распылительной сушилки при получении метилентдиомочевины содержится 200-350 мг/м³ пыли продукта.

Таким образом, изучен процесс получения порошковидных МтФС метилентдиомочевины, диметилолтиомочевины, метилентдиомочевины в распылительной сушилке. Определены оптимальные технологические параметры процесса сушки продуктов с остаточной влажностью 1,0-1,5% и высоким выходом товарного продукта стабильного состава (табл. 3).

Список литературы:

1. Груздев Л.Г. Перспективы применения регуляторов роста и развития растений // Химия в сельском хозяйстве – 1985 - Т.23, № 8. – С. 68-75.
2. Пестициды: Справочник // В.И. Мартыненко, В.К. Промоненков, С.С. Кукаленко и другие. – М: Агропромиздат, 1992 – С. 368.

3. Патент на изобретений № IAP 02236 UZ Зарегистрирован в государственном реестре изобретений Агентство интеллектуальной собственности РУз. в г.Ташкент 22.11.2002г//. Способ получения протравителя семян П-4 / Исаков Х., Ташпулатов Б.Ю., Абдуллаев Б.Д., Байжуманов М.А., Тяп А.И., Мамбетов Э.А., Кузичева Н.Н. (UZ).
4. Набиев М.Н., Азизов Т.А., Махмудов Ж.У., Усманов С. И др. Комплексные соединения монометилкарбамидов с ацетатами двухвалентных металлов // Координационная химия. -1988 – Т. 10 - № 2. – С. 198-204.
5. Исаков Х., Тогатаев Т., Усманов С. Исследование технологии получения монометилкарбамидомочевина в распылительной сушилке. // Рукопись деп. Узб. хим. ж. в ГФНТИ РУз – 29.06.93. 9 с. - № 1855-Уз1993.
6. Абдурахимова Н., Исаков Х., Аскарлов И., Усманов С. Полимерная растворимость системы монометилкарбамидомочевина – ацетат меди – вода // Universum: Технические науки. – 2017. - №12(45). – С. 44-47.
7. Шарифуллин К. // Теоретические основы химической технологии. – 1979. - Т. 13. - № 8 – С. 934-935.
8. Левш В.И., Усманов С., Синолицкий В.Г., Чернышев А.И., Санников С.А., Беглов Б.М. Газоочистка в производстве тиомочевина-формальдегидных удобрений // Узб. хим. журн. - 1985 - № 2. – С. 50-56.
9. Набиев М.Н., Беглов Б.М., Садыков К.Г., Усманов С. Мочевина- формальдегидные удобрения – Ташкент: Фан, 1989 – 248 с.
10. Губен-Вейн . Методы органической химии. Методы анализа. - М.: Гос. научн.-техн. издат. хим. лит., 1963. - 1032 с.
11. Базелин С.А. Практикум по физической и коллоидной химии. -М.: Просвещение, 1980. – С. 271.

ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ТИОМОЧЕВИНО – ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ

Исаков Хаятулла

канд. техн. наук, доцент кафедры химии, Андижанский государственный университет,
Узбекистан, г. Андижан

Аскарров Ибрахим Рахманович

д-р хим. наук, профессор кафедры химии, Андижанский государственный университет,
Узбекистан, г. Андижан

Усманов Султон

д-р техн. наук, профессор, заведующий лабораторией,
АО Институт химических наук имени А.Б. Бектурова,
Казахстан, г. Алматы

THE IR-SPECTROSCOPIC STUDY OF COMPOUNDS OF THIOUREA SOLUTION FORMALDEHYDE OLIGOMERS

Hayatulla Isakov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Chemistry Chair, Andijan State University,
Uzbekistan, Andijan

Ibrahim Askarov

Doctor of Chemistry, Professor of Chemistry Chair, Andijan State University,
Uzbekistan, Andijan

Sulton Usmanov

Doctor of Technical Science, Professor, Head of Laboratory, A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC,
Kazakhstan, Almaty

АННОТАЦИЯ

Методом ИК-спектроскопии изучали монометилтиомочевину, диметилтиомочевину, метиленттиомочевину, диметилентритио- мочевины и триметилентетраттиомочевину. Выявлены особенности ИК-спектров исследуемых соединений.

ABSTRACT

Monomethylolthiourea, dimethylolthiourea, methylenedithiourea, dimethylentrithiourea and trimethylentetrathiourea have been studied by the IR-spectroscopy method. Features of IR-spectra of investigated compounds have been revealed.

Ключевые слова: ИК-спектр, синтез, монометилтиомочевина, диметилтиомочевина, метиленттиомочевина, диметилентритиомочевина, триметилентетраттиомочевина, метода синтеза.

Keywords: IR-spectrum; synthesis; monomethylolthiourea; dimethylolthiourea; methylenedithiourea; trimethylentetrathiourea; trimethylenetettrathiourea; synthesis method.

Для эффективного применения тиомочевинных продуктов в сельском хозяйстве необходимо дальнейшее изучение физико-химических свойств тиомочевин и ее производных [1;7]. Спектроскопические свойства соединений тиомочевин с формальдегидом мало изучены.

Мы исследовали ИК-спектры основных продуктов, образующихся в результате реакции конденсации тиомочевин с формальдегидом-метилольных и метилоневых производных: монометилтиомоче-

вин (МММТ) $\text{NH-CS-NH-CH}_2\text{-OH}$, диметилтиомочевин (ДММТ) $\text{HOCH}_2\text{-NH-CS-NH-CH}_2\text{OH}$, метиленттиомочевин $\text{NH}_2\text{-CS-NH-CH}_2\text{-NH-CS-NH}_2$, диметилентритио-мочевин (ДМТМТ) $\text{NH}_2\text{-CS-NH-CH}_2\text{-NH-CS-NH-CH}_2\text{-NH-CS-NH}_2$, (ТМТМТ) $\text{NH}_2\text{-CS-NH-CH}_2\text{-NH-CS-NH-CH}_2\text{-NH-CS-NH-CH}_2\text{-NH-CS-NH}_2$.

Эти соединения получали на основе существующих методик [8; 9].

ИК-спектры поглощения записывал в области 4000-400 см^{-1} с помощью двухлучевого инфракрасного спектрофотометра фирмы «Цейс» UR-20. Образцы готовили в виде таблеток, прессованных с KBr.

