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: 10(67)

Октябрь 2019

Часть 1

Москва
2019

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. – № 10(67). Часть 1. М., Изд. «МЦНО», 2019. – 76 с. – Электрон. версия печ. публ. – <http://7universum.com/ru/tech/archive/category/1067>

ISSN (печ.версии): 2500-1272

ISSN (эл.версии): 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2019.67.10-1

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 3

© ООО «МЦНО», 2019 г.

Содержание

Информатика, вычислительная техника и управление	5
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ В ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКЕ СПОРТСМЕНОВ ВЫСШИХ СПОРТИВНЫХ РАЗРЯДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ Крутиков Александр Константинович	5
МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ НАБОРА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ Мусаев Мухаммаджон Усарович Иркабаев Джуманали Усманович Джаббаров Одил Джураевич	9
Машиностроение и машиноведение	12
МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕНОМОДЕЛЕЙ И ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ЗУБЬЕВ БОРОНЫ С ТВЕРДОСПЛАВНЫМ СОРМАЙТОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ПУТЕМ ЛИТЬЯ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ, И ИХ ПОСЛЕДУЮЩАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА С ДВОЙНОЙ ФАЗОВОЙ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ Тилабов Баходир Курбанович	12
Процессы и машины агроинженерных систем	18
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ Хамидов Баходир Таджиддинович Акабирова Лола Хусейновна Досумов Шодиёр Рамазанович	18
Транспорт	23
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОСТЕЛЕЙ КОРЕННЫХ ПОДШИПНИКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ Полвонов Абдужалил Саттарович Шотмонов Давронбек Самарбекович Абдусаттаров Нодиржон Абдужалил угли	23
К АНАЛИЗУ ГРУЗОПОТОКА ТАРНО-УПАКОВОЧНЫХ ГРУЗОВ ПЕРЕРАБАТЫВАЕМЫХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СКЛАДАХ Мерганов Аваз Мирсултанович Хаджимухаметова Матлюба Адилевна Урманова Зарина Абдивохид кизи	28
ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УВЯЗКИ ЛОКОМОТИВОВ НА ПРИГРАНИЧНОМ ПУНКТЕ ПРОПУСКА «ОК КУПРИК - ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ» Расулов Маруфджан Халикович Машарипов Маъсуд Нуъмонжонович Расулмухамедов Махамадазиз Махамадаминович Суюнбаев Шинполат Мансуралиевич	32
Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности	37
ДВИЖЕНИЕ МАССЫ ХЛОПКА СЫРЦА ПО КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ ПЛОСКОСТИ Тадаева Елена Владимировна Мамадалиев Хамдам Хатамович	37
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ КОМ- ПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УПАКОВКИ Джалилов Анвар Абдугафарович Ешбаева Улбосин Жамаловна Магрупов Фархад Асадуллаевич Жураев Асрор Бахтиёр угли	43
Технология, машины и оборудование лесозаготовок, лесного хозяйства, деревопереработки и химической переработки биомассы дерева	47
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГАЗОВОЙ ПОДУШКИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА БАРБОТАЖНОГО ЭКСТРАКТОРА Каримов Икромали Тожиматович	47

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РОТОРНО-ФИЛЬТРУЮЩЕГО АППАРАТА Исомидинов Азизжон Саломидинович	54
Технология продовольственных продуктов	59
БЕНТОНИТОВЫЕ АДсорбенты МОДИФИЦИРОВАННЫЕ РАСТВОРОМ КАРБАМИДА Ахмедов Азимжон Нормуминович Абдурахимов Саидакбар Абдурахмонович Азимов Юсуф Хидирович	59
РАСЧЕТ КОНВЕКТИВНОЙ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ Холиков Алижон Абдираупович Мирзаева Шохиста Усмоновна Рахматов Умид Ражабович	63
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОТБЕЛКИ СОЕВОГО МАСЛА Хамракулова Муборак Хакимовна Абдуллаева Масохат Абдулбориевна Хошимов Илхомжон Эркин угли Турдибоев Илхомжон Хаётжон угли	67
ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ УСТАНОВОК Жумаев Ботир Мелибаевич Султанова Шахноза Абдувахитовна Сафаров Жасур Эсиргапович	71

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ В ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКЕ
СПОРТСМЕНОВ ВЫСШИХ СПОРТИВНЫХ РАЗЯДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ*Крутиков Александр Константинович**аспирант 2 курса, ФАВТ, ВятГУ,
РФ, г. Киров**Email: yadrodisk@yandex.ru*PREDICTION OF INDIVIDUAL RESULTS IN ATHLETICS ATHLETES
OF HIGHER SPORTS CATEGORIES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS*Alexander Krutikov**post-graduate, faculty of automation and computer technics, VyatSU,
Russia, Kirov*

АННОТАЦИЯ

Статья рассматривает предпосылки создания и тестирования прототипа системы для прогнозирования индивидуальных результатов спортсмена в легкой атлетике. Описаны примеры создания обучающей выборки, модели используемых нейронных сетей, анализируются результаты экспериментов, таблицы и графики. Приведены экранные формы работы прототипа.

ABSTRACT

The article considers the prerequisites for the creation and testing of a prototype system for predicting the individual results of an athlete in athletics. Examples of creating a training sample, models of neural networks are described, experimental results, tables and graphs are analyzed. The screen forms of the prototype are given.

Ключевые слова: каскадная нейронная сеть, обобщенно-регрессионная нейронная сеть, нейронная сеть прямого распространения, нейрон, слой, алгоритм обучения, спортивное прогнозирование, легкая атлетика, индивидуальный вид спорта.

Keywords: cascade neural network, generalized regression neural network, direct propagation neural network, neuron, layer, learning algorithm, sports forecasting, athletics, individual sport.

Легкая атлетика базовый вид спорта во многих регионах РФ. Помимо этого, легкая атлетика – это олимпийский вид спорта, в котором на данный момент разыгрывается наибольшее число комплектов медалей на Олимпийских играх. Для сборной России этот вид спорта до 2016 года был одним из самых успешных и приносящих награды в копилку Олимпийской сборной в неофициальном командном зачете.

Конкуренция в легкой атлетике – это не только соперничество спортсменов, но и конкуренция тренеров, тренировочных школ, программ подготовки, спортивных функционеров, спортивных структур, которые осуществляют подготовку методик, научных работ и рекомендаций. Успешное конкурентное предполагает использование современных разработок и технологий, к которым определенно можно отнести методы и средства динамично развивающейся области компьютерных технологий – искусственного интеллекта.

Планирование и прогнозирование – это важный аспект тренировочной деятельности в легкой атлетике. Планируются и прогнозируются как долгосрочные процессы, например, перспективы развития легкоатлетической дисциплины, или отдельного спортсмена, так и среднесрочные и краткосрочные задачи, такие как результат спортсмена на определенном турнире, функциональные возможности атлета и пр. В зависимости от прогнозов могут корректироваться тренировочные и различные другие циклы спортивной подготовки атлетов. Прогноз лежит в построении индивидуальных спортивных планов: на основе определенных прогнозов принимаются решения на уровне национальной сборной команды.

Одним из средств искусственного интеллекта, применяемых в прогнозировании, являются нейронные сети [1, 2]. При этом, одна из особенностей использования нейронных сетей – необходимость их обучения, для чего требуется разработать определенную обучающую выборку.

В среде MATLAB разработан и тестируется прототип системы для прогнозирования спортивных результатов в индивидуальных видах спорта [1]. Обучающая выборка состоит более чем из тридцати векторов, каждый из которых является набором контрольных, тестовых и специальных параметров прыгуна в длину с квалификацией I спортивного разряда, а последний элемент вектора – это профильный результат спортсмена в дисциплине. В вектор вошли такие показатели, как прыжок с места, рабочий и мак-

симальный веса штанги, дозировка спортивного питания, тестовые беговые результаты. Все эти результаты и показатели зафиксированы на определенном этапе, или в определенном цикле подготовки спортсмена. Важной особенностью данных в обучающей выборке является то, что все тестовые, контрольные и профильные показатели являются вещественными числами, и при обучении нейронной сети представлены именно в виде вещественных чисел.

График, построенный на основе обучающей выборки, приведен на рисунке 1.

Рисунок 1. График построенный на основе результатов спортсмена в обучающей выборке

Данная выборка детализирована на одном временном отрезке (полтора месяца). Использование этих данных позволит определить оптимальные параметры нейронных сетей, для прогнозирования спортивных результатов, а также разработать ряд методических рекомендаций. Обучающая выборка загружается в систему в формате электронной таблицы, составляется в среде Microsoft Excel. Количество значений в обучающей выборке зависит от разработчиков обучающей выборки. При создании выборок по профильным дисциплинам спортсмена необходимо производить консультацию со специалистами, чтобы выяснить, какие именно

параметры наиболее влияют на профильный результат.

В качестве основных моделей нейронных сетей выбраны каскадная нейронная сеть [3], нейронная сеть прямого распространения [4] и обобщенно-регрессионная нейронная сеть [2].

Произведены эксперименты с использованием модуля на основе нейронной сети прямого распространения. Совмещенный график, полученный после обучения нейронной сети прямого распространения на основе результатов прогноза, представлен на рисунке 2.

Рисунок 2. Совмещенный график на основе тестового запуска обученной нейронной сети

Результаты среднеквадратичной ошибки (MSE) при обучении нейронной сети прямого распространения приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты экспериментов

Структура сети	Метод обучения trainlm	Метод обучения trainbr	Метод обучения traingd
25,15,1	MSE= 0.0189 (61 эпоха обучения)	MSE= 0.00947 (339 эпох обучения)	MSE= 0.0131 (27 эпох обучения)
35,25,1	MSE= 0.0199 (94 эпохи обучения)	MSE= 0.00268 (1000 эпох обучения)	MSE= 28.6 (22 эпохи обучения)

Сеть обучена, минимальная среднеквадратичная ошибка получена на структуре сети 5 нейронов в первом слое и один нейрон во втором слое, с 1000 эпох обучения. Уменьшению ошибки обучения способствует уменьшение структуры нейронной сети, что объясняется недостаточностью большой обучающей выборкой. Сеть с задачей прогнозирования спортивных результатов в дисциплине «прыжки в длину» справилась.

Совмещенные графики и аналогичные результаты были получены с использованием тестового запуска каскадной нейронной сети и обобщенно-регрессионной нейронной сети приведены на рисунках 3-4. Среднеквадратичная ошибка в экспериментах не превысила 0,0043. Эффекта переобучения не наблюдается, и с использованием реальных примеров, не входящих в обучающую выборку, на выходе сетей наблюдается прогнозируемый результат. При этом среднеквадратичная ошибка не превышает 0,881.

Рисунок 3. Совмещенный график на основе тестового запуска обученной каскадной нейронной сети

Рисунок 4. Совмещенный график на основе тестового запуска обученной обобщенно-регрессионной нейронной сети

Экранные формы работы с каскадной нейронной сетью в среде MATLAB приведены на рисунке 5.

Рисунок 5. Экранные формы обученной каскадной нейронной сети в среде MATLAB

Данные модели успешно проявили себя при прогнозировании результатов в данном индивидуальном виде спорта, при использовании малой обучающей выборки. Описанные модели возможно применять для прогнозирования спортивных результатов в индивидуальных видах спорта в группе дисциплин, для которых характерна активная двигательная деятельность спортсменов с предельным проявлением физических и психических качеств, а результат выражается численно, в виде целого или вещественного числа.

Обучающие выборки необходимо расширять за счет введения и наблюдения за погодными и фармакологическими показателями. Также рассматривается возможность введения в обучающую выборку

некоторого психологического показателя спортсмена.

Прототип системы разработан в системе MATLAB. Занимаемое место на жестком диске варьируется от числа и размерности обучающих выборок. Рекомендуемые системные требования к ПК: Intel Core i3, 1,7 ГГц, оперативная память от 1 Гб, от 200 Мб свободного места на жестком диске, ОС Windows XP/7/8/10 и выше.

Система на данный момент тестируется. Планируется разработка более подробных обучающих выборок для спортсменов беговых и технических дисциплин, а также углубленные тесты и анализ результатов.

Список литературы:

1. Крутиков А.К., Подковырин В.Д. Компьютерные технологии и технологии искусственного интеллекта как инструмент прогнозирования спортивных результатов в легкой атлетике - Актуальные проблемы и современные тенденции развития легкой атлетики в России и в мире: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященная памяти профессора Г.В. Цыганова (24 мая 2019 года). – Казань: Поволжская ГАФКСиТ, 2019. –256-261 с.
2. Крутиков А. К. Прогнозирование спортивных результатов в индивидуальных видах спорта с помощью обобщенно-регрессионной нейронной сети // Молодой ученый. — 2018. — №12. — С. 22-26. — URL <https://moluch.ru/archive/198/48884/> (дата обращения: 27.04.2018).
3. Мельцов В.Ю., Подковырин В.Д., Клюкин В.Л., Крутиков А.К., Использование каскадной нейронной сети прямой передачи для прогнозирования спортивных достижений в толкании ядра. [Текст] – Казань: Научно-технический вестник Поволжья №4, 2018. с.136-139
4. Филатова Т.В., Применение нейронных сетей для аппроксимации данных – ДонГТУ: Тематические статьи 125 с.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ НАБОРА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Мусаев Мухаммаджон Усарович

канд. техн. наук, доцент Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова,
Узбекистан, г. Алмалык
E-mail: asadbek50@mail.ru

Иркабаев Джуманали Усманович

ст. преп. Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова,
Узбекистан, г. Алмалык

Джаббаров Одил Джурраевич

ст. преп. Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова,
Узбекистан, г. Алмалык

METHODS OF OPTIMIZATION A SET OF FUNCTIONAL MODULES OF COMPUTING SYSTEMS

Mukhammadjon Musayev

Candidate of technical Sciences,
associate professor Almalyk branch of Tashkent state technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Almalyk

Jumanali Irkabaayev

Senior lecturer, Almalyk branch of Tashkent state technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Almalyk

Odil Jabbarov

Senior lecturer, Almalyk branch of Tashkent state technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Almalyk

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена исследованию и разработке аппарата толерантности алгоритмов и автоматов, предназначенного для автоматизации решения одного из основных вопросов задачи макросинтеза ВС – определения оптимального состава функциональных модулей (ФМ) разрабатываемой ВС, отличающейся минимальным числом типов ФМ, но в совокупности наилучшим образом реализующих любой алгоритм из заданного комплекса задач.