Концентрация исследуемого вещества 0,5 мас.%. Волновые числа полос поглощения в спектрах представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Отнесение полос поглощения в ИК- спектрах тиомочевины, монометилоттиомочевины (МММт) и диметилоттиомочевины (ДММт)

Тиомочевина		МММт		ДММт		Отнесение полос
Волновое число см^{-1}	интенсивность	Волновое число см^{-1}	интенсивность	Волновое число см^{-1}	интенсивность	
-	-	-	-	3430	0.с.	$V_{as}(\text{OH})$
3372	0/С	3380	о.с.	-	-	$V_{as}(\text{NH}_2), V_{as}(\text{OH})$
3280	СК	3275	Ш.с.р	3290	О.с	$V_{as}(\text{NH}_2), V_s(\text{OH}), V_{as}(\text{NH})$
3185		-	-	3075	Сл.	$V_{as}(\text{NH})$
2923		-	-	2960	Сл.	
2690	Ср.ш.	-	-	2810	Сл.	
1610	С	1620	Ш.с.р	1620	Ш.с.	$\delta(\text{NH}_2), \delta(\text{NH}), \delta(\text{OH}),$
-		1558	Ср	1580	Ср	$V(\text{C-S})(\text{II} \text{ амидная полоса})$
1468	С	1465	Ср	1420	С	$V_{as}(\text{C-N-C}), \tau(\text{NH})$
1411	Ср	1380	Ср	1350	Ср	$V(\text{C-S})(\text{III- амидная полоса})$
-	-	1258	Ср	1230	Ср	$V_{as}(\text{C-N-S}), \tau(\text{NH}_2)$
-	-	1258	Ср	1230	Ср	$V(\text{C-S})(\text{I- амидная полоса})$
-	-	1145	Ср	1154	Ср	$\delta(\text{NH})$
1090	Ш.с.р	1055	Ср	1055	Ср	$V(\text{CN})$
-	-	1028	С	1024	Ср	$\delta(\text{OH})$
-	-	972	Ср	990	о.сл	
745	С	765	С	-	-	$\delta(\text{NH}_2)$
-	-	720	С	730	Ш.с.р	$\rho(\text{CH}_2)$
-	-	665	Ср	690	Ср	$\delta(\text{OH})$
		60635C5	Ср	663	Сл	
494	Ш.с.р	467	Сл	530	Ш.с.л	$\delta(\text{N-C=S})$
-	-	438	Сл	465	Сл	$\gamma(\text{CH}_2)$

Анализ ИК-спектров тиомочевины и её метилольных и метиленовых производных при использовании известных данных о характеристических частотах отдельных функциональных групп позволил провести отнесение полос поглощения и установить структурные закономерности [2-6].

При сравнения ИК - спектров тиомочевины, МММт и ДММт явно выделяются три области полос поглощения, наиболее сильная 3400-2700 см^{-1} , 1800-900 и наименьшая-800-500 см^{-1} (рис.1)

Волновые числа 3372 и 3280 см^{-1} тиомочевины, а также 3380 и 3260 см^{-1} МММт соответствуют асимметричным и симметричным валентным колебаниям NH_2 , 3430 и 3290 см^{-1} для ДММт- валентным колебаниям NH . Обе полосы сдвинуты примерно на 100-120 см^{-1} от положения свободной аминогруппы

(3500и 3400 см^{-1}). Значения $V_s \text{NH}_2$ рассчитанные с помощью уравнения Беллами путём подстановки более высокой частоты $V_{as} \text{NH}_2$, для тиомочевины дают значения 3299,4 см^{-1} , а для МММт- 3306,41 см^{-1} . Разница относительно наблюдаемых частот составляет 19 и 31 см^{-1} . Это позволяет предположить, что сдвиг в сторону низких частот у МММт вызван участием групп NH_2 в образовании водородной связи. Кроме того, для МММт и ДММт в области 3400-3000 см^{-1} , где обычно проявляются полосы валентных колебаний NH_2 и NH , произошло их наложение на валентные колебания гидроксильной группы. Вместо узкой полосы поглощения тиомочевины при 3400 см^{-1} и ИК - спектрах МММт и ДММт появилась более широкие полосы при 3300-3200 см^{-1} и 3380 и 3275 см^{-1} для

МММт, 3430 и 3290 см^{-1} для ДММт - положения полос для группы ОН, связанных водородными связями. Поэтому можно предположить,

что полосы деформационных колебаний группы ОН проявляется в обычной для них области, а именно, если полоса валентных колебаний сместится в сторону низких частот под влиянием сильных водо-

родных связей, то деформационные колебания большей энергии, и полосы $\delta(\text{O-H})$ сместятся в сторону более высоких частот 1028 и 972 см^{-1} для МММт и 1024-990 см^{-1} для ДММт- это плоские деформационные колебания ассоциированных групп ОН, которые выявилось в обычной для них области. В ИК-спектре тиомочевины они отсутствуют.

Рисунок 1. ИК-спектры поглощения

1-тиомочевина, 2-МММт, 3-ДММт, 4-МДМт, 5-ДМТМт, 6-ТМТМт

Полосы поглощения, характерные для тионой формы (такие как $\gamma \text{ n}(>\text{C}=\text{S})$, $\gamma(\text{N}-\text{C}-\text{S})$ и $\delta(\text{n}>\text{C}=\text{S})$) присутствуют во всех исследуемых соединениях.

Спектры поглощения метиленовых тиомочевинных соединений, так же, как и для тиомочевинных соединений, так и для тиомочевины наиболее усилены в областях 3600- 2700, 1800-900 и 750-450 см^{-1} .

Интенсивность ассиметричных и симметричных валентных колебаний аминогрупп снижается, от ТМТМт до МДМт соответственно уменьшается количество групп NH, от 8 до 4. Значения $V_s(\text{NH}_2)$ по уравнению Беллами для МДМт соответствуют 3332,69 см^{-1} , для ДМТМт - 3323,93 для ТМТМт - 3306,41 см^{-1} . (Таб. 2)

Рассчитанные значения хорошо согласуются с экспериментальными данными: 8310; 3300; 3315 см^{-1} для МДМт, ДМТМт и ТМТМт, соответственно. В данных случаях сдвиг в сторону низких частот на 100 см^{-1} от значения свободной NH_2 (3500 см^{-1} : 3400 см^{-1}

¹⁾ также связан с участием аминогрупп в водородной связи, изменяющей диэлектрическую постоянную.

С увеличением количества групп CH_2 возрастает интенсивность и расщепление полос в области валентных колебаний $V_s(\text{CH}_2)$ (2850 см^{-1}). В ИК-спектре ТМТМт появилось пять реперов в области 2300-2970 см^{-1} .

Широкая сильная полоса в области 1625-1640 см^{-1} обусловлена плоскими деформационными колебаниями группы (NH_2), а в спектре ТМТМт появляется ещё одно интенсивное колебание при 1560 см^{-1} , связанное с $\delta(\text{NH})$.

Деформационное маятниковое колебание $\rho(\text{CH}_2)$ зависит от n. Чем меньше n, тем больше частота: МДМт- 738 см^{-1} , ТМТМт 725. Удлинение цепи в молекуле ТМТМт способствовало появлению дополнительной интенсивной линии в области «отпечатков пальцев» при 1010 см^{-1} , связанной с валентными колебаниями группы CN - .

Таблица 2.

Отнесение полос поглощения в ИК- спектрах метилентитиомочевины (МДМт), диметилентритиомочевины (ДМТМт) и триметилентетратиомочевины (ТМТМт)

МДМт		ДМТМт		ТМТМт		Отнесение
Волновое число, см ⁻¹	Интенсивность	Волновое число, см ⁻¹	Интенсивность	Волновое число, см ⁻¹	Интенсивность	
1	2	3	4	5	6	7
3410	О.с.	3400	О.с.	3380	Ш.с.р	V _{as} (NH ₂)
3310	О.сл.	3300	Ш.с.р	3315	Ш.с.р	V _s (NH ₂)
3190	Сл.	3190	Сл.	3190	Ср.	V(NH)
				3045	Сл.	
				3030	Сл.	
				2910	Ср.	
				2930	Сл.	V _s (CH ₂)
2690	Ш.с.р	2690	Ш.с.р	2850	Сл.	
				2580	Ср.	
		2310	Ср.	2300	Ср.	
1825	Ср.	1825	Ср.	-	-	V _{as} (CH ₂)
1630	Ш.о.с	1625	О.с.	1640	Ш.о.с	δ(NH ₂), δ(NH)
-	-	-	-	1566	о.с/	δ(NH)
1480	С	1480	С	1475	С	V(C=S). II амидн. полоса
1425	Ср.	1425	Ср.	1445	С	δs(CH ₂)ножничное
-	-	-	-	1372	С	n(>C=S) III-амидн. полоса
				1340	Ср.	
1250	Ср.	1264	Ш.сл.	1285	Сл.	n(>C=S) соответ. I амидн. полоса
1130	Ср.	1130	С	1150	Ср.	
1099	С	1090	С	1040	Ш.с.р	n(CN), δ(NH)
1025	Сл.	-	-	1010	Ш.с.	
970	Сл.	970	Сл.	956	С	p(NH ₂)
738	С	738	С	725	Ш.с.	p(CH ₂)
635	С	634	С	695	С	δ(NH ₂)
480	Ш.с.	490	Ш.с.	525	Ш.с.	γΔ(CH ₂), δ(N-C-S)

Таким образом, исследованные ИК-спектры тиомочевины, МММт, ДММт, МДМт, ДМТМт и ТМТМт могут быть использованы для идентификации тиомочевино-формальдегидных комплексных

веществ, а также соединений на основе тиомочевины.

Список литературы:

- Беглов Б.М., Тухтаев С., Закиров Б. Растворимости системы тиомочевина – формальдегид - вода // Узбекский химический журнал. – 1970. – № 1. – С. 61- 65.
- Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. – М.: ИЛ, 1963. – С. 508-511.
- Бранд Дж., Эглинтон Г. Применение спектроскопии в органической химии. – М.: Мир, 1967. – С. 128-133.
- Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР- спектроскопии в органической химии. – М.: Высшая школа, 1971. – С. 235-250.
- Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. – М.: Мир, 1965. – С. 22-40.
- Политерма растворимости системы монометилтолтиомочевина – ацетат меди – вода / Н. Абдурахимова, Х. Исаков, И. Аскарлов, С. Усманов // Universum: Технические науки. – 2017. – № 12 (45). – С. 44-47.
- Твердое промышленное удобрение, содержащее амидный азот, серу и его получение // А.с. № 256069 (ЧССР). МКИ С 05 С 9/00.
- Jong I.E., Winsor J.W. Isolation of some Urea-Formaldehyde compounds and Their Decomposition in soil. J. Sic. Food Agr. 1960. No. 11. P. 441-445.
- Kadowaki H. New compounds of urea-formaldehyde condensation products. Bull. Chem. Soc. Japan. 1936. No. 11. P. 248.

ПОЛУЧЕНИЕ БУРКЕИТА ИЗ СУЛЬФАТНЫХ СОЛЕЙ УЗБЕКИСТАНА**Кошанова Бибигул Турганбаевна**

ассистент кафедры «Химическая технология неорганических веществ»
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: koshanova_nmkt@mail.ru

Эркаев Актам Улашевич

д-р технических наук, профессор кафедры «Химическая технология неорганических веществ»
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
A.Erkaev@mail.ru

Кучаров Бахром Хайриевич

доцент кафедры «Химическая технология неорганических веществ»
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: kbx74@yandex.ru

Мамарасулов Бекзод Суннат угли

бакалавр кафедры «Химическая технология неорганических веществ»
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

OBTAINING BURKEEITA FROM SULPHATE SALTS OF UZBEKISTAN**Bibigul Koshanova**

Assistant of the Department of Chemical Technology of Inorganic Substances
of the Tashkent Institute of Chemical Technology,
Uzbekistan, Tashkent

Aktam Erkaev

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Chemical Technology of Inorganic Substances
Tashkent Institute of Chemical Technology,
Uzbekistan, Tashkent

Bakhrom Kucharov

Associate Professor, Department of Chemical Technology of Inorganic Substances,
Tashkent Institute of Chemical Technology,
Uzbekistan, Tashkent

Bekzod Mamarasulov

Bachelor, Department of Chemical Technology of Inorganic Substances,
Tashkent Institute of Chemical Technology,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Экспериментальным изучением растворимости солей в системе $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ установлены концентрационный и температурный интервал образования буркеита – одного из важнейших компонентов для получения синтетических моющих средств. Это позволило разработать эффективную энергосберегающую технологию получения целевого продукта – буркеита из местного сырья - мирабилита Тумрюкского месторождения и Аральского моря (Узбекистан). Приводятся результаты химического и рентгенофазового анализа полученных образцов, подтверждающие их идентичность природному минералу буркеиту.