ABSTRACT

The article is devoted to research and development of the tolerance of equipment for algorithms and automata designed to automate the solution of one of the main issues of the VS macro-synthesis problem — determining the optimal composition of functional modules (FM) developed by the VS, differing in the minimum number of FM types, but the combination best implements any algorithm from a given complex tasks.

Ключевые слова: толерантности алгоритмов, функциональные модули, система обмена информацией, оптимальный набор, отношения вложения.

Keywords: tolerance of algorithms, functional modules, system of information exchange, optimal set, investment relationship.

Постановка задачи. Работа посвящена определению оптимального состава ФМ разрабатываемой

ВС, отличающейся минимальным числом типов ФМ, но в совокупности наилучшим (некотором смысле)

образом реализующих любой алгоритм из заданного комплекса задач. Получение процедуры определения оптимального набора ФМ, настроенных на заданный комплекс алгоритмов.

Решения задачи. Оптимизация набора функциональных модулей на классах толерантности. Предварительно на подмножестве **B** векторов $W_j, W_j \in B$ выполним вспомогательное преобразование.

Базисные системы маршрутов W_j , [1] входящие в подмножество **B** могут иметь некоторые количество одинаковых маршрутов, т.е. координат – единиц в векторе W_j . Например, маршрут w_i из W_i маршрут w_γ из W_γ могут быть одинаковыми, т.е. $w_i \equiv w_\gamma$. Однако любые два вектора W_i и W_γ из **B** имеют минимум два различных маршрута. Поэтому выделим общую часть, если существует, у всех векторов, входящих в подмножество **B**, следующим образом. Перебирая координаты всех векторов по порядку возрастания номеров от 1 до m , отметим те компоненты-единицы, которые имеются в составе всех векторов. Тогда вектор W_0 , имеющий компоненты-единицы на этих местах, а остальные нули, будет общей частью векторов подмножества **B. У каждого вектора W_j , подмножества **B** заменим помеченные координаты-единицы нулями и перенумеруем их от 1 до s : $W_a \rightarrow W_1, \dots, W_j \rightarrow W_k, \dots, W_n \rightarrow W_s$.**

Выделим из множества $N = \{N_1, \dots, N_R\}$ векторов, поставленных в соответствие, подмножество $N' = \{N_1, \dots, N_{R'}\}$ такое, что вектор N_σ из N' . При большом числе векторов $W_\varepsilon \in B$ общая часть (значение вектор W_0 может оказаться небольшой), хотя различие между многими из них и будет незначительным, а поэтому и подмножество N' может мало отличаться по составу векторов от N . Дальнейшее уменьшение проводить следующим образом.

Будем искать вектора N_σ – представители модулей B_σ , находящиеся в отношении e^{-1} с вектор – блоками W_k из подмножества **B**. При этом выполнять процедуру поиска необходимо с учетом того, что вспомогательное преобразование позволяет уменьшить время сравнения векторов друг с другом, если оно выполняется лишь на тех значениях компонентах каждого вектора $W_k \in B$ и подмножества N' , которые получены после удаления компонент – единиц общей части. В результате получим следующие подмножества векторов $\{N_{k,\sigma}\}$, с которыми вектора

W_k находится в отношении [2] **e- вложения**:

$$W_k e \{N_{k1} \vee N_{k2} \vee \dots \vee N_{k\sigma} \vee \dots \vee N_{k_n}\}, \quad k = 1, 2, \dots, s \quad (1)$$

Используя (1), выпишем для каждого вектора N_σ – представителя модуля B_σ те вектора $W_{\sigma\varepsilon}$, которые находятся с ним в отношении:

$$N_\sigma e^{-1} \{W_{\sigma_1} \vee W_{\sigma_2} \vee \dots \vee W_{\sigma_\varepsilon} \vee \dots \vee W_{\sigma_{s_\sigma}}\}, \quad \sigma = 1, \dots, R'.$$

Выберем теперь вектор N_μ , с которым находится в отношении максимальное количество векторов $W_k S_\mu = \max \{S_\sigma\}, \quad \sigma = 1, \dots, R'.$

Исключим соответствующий ему модуль B_μ и реализуемые им блоки алгоритма из дальнейшего рассмотрения. Из оставшийся модулей выбираем аналогичным образом тот, который выполняет максимальное количество блоков алгоритмов из всех оставшийся. Перебор прекращается, когда все блоки алгоритма будут реализованы некоторым, а подмножеством ФМ $B^0 = \{B_1, \dots, B_r\}$, которое и будет минимальным по количеству типов модулей.

Оптимизация набора функциональных модулей на таксонах.

В соответствии с построением таксонов, в первый включено максимальное количество векторов, поэтому с него начнем выделение оптимального набора функциональных модулей.

Найдем в наборе ФМ $B = \{B_1, \dots, B_n\}$ такие, с которыми вектор таксон $\tilde{W}_1$, находится в отношении e-вложения. Если среди модулей не окажется таких, которые находятся в отношении e-вложения с полученным таксоном, то установление отношения вложения можно продолжить двумя путями:

- уменьшением значения Δ_1 -радиуса сферы до тех пор, пока не найдутся модули, содержащие нужные комплексы маршрутов;
- поиском совокупности B^+ модулей и их композиции, т.е. установлением на ней отношения функциональной зависимости F , ведущего к синтезу микромодуля или модуля второго уровня $\langle B^+, F \rangle$ такого, при котором на $\langle B^+, F \rangle$ появляются нужные комплексы маршрутов.

После выбора подходящего значения Δ аналогично выше описанному выбираем модули, образующие подмножество $B^0 = \{B_1, \dots, B_r\}$ и реализующие данный алгоритм. Процедура оптимизации всегда начинаем с максимального вектор-таксона, т.е. с $\tilde{W}_1$.

Для каждого вектор-таксона $\tilde{W}_1, \dots, \tilde{W}_q$ получаем подмножество вектор-модулей, находящихся в отношении e^{-1} с соответствующими вектор-модулями: первый вектор-таксон $\tilde{W}_1$ находится в отношении вложения e с подмножеством вектор-модулей:

$$\{N^{i_{s_1}}, \dots, N^{i_{s_1}}\} \Rightarrow \tilde{W}_1;$$

второй вектор таксон – с подмножеством вектор-модулей:

$$\{N^{i_{r1}}, \dots, N^{i_{r_r}}\} \Rightarrow \tilde{W}_r;$$

наконец, последний вектор-таксон - с подмножеством вектор-модулей:

$$\{N^{i_{q1}}, \dots, N^{i_{q^*q}}\} \Rightarrow \tilde{W}_q;$$

Далее применяем следующую процедуру выделения оптимального набора ФМ. Вначале отыскиваем ядро набора. Ядро составляет ФМ-и, которым соответствует подмножества вектор-модулей, состоящие из одного вектора. Такие модули с соответствующими им блоками алгоритма удаляются. Затем на оставшемся множестве для каждого вектор-модуля $N^{i_{\gamma}}, l = 1, \dots, q; \gamma = 1, \dots, \max\{S_l\}$ где $1 \leq S_l \leq q$ подсчитываем, количество, которое находится в отношении e^{-1} с максимальным числом вектор-таксонов, исключим соответствующий ему ФМ из подмножества $\{B^{i_{l1}}, \dots, B^{i_{lS_l}}\}$ вместе с блоками, с которыми он находится в отношении e^{-1} . Затем проверяем оставшиеся вектор-таксоны и вектор-модули, которые находятся в отношении e . Выбираем вектор-модуль, который находится в отношении e^{-1} с наибольшим числом вектор-таксонов. Этот процесс продолжается до тех пор, пока всем $\{\tilde{W}_1, \tilde{W}_r, \dots, \tilde{W}_q\}$ не будут поставлены в соответствие модули.

На этом процесс оптимизации базисного набора ФМ заканчивается, а полученный из множества $\{B_1, \dots, B_R\}$ набор функциональных модулей $\{B_1, \dots, B_r\}$ будет оптимальным [3].

Число таксонов является функцией от δ геометрического расположения векторов в m -мерном пространстве. Для меньших Δ величины q и S_l будут большими числами, а для больших Δ величины q и S_l будут меньше. Перебрав различные значения Δ, q и S_l можно, исходя из условий конкретной задачи, выбрать наиболее подходящие Δ, q и S_l которые нужно сделать, очевидно, возможно меньшими.

Заключение. Построив области допустимых структур ВС необходимо найти вариант, который позволяет решать задачи с минимальными затратами времени и оборудования. Будем считать время решения задачи главным фактором, влияющим на выбор структуры ВС, а затраты оборудования подчиненным фактором, и они не должны лишь превосходить некоторых заданных (разумных) пределов. Это значит, что оптимизация затрат на оборудование (и вопрос его многократного использования) может решаться лишь в тех случаях, когда имеется запас по времени решения проблемных задач. Поэтому на первом этапе оптимизации целевая функция сводится к критерию затрат времени. На втором этапе оптимизируется оборудования ВС. При таком подходе значительно упрощается поиск оптимальной структуры ВС. Предложенные и исследованные методы таксономической группировки обеспечивают выбор функционально полного набора модулей ВС с минимальным числом их типов, реализующих любой алгоритм из заданного множества и обеспечивает условия создания однотипных однородных программно-математических и технических средств ВС, отличающихся высокой технологичностью, функциональной устойчивостью, ремонтпригодностью.

Список литературы:

1. Мусаев М.У. Метод выбора функциональных модулей/ Ташк. Политех.ин-т.- Ташкент, 1989-15 стр.-Деп. В Уз НИИНТИ 20.04.89. №989 Уз89.
2. Бекмуратов.Т.Ф, Мусаев М.У. Методы распознавания сходства и различия алгоритмов и автоматов. Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент 1994 г. №2*3; с.1-6.
3. Мусаев М.У. Функция сравнения маршрутов на моделях алгоритмов. Доклады АН РУз № 8. 1997г. С.21-23.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕНОМОДЕЛЕЙ И ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ЗУБЬЕВ
БОРОНЫ С ТВЕРДОСПЛАВНЫМ СОРМАЙТОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ПУТЕМ ЛИТЬЯ
ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ, И ИХ ПОСЛЕДУЮЩАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА С ДВОЙНОЙ ФАЗОВОЙ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ*Тилабов Баходир Курбанович**д-р техн. наук, профессор Алмалыкского филиала
Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова,
Узбекистан, г. Алмалык
E-mail: btalabov@mail.ru*METHODS OF MAKING AND RECEIVING PENOMODELYAM CAST PARTS OF TEETH
HARROWS CARBIDE SORMAYTOVYM COATED BY CASTING ON GASIFIED MODELS
AND SUBSEQUENT THERMAL PROCESSING PHASE DOUBLE RECRYSTALLIZATION*Bahodir Tilabov**Professor of technical Sciences, associate professor, Almalyk branch of Tashkent state technical
University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Almalyk*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются поэтапные методы изготовления пеномоделей и получения литых деталей зубьев бороны с твердосплавным сормайтovým покрытием путем литья по газифицируемым моделям. Приведены способы склеивания изделий, процессы формовки, трамбовки, заливки жидкого металла и образования литых деталей. Представлен состав, строение и свойства покрытий из стали 35ГЛ. Проанализированы твердость и микротвердость поверхностных и подповерхностных слоев литых образцов и деталей. Разработаны оптимальные режимы термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией для данных деталей. Показано, что термическая обработка с двойной фазовой перекристаллизацией повышает износостойкость и долговечность готовых литых деталей в 3-4 раза.

ABSTRACT

The article presents the incremental methods of making and receiving penomodelyam cast parts of teeth harrows carbide sormaytovym coated by casting on gasified models. Methods of bonding products, processes molding, ramming, pouring the molten metal and the formation of molded parts. The composition, structure and properties of coatings of steel 35GL. Analyzed hardness and microhardness of the surface and subsurface layers of the cast samples and parts. Applied optimal modes of heat treatment with a dual phase recrystallization for these items. It is proved that the thermal processing phase double recrystallization increases wear resistance and durability in the finished cast parts 3-4.

Ключевые слова: газифицируемые модели, твердосплавное сормайтövое покрытие, склеивание, формовка, заливка металла, среднеуглеродистая сталь 35ГЛ, твердость и микротвердость, макростроение и микроструктура, термическая обработка с двойной фазовой перекристаллизацией, абразивная износостойкость.

Keywords: gas models, sormayte carbide coating, bonding, forming, filling, carbon steel 35GL, hardness and microhardness, makrostroenie and microstructure, heat treatment with the double phase recrystallization, abrasion resistance.

Введение. Повышение износостойкости и долговечности поверхностных слоев стальных и чугунных литых деталей в автосельхозмашиностроении является весьма актуальной проблемой [1].

Многие литые детали сельскохозяйственных и почвообрабатывающих машин и механизмов выхо-

дят из строя в результате поверхностного разрушения под воздействием твердых абразивных частиц, попадающих в зону трения. Расходы на ремонт или восстановление в настоящее время по республике составляют десятки миллиардов сум. В этих условиях экономически выгодным является любое удлинение срока службы литых деталей путем увеличения их

износостойкости и долговечности, т.к. ремонт и восстановление деталей не всегда обеспечивают необходимые качества изделий [2,3]. Поэтому некоторые детали вышеуказанных машин изготавливаются литьем без покрытия из стали или чугуна, а срок годности этих деталей не превышает одного сезона, так как они во время работы быстро изнашиваются. К таким деталям относятся литые зубья бороны, которые изготавливаются на предприятиях республики и испытываются в полевых условиях при обработке почвы. Полученные результаты показывают, что ресурс зубьев бороны составляет 35-40 га обработанной земли. Недостатками первого варианта являются недостаточная твердость и износостойкость, второго – большой расход дефицитных твердых сплавов, а третьего – применение нестандартных марок сталей.