ABSTRACT

An experimental study of the solubility of salts in the Na_2SO_4 - Na_2CO_3 - H_2O system established the concentration and temperature range for the formation of burkeite, one of the most important components for the production of synthetic detergents. This made it possible to develop an effective energy-saving technology for producing the target product — burkeite from local raw materials — mirabilite from the Tumryuk field and the Aral Sea (Uzbekistan). The results of chemical and X-ray phase analysis of the obtained samples are given, confirming their identity with the natural mineral burkeite.

Ключевые слова: буркеит, мирабилит, диаграмма растворимости, синтетические моющие средства, бинарная система.

Keywords: burkeite, mirabilite, solubility diagram, synthetic detergents, binary system.

Буркеит ($2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$) является важнейшим компонентом для получения эффективных и экологически безопасных синтетических моющих средств (СМС). Экспериментально установлено, что при содержании в СМС 20-40% буркеита, повышается его главная моющая функция.

Существуют различные технологии получения буркеита [1-3]. В частности, применяется способ [3], где с целью повышения содержания буркеита в продукте к раствору сульфата натрия добавляют карбонат натрия при соотношении сульфата и карбоната натрия от 95:5 до 75:25. Такая процедура позволяет достигать концентрации суммы солей 10-25 масс.%, а содержание буркеита в продукте при этом достигает более 80 %.

Вместе с тем следует отметить, что у данного метода имеются существенные недостатки, обусловленные необходимостью применения чистого сульфата натрия и высоких энергозатрат для удаления избыточной воды из 10-25% раствора. При этом выход целевого продукта – буркеита не превышает 80-85%.

В другом способе [4] очистка сульфатов производится кальцинированной содой, в результате чего происходит выделение малорастворимой соли – буркеита. Затем осадок буркеита отделяют на вакуум-фильтре и промывают небольшим количеством воды, а фильтрат направляют на дальнейшее выпаривание.

Недостатками и этого способа также являются повышенные энергозатраты, недостаточная степень очистки сульфатов и невысокое содержание буркеита в готовом продукте.

Целью настоящего исследования является разработка технологии более экономичного способа получения буркеита из местных сырьевых источников.

Исходным сырьем для получения буркеита служил мирабилит Тумрюкского месторождения и Аральского моря. В работе также использовалась кальцинированная сода Унитарного предприятия (УП) «Кунградский содовый завод».

Теоретической основой разрабатываемой технологии послужил анализ и обобщение литературных данных о бинарных системах и экспериментальное исследование узловых точек тройной системы Na_2CO_3 - Na_2SO_4 - H_2O , что, в свою очередь, позволило изучить взаимную растворимость солей в данной системе изотермическим методом при температурах 30 и 70°C [5; 6].

Экспериментально было установлено, что в интервале концентрации растворов 24,81-30,80% и 0,0-

7,0% сульфата и карбоната натрия, соответственно, в системе кристаллизуется тенардит. Интервалу концентраций 3,90-24,70% сульфата натрия и 8,06-28,90% карбоната натрия соответствуют области кристаллизации буркеита ($2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$), который занимает основную часть диаграммы растворимости. Это указывает на его малую растворимость относительно других компонентов системы. Области кристаллизации одноводного карбоната натрия соответствует раствор с содержанием 0-2,35% Na_2SO_4 и 29,91-31,37% Na_2CO_3 .

Анализ диаграммы растворимости при 70°C показывает, что наблюдается исчезновение полей кристаллизации мирабилита, семи- и десятиводного карбоната натрия и появление поля кристаллизации многоводного карбоната натрия.

Таким образом, по результатам анализа системы Na_2SO_4 - Na_2CO_3 - H_2O предложено два варианта получения буркеита.

Первый вариант включает четыре стадии, а другой – две.

Стадиями первого варианта являются:

- очистка раствора сульфата натрия;
- получение тенардита и растворов при 30°C и 70°C;
- получение буркеита и карбоната натрия;
- получение буркеита и растворов при 30°C и 70°C из тенардита, образующегося на третьей стадии.

Стадии второго варианта являются:

- очистка раствора сульфата натрия;
- получение буркеита и растворов при 30°C и 70°C из очищенных растворов сульфата и карбоната натрия.

Расход исходных компонентов рассчитывался по специально разработанным формулам для каждого варианта и этапа производственного процесса [7].

Как было отмечено выше, в экспериментальных исследованиях использовали природный мирабилит побережья Аральского моря состава, масс. %: Na_2O - 37,41; SO_4 - 57,66; CaO - 0,06; MgO - 0,02; нерастворимые вещества - 0,1; известковое молоко 5%-ной концентрации и кальцинированную соду, произведенную на УП «Кунградский содовый завод».

Очищенные при различных температурах растворы сульфата натрия имели следующий химический состав, масс. %:

- при 30°C: Na_2SO_4 – 29,15; CaO – 0,001; MgO – 0,002;

• при 70°C: Na_2SO_4 – 30,80; CaO – 0,001; MgO – 0,003.

При очистке 100 кг раствора при 30°C и 70°C получается 22,35 и 23,60, соответственно, по первому технологическому варианту получения буркеита и 42,0 и 49,69 кг буркеита – по второму варианту.

Экспериментальные данные показали, что с повышением температуры от 30 до 70°C выход буркеита повышается с 22,35 до 42,00 кг при 30°C и с 23,60 до 49,69 кг при 70°C по первому и второму варианту, соответственно. Таким образом, оптимальным

можно считать второй вариант процесса, осуществляемый при 70°C.