Целью данной работы является разработка технологии изготовления пенополистироловых моделей и получения литых деталей почвообрабатывающих машин с износостойким твердосплавным сормайтовым покрытием и последующей высокой абразивной

износостойкостью. Объектом исследований были детали зубьев бороны, испытывающие интенсивный абразивно-коррозионный износ при бороновании почвы.

Методика проведения исследований. По предлагаемым технологиям при помощи пресс-формы сначала получается пеномодель (рис.1а) и покрывается износостойким твердосплавным покрытием (рис.1б,в), затем пеномодели располагаются горизонтально, а их рабочая поверхность направлена вверх и формуется в литейную опоку, а потом заливается жидкий металл при температуре 1600-1650°C через литниковую систему при сифонном подводе металла. Расплавленный металл подавался непосредственно на *пеномодель*. Под действием этого расплава полистирол газифицируется и образующиеся полости заполняются металлом по составу, соответствующему стали марки 35ГЛ. Таким способом изготавливаются пеномодели и литые стальные детали зубьев бороны (рис.1г) с твердосплавным покрытием на производственном предприятии Холдинговая Компания «Metallmexqurilish» [4].

Рисунок 1. Пеномодели и отливки деталей зубьев бороны 3БЗС-1,0 с твердосплавным покрытием:
 а – пеномодель; б – пеномодель с покрытием по основным изнашиваемым поверхностям; в – пеномодель по всему изнашиваемому поверхностному покрытию; г – литая стальная деталь зубьев бороны с износостойким твердосплавным покрытием и последующим термическим упрочнением

Заполнение формы жидким металлом является одним из основных этапов формирования отливки, определяющим многие показатели её качества. Следует отметить, что заливку форм нужно производить особенно тщательно, аккуратно и равномерно при постоянном гидростатическом напоре.

Склеивание литниковой системы. Перед формовкой хорошо просушенные пеномодели склеиваются на круглом или гайкообразном кольце модели с помощью литниковой системы. Все пеномодели

должны склеиваться специальными клеями и сушиться при нормальной комнатной температуре. Например, пеномодели зубьев бороны (рис.2а, б, в). Склеенные пеномодели размещают в металлических опоках-контейнерах, засыпают постель из сухого кварцевого песка, уплотняют ручной или автоматической вибрацией, а потом в заданном положении устанавливают модель с литниковой системой при помощи керамических трубок для разлива расплава. Литниковая система позволяет обеспечить практически постоянную скорость подъема металла в форме.

Рисунок 2. Склеенные пеномодели зубьев бороны с тремя видами твердосплавных покрытий:
а – пеномодели; б – пеномодели с покрытием по основным изнашиваемым поверхностям; в – пеномодели с покрытием по всему изнашиваемому поверхностному покрытию

Окончательную формовку осуществляли следующим образом. На дно нижней части опоки-контейнера засыпали постель из сухого кварцевого песка, уплотняли вибрацией и затем в нужном положении устанавливали пеномодель с литниковой системой при помощи керамических трубок (рис.3а). Керамическая трубка предназначена в основном, для разлива стали. После этого опоку заполняли кварцевым песком вручную (рис.3б) или автоматической вибрацией (рис.3в) доверху (рис.3г). Уплотненную таким образом форму накрывали перфорированным металлическим листом с отверстиями для прохода газов, устанавливали литниковую чашу и груз (рис.3д). Затем опоки-контейнеры с формовочного участка отправляли на конвейере на заливочный участок и по очередности заливали жидкий металл (см.рис.3д). После заливки жидкого расплава опоки-

контейнеры остывали на воздухе в течение определенного времени, их раскрывали и получали качественную готовую отливку детали зубьев бороны с износостойким твердосплавным покрытием типа «сормайт» ПГ-С27 [4] толщиной слоя покрытия 2-3 мм (рис.3е).

В работе исследуется состав твердого сплава типа сормайт ПГ-С27. Выбор состава наносимого покрытия производился по двум критериям: 1 – покрытие должно отвечать требованию 3-4 – кратного увеличения износостойкости по сравнению с износостойкостью стальной основы; 2 – покрытие должно включать доступные и недорогие компоненты и отличаться простотой технологии его нанесения. Исходя из этого, в качестве покрытия на рабочей поверхности зубьев бороны выбрали твердый сплав типа сормайт, а в качестве связки использовали раствор 4%-го поливинилбутирала в спирте.

Рисунок 3. Процесс формовки и заполнение металлической опоки-контейнера: а – формовка пеномоделей зубьев бороны; б – ручная формовка с кварцевым песком с помощью лопатки и сита; в – автоматическая вибрация; г – заполнение доверху; д – заливка расплава; е – отливки деталей зубьев бороны с твердосплавным покрытием

Результаты исследований и их обсуждение.

Для проверки толщины слоя отливки взяли готовую деталь зубьев бороны с износостойким твердосплавным покрытием (рис.4 а), вырезали кусок шлифа для макро - и микроисследования (рис.4 б, в), затем его

отшлифовали и отполировали (рис.4 г), а потом промыли и подвергли химическому травлению соответствующим травителем для выявления поверхностного покрытия толщиной слоя обмазки 2-3 мм (рис.4д). Более явно и визуальное макроизображение

поверхностных твердосплавных сормайттовых покрытий [4] представлено на (рис.5 а, б, в).

Рисунок 4. Готовые отливки деталей зубьев борона и вырезанные образцы с твердосплавным сормайттовым покрытием толщиной слоя 2-3 мм: а – стальная деталь зубьев борона; б, в – вырезанные куски образцов; г – шлифованный и отполированный образец; д – образец, подвергшийся травлению толщиной покрытия 2,0-3,0 мм

Рисунок 5. Стальные образцы с износостойким твердосплавным покрытием типа сормайт ПГ-С27 толщиной слоя: а-2,0 мм; б-2,5 мм; в-3,0 мм

Оптимальные режимы термической обработки. Эти образцы подвергали различным режимам термической обработки. Термическую обработку литых образцов с износостойким твердосплавным покрытием проводили в лабораторных печах, а натуральных изделий – в термической камерной печи при различных температурах нагрева:

1) Смягчающий отжиг при температуре 700-720°C в течение двух часов, а охлаждение вместе с печью;

2) Термическая обработка, закалка образцов с нагревом до температуры от 900 до 1150°C, а охлаждение в масле или на воздухе;

3) Отпуск при различных температурах нагрева 300, 450, 500, 550, 600°C. Время выдержки образцов при отпуске - 1,5 часа, а охлаждение на воздухе;

4) Двойная (повторная) закалка. Образцы после первой заковки с различных температур нагрева и промежуточного отпуска 450-600°C подвергали повторному нагреву до 925-940°C, закаливали, охлаждали в масле и отпускали при температуре 300°C. Двойная закалка [5,6] используется впервые для увеличения износостойкости твердосплавных литых деталей. После двойной заковки повышаются твердость, микротвердость и, особенно, износостойкость твердосплавных образцов и деталей в 3-4 раза по сравнению с серийными изделиями.

Микроскопические исследования проводили в соответствии с рекомендациями [6]. Для травления шлифов из высокохромистого белого чугуна использовали травитель следующего состава: Для травления шлифов из твердосплавного покрытия (стали)

применяли реактивы (травитель) следующего состава: 1. Азотная кислота; 2. Спирт этиловый – 45 мг; 3. Вода – 100 мл. Микроскопические исследования проводили на микроскопах МИМ-8М и Neophot-21 при различных увеличениях. Образцы имели следующие размеры: 15х15; 15х20; 20х20; 20х22 мм. Исследования микроструктуры образца №20, полученного при литье по газифицируемой модели с твердосплавным покрытием из порошка типа сормайт ПГ-С27 толщиной слоя 3 мм показали, что на поверхности слоя структура эвтектическая (рис.6а). При дальнейшем охлаждении участки аустенита превраща-

ются в продукты его распада, но скорее всего испытывают мартенситное превращение (рис.6б). Усиная «корочка» - эвтектическая часть структуры вообще отсутствует (рис.6в). Причем, глубина эвтектической зоны 1,6-1,8 мм, а глубина доэвтектической зоны до границы перехода к основному металлу 1,9-2,4 мм. На рабочей поверхности покрытия на глубину до 1,4÷1,7 мм формируется структура эвтектики со столбчатыми кристаллами карбидов типа Cr_7C_3 и $Cr_{23}C_6$. Структура металлической основы эвтектики не разрушается, но судя по общей твердости $HRC=48\div52$ она мартенситная с остаточным аустенином (рис.6г).

Рисунок 6. Микроструктуры поверхностных слоев литых стальных образцов. Х300

Рентгеноструктурный фазовый анализ проводили с целью определения фазового состава чугуна, процентного соотношения фаз, уровня дефектности кристаллической решетки металлической основы чугуна, состояния твердого раствора в железе [7]. Исследования проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2,0 при съеме рентгенограммы в режиме автоматической записи в интервале углов $30-160^\circ$ на излучении железного анода. Условия съемки были следующие: напряжение на трубке 26 кВ; анодный ток 9 мА; скорость движения сканирующей ленты – 1800 мм/ч; щели 2х6х1 с применением щелей Соллера для ограничения вертикальной расходимости первичного пучка лучей; предел измерения – 1; постоянная времени – 5. Определены карбиды M_7C_3 , $M_{23}C_6$ и др. Для проведения испытаний на абразивный износ брали образцы из твердосплавного покры-

тия с размерами 70х35х15 мм. Специально приготовленные образцы до и после испытаний взвешивали на аналитических весах ВЛА-200г-М с точностью до 0,1 мг, а испытания на абразивный износ проводили на машине трения ПВ-7. Использовались образцы до и после одинарной и двойной термической обработки. Хорошие результаты по износостойкости образцов получены после оптимальной термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией.

Выводы. Таким образом, термически обработанные литые образцы и детали с износостойким твердосплавным покрытием [8] испытывали в полевых условиях различных областей (районов) республики. Результаты испытания показали, что опытно-экспериментальные литые детали зубьев борона без твердосплавного покрытия в 1,3 раза, с твердосплавным покрытием в 2,5-2,9 раза, с износостойким твердосплавным покрытием после термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией в 3,5-4,0

раза повышают свою износостойкость и долговечность [9] по сравнению с серийными деталями. Данная технология внедрена в производство АО «Узметкомбинат» с наилучшим экономическим эффектом.

Список литературы:

1. Севернев М.М. Износ деталей сельскохозяйственных машин. - Л.: Колос, 1988. - 289 с.
2. Ниловский И.А. Из опыта работ по изысканию способов повышения износостойкости лемехов и других деталей сельскохозяйственных машин. - В сб.: Повышение износостойкости лемехов. - М.: Машгиз, 1986. С. 202-212.
3. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин. - М.: Машиностроение, 1984. - 293 с.
4. Тилабов Б.К. Технология изготовления литых деталей с твердосплавными и износостойкими покрытиями // Научно-технический и производственный журнал. Горный Вестник Узбекистана. - Навои, 2009. №39. С.87-90.
5. Мухамедов А.А. Влияние параметров структуры, термически обработанной стали на абразивную износостойкость // Известия ВУЗов. Черная металлургия, 1989. №7. С.115.
6. Mukhamedov A.A. The influence of thermal pistory on the structure and properties of steel – the physics of Metals abd Metallography. – Moskov, 1992. Vol. 74. №5. P.482-487.
7. Миркин Л.И. Рентгенографическое исследование высокотемпературной термической обработки малоуглеродистой стали // Изв. ВУЗов. Черная металлургия, 1981. №11. С.152-154.
8. Тилабов Б.К. Термическая двойная закалка как эффективный метод экономии материальных ресурсов. Теплофизические и технологические аспекты повышения эффективности машиностроительного производства // Труды III Международной научно-технической конференции. Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти, 12-14 октября 2011 г. – Россия, 2011. С.312-316.
9. Tilabov B.K. Heat treatment of wear resistant hardalloyed coating of the details obtained by casting on gasified models. Известия на Технический университет Габрово // Journal of Technical University of Gabrovo. – Bulgaria, 2015. Vol. 49. P.11-14.

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Хамидов Баходир Таджиддинович

*канд. техн. наук, Ташкентский Химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент*

Акабировна Лола Хусейновна

*ассис. Бухарского инженерно - технологического института,
Республика Узбекистан, г. Бухара*

Досумов Шодиёр Рамазанович

*магистр Бухарского инженерно-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Бухара*

E-mail: ellas_10@mail.ru

RESEARCH OF THE PROCESS OF GRINDING MATERIALS ON THE BASIS OF MATHEMATICAL MODEL

Bakhodir Khamidov

*candidate of technical sciences, Tashkent Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Lola Akabirova

*assis. Bukhara Engineering and Technology Institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara*

Shodiyor Dosumov

*Master of Bukhara Engineering and Technology Institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara*

АННОТАЦИЯ

В данной статье описываются примеры многоступенчатого анализа моделирования и расчета процессов измельчения материалов. Составлена математическая модель непрерывного измельчения, состоящая из нескольких зон - квазиаппаратов идеального перемешивания.

ABSTRACT

This article describes examples of multi-stage analysis of modeling and calculation of materials grinding processes. A mathematical model of continuous grinding is composed, consisting of several zones - quasi-apparatuses of perfect mixing.

Ключевые слова: процесс, измельчение, квазиаппарат, мельница.

Keywords: process, grinding, quasi-apparatus, mill.

В современной экономике страны промышленность занимает одно из ведущих мест, и состоит из более 10 комплексных отраслей, включающих специализированные отрасли и под отрасли, а также производства, технологически связанные между собой добычей и переработкой сырья или выпуском готовой продукции.

Определенную часть технологии и технологических процессов в переработке сухих материалов имеют вопросы их измельчения. Здесь наиболее ресурсозатратными в процессе переработки сухих материалов являются дробление и измельчение. От этих процессов существенно зависит эффективность

работы предприятия. Дальнейшее совершенствование этих процессов и оборудования, упрощение схем измельчения, снижение энергоемкости процесса и повышение качества расходных материалов в существующей ситуации требует большого внимания.

Известна причинно-следственная связь эффективности процесса измельчения сухих материалов в мельницах с составом, количеством и динамикой циркуляции измельчающей среды. Для каждого сочетания гранулометрического состава, физических свойств измельчаемого материала, массы загрузки, износостойкости измельчающих тел и других факторов существует оптимальная динамика, отвечающая наибольшей производительности и эффективности измельчения. Поэтому качественная и количественная оценка связи параметров имеет научно-практическое значение и может стать объектом данных исследований. В связи с этим, дальнейшее совершенствование оборудования, упрощение схем измельчения, снижение энергоемкости процесса и повышение качества расходных материалов является актуальным.

Процессы измельчения осуществляется либо в аппаратах периодического действия либо в аппаратах непрерывного действия. Математическое моделирование и расчет измельчителя имеют свои специфические особенности.

Рассмотрим многоступенчатый системный анализ МСА (дать расшифровку аббревиатуры) измельчения в длинных аппаратах непрерывного действия, типа шаровой мельницы. В первом иерархическом уровне рассматривается мельница с процессом измельчения в ней. Входными параметрами системы является расход и концентрация входящего сырья. Выходными параметрами является также расход и концентрация измельченных веществ на выходе из мельницы.

Дальше во второй иерархической ступени учитывается, что установка состоит из зоны подвода материала, рабочей зоны и зоны отвода продукции.

В третьей иерархической ступени длинную рабочую зону можно представить многоквaziаппаратом. Входными параметрами системы является расход и концентрация измельченного сырья поступающая в квазиаппарат. Выходными параметрами является опять так же расход и концентрация измельченных веществ из квазиаппарата.

В четвертой иерархической ступени рассматривается фаза измельчаемого материала и измельчающий элемент в каждом квазиаппарате. В пятой иерархической ступени фаза измельчаемого материала представляется из его частиц. При необходимости дальнейшем рассматривается элементы частицы. Во всех выявленных системах определяются показатели – входные и выходные параметры каждой подсистемы. В данной теме ограничиваемся моделированием процесса на уровне квазиаппарата. Для формализации компьютерной модели измельчитель рассматривается в виде кибернетической системы с определенными показателями.

Рисунок 1. Объект в виртуальном изображении.

При математическом моделировании процессов с точки зрения динамической структуры потоков системы, может быть несколько вариантов. Для непрерывной работы измельчителя из материального баланса можно написать уравнение динамики процесса в виде:

$$\frac{dm}{d\tau} = G_0 C_0 - G_1 C_1 - q_u \quad (1)$$

Увеличение расхода измельченной продукции можно определить в виде:

$$q_u = KVC_A \quad (2)$$

Долевою концентрацию измельченной продукции можно записать в виде:

$$C_A = 1 - C \quad (3)$$

Масса измельченной продукции имеет вид:

$$m = m_0 C \quad (4)$$

Здесь: m – масса,

G_0 – расход,

C_0 – это расход и концентрация выходящего продукта.

q_u – показатель, который характеризует долю измельченного вещества, она со временем будет увеличиваться по экспоненте.

А в непрерывном процессе это зависит от коэффициента измельчения, объема вещества в аппарате и от концентрации поступающего на измельчение вещества – C_A . Коэффициент измельчения (K) характеризуется многими показателями, и единица его измерения $\text{кг/м}^3 \text{сек}$, масса измельченного вещества в аппарате характеризуется общей массой, концентрацию измельченных веществ можно характеризовать по общему расходу в виде:

$$C = \frac{G_c}{G_1} \quad (5)$$

Для моделирования процесса непрерывного измельчения применим использование структуры потоков многоячеечной - квазиаппаратной модели. Для каждой ячейке - квазиаппарата принимая структуру потока как идеальное перемешивание. Система будет состоять из определенных участков и для процесса каждого участка будет создана уравнение типа (8), то есть в каждом участке будет происходить перемешивание материала. Используя программу Matlab, составлена математическая модель непрерывного измельчения, состоящая из нескольких зон- квазиаппаратов идеального перемешивания. Для процесса в выбранном квазиаппарате написано уравнение:

$$\frac{dC_q}{d\tau} = \frac{1}{m_q} (G_{q-1} \cdot C_{q-1} - G_q \cdot C_q - k \cdot V(1 - C_q)) \quad (6)$$

$$K = f(W_1 P_1 \delta_1 \dots); \quad (7)$$

При решении этой и других подобных задач, на основе математического моделирования создается его виртуальное изображение. В компьютерной модели параметры вводятся таким образом, чтобы результаты - особенности наблюдаемого виртуального объекта были близки к реальному объекту.

Пример измельчения риса. Математическая модель процесса измельчения в одноячеечной мельнице описывается уравнением:

$$\frac{dm_0 c_0}{d\tau} = G_0 c_0 - G_1 c_1 + k(1 - c_1) \quad (8)$$

Здесь: G_0 - расход сырья поступающего в мельницу;

c_0 - концентрация, поступающей в мельницу продукции;

G_1 - расход, выходящей из мельницы продукции;
 c_1 - концентрация выходящей из мельницы продукции;

k - коэффициент, включающий в себя особенности мельницы.

В системе происходит почти полное перемешивание материала. Если мельница будет работать в прерывном режиме, то $G_0 = G_1$, тогда уравнение (10) можно записать в следующем виде

$$\frac{dm_0 c}{d\tau} = k(1 - c_1) \quad (9)$$

Учитывая, что $m_0 = V_0 \cdot \rho$, будет выглядеть следующим образом.

$$\frac{dV_0 \rho \cdot c}{d\tau} = k(1 - c_1) \quad (10)$$

где V_0 - начальный объем измельчаемой продукции,
 ρ - массовая плотность измельчаемой продукции.

В приведённом уравнении величина k неизвестна. Эту величину можно определить путём проведения опытов.

Опыты проводятся в следующем порядке:

В мельницу насыпается сыпучий материал. Измельчение продукции с определенной массой осуществляется дискретно. После установленного времени (например, каждые 10 секунд), смесь продукции из мельницы вынимается. Общая масса пропускается через сито, определяется количество частиц прошедших и не прошедших через сито.

Экспериментами измельчения сыпучего материала на примере риса зафиксированы следующие результаты:

Таблица 1.

t(сек)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
C(%)	0	11	21,1	29,6	40	47,9	53,1	61,8	66	70,2

t(сек)	T	100	110	120	130	140	150	160	170
C(%)	C	74.4	79.9	82.7	84.8	90	90.2	90.4	90.4

Полученные результаты также внесены в график рис 2.

Сравнив полученный график с компьютерной моделью измельчения, определяется величина k . Для этого, путем направленного случайного поиска в

компьютерной модели величина k изменяется таким образом, чтобы точки, полученные во время опытов на физической установке, по мере возможности совпадали с точками на компьютерной модели.

Рисунок 2. Компьютерная модель и график результатов опытов.

В компьютерной модели при $k=12.8$, результаты близки с особенностями действующей мельницы. Приведённую выше формулу для измельчения следует записать в следующем виде:

$$\frac{dV_0 \rho \cdot c}{d\tau} = 12.8(1 - c_1) \quad (11)$$

Теперь можно применить данный коэффициент и к аналогичным, однако непрерывно работающим мельницам. Изменяя размеры мельницы можно создать аппарат с многоячеечной структурой потоков материала.

Рисунок 3. Многоячеечная модель процесса измельчения

Эффективность предложенного нами подхода можно увидеть в анализе и расчете системы измельчения материалов. Чтобы моделировать процесс непрерывного измельчения в потоках, можно представить аппарат в виде многоячеечной модели, то есть

На рис.3. показана компьютерная модель мельницы с трех квазиаппаратной структурой потоков. На рис.4. изменение по времени концентрации измельченных веществ по квазиаппаратам мельницы.

При помощи модели процесса измельчения заранее можно вычислить необходимое время для получения ожидаемой продукции в мельнице периодического действия. Можно определить количество квазиаппаратов, и определить изменения по времени концентрации измельченных веществ по квазиаппаратам мельницы непрерывного действия. Важной стороной в этом вопросе является то, что вычисления проводятся быстро и не требуется проведения большого количества опытов на оригинале - действующих мельниц.

Рисунок 4. Изменение по времени концентрации измельченных веществ по квазиаппаратам мельницы

по движению материала измельчитель можно разделить на отдельные участки (рис.5). За основу берется определенный участок – квазиаппарат.

Рисунок 5. Структурная схема многоквазиаппаратного измельчителя

Для непрерывной работы такой системы из материального баланса можно записать уравнение динамики процесса для q -того квазиаппарата:

$$\frac{dC_q}{d\tau} = \frac{1}{m_q} (G_{q-1} \cdot C_{q-1} - G_q \cdot C_q - k \cdot V(1 - C_q)) \quad (12)$$

Здесь m – масса сырья; G_0 – начальный расход сырья; C_0 – начальная концентрация сырья; k – коэффициент измельчения; V – объем рабочей камеры; q – целое число, определяющий количество число ячеек.

Рисунок 7. Изменение степени измельчения по времени в непрерывном режиме

В данном примере принята десяти квазиаппаратная мельница. Для её расчета воспользовались 10-ячеечной моделью и, используя пакет прикладной программы MATLAB составили математическую модель непрерывного измельчения состоящую из десяти зон идеального перемешивания (рис.5.). Результаты расчета на компьютерной модели представлены на рис. 6. Из рисунка виден характер пускового периода мельницы, что по времени пускового периода масса измельченных веществ увеличивается до постоянной стабильной величины по каждой ячейке.

По заданной величине измельчения можно установить время пускового периода и оптимального количества ячеек измельчения.

Таким образом, проведение многоступенчатого системного анализа и использование методов математического моделирования процесса измельчения даёт возможность определить характеристики измельчителя и оптимальные показатели процесса, по которому можно определить оптимальные показатели технологического процесса и аппарата.

Список литературы:

1. Артиков А., Остапенков А. М., Курбанов Дж. М., Саломов Х.Т. Электрофизические методы воздействия на пищевые продукты. Ташкент, "Фан", 1992
2. Артиков А.А. Процессы и аппараты пищевых производств, Ташкент, Укитувчи, 1983.
3. Asqar Artikov, Multi-step method of computer model formalization with fuzzy sets application. WCIS-2004, world conference on intelligent systems for industrial automation, Tashkent-2004, TSTU.
4. Биленко, Л.Ф. Закономерности измельчения в барабанных мельницах / Л.Ф. Биленко. - М.: Недра, 1984. - 200 с.
5. Богданов, В.С. Шаровые мельницы: учеб. пособие / В.С. Богданов, Е.Ф. Катаев. - Белгород: изд. МИСИ и БТИСМ, 1983. - 88 с.
6. Вердиян, М.А. Анализ технологических схем измельчения/М.А. Вердиян, В.В. Кафаров, В.Л. Петров и др. // Цемент.-1975.-№4.- С.15 – 17
7. Вердиян, М.А. Математическое моделирование помольных агрегатов / М.А. Вердиян, В.В. Кафаров // Цемент. - 1976. - №12. - С. 13 - 14.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. 14 стер. Изд. М.: Альянс. 2008, 751 с., ил. Библ. С. 715-718. Рус. ISBN 978-5-903034-33-8
9. Кафаров, В.В. Математические модели структуры потока материала в мельницах / В.В. Кафаров, М.А. Вердиян // Цемент. - 1977. - №5. - С. 9 - 11; - №6. - С. 12 - 13.
10. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии М.; Химия, 1985. 448с.
11. Крыхтин, Г.С. Интенсификация работы мельниц / Г.С. Крыхтин; отв. ред. В.В. Кармазин; Гос. н.-и. и проект.-конструкт. ин-т
12. Тюпиков, В. Г., Моделирование и оптимизация процессов измельчения вибрационных мельницах Дис. канд. техн. наук : 05.17.08 М., 2000

ТРАНСПОРТ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОСТЕЛЕЙ
КОРЕННЫХ ПОДШИПНИКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
СОЕДИНЕНИЙ*Полвонов Абдужалил Саттарович**канд. техн. наук, доц., Наманганский инженерно-строительный институт,
Республика Узбекистан, г. Наманган**Шотмонов Давронбек Самарбекович**препод., Наманганский инженерно-строительный институт,
Республика Узбекистан, г. Наманган**Абдусаттаров Нодиржон Абдужалил угли**студент магистратуры, Рязанский Государственный агротехнологический университет,
РФ, г. Рязань*THEORETICAL PRECONDITIONS FOR INCREASING THE DURABILITY
OF THE POSITIONS OF INDIGENOUS BEARINGS DEPENDING
ON THE HEAT CONDUCTIVITY OF CONNECTIONS*Abdujalil Polvonov**Namangan Engineering Construction Institute, Associate Professor,
Republic of Uzbekistan, Namangan city**Davronbek Shotmonov**Namangan Engineering Construction Institute, teacher
Republic of Uzbekistan, Namangan city**Nodirjon Abdusattarov**Master's student, Ryazan State Agrotechnological University,
Russia, Ryazan*

АННОТАЦИЯ

В данной статье освещены теоретические предпосылки повышения долговечности постелей коренных подшипников в зависимости от теплопроводности соединений.

ABSTRACT

In this article, theoretical reasons for increasing the longevity of the main bearing beds are discussed, depending on the thermal conductivity of the joints.

Ключевые слова: коренные подшипники, физико-механические свойства, теплопроводность.

Keywords: radical bearings, physical and mechanical properties, thermal conductivity.

Долговечность постели коренных подшипников блоков цилиндров восстановленные нанесением на поверхности постелей и крышек коренных подшипников полиуретановыми адгезивами зависит от их физико-механических свойств и теплопроводности.