Изучение системы Na_2CO_3 - Na_2SO_4 - H_2O также показывает, что для получения буркеита из очищенных растворов сульфата натрия, концентрацию последнего необходимо поддерживать в интервалах 29-30 %.

В таблице 1 приведены результаты химического анализа образцов буркеита, полученных на модельной установке при соответствующих температурных и концентрационных режимах, а на рисунке 1 представлены рентгенограммы этих образцов [8].

Таблица 1.

Результаты химического анализа образцов буркеита, полученных на модельной установке

№	t °C	Химический состав буркеита масс.: %			$\text{SO}_4^{2-}/\text{CO}_3^{2-}$	$\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{Na}_2\text{SO}_4$	Содержание буркеита, %	Выход на первый цикл, %
		Na^+	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}				
1	70	33,97	45,73	20,33	2,25	0,90	69,23	30,24
2	90	35,19	41,45	23,36	1,77	0,90	55,31	58,09
3	90	34,57	48,39	17,04	2,84	0,89	98,75	51,73

Образец № 1

File Name : Standard\TXT-B1I
 Sample Name :
 Date & Time : 08-25-17 12:24:20
 Comment :
 Condition
 X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 30.0 kV Current : 30.0 mA
 Scan Range : 4.0000 <-> 80.0000 deg Step Size : 0.0200 deg
 Count Time : 0.30 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm

Образец № 2

File Name : Standard\TXT-B2I
 Sample Name :
 Date & Time : 08-25-17 12:49:26
 Comment :
 Condition
 X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 30.0 kV Current : 30.0 mA
 Scan Range : 4.0000 <-> 80.0000 deg Step Size : 0.0200 deg
 Count Time : 0.30 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm

Образец № 3

File Name : Standard\TXT-B3I
 Sample Name :
 Date & Time : 08-25-17 13:10:21 Comment :
 Condition
 X-ray Tube : Cu (1.54060 Å) Voltage : 30.0 kV Current : 30.0 mA
 Scan Range : 4.0000 <-> 80.0000 deg Step Size : 0.0200 deg
 Count Time : 0.30 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm

Рисунок 1. Рентгенограммы образцов буркеита, полученных на модельной установке в условиях, соответствующих номерам образцов табл.1

Из полученных результатов химического и рентгенофазового анализов образцов на содержание в них Na_2O , SO_3 и CO_2 следует, что состав и кристаллические характеристики полученного продукта соответствуют природному минералу буркеит - $2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$.

В ранее предложенной нами технологии [7], процесс получения буркеита включал стадии растворения и очистки растворов мирабилита с отделением

твердой фазы буркеита и добавления к нему кальцинированной соды, с последующим отделением буркеита из пульпы и возвращение маточного раствора в начало процесса.

На основании этой технологии нами предлагается блочная схема производства буркеита из природных марабилитов и кальцинированной соды УП «Кунградский содовый завод». На рисунке 2 приводится блочная схема, поясняющая этот технологический процесс.

Рисунок 2. Блочная схема получения буркеита:

1 – растворение; 2-конверсия; 3-кристаллизация; 4-фильтрация; 5-сушка.

Согласно блочной схеме получения буркеита на модельной установке, смонтированной на УП «Кунградский содовый завод», вода подавалась в процесс из линии водооборотного цикла предприятия и сюда же поступали очищенный раствор сульфата натрия, маточный раствор и твердая кальцинированная сода. Водный раствор сульфата натрия готовился в растворе (поз. 1), при температуре 50°C и подавался при соотношении $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4 = 1:(0,5-2,0)$ в реактор (поз. 2), снабженный паровой рубашкой и перемешивающим устройством. В реакторе (поз.3) при температуре $70-90^\circ\text{C}$ в течение 15-30 минут проводился

синтез буркеита с образованием суспензии, которая поступала для разделения твердой и жидкой фазы на нутч-фильтр (поз. 4), где вакуум создавали с помощью вакуум-насоса. Жидкая фаза (маточный раствор) направлялась в сборник фильтрата и далее циркулировалась на стадию растворения или выпарки. Влажный осадок буркеита подавался на сушку (поз.5) при температуре более 100°C . После сушки получали готовый продукт с влажностью не более 0,3-0,6%.

На основании проведенных исследований были установлены следующие оптимальные технологические параметры производства буркеита:

температура воды и/или циркулирующего раствора, °C	20-40
температура процесса конверсии, °C	75-90
продолжительность процесса растворения, мин	30-60
массовое соотношение исходных компонентов $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}$	1:(0,5-2,0)
состав циркулирующего маточного раствора, %	
Na_2CO_3	13,06-28,90
Na_2SO_4	3,90-12,49
H_2O	58,01-83,84
содержание буркеита в продукте, масс. %	88,7-92,05

Таким образом, на основании проведенных исследований системы $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ были установлены концентрационный и температурный

интервал образования буркеита и предложена эффективная технологическая схема получения целевого продукта - буркеита из местных сырьевых источников.

Список литературы:

1. Кошанова Б.Т., Эркаев А.У., Таиров З.К., Юлчиев М.Р. Технология получения буркеита из природного мирабилита // Хим.технология. Контроль и упр. – 2013. - №4. – С.30-35.
2. Сумич А.И. Получение солевых композиций для малофосфатных и бесфосфатных моющих средств агломерационным способом // Автореф.....канд. техн. наук. – Минск:, БГУТ, 2017. -29 с.
3. Патент RU 2430151 С2. Покрытые оболочкой частицы перкарбоната натрия / Ш. Лайнингер, Х. Якоб, У. Коттке. / Дата публикации заявки: 10.09.2010.
4. <http://pandia.ru/text/78/443/15826-9>. Технология растворения полидисперсной соли. (Дата обращения 14.12.2018).
5. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Озерные соли. – Москва, 2007. – 43 с.
6. Сумич А.И., Ещенко А.И. Исследование состава солей кислот (H_xAn), образующихся при «сухой» нейтрализации в системе $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{H}_x\text{An} - \text{H}_2\text{O}$ // Труды БГТУ, серия 2. – 2018. - №2. – С.89-92.
7. Патент UZ - № IAP 05634. Способ получения буркеита. / А.У. Эркаев, Б.Т. Кошанова, А.К. Бегдуллаев и др. Опубликовано: Расмий ахборотнома (Бюллетень интеллектуальной собственности РУз 2018. - №8(208). – С.37.
8. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ.- М.: Изд-во МГУ, 1969. - 160с.