Надежность подшипника зависит от его теплового режима. Масляная пленка разрушается более

интенсивно под воздействием повышенной температуры трущихся поверхностей по сравнению с увеличенной удельной нагрузкой на подшипник. Исследование поведения смазки при различных температурах показало, что толщина, прочность и сплошность масляной пленки в значительной мере определяются

температурой и что даже при тяжелых режимах испытаний, когда давление достигает 10 Мпа, а скорость-16м/с, регулированием температуры трущихся поверхностей можно сохранить между ними неразрушающуюся масляную пленку.

Тепловой режим работы трущейся пары зависит от тепловыделения при трении и количества отводимой теплоты. Теплота, выделившаяся в подшипнике, может быть отведена с помощью смазочного масла, протекающего через подшипник и теплоотдачей в блок.

Теплоотдача в блок имеет важное значение только в период запуска двигателя, так как его температура значительно ниже температуры подшипника. После прогрева двигателя теплоотдача в блок стабилизируется, отвод теплоты в блок снижается. При установившемся режиме работы двигателя 85-90 % теплоты, выделившейся в подшипнике, отводится маслом.

Уравнения теплового баланса подшипника

$$\frac{N_1 - N_2}{J} = \rho \cdot c \cdot q \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где N_1 - потеря мощности на срез слоев масла при вращении шейки коленчатого вала; N_2 - мощность, расходуемая на продавливание масла через подшипник; J - механический эквивалент теплоты; ρ - плотность масла; c - теплоемкость масла; q - расход масла через подшипник; $\Delta t = (T_m - T_{ex})$ - приращение температуры масляного слоя; T_m - средняя температура масляного слоя на опасном участке работы подшипника; T_{ex} - температура масла на входе в подшипник.

Мощность не оказывает значительного влияния на тепловой баланс подшипника, поэтому при расчете ее можно не учитывать, тогда уравнение теплового баланса будет иметь следующий вид:

$$\frac{N_1}{J} = \frac{\mu_o \cdot \omega_{np} \cdot \ell \cdot d^2 \cdot \Phi_m}{2\psi \cdot J} = \rho \cdot c \cdot q \cdot \Delta t, \quad (2)$$

где μ_o - динамический вязкость масла; ω_{np} - приведенная угловая скорость коленчатого вала; ℓ - рабочая длина подшипника; d - диаметр шейки коленчатого вала; Φ_m - коэффициент сопротивления смазочного слоя вращению шейки коленчатого вала; ψ - относительный зазор.

Расход масла q , необходимый для обеспечения теплового баланса подшипника:

$$q = \frac{P \cdot \omega_{np} \cdot \ell \cdot d^2 \cdot \psi \cdot \beta}{2J \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t}, \quad (3)$$

где P - удельная нагрузка на подшипник; β - коэффициент, зависящий от относительного эксцентриситета.

В условиях эксплуатации для устойчивой работы подшипника двигателя в фазе жидкостного трения необходимо выполнить следующее условие;

$$Z = \frac{1}{J \cdot \rho \cdot c} \cdot \frac{P^2}{P_n \cdot \Delta t} \leq \frac{\pi \cdot m}{12} \cdot \left(\frac{d}{\ell}\right)^2 \cdot \frac{(1 - \frac{3}{2} \chi^2) \cdot \Phi_m}{\beta}, \quad (4)$$

где Z - безразмерный показатель, характеризующий режим работы подшипника; P_n - давление подачи масла в подшипник; m - показатель параболы; χ - относительный эксцентриситет.

Решив уравнение (4) относительно $P_n \cdot \Delta t$ и подставив значение Δt , получим:

$$P_n (T_m - T_{ex}) \geq \frac{P^2}{J \cdot \rho \cdot c \cdot Z}, \quad (5)$$

Средняя температура масляного слоя на опасном участке работы подшипника:

$$T_m \leq T_n \left(\mu_o \frac{\omega_{np} \cdot \Phi_m}{P \cdot \psi^2} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad (6)$$

где T_n - заданная температура; γ - показатель степени. В интервале температур 50...100⁰С для дизельного масла $\gamma = 2,6$.

В установившемся тепловом режиме постели коренных подшипников, вкладыши, вал и масло в различных точках нагреты до определенной температуры, а вновь образуемая теплота отводится в окружающую среду.

Схема коренного подшипника двигателя, постель которого восстановлена полимерным материалом, показана на рис. 1. При этом принята следующая схема тепловых потоков. Теплота образуется на площадке контакта вкладыша с валом. Избыточная температура поверхности вала T_{ϕ} в контакте с вкладышем постоянна в радиальном и осевом направлениях.

Избыточная температура площадки контакта вкладыша T_1 также постоянна и равна T_{ϕ} , а за ее пределами температура рабочей поверхности вкладыша снижается по экспоненциальному закону, достигая минимального значения в точке с рабочей поверхности, наиболее удаленной от площадки контакта. Таким образом, температурное поле по окружности вкладыша несимметрично. Для удобства расчетов схему теплоотвода через вкладыш следует привести к симметричному виду введением коэффициента K_{ϕ} :

$$K_{\phi} = \frac{T_{\phi}}{T_1} \quad (7)$$

где T_ϕ -средняя избыточная температура рабочей поверхности вкладыша; T_1 -избыточная температура площадки контакта вкладыша.

Количество теплоты в единицу времени Q , образующейся на поверхностях трения:

$$Q = f \cdot P_a \cdot v \cdot d_1 \cdot \ell, \quad (8)$$

где f -коэффициент трения; P_a -удельная нагрузка на вкладыш; v -скорость скольжения; d_1 -номинальный диаметр вкладыша; ℓ -ширина вкладыша.

Рисунок 1. Расчетная схема коренного подшипника

На рис.1 $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ -избыточная температура соответственно вкладышам, полимерного слоя, внутренней и наружной поверхности постели, окружающей среды, масла и вала; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ -коэффициенты теплообмена.

Тепловой баланс определяется по формуле:

$$Q = Q_\phi + Q_m + Q_\phi, \quad (9)$$

где Q_ϕ, Q_m, Q_ϕ -тепловые потоки, отводимые соответственно через блок, масла и вал в единицу времени, которые можно представить в следующем виде:

$$Q_\phi = K_\phi \cdot T_1; \quad Q_m = K_m \cdot T_m; \quad Q_\phi = K_\phi \cdot T_\phi, \quad (10)$$

где K_ϕ, K_m, K_ϕ -параметры теплоотвода, характеризующие количество теплоты, отводимой соответственно через блок, масла и вал в единицу времени при нагреве поверхности на 1°C .

T_m, T_ϕ -избыточная температура соответственно рабочей поверхности масла и вала.

Тепловой поток, отводимый через блок, определяется по формуле:

$$Q_\phi = Q_{\phi x} + Q_m + Q_{n.k.l.}, \quad (11)$$

где $Q_{\phi x}, Q_m$ и $Q_{n.k.l.}$ -тепловые потоки, отводимые через вкладыш, полимерный слой и постель коренного подшипника.

На основании уравнения теплового баланса суммарный параметр теплоотвода подшипникового узла K_m определяется по формуле:

$$K_m = K_\phi + K_m + K_\phi, \quad (12)$$

Теплопередачу через блок в окружающую среду рассмотрим как теплопередачу через многослойную цилиндрическую стенку, которая изображена на рис.2.

Частные параметры теплоотвода через вкладыш, полимерный слой и постель подшипника:

$$\left. \begin{aligned} B &= \sqrt{(\alpha_1 + \alpha_2) \cdot \lambda_c \cdot \ell \cdot (d_1 + t_1)^2}; \\ B_1 &= \frac{2\lambda_c}{\ell_n \cdot \frac{d_2}{d_1}}; \\ B_2 &= \frac{2\lambda_n}{\ell_n \cdot \frac{d_3}{d_2}}; \\ B_3 &= \frac{2\lambda_4}{\ell_n \cdot \frac{d_4}{d_3}}; \\ B_4 &= 2\alpha_x (d_4 \cdot t_2 + \frac{d_4^2 - d_3^2}{4}). \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

где B, B_1, B_2, B_3, B_4 -частные параметры теплоотвода соответственно через вкладыш полимерный слой и постель подшипника в окружающую среду; α_1 и α_2 -коэффициенты теплообмена соответственно вкладыша и тонкого полимерного слоя; α_x -коэффициент

теплообмена постели подшипника с окружающей средой; λ_c, λ_n и λ_4 - теплопроводность соответственно стали, полимерного материала и чугуна; d_2, d_3 и d_4 - соответственно диаметр полимерного слоя и постели подшипника; t_1 и t_2 - соответственно толщина вкладыша подшипника и стенки постели.

Рисунок 2. Схема теплопередачи через постели коренных подшипников

На рис. 2 τ_1, τ_2, τ_3 и τ_4 - радиус соответственно вкладыша, полимерного слоя, внутренней и наружной поверхности постели; T_1, T_2, T_3, T_4, T_m и T_o - избыточная температура соответственно вкладыша, полимерного слоя, внутренней и наружной поверхности постели и окружающей среды.

Тепловой поток проходит последовательно через вкладыш ($Q_{вх}$), полимерный слой (Q_n), постель подшипника ($Q_{п.п.}$) и отводится в окружающую среду (Q_o). При установившемся тепловом режиме количество теплоты, проходящее в единицу времени через эти тела, должны быть равны между собой.

$$Q_{вх} = Q_n = Q_{п.п.} = Q_o \quad (14)$$

$$K_\phi \cdot T_m - T_o = \frac{Q}{\pi} \left[\frac{1}{\sqrt{(\alpha_1 + \alpha_2) \cdot \lambda_c \cdot \ell \cdot (d_1 + t_1)^2}} + \frac{1}{\frac{1}{2\lambda_c} \ell n \frac{d_2}{d_1}} + \frac{1}{\frac{1}{2\lambda_n} \ell n \frac{d_3}{d_2}} + \frac{1}{\frac{1}{2\lambda_4} \ell n \frac{d_4}{d_3}} + \frac{1}{\frac{1}{2\alpha_x} (d_4 \cdot t_2 + \frac{d_4^2 - d_3^2}{4})} \right], \quad (17)$$

Для упрощения расчета избыточные температуры поверхностей подшипникового узла представим в относительном виде, приведя их к избыточной температуре масла:

$$K_o = \frac{T_o}{T_m}; \quad K_1 = \frac{T_1}{T_m}; \quad K_2 = \frac{T_2}{T_m}; \quad K_3 = \frac{T_3}{T_m}; \quad K_4 = \frac{T_4}{T_m}; \quad (18)$$

Тепловой поток при последовательном теплоотводе:

$$\left. \begin{aligned} Q &= \pi \sqrt{(\alpha_1 + \alpha_2) \cdot \lambda_c \cdot \ell \cdot (d_1 + t_1)^2} (K_\phi \cdot T_m - T_1); \\ Q &= \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda_c} \ell n \frac{d_2}{d_1}} (T_1 - T_2); \\ Q &= \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda_n} \ell n \frac{d_3}{d_2}} (T_2 - T_3); \\ Q &= \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda_4} \ell n \frac{d_4}{d_3}} (T_3 - T_4); \\ Q &= 2\pi d_x (d_4 \cdot t_2 + \frac{d_4^2 - d_3^2}{4}) (T_4 - T_o); \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

где T_1, T_2, T_3, T_4, T_m и T_o - избыточная температура соответственно внутренней поверхности подшипника, полимерного слоя и постели, наружной поверхности постели и окружающей среды.

Из системы уравнений (15) определяем частные температурные перепады:

$$\left. \begin{aligned} K_\phi \cdot T_m - T_1 &= \frac{Q}{\pi} \frac{1}{\sqrt{(\alpha_1 + \alpha_2) \cdot \lambda_c \cdot \ell \cdot (d_1 + t_1)^2}}; \\ T_1 - T_2 &= \frac{Q}{\pi} \cdot \frac{1}{2\lambda_c} \cdot \ell n \frac{d_2}{d_1}; \\ T_2 - T_3 &= \frac{Q}{\pi} \cdot \frac{1}{2\lambda_n} \cdot \ell n \frac{d_3}{d_2}; \\ T_3 - T_4 &= \frac{Q}{\pi} \cdot \frac{1}{2\lambda_4} \cdot \ell n \frac{d_4}{d_3}; \\ T_4 - T_o &= \frac{Q}{\pi} \cdot \frac{1}{2\alpha_x} \cdot (d_4 \cdot t_2 + \frac{d_4^2 - d_3^2}{4}). \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Суммируя левые и правые части системы уравнений (16) получим:

Подставив эти коэффициенты в уравнение (17) с учетом выражений (7) и (13), получим уравнение параметра теплоотвода через постель подшипника при наличии полимерного слоя:

$$K_n = \frac{K_\phi - K_o}{\frac{1}{B} + \frac{1}{B_1} + \frac{1}{B_2} + \frac{1}{B_3} + \frac{1}{B_4}}, \quad (19)$$

Параметры теплоотвода через постель подшипника без полимерного слоя примут вид:

$$K_n = \frac{K_\phi - K_o}{\frac{1}{B} + \frac{1}{B_1} + \frac{1}{B_3} + \frac{1}{B_4}}, \quad (20)$$

Температура рабочей поверхности вкладыша:

$$T_1 = K_\phi \cdot T_m - K_n (K_\phi \cdot T_m - T_o) \cdot \frac{1}{B}, \quad (21)$$

Таким образом, температура рабочей поверхности вкладыша определяется параметром теплоотвода, который зависит от коэффициента теплоотвода масла, вкладыша и постели, теплопроводности материалов, площади поперечного сечения, температуры и расхода масла, необходимого для обеспечения теплового баланса вкладыша и др. температура рабочей поверхности вкладышей, установленных в постели с полимерным покрытием, на 0,75⁰С выше по сравнению с температурой вкладышей, установленных в постели без полимерного покрытия при равных условиях работы, что не оказывает практического влияния на работу коренных подшипников двигателя.

Список литературы:

1. Polvonov A.S., Normirzaev A.R., Khabibullaev A.X., Tuxliev G.A., Shotmonov D.S., Valieva G.F. Study of physico-mechanical properties of the polyurethane adhesive. Austrian Journal of technical and Natural Sciences, № 11/12/2014. Vienna. 93-96 pg.

К АНАЛИЗУ ГРУЗОПОТОКА ТАРНО-УПАКОВОЧНЫХ ГРУЗОВ ПЕРЕРАБАТЫВАЕМЫХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СКЛАДАХ

Мерганов Аваз Мирсултанович

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта,
Узбекистан, Ташкент
E-mail: meravaz@gmail.com

Хаджимухаметова Матлюба Адидовна

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта,
Узбекистан, Ташкент
E-mail: matluba_78@mail.ru

Урманова Зарина Абдихид кизи

АО "Узбекистон темир йуллари",
Узбекистан, Ташкент
E-mail: urmanova@mail.ru

ON THE CARGO FLOW ANALYSIS OF TARE-PACKAGING GOODS CONVERTED IN RAILWAY WAREHOUSES

Awaz Merganov

Tashkent Institute of Railway Transport Engineers,
Uzbekistan, Tashkent

Matlyuba Hadzhimuhametova

Tashkent Institute of Railway Transport Engineers,
Uzbekistan, Tashkent

Zarina Urmanova

JSC "O'zbekiston Temir Yo'llari",
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Выполняется анализ поток тарно-упаковочных грузов, чья переработка происходит на железнодорожных складах. На базе этого анализа обуславливается математическая модель, где есть все формы номенклатуры грузов. Подобная номенклатура систематизируется среди трех видов перегружаемых тарно-упаковочных грузов: по местам сортировки и временного хранения, по местам основного хранения и сразу с одного вида транспорта на другой.

ABSTRACT

An analysis is carried out of the flow of container-packing cargo, whose processing takes place at railway depots. Based on this analysis, a mathematical model is determined, where there are all forms of cargo nomenclature. A similar nomenclature is systematized among three types of transshipment of packaging and packing goods: at sorting and temporary storage places, at places of main storage and immediately from one type of transport to another.

Ключевые слова: склад, участок хранения, тарно-штучный груз, перегрузка.

Keywords: warehouse, storage area, packed-piece cargo, overload.

Показатели эффективности всех операций, а также показатели скорости переработки товара зависят от того, как именно производится работа всех партнеров цепи поставок, в том числе, складские помещения на станциях. Анализ дает понять, что больше 10% итоговой стоимости продукта для потребителя представляют собой издержки производителя

на переработку и перевозку товара на складе [1]. В связи с этим, для снижения цены товара, а именно, для увеличения его привлекательности и рентабельности, необходимо упростить и уменьшить цепь поставки, а также снизить расходы на складские помещения [2, 5].

Цель работы подразумевает обоснование эффективности использования железнодорожных складов с учетом их расположения через выполнение системного анализа всей номенклатуры тарно-упаковочных грузов, которые перерабатываются на складских помещениях.

Подтверждением данным тезисам служат следующие факты.

В первую очередь, географическое расположение Средней Азии является стратегически важным стимулом развития сети современных систем складских помещений, которые могут в значительной степени уменьшить затраты при перевозке разного рода грузов. В текущий момент, в Узбекистане имеется недостаточное развитие складских помещений, которые требуются для переработки, хранения и упаковки грузов как на экспорт, так и на импорт [3]. Так анализ [4] демонстрирует, что в Узбекистане производится большой объем продукции сельскохозяйственного типа, но, по причине отсутствия необходимых складских центров по хранению, обработке и упаковке, больше 50% товара становится неспособным для конкуренции в условиях нынешней внешней рыночной системы.

Также, использование системного анализа для решения всех проблем по части производства и развитию технологий, в том числе, проблемы на железнодорожном транспорте, является необходимым и важным фактором для результативного развития центров складирования. Впервые исследование складских помещений, в виде системного объекта, предлагалось О.Б. Маликовым, а в будущем данного рода работы нашли свое отражение в научных трудах В.В. Дыбской, Ю.В. Коровяковской, О.А. Покровской, Д.И. Илесалиева [5, 6], Ш.Р.Абдувахитова [7] и А.М.Мерганова [8].

На базе анализа этих работ можно будет предложить наилучший вариант железнодорожного складского помещения, чья схема в виде технической системы продемонстрирована на рис.1, и представляет собой элементы технологических участков. На рис.1 представлены данные обозначения: У – зона управления складского помещения; УС – зона временного хранения и сортировки; УХ – зона основного хранения; 1-5 – грузопотоки внутри склада.

Рисунок 1. Принятая структурная схема железнодорожного склада

1. ABC – анализ номенклатуры тарно-упаковочных грузов. Анализ потока тарно-упаковочных грузов, которые сортируются на железнодорожных складах, весьма многообразный и имеет множество наименований с различными показателями грузов, грузовых единиц, транспортных партий и т.д [9, 11, 12].

Для анализа номенклатуры товара, который перерабатывается на складах имеется математическая модель упрощенной формы, где все грузы рассредоточены по нескольким группам:

- группа А: тарно-упаковочные грузы, перегружаемые по участку основного хранения;
- группа В: тарно-упаковочные грузы, перегружаемые по участку временного хранения и сортировки;
- группа С: тарно-упаковочные грузы, перегружаемые напрямую с одного транспорта на другой;

В виде одного из вариантов исследования различной номенклатуры грузов применяется ABC – анализ [6].

ABC – анализ был изобретен иностранными учёными, для определения норм состояния товара на

складах и их контроля. Принцип его заключается в том, что вся номенклатура товаров N делится на 3 подмножества A , B и C , что, в свою очередь, является объединением подмножеств A , B и C представляющее собой все множество N ;

$$A \cup B \cup C = N \quad (1)$$

В то же время ни один товар из группы A не является частью группы B или группы C , в связи с чем пересечения подмножества A , B и C будет равняться нулю:

$$A \cap B \cap C = 0 \quad (2)$$

Используя разность этих групп подмножеств, становится возможно установить следующее:

- группа A вычисляется за счет вычета B и C из N :
 $A = \{(N \setminus B) \setminus C\}$;
- группа B вычисляется за счет вычета A и C из N :
 $B = \{(N \setminus A) \setminus C\}$;
- группа C вычисляется за счет вычета A и B из N :
 $C = \{(N \setminus A) \setminus B\}$;

В группу A входят те наименования товаров x , которые не являются частью подмножеств B и C :

$$A = \{x \mid x \notin B \text{ и } x \notin C\} \quad (3)$$

Таким же способом можно установить свойства подмножеств B и C ;

$$\begin{aligned} B &= \{x \mid x \notin A \text{ и } x \notin C\}; \\ C &= \{x \mid x \notin A \text{ и } x \notin B\}. \end{aligned} \quad (4)$$

Группы A , B и C представляют собой упорядоченные множества их элементов a_i ; b_j ; c_k (номенклатурных групп):

$$\begin{aligned} A &= \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle \\ B &= \langle b_1, b_2, \dots, b_m \rangle \\ C &= \langle c_1, c_2, \dots, c_p \rangle \end{aligned} \quad (5)$$

Когда удалось вычислить общее число заявок n_z , которые приходят на выдачу тарно-упаковочных грузов, выявляется среднее число заявок на одно наименование грузов:

$$i = \frac{n_z}{N} \quad (6)$$

Затем, все тарно-упаковочные товары, чье число заявок больше в 5-6 раз среднего показателя i , выводят в группу A – товар с наибольшим оборотом. Весь товар, чье число заявок не превышает средний показатель величины i в 1,5-2 раза, выводят в группу C – товар с наименьшим оборотом. Любой другой товар заносится в группу B :

$$B = \{(N \setminus A) \setminus C\} \quad (7)$$

Вероятности спроса на различные товары групп A , B , и C имеют конкретные законы распределения, устанавливаемые во время более подобного статистического изучения номенклатуры всех товаров участвующих в данном исследовании.

2. Обсуждение результатов. По завершению анализа перерабатываемых тарно-упаковочных товаров на исследуемых складских помещениях удалось выявить, что вся номенклатура товаров подразделяется на 3 группы:

- группа A , которая представляет 75% перегрузку товаров через участок основного хранения и 88% от всего числа наименований товаров;
- группа B , которая представляет 16% перегрузку товаров через участок сортировки и временного хранения, а также 8% от всего числа наименований товаров;
- группа C , которая представляет 9% перегрузку товаров по прямому варианту и 4% от всего числа наименований товаров (рис. 2)

Рисунок 2. ABC – анализ номенклатуры тарно-упаковочных грузов по числу наименований и способу перегрузки

Большинство потоков грузов, которые проходят через железнодорожный склад, минуют область основного хранения (2-5 дней), а другая часть перегружается меньше чем за один день.

Важно указать, что большое количество работ в сфере исследования перевалочного склада затрагивают область основного хранения, а в трудах [2, 3] уделяется большое внимание к прямым перегрузкам тарно-упаковочных товаров. В связи с этим, в последующих исследованиях необходимо сделать упор на область временного хранения, где для оптимизации этого участка возможно предложить технологию кросс-докинга.

В будущем для любой из групп грузов A , B и C можно предоставить собственную технологию перегрузки тарно-упаковочных грузов с одного вида транспорта на другой через железнодорожный склад.

Закключение. Данный анализ служит ключевой составляющей, которую можно применять для выбора наилучшего способа перегрузок, а также для

сортировки тарно-упаковочных грузов и улучшения функционирования участка временного хранения.

Список литературы:

1. Илесалиев Д.И. Анализ номенклатуры грузов перерабатываемых на станции Ташкент – Товарный / Д.И. Илесалиев, Е.К. Коровяковский, О.Б. Маликов // Сборник материалов научно-технической конференции, Ташкент: ТаШИИТ, 2014. – С. 47-49
2. Илесалиев Д.И. Влияние расположения проходов между стеллажами на показатели работы склада водного транспорта / Д.И. Илесалиев, Е.К. Коровяковский // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – СПб.: ФГБОУ ВО ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова. – 2015. – Вып. 6 (34). – С. 52-59.
3. Илесалиев Д.И. К вопросу о схеме размещения стеллажей на складе / И.Д. Илесалиев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2017. - № 1. – С. 99-106
4. Илесалиев Д.И. Обоснование проекта сети грузовых терминалов тарно-штучных грузов / Д.И. Илесалиев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2016. - № 4. – С. 110-116.
5. Илесалиев Д.И. Перевозка экспортно-импортных грузов в Республике Узбекистан / Д.И. Илесалиев, Е.К. Коровяковский, О.Б. Маликов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2014. – Вып. 3 (39). – С. 11-17.
6. Коровяковская Ю.В. Применение метода ABC для анализа номенклатурных групп грузов на складах железнодорожного транспорта / Ю.В. Коровяковская, О. Б. Маликов // Материалы XXX межвузовской научной конференции студентов и аспирантов, Самара: СамГУПС, 2003. – с.145 -146.
7. Abduvahitov, Sh.R. (2019) "TECHNIQUE FOR DETERMINING THE CAPACITY OF A CONTAINER TERMINAL EQUIPPED BY RUBBER TYRED GANTRY," Journal of TIRE: Vol. 15 : Iss. 2 , Article 18.
8. Merganov, A.M. (2018) "MODEL OF SEARCH FOR THE PLACEMENT OF WAREHOUSES OF TARNET-AND-STRING CARGO DEPENDING ON THE CARGO," Journal of TIRE: Vol. 14 : Iss. 2 , Article 10.
9. Маликов О.Б. Логистика пакетных перевозок штучных грузов / О.Б. Маликов, Е.К. Коровяковский, Д.И. Илесалиев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2014. – № 4 (41). – С. 51-57
10. Маликов О.Б. Некоторые вопросы экономической эффективности перевозки сыпучих грузов в контейнерах / О.Б. Маликов, Е.Г. Курилов, Д.И. Илесалиев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2016. – Том 13. - № 4(49). – С. 493-501.
11. Мерганов А.М. Метод укрупнения грузовых транспортных единиц. Часть II / А.М. Мерганов // Colloquium-journal. – 2019 – Вып. 6. – № 30. – С. 33-37.
12. Урманова З. К анализу способов перегрузки тарно-упаковочных грузов на железнодорожных складах // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2018. №1. с. 41-51

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УВЯЗКИ ЛОКОМОТИВОВ НА ПРИГРАНИЧНОМ ПУНКТЕ ПРОПУСКА «ОК КУПРИК - ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ»

Расулов Маруфджан Халикович

канд. техн. наук, доцент, ректор, Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: tashiit_rektorat@mail.ru

Машарипов Масуд Нуъмонжонович

заместитель декана, Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: masudcha@mail.ru

Расулмухамедов Махамадазиз Махамадаминович

канд. физ.-мат. наук, доцент, заведующий кафедрой, Ташкентский институт инженеров
железнодорожного транспорта,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: uer_tashiit@mail.ru

Суюнбаев Шинполат Мансуралиевич

канд. техн. наук, доцент, Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: shinbolat_84@mail.ru

THE CHOICE OF RATIONAL TECHNOLOGY FOR LINKING LOCOMOTIVES AT THE BORDER POINT OF THE PASS "OK KUPRIK - RAILWAY"

Marufjan Rasulov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Rector, Tashkent Institute of Railway Transport Engineers,
Uzbekistan, Tashkent

Masud Masharipov

Vice-Dean, Tashkent Institute of Railway Transport Engineers,
Uzbekistan, Tashkent

Mahamadaziz Rasulmukhamedov

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of Chair,
Tashkent Institute of Railway Transport Engineers,
Uzbekistan, Tashkent

Shinpolat Suyunbayev

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Tashkent Institute of Railway Transport Engineers,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены три варианта увязки грузовых локомотивов на приграничном пункте пропуска «Ок куприк - железнодорожный», расположенный на перегоне станции Келес АО «Узбекистон темир йуллари» – станция Сарыагаш АО НК КТЖ «Казакстан темир жолы» (Кзх. ж.д.), к которой приходится около 54% транзитных перевозок железных дорог Республики Узбекистан. Установлены сферы применения рассмотренных вариантов технологии увязки грузовых локомотивов на приграничном пункте пропуска «Ок куприк - железнодорожный». Организация увязки грузовых локомотивов на приграничном пункте пропуска «Ок куприк - железнодорожный» по предлагаемой технологии в зависимости от размера движения поездов будет способствовать оптимальному использованию локомотивным парком и определению уровня мероприятий по развитию инфраструктуры приграничных станций.