ПОЛУЧЕНИЕ ЧИСТОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ СТЕБЛЕЙ ПОМИДОРА (SOLÁNUM LYCOPÉRSICUM)

Норматов Гайрат Алижанович

*ассистент, Наманганский институт инженерных технологий, факультет «Химическая технология»,
Республика Узбекистан, Наманганская область, г. Наманган,
E-mail: normatov_gayrat@mail.ru*

Примкулов Махмуд Темуринович

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

TAKING PURE CELLULOSE FROM TOMATO STEM (SOLÁNUM LYCOPÉRSICUM)

Gayrat Normatov

*assistant, Namangan Institute of Engineering Technology, the Faculty of chemistry technology,
Uzbekistan, Namangan region, Namangan*

Maxmud Primkulov

*Doctor of technical Sciences, Tashkent chemistry technology institute,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

Изучены оптические свойства целлюлозных волокон, полученных из стеблей помидоров в стадии полимеризации полуцеллюлозы. Также рассмотрены способы получения чистой целлюлозы из стеблей помидоров.

ABSTRACT

In the following article it is searched for taking hemi cellulose from the tomato stem, and the optical functions of chemical reproducing fresh cellulose's fiber instruction which is taken from the tomato stem.

Ключевые слова: целлюлоза, полуцеллюлоза, целлюлозные волокна, оптические свойства.

Keywords: Cellulose, Hemicelluloses, less cellulose, optical properties.

Введение.

Производство целлюлозно-бумажной продукции постоянно увеличивается, и в настоящее время в мире производится свыше 400 млн т бумаги и картона. Согласно аналитическим обзорам [1], средний рост мирового потребления картонно-бумажной продукции в период до 2025 года составит 2,1%, при этом производство возрастет до 494 млн т. В народном хозяйстве Республики Узбекистан целлюлозно-бумажное производство имеет важное значение. Обретение страной независимости послужило основой для развития многочисленных производственных отраслей, в том числе и целлюлозно-бумажной промышленности [2; 3].

Цель работы. Изучить оптические свойства целлюлозных волокон, полученных из стеблей помидоров в стадии полимеризации полуцеллюлозы.

Также рассмотрены способы получения чистой целлюлозы из стеблей помидоров.

Экспериментальная часть. Для получения чистой целлюлозы мы отмеряли 5 г гемицеллюлозы путем аналитического взвешивания и воспроизвели ее. В результате была получена чистая целлюлоза. Мы брали каждую гемицеллюлозу и кипятили ее в воде, щелочной и азотной кислоте в течение 5 часов в модуле 1:40. После кипячения все их промывали щелочью и обрабатывали 3% водородом. Гемицеллюлозы, которые были взяты из томатного ствола, превратились в чистую целлюлозу (таблица 1).

Таблица 1.

Физические и физико-химические номинации гемицеллюлозы томата

Сырье	Условия химической обработки	Длина волокон, 10мм	Длина волокон, 10 мм	Степень набухания образца, %
Томатная листовая целлюлоза	гемицеллюлозы	0,66 – 0,87	350	166,1
	NaOH, 5%, H ₂ O ₂ 3%, 7% HNO ₃ , 100°C, 6 часов			
Томатная бранч-целлюлоза	гемицеллюлозы	0,82 – 0,97	400	169,0
	NaOH, 5%, 7% HNO ₃ , H ₂ O ₂ 3% 100°C, 6 часов			
Помидоры	гемицеллюлозы	1,27	440	175,6
	NaOH, 5%, 7% HNO ₃ , H ₂ O ₂ 3% 100°C, 6 часов			

На следующем этапе целлюлозную часть фильтровали, промывали, доводя воду до нейтрального состояния, и снова кипятили в течение 6 часов в 5%-ной нитратной кислоте. Целлюлозу отделяли от жидкости и промывали до нейтрального состояния. Затем кипятили в 3% перекиси водорода в течение 60 минут. После чего оставляли в комнатной температуре для завершения реакции. Отбеленную целлюлозу отфильтровывали, промывали до нейтрального состояния и сушили при комнатной температуре. Хорошо известно, что после химического оттапливания функции целлюлозных волокон изменяются. Мы охарактеризовали эти изменения с точки зрения притежения и **степени**

набухания волокон. В графике 3,7 приведены следующие физико-химические параметры: **количество золы в воде**, оптические номиналы и степень полимера. Если степень вымачивания гемицеллюлоз, взятых из томатного стебля, бранча и листьев, составляет от 14 до 30%, то степень чистоты воды в чистой целлюлозе выше: от 66 до 75%. Размер волокон цельной целлюлозы меньше: от 0,57 до 0,92 мм. Масса чистой целлюлозы больше массы гемицеллюлоз: примерно на 10-15% тяжелее. Причина в том, что во время процедуры воспроизведения гемицеллюлоз размер волокна сокращается, а конденсирование становится выше.

Рисунок 1. Общий вид целлюлозных волокон, полученных из томатного стебля

*Рисунок 2. Появление гемицеллюлоз:
а) томатного стебля; б) хлопка*

Целлюлозные волокна томатного стебли отличаются от внешнего вида целлюлозных волокон из ваты.

Волокна из томатного стебля липкие, недоступные. Причина этого в том, **что в лабораторных условиях нет возможности фибрилляции**. Хотя на рисунках можно увидеть различие между структурами чистой целлюлозы и гемицеллюлоз. Длина и ширина волокон практически идентичны. Это происходит из-за силы притяжения водорода, а именно за счет того, что волокна не отделяются друг от друга.