ABSTRACT

The authors consider three options for linking freight locomotives at the border crossing point "Ok Kuprik - railway" located on the stage of Keles Station of JSC "O'zbekiston Temir Yo'llari" - Saryagash Station JSC NC "Kazakhstan Temir Zholy" (KZh. Railroad), which accounts for about 54% of the transit traffic of the railways of the Republic of Uzbekistan. The scope of the considered options for the technology of linking freight locomotives at the border checkpoint "Ok Kuprik - railway" is established. The organization of linking freight locomotives at the border crossing point "Ok Kuprik-railway" according to the proposed technology, depending on the size of train traffic, will contribute to the optimal use of the locomotive fleet and determine the level of measures for the development of infrastructure of border stations.

Ключевые слова: АО «Узбекистон темир йуллари», АО НК КТЖ «Казакстан темир жолы», приграничный пункт пропуска поездов, увязка локомотивов, загрузка бригад пункта досмотра поездов, коэффициент потребности грузовых локомотивов, эксплуатационный парк грузовых локомотивов.

Keywords: JSC "O'zbekiston Temir Yo'llari"; JSC NC "Kazakhstan Temir Zholy"; border crossing point of trains; locomotives linking; loading of train inspection of point teams; requirement ratio of freight locomotives; freight locomotive operating fleet.

В условиях рыночной экономики в качестве одной из главных целей АО «Узбекистон темир йуллари» является расширение отношений на международном рынке транспортных услуг. Одним из решающих факторов в достижении этой цели является увеличение международных, а именно транзитных перевозок за счет более эффективной, оптимальной организации транзитного перевозочного процесса и рационального использования ресурсов и времени. Расширение международного сотрудничества республики напрямую зависит от обслуживания транзитных перевозок, проходящих через Узбекистан.

Территория Республики Узбекистан расположена на пересечении грузовых потоков, следующих из северной части континента на Ближний Восток и Юго-Восточную Азию, из Восточной Европы в Китай и обратно. Оптимальное использование этого преимущества позволит привлечь дополнительные потоки транзитных грузов. Увеличение объемов транзитных перевозок приводит к исследованию более существенных условий организации работы локомотивов и технологии увязки локомотивов на межгосударственных стыковых пунктах.

Для обеспечения транзитных перевозок со стороны Казахстана задействованы станции Келес и Каракалпакия; в сторону Туркмении – Ходжадавлет, Каракалпакия, Талимарджан; с Таджикистаном – по станциям Бекабад, Арыкбаши, Кудукли и Амузанг; с Киргизией – по станциям Учкурган, Карасу. Если эти станции рассматривать, как основные центры концентрации транзитных перевозок, то могут быть выделены такие транзитные районы, как Северный, в котором транзитобразующим центром является станция Келес; Восточный район – представлен станцией Учкурган и Карасу; Юго-западный – со станцией Ходжадавлет; Западный – со станцией Каракалпакия; Южный – Амузанг, Талимарджан, Кудукли.

Наибольший объем перевозок приходится на пограничную станцию Келес – около 54%. Именно через нее проходят транзитные потоки коридора Север

– Юг. По нему грузы поступают в соседние государства с Узбекистаном – Туркмению и Таджикистан.

При транзитных перевозках возникают значительные проблемы, связанные с простоем вагонов на пограничных станциях, особенно со странами СНГ. В основном вагоны задерживаются на пограничных станциях по причинам, связанным с увеличением простоя относительно нормы продолжительности таможенных и пограничных операций из-за некачественного оформления перевозочных документов; из-за технических и коммерческих неисправностей вагонов; из-за особенностей организации движения поездов на пограничных станциях [1]. В табл. 1 приведены причины простоя транзитных вагонов на границе с Казахстаном на железнодорожных станциях Сарыагач (Казахстан) и Келес (Узбекистан).

Приграничный пункт пропуска «Ок куприк - железнодорожный» находится (далее 3346 км) на перегоне станция Келес АО «Узбекистон темир йуллари» (Узб. ж.д.) - станция Сарыагаш АО НК КТЖ «Казакстан темир жолы» (Кзх. ж.д.). Здесь производится досмотр грузовых поездов, следующих на межгосударственный пункт (МГСП) Сарыагаш и из МГСП Сарыагаш на станции АО «УТЙ» (рис. 1).

Контрольный досмотровый пост Воинской части 9231 Комитета Охраны Государственных Границ (КОГТ) находится на 3346 км перегона Келес - Сарыагаш. По данному перегону следуют все пассажирские поезда напроход, без остановки. Грузовые поезда четного и нечетного направления следуют с остановкой для производства досмотра составов работниками пограничного контроля (пограничный наряд) и приемщиками поездов станции Келес (приемщиками поездов с возложением обязанности сигналиста). Пограничному контролю в пункте пропуска «Ок Куприк- железнодорожный» подлежат все железнодорожные составы (вагоны всех типов, локомотивы и грузы на них) и следующие на них лица, за исключением пассажирских поездов.

Таблица 1.

Простой вагонов на пограничных станциях Сарыагач и Келес

Пограничные станции	Время простоя	Причины простоя
ст. Сарыагач (Казахстан) ст. Келес (Узбекистан)	от 1 до 10 дней	1. Коммерческий брак; 2. Технический брак; 3. Ошибка экспедитора; 4. Отсутствие и просрочка действия некоторых документов (карантинный сертификат, ветеринарное разрешение и т.д.); 5. Таможенный досмотр; 6. Идентификация товара.

Рисунок 1. Схема железнодорожного участка Чукурсай-Сарыагаш

Технологическое время досмотра одного грузового железнодорожного состава в 3346 км составляет 35 минут. В случае возникновения подозрения на нахождение в вагонах состава нарушителей границы, взрывчатых, радиоактивных и иных запрещенных предметов, старшим смены, по согласованию с ДСП Келес и поездным диспетчером (ДНЦ), продолжительность стоянки состава увеличивается более установленного времени на общий досмотр, с обязательным составлением акта. Досмотр состава (поезда) осуществляется навстречу друг другу с головы и с хвоста состава.

При обнаружении вагонов с грузом в нечетных поездах, требующих дополнительного досмотра верхней части вагонов (необходимость которого определяет старшие смены пограничных нарядов), нечетный поезд возвращается на станцию Келес для углубленного досмотра вагонов. Дежурный по станции Келес, получив информацию от старшей смены пограничных нарядов по пункту пропуска 3346 км, о необходимости дополнительного досмотра вагонов, количестве указанных вагонов и характере перевозимого груза, передает информацию поездному диспетчеру. Поездной диспетчер, получив информацию о необходимости возвращения нечетного поезда на станцию Келес, дает приказ на закрытие перегона и на отправление вспомогательного локомотива (маневрового электровоза ВЛ60К) для оказания помощи и возвращения поезда с перегона Келес - Сарыагаш обратно на станцию Келес.

В случае интенсивного поступления поездов на станции происходит перенасыщение участка Чукурсай-Сарыагаш поездами из-за занятости, в основном, бригад пограничного наряда. Следовательно, приводят к нарушению условий взаимодействия в эксплуатационной работе, сокращению резервов пропуск-

ной способности участка Чукурсай-Сарыагаш, увеличению потребности в поездных локомотивах из-за горячих простоев.

Локомотивы, прикреплённые к чётным поездам, следующим со ст. Сарыагаш на ст. Келес или наоборот, вынуждены ожидать приём поездов с приграничного пункта пропуска 3346 км. Занятость бригад пограничного наряда под досмотра первый прибывших поездов происходит при интервале поездов меньше чем 35 минут. Таким образом, для рационального использования поездных локомотивов и уменьшения горячих простоев поездных локомотивов на приграничном пункте пропуска 3346 км необходимо рассмотреть другие варианты использования поездных локомотивов. Рассмотрим следующие три варианта использования поездных локомотивов:

1-вариант (существующий): на приграничном пункте пропуска 3346 км поездные локомотивы не отцепляются от состава;

2-вариант: приграничный пункт пропуска 3346 км рассматривается как граница двух тяговых плеч Келес – 3346 км и 3346 – Сарыагаш, т.е. приграничный пункт пропуска 3346 км выполняет функцию пункта оборота грузовых локомотивов;

3-вариант: приграничный пункт пропуска 3346 км рассматривается как пункт перецепки грузовых локомотивов.

Все расчеты эксплуатационного парка магистральных локомотивов в грузовом движении железнодорожного участка Келес – Сарыагаш произведены по методике [2] для размеров грузового движения от $N_{cp}=13$ до 33 пар поездов (с шагом 2 поезда) в сутки. При этом:

1. Эксплуатационный парк грузовых локомотивов определен по коэффициенту потребности:

$$M_{экс} = K_n \cdot N_{cp}, \text{ лок.} \quad (1)$$

где K_n коэффициент потребности грузовых локомотивов на одну пару поездов.

2. Коэффициент потребности грузовых локомотивов на одну пару поездов определен по формуле:
- для 1-го варианта

$$K_{m1} = \frac{1}{24} \left(t_K + 2 \cdot t_{K-3346} + 2 \cdot t_{3346} + 2 \cdot t_{3346-ож} + 2 \cdot t_{3346-C} + t_C \right) \quad (2)$$

где t_K, t_C соответственно на станциях Келес и Сарыагач, которое определено в зависимости от размеров движения [3];

t_{K-3346} , время хода грузового поезда (с учетом разгона и замедления) соответственно на перегонах Келес – 3346 км и 3346 км – Сарыагач. Определено по нормативному графику движения поездов данного железнодорожного участка;

t_{3346} – технологическое время досмотра одного грузового железнодорожного состава на 3346 км (35 минут или 0,58 час);

$t_{3346.ож}$ – время ожидания досмотра состава со стороны бригад пограничного наряда.

Время ожидания досмотра состава со стороны бригад пограничного наряда определено по формуле [4]

$$t_{3346.ож} = \frac{\Psi_{\phi} t_{3346} (\vartheta_{\phi}^2 + \vartheta_{\phi oc}^2)}{B(1 - \Psi_{\phi})} \quad (3)$$

где B – число одновременно работающих бригад пограничного наряда (2 бригады);

ϑ_{ϕ} – коэффициент вариации интервалов прибытия поездов (определено согласно [5]);

$\vartheta_{\phi oc}$ – коэффициент вариации времени досмотра состава со стороны бригад пограничного наряда (согласно [6-7] $\vartheta_{\phi oc} = 0,3$);

Ψ_{ϕ} – загрузка бригады пограничного наряда. Загрузка бригады пограничного наряда определена по формуле [4]

$$\Psi_{\phi} = \frac{N_{cp} t_{3346}}{B(1440 - t_{nep})} \quad (4)$$

где t_{nep} – общая продолжительность нормированных перерывов в работе бригады пограничного наряда за сутки (1 час).

- для 2-го варианта

$$\begin{aligned} K_{m2} &= K_{K-3346} + K_{3346-C} = \\ &= \frac{1}{24} (t_K + 2 \cdot t_{K-3346} + t_{3346}) + \\ &+ \frac{1}{24} (t_{3346} + 2 \cdot t_{3346-C} + t_C) = \\ &= \frac{1}{24} (t_K + 2 \cdot t_{K-3346} + 2 \cdot t_{3346} + 2 \cdot t_{3346-C} + t_C) \end{aligned} \quad (5)$$

- для 3-го варианта

$$K_{m2} = \frac{1}{24} \left(t_K + 2 \cdot t_{K-3346} + t_{3346} + 2 \cdot t_{3346-C} + t_C \right) \quad (6)$$

Результаты расчетов показаны на рис. 2.

Рисунок 2. Зависимость эксплуатационного парка магистральных локомотивов в грузовом движении (без учёта заходов в ТО-2) от размеров грузового движения по вариантам увязки локомотивов на приграничном пункте пропуска 3346 км (сплошная линия – 1-вариант; пунктирная линия – 2-вариант; точечная линия – 3-вариант)

Из рис. 2 можно сделать вывод, что 3-вариант технологии увязки локомотивов на приграничном пункте пропуска 3346 км приводит к рациональному использованию парка грузового движения для любых размеров движения поездов. 1-вариант (существующий) технологии увязки локомотивов на приграничном пункте пропуска 3346 км целесообразнее чем 2-варианта для размеров движения до 18 пар по-

ездов в сутки. Для сохранения существующего варианта технологии увязки локомотивов на приграничном пункте пропуска 3346 км необходимо увеличить число одновременно работающих бригад пограничного наряда. Таким образом, переход от существующей технологии увязки локомотивов на приграничном пункте пропуска 3346 км по предлагаемым технологиям приводит к рациональному использованию парка грузовых локомотивов.

Список литературы:

1. Горгиладзе А.А., Косов Ю.М., Пашков А.К. Государственный контроль вагонов на пограничных станциях: проблемы и пути решения // Железнодорожный транспорт. – 2006. – №7. – С. 76–86.
2. Некрашевич В.И., Апатцев В.И. Управление эксплуатацией локомотивов: учебное пособие – М.: РГОТУПС, 2004 – 257 с.
3. Машарилов М.Н., Расулов М.Х., Расулмухаммедов М.М., Суюнбаев Ш.М. Расчет эксплуатируемого парка грузовых локомотивов графоаналитическим методом на языке программирования C# // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2019. – №1. – С. 5-12.
4. Шабалин Н.Н. Оптимизация процесса переработки вагонов на станциях. М.: Транспорт. – 1973 – 184 с.
5. Машарилов М.Н. Расчет вероятностных характеристик интервалов между грузовыми поездами на участке Сарыагач-Чукурсай на языке программирования C# // Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика: Материалы XLIII Международной научно-практической конференции. Алматы: КазАТК им. М.Тынышпаева, 2019 – Том 2 – С. 49-52.
6. Сотников Е.А. Интенсификация работы сортировочных станций. М.: Транспорт. – 1979. – 239 с.
7. Расулов М.Х. Выбор рациональной технологии пропуска поездов по графику на железнодорожных направлениях: Дис. ... канд. технич. наук. М.: МИИТ. – 1990. – 331 с.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ДВИЖЕНИЕ МАССЫ ХЛОПКА СЫРЦА ПО КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ ПЛОСКОСТИ

Тадаева Елена Владимировна

старший преподаватель, Наманганский инженерно-технологический институт,
Узбекистан, г. Наманган
E-mail: oceana.90@mail.ru

Мамадалиев Хамдам Хатамович

студент направления «Технологические машины и оборудование»,
Наманганский инженерно-технологический институт,
Узбекистан, г. Наманган

MOTION OF COTTON COTTON MASSION ON A VIBRATING PLANE

Elena Tadayeva

Senior Lecturer, Namangan Engineering-Technological Institute,
Uzbekistan, Namangan

Hamdam Mamadaliev

Student of the direction Technological machines and equipment,
Namangan Engineering and Technology Institute,
Uzbekistan, Namangan

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается теоретическое обоснование смоделированного процесса выделения сорных примесей из состава летучки хлопка сырца, движущейся по колеблющейся наклонной плоскости.