Мы изучили некоторые физико-химические функции чистой целлюлозы и количество гемицеллюлоз, полученных из листьев томатов,

бранча и тела. Также изучается степень полимеризации, количество золы и способность к набуханию в воде. Из гемицеллюлоз листа томатов берут 60% чистой целлюлозы. Более 10% чистой целлюлозы получают из бранча и тела помидора. Причиной этого считается количество целлюлозы томатного бранча и тела. Существует также разница в количестве золы. Зола в томатном листе больше, чем в другой части, на 1,0-1,5%. Степень замачивания целлюлозы, полученной из всей части томата, составляет около 13-15%, степень полимеризации 310-320. Целлюлоза томатных стеблей сравнивается с целлюлозой других продуктов по степени впитывания водой (таблица 2).

Таблица 2.

Сравнение вымачивающей воды целлюлозы и отбеленного хлопка, томатного тела, самаркандской бумаги, пшеничного стебля, хлопка (взятого с завода в Янгиюле) целлюлозы

№	Название целлюлозы и бумаги	Количество впитанной воды, в %
1	Целлюлоза из тела томатного стебля	13,0
2	Отбеленная вата	3,1
3	Самарканд (из тутового дерева)	7,0
4	Пшеничная бумага	14,2
5	Хлопковая целлюлоза (фабрика Янгиюль)	19,0

Обсуждение полученных результатов.

Сравниваются отбеленная вата, самаркандская бумага, пшеничный стебель и хлопковая клетчатка Янгиюля. В результате хорошо охарактеризовалась структура моделей. Причина в технологии.

Целлюлоза Янгиюльского хлопка пропитывали больше воды с 19%. Способность вымачивание воды из отбеленной хлопковой целлюлозы практически одинакова – 13-14%. Причина в том, что структура целлюлозных волокон почти одинаковая.

Список литературы:

1. Магнитные наночастицы: методы получения, строение, свойства / С.П. Губин, Ю.А. Кокшаров, Г.Б. Хомутов, Г.Ю. Юрков // Успехи химии. – 2005. – Т. 74. – № 6. – С. 539-574
2. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. – М.: Экология, 1991. – С. 165-168.
3. Primqulov M.T., Rahmonbtrdiev G`., Murodov M.M., Mirataev A.A. Tarkibida selliyuloza saqllovchi xomashyoni qayta ishlash texnologiyasi. O`zbekiston faylasuflar milliy jamiyati nashriyati. – Toshkent, 2014. P. 28-29.

МЕЖФАЗНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРЕХФАЗНЫХ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Тураев Эркин Рустамович

канд. техн. наук, Ташкентский химико-технологический институт,
Узбекистан, г. Ташкент

Бекназаров Хасан Сойибназарович

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

Ахмедов Улуг Каримович

канд. хим. наук, профессор, Институт общей и неорганической химии АН РУЗ,
Узбекистан, г. Ташкент

Джалилов Абдулахат Турапович

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

INTERPHASE INTERACTIONS OF THREE PHASE POLYPROPYLENE COMPOSITION MATERIALS

Erkin Turaev

Ph.D., Tashkent Chemical Technology Institute,
Uzbekistan, Tashkent

Hasan Beknazarov

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

Ulug Akhmedov

D.Sc., Professor, General and Inorganic Chemistry Institute,
Uzbekistan, Tashkent

Abdulahat Djalilov

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

АННОТАЦИЯ

Изучено влияние трехфазных систем на межфазные взаимодействия композиционных материалов и на физико-механические свойства полипропилена: ударную вязкость, модуль упругости, предел текучести, твердость, показатель текучести расплава.

ABSTRACT

The effect of three phase systems on the interfacial interactions of composite materials and on the physic mechanical properties of polypropylene is studied: impact strength, elastic modulus, yield strength, hardness, melt flow rate.

Ключевые слова: полипропилен, тальк, полиолефинный эластомер, модуль упругости, ударная вязкость по Изоду, температура изгиба под нагрузкой, межфазные взаимодействия.

Keywords: polypropylene, talc, polyolefin elastomer, modulus of elasticity, Izod impact strength, temperature of bending under load, interfacial interactions.

Введение

На протяжении последних нескольких десятилетий полимерным композитам уделялось повышенное внимание. Композиционные материалы на полимерной основе благодаря своей низкой плотности, хорошим технологическим свойствам, устойчивости к коррозии, более низкой стоимости и улучшенным механическим характеристикам нашли широкое применение в различных технологических целях [1; 2]. При этом среди большого количества полимерных композиционных материалов наибольшее распространение получили эластомерные композиты, наполненные различными добавками. Для получения таких композитов используются резины различных типов, например силиконовый, нитрильный, полиолефиновый, бутильный каучук и тройной сополимер этилена, пропилена и диена (СКЭПД) [17-3].

В работе рассматривается тип взаимодействия между наполнителем (талком) и матрицей на основе полиолефинового эластомера и полипропилена, а также зависимость свойств композитов, в особенности физико-механических свойств, от количества введенного талька. Также обсуждены возможные области использования подобных композитов.

Движущей силой развития полипропилен (ПП)/полиолефиновый эластомер (ПОЭ)/тальк композитов является все возрастающий объем использования их в автомобилестроении, показывающий устойчивую тенденцию к росту. Автопроизводители

предъявляют все более жесткие требования к полимерным композиционным материалам как с точки зрения их потребительских характеристик, так и с точки зрения их технологичности, которая обеспечивает высокопроизводительное и высокоскоростное формирование деталей сложной конфигурации.

Экспериментальная часть

Исследовано влияние модифицирующей добавки на физико-механические свойства базового полипропилена. В качестве наполнителя была выбрана высокодисперсная марка талька (Koch Co., Ltd) со средним размером частиц 5 мкм. В качестве полимера был использован сополимер пропилен с этиленом марки JM-380 (СП Uz-KorGasChemical). Выбор этой марки обоснован тем, что она, обладая достаточной текучестью, имеет высокие физико-механические свойства. В качестве эластомера использован полиолефиновый эластомер Engage 8200 (DOW).

Результаты и их обсуждение

Поскольку наполненные полимерные материалы представляют собой коллоидные дисперсные системы, в которых дисперсная фаза (наполнитель) распределена в дисперсной среде (полимере), то свойства такой системы в значительной мере определяются процессами взаимодействия на межфазной границе и размерами частиц наполнителя.

Для этой цели мы изучали физико-механические свойства и состав трехфазных композиционных материалов, полученные результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1.

Физико-механические свойства различных композитов

Наименование	Базовый ПП марки JM-380	ПП+ПОЭ 20%			
		содержание талька, % масс.			
		15	20	25	30
Плотность, г/см ³	0,85-0,95	0,97	1,02	1,05	1,09
Золы, %	0	15	20	24	29
ПТР, г/10 мин	55-65	23	21	20	19
Модуль упругости при изгибе, МПа	1100	1600	1720	1850	2100
Прочность при растяжении, МПа	24	21	20	21	21
Ударная вязкость по Изоду с/н, кДж/м ² при +23°C	5	30	27	19	16
Ударная вязкость по Изоду с/н, кДж/м ² при -30°C	2,5	7	6	4	3
HDT 1,8 МПа, °C	40	44	50	55	61
Удлинение, %	30	105	60	45	34
Усадка после 48 часов, %	1,1	0,7	0,6	0,5	0,4

При увеличении концентрации талька уменьшаются показатели текучести расплава, ударной вязкости, удлинения при разрыве и усадка, а при этом увеличиваются модуль упругости, плотность и теплостойкость композитов. При увеличении концентрации ПОЭ уменьшаются значения показателя текучести расплава, модуль упругости, предела текучести и теплостойкости. При этом увеличиваются ударная вязкость, относительное удлинение при разрыве и усадка композиционных материалов.

Использование эластомеров позволяет формировать морфологию с высокой степенью инкапсуляции

частиц талька эластомером, что выгодно для повышения ударопрочности.

Одним из методов повышения ударной вязкости является подавление агрегации частиц наполнителя. Как известно, имеется принципиальная возможность повышения ударно-прочностных свойств полукристаллических термопластов при введении в них жестких наполнителей, таких как тальк. Основным механизмом этого явления считается образование в полимере микропор при отслаивании полимера от поверхности частиц наполнителя под воздействием механического напряжения, которые далее способствуют развитию процессов сдвиговой деформации.

Таблица 2.

Физико-механические свойства различных композитов

Наименование	Базовый ПП марки JM-380	ПП+Тальк 20% масс.			
		содержание ПОЭ, % масс.			
		15	20	25	30
Плотность, г/см ³	0,85-0,95	1,05	1,02	1,02	1,00
Золы, %	0	20	20	20	20
ПТР, г/10 мин	55-65	24	21	19	16
Модуль упругости при изгибе, МПа	1100	1700	1720	1530	1450
Прочность при растяжении, МПа	24	22	20	17	14
Ударная вязкость по Изоду с/н, кДж/м ² при +23°C	5	24	27	31	38
Ударная вязкость по Изоду с/н, кДж/м ² при -30°C	2,5	5	6	7,5	8,9
HDT 1,8 МПа, °C	40	52	50	46	44
Удлинение, %	30	80	60	96	125
Усадка после 48 часов, %	1,1	0,6	0,6	0,7	0,8

Введение частиц талька в состав полимера приводит к структурообразованию макромолекулы полимеров. Структурообразование осуществляется при сближении частиц на небольшое расстояние (несколько молекулярных диаметров). С сохранением тонкой прослойки дисперсной среды. Также происходит взаимодействие пространственных структур двух типов коагуляционной сетки частиц твердой фазы (когда размер частиц меньше 5 мкм, есть большая вероятность образования коагуляции) и структурной сетки, образованной самим полимером дисперсной средой. Эти сетки совместно усиливают комплексные свойства полученных композитов материалов.

Известно, что физико-механические характеристики дисперсно-наполненных композитов зависят также от уровня адгезионного взаимодействия между полимером и наполнителем. Чешуйчато-пластинчатая форма и размер частиц определяют уровень локальных перенапряжений в матричном полимере. Так, вблизи крупных частиц наполнителя наблюдаются более высокие значения перенапряжений, чем в случае мелких частиц талька.

С ростом содержания талька в композициях повышается количество фракций частиц эластомера с размером менее 0,5 мкм. Причиной этого, наряду с количественным ростом числа «барьеров», очевидно, также должно быть параллельное повышение вязкости расплава (отражающееся на снижении значений

ПТР), связанное с уменьшением свободного объема в системе из-за присутствующих в расплаве талька. Кроме того, важным фактором может являться усиление в присутствии талька сдвиговой деформации частиц эластомера: при наличии в цилиндре экструдера в радиальном направлении градиента скоростей движения частиц талька частицы эластомера, находящиеся между двумя движущимися с разными скоростями частицами талька, подвергаются повышенной сдвиговой деформации, аналогичной деформации, развивающейся в тонком зазоре между стенкой цилиндра и шнеком. Такие жесткие условия интенсивных растягивающих напряжений в процессе динамического смещения способствуют разрыву частиц эластомера с формированием более мелких капель. Кооперативное действие перечисленных выше факторов, по-видимому, явилось причиной значительного повышения низкотемпературной ударной вязкости композиции содержанием эластомера 20% масс. и талька 20% масс. (таблицы 1 и 2).

Заключение

Таким образом, установлено, что с помощью введения ПОЭ и талька в состав базового полипропилена можно заранее запрограммировать необходимые свойства трехфазных композитных материалов и получить композиционные полимерные материалы с улучшенными физико-механическими свойствами.

Список литературы:

1. Карпова С.Г., Леднева О.А., Николаева Н.Ю. Физико-механические свойства модифицированного полиэтилена // Высокомолекулярные соединения, Серия А. – 1994. – Т. 36. – № 5. – С. 788-793.
2. Кербер М.Л., Лебедева Е.Д. Получение, структура и свойства модифицированных аморфно-кристаллических термопластов // Л.: ОНПО «Пластполимер», 1986. – С. 139-154.
3. Li Xinqi, He Liping, Zhou Haiye. Influence of silicone oil modification on properties of ramie fiber reinforced polypropylene composites. J. Carbohydrate polymers. 2012. V. 87. No. 3. P. 2000-2004.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научный журнал

**UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 12(57)
Декабрь 2018

Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ № ФС 77 – 66236 от 01.07.2016
Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 – 54434 от 17.06.2013

Подписано в печать 25.12.18. Формат бумаги 60х84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 7,25. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
125009, Москва, Георгиевский пер. 1, стр.1, оф. 5
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+