ABSTRACT

This article discusses the theoretical justification of the simulated process of separation of weed impurities from the composition of raw cotton volatiles moving along an oscillating inclined plane

Ключевые слова: сорная примесь, масса, хлопок сырец, наклонная плоскость, пружина, нормальная сила, сетчатая пластина, кинетическая энергия, сила трения, деформация, очистка.

Keywords: weed impurity, mass, raw cotton, inclined plane, spring, normal force, mesh plate, kinetic energy, friction force, deformation, cleaning.

В технологии переработки хлопка сырца встречаются задачи, связанные с транспортировкой его по поверхности, которая совершает вращательное движение вокруг неподвижной оси. При этом находящаяся на поверхности масса хлопка сырца совершает сложное движение, состоящее из вращения совместно с поверхностью и движения его относительно этой поверхности. Рассмотрим движение массы хлопка сырца, моделируемого материальной точкой массы m , совершающей одномерное движение по жесткой сетчатой пластинке длиной $OA = OA_0 = L$, образующей с горизонтом угол α . Ребро пластинки жестко закреплен к неподвижной стенке, и пластинка свободно вращается вокруг оси, проходящей через

это ребро и перпендикулярно плоскости чертежа (рис.1). На расстоянии l от закрепленного ребра пластинка сопряжена с безинерционным упругим элементом (пружиной), один конец которого закреплен на вертикальной стенке. Составим уравнение вращательного движения пластинки и одномерного движения вдоль её материальной точки.

Рисунок 1. Схема движения массы хлопка-сырца (материальной точки) по поверхности колеблющейся пластинки

Сначала находим значения угла $\alpha = \alpha_0$ наклона при равновесном состоянии пластинки. Обозначим через $OK = OK_0 = l$ расстояние от начала координат до точки закрепления конца упругого элемента на пластинке. Другой конец элемента закреплен на стенке в точке D , при этом длина $h = OD$ может меняться от минимального значения $OD_0 = h_m = b_n \cos \alpha_0$ до максимального $OD_1 = h_k = b_n / \cos \alpha_0$, то есть $h_m \leq h \leq h_k$, b_n заданная начальная длина элемента. Из уравнения равновесия моментов сил относительно точки O находим

$$2F_{0\text{упр}}l \sin \beta_0 = LP_0 \cos \alpha_0 \quad (1)$$

где $F_{0\text{упр}} = k\Delta b_0$, $P_0 = m_0g$ сила веса пластинки, k коэффициент жесткости элемента, $\Delta b_0 = b_n - b_0$ величина сжатия элемента, b_0 длина его при действии силы P_0 . С учетом геометрической зависимости $\cos \alpha_0 = \frac{b_n - \Delta b_0}{h} \sin \beta_0$ из (1) находим величину сжатия элемента под действием силы P_0

$$\Delta b_0 = \frac{b_n P_0 L}{P_0 L + 2klh} \quad (2)$$

Угол между вертикалью и пластинкой определяется по формуле

$$\alpha_0 = \pi/2 - \arccos \frac{l^2 + h^2 - (b_n - \Delta b_0)^2}{2lh}$$

Выбираем в качестве обобщенных координат перемещение массы вдоль пластинки $s = s(t)$ и угла поворота пластинки $\alpha = \alpha(t)$, составим уравнение Лагранжа II рода.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{s}} \right) - \frac{\partial T}{\partial s} = Q_s \quad (3)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \alpha} = Q_\alpha \quad (4)$$

где $T = T(s, \alpha, \dot{s}, \dot{\alpha})$ кинетическая энергия, Q_s и Q_α обобщенные силы. Кинетическая энергия равна сумме кинетической энергии вращения пластинки T_1 и кинетической энергии массы T_2 , которые равны

$$T_1 = \frac{m_0 L^2}{6} \dot{\alpha}^2, \quad T_2 = \frac{m}{2} (\dot{s}^2 + s^2 \dot{\alpha}^2)$$

Обобщенные силы Q_s и Q_α соответственно определяются суммами проекций всех сил тяжести пластинки и массы, силы трения и силы Кориолиса к направлению движения массы вдоль пластинки и перпендикулярному ей, которые имеют вид:

$$Q_s = mg(\sin \alpha - f \cos \alpha) + 2mf\dot{s}\dot{\alpha},$$

$$Q_\alpha = g\left(\frac{L}{2}m_0 + ms\right)\cos \alpha - 2m\dot{s}\dot{\alpha} -$$

$$-kl[\Delta b_0 + l(\alpha - \alpha_0)] \frac{h \cos \alpha}{b_n - \Delta b_0 - l(\alpha - \alpha_0)}.$$

где f приведенный коэффициент трения, равный $f = f_0(1 - S_n/S_0)$, S_n, S_0 соответственно площадь пластинки с открытыми участками и сплошной пластинки, f_0 коэффициент трения между сплошной пластинкой и массой хлопка сырца.

При малых значениях величины $|\Delta b_0 + l(\alpha - \alpha_0)| \ll 1$ можно принять

$$Q_\alpha = g\left(\frac{L}{2}m_0 + ms\right)\cos \alpha -$$

$$-2m\dot{s}\dot{\alpha} - kl \frac{[\Delta b_0 + l(\alpha - \alpha_0)]h \cos \alpha}{b_n}$$

Подставляя выражения кинетической энергии и обобщенных сил в уравнения (3) и (4) получаем:

$$\left(\frac{m_0 L^2}{3} + ms^2\right)\ddot{\alpha}$$

$$= g\left(\frac{L}{2}m_0 + ms\right)\cos \alpha -$$

$$-2m\dot{s}\dot{\alpha} - kl[\Delta b_0 + l(\alpha - \alpha_0)] \frac{h \cos \alpha}{b_n - \Delta b_0 - l(\alpha - \alpha_0)} \quad (5)$$

$$m\ddot{s} = m\dot{s}\dot{\alpha}^2 + mg(\sin \alpha - f \cos \alpha) + 2mf\dot{s}\dot{\alpha} \quad (6)$$

Система уравнений (5) и (6) интегрируется при следующих начальных условиях $\alpha = \alpha_0$, $s = s_0$, $\dot{\alpha} = 0$, $\dot{s} = v_n$ при $t = 0$. Вводя безразмерные переменные $\tau = t\sqrt{\frac{g}{L}}$, $\bar{s} = s/L$ и параметры $\lambda = m/m_0$,

$$\gamma = kl b_n / g L m_0, \quad \bar{h} = h / b_n, \quad \delta = \Delta b_0 / b_n = \frac{1}{1 + 2\gamma \bar{h}},$$

$$\mu = l / b_n, \text{ систему (5) и (6)}$$

$$\text{приведем к виду: } (\alpha' = \frac{d}{d\tau}, \alpha'' = \frac{d^2}{d\tau^2})$$

$$\begin{aligned} & \left(\frac{1}{3} + \lambda \bar{s}^2\right) \alpha'' \\ & = \left(\frac{1}{2} + \lambda \bar{s}\right) \cos \alpha - 2\lambda \bar{s}' \alpha' - \\ & - \gamma [\delta + \mu(\alpha - \alpha_0)] \frac{\bar{h} \cos \alpha}{1 - \delta - \mu(\alpha - \alpha_0)} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\bar{s}'' = \bar{s} \alpha'^2 + \sin \alpha - f \cos \alpha + 2f \bar{s}' \alpha' \quad (8)$$

Уравнения имеют место для моментов времени, при котором выполняется условие положительности знака нормальной силы, действующей на массу $\bar{N} = N / P_0 = \cos \alpha - 2\bar{s}' \alpha' > 0$. При нарушении этого условия контакт между массой хлопка сырца и пластинкой нарушается, в результате чего, происходит отрыв массы от поверхности и в дальнейшем, масса будет находиться в свободном полете.

Далее моделируем процесс выделения сорных примесей из состава массы хлопка сырца, согласно которой уменьшение их массы описывается уравнением

$$\frac{dM}{dt} = -\eta M(t) N(t) \dot{s}(t) \quad (9)$$

Здесь M текущая масса сорных примесей, η коэффициент пропорциональности, определяемый из опытов. Эффективность очистки массы от сорных примесей определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{M_0 - M}{M_0}$$

Уравнение (9) интегрируется совместно с уравнениями (5) и (6) с начальным условием $M = M_0$ при $t = 0$

Уравнение (9) записываем в безразмерной форме

$$\begin{aligned} \bar{M}' &= \eta_0 \bar{N} \bar{s}' \\ \text{где } \bar{M} &= M / M_0, \quad \eta_0 = \eta L P_0 / M_0 \end{aligned}$$

На (рис. 2-3) представлены кривые зависимостей перемещения $\bar{s} = s / L$ массы вдоль пластинки (рис. 1). Угол поворота пластинки α (рад.), нормальной силы $\bar{N} = N / P_0$ и коэффициент очистительного эффекта $\varepsilon = 1 - \bar{M}$ от безразмерного времени τ при $\alpha_0 = 15^\circ$ и различных значений параметра γ . В расчетах принято $\lambda = 1$, $f_0 = 0.3$, $S_n / S_0 = 0.33$, $\mu = l / b_n = 2$, $\eta_0 = 0.1$, $\bar{h} = \cos \alpha_0$. Видно, что параметр γ , пропорциональный коэффициенту жесткости упругого элемента, незначительно влияет на вид законов перемещения массы вдоль пластинки угла поворота пластинки. При этом пластинка совершает незначительный поворот около статического положения, для больших значений параметра γ динамическая (колебательная) составляющая поворота практически отсутствует (рис. 2). Аналогичные закономерности были установлены в случае когда $\bar{h} = b_n / \cos \alpha_0$. Таким образом, для выбранных параметров задачи установлено незначительное влияние параметра γ ($\gamma > 0.1$) и место расположения точки D на качественный и количественный характер движения пластинки поворота пластинки.

Рисунок 2. Зависимости перемещения $\bar{s} = s / L$ массы от безразмерного времени $\tau = t \sqrt{g / L}$ при различных значениях параметров $\gamma = kl b_n / g L m_0$

Рисунок 3. Зависимости угла поворота α (рад) безразмерного времени $\tau = t \sqrt{g / L}$ при различных значениях параметра $\gamma = kl b_n / g L m_0$

Из анализа кривых представленных на рис. 3 видно, что параметр γ качественно влияет на изменение нормальной силы от времени. При малых и больших значениях этого параметра изменение силы по времени носит колебательный характер, причем при больших значениях этого параметра из-за малости скорости поворота пластинки $\dot{\alpha}$ нормальная сила практически остается постоянной и равной $N = P_0 \cos \alpha_0$. Аналогичные закономерности наблю-

даются в графиках зависимости коэффициента очистительного эффекта от времени, представленных на рис. 4. видно, что максимальное значение этого коэффициента практически не зависит от этого параметра. Таким образом, путем теоретических расчетов установлено влияние коэффициента жесткости упругого элемента и места его закрепления к стенке на закономерности изменения перемещения массы, угла поворота пластинки и очистительного эффекта в процессе транспортировки хлопка по вращающейся поверхности рабочего элемента очистительного агрегата.

Рисунок 4. Зависимости нормальной силы $\bar{N} = N / P_0$ от безразмерного времени $\tau = t\sqrt{g/L}$ при различных значениях параметра $\gamma = k l b_n / g L m_0$

Рисунок 5. Зависимости коэффициента очистительного эффекта $\varepsilon = 100(1 - \bar{M})$ (в процентах) от безразмерного времени $\tau = t\sqrt{g/L}$ при различных значениях параметра $\gamma = k l b_n / g L m_0$

Закключение

Путем теоретических расчетов установлено влияние коэффициента жесткости упругого элемента и места его закрепления на стенке на закономерности

изменения перемещения массы, угла поворота пластинки и очистительного эффекта в процессе транспортировки хлопка по вращающейся поверхности рабочего элемента очистительного агрегата.

Список литературы:

1. Кошакова М. Ж. Универсальный вибростенд кинематического возбуждения для отчистки хлопка сырца. – Ташкент, УзНИИНТИ 1983. 10–с.
2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1986. – С.
3. Тадаева Е.В. Очистка волокнистой массы хлопка-сырца от сорных примесей // Universum: Технические науки: электрон. науч. журн. – 2019. – № 3 (60) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/7079> (дата обращения: 24.09.2019).
4. Туранов Х. Колебание и нагруженность составных валов барабанного типа некоторых хлопковых машин. – Ташкент: Фан, 1982. – С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УПАКОВКИ

Джалилов Анвар Абдугафарович

*ст. преподаватель Ташкентского института текстильной и легкой промышленности,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: anvar-matbaa@mail.ru*

Ешбаева Улбосин Жамаловна

*д-р техн. наук, профессор Ташкентского института текстильной и легкой промышленности
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: Guli-67@mail.ru*

Магруппов Фархад Асадуллаевич

*д-р техн. наук, профессор Ташкентского химико-технологического института
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: farxod44@mail.ru*

Жураев Асрор Бахтиёр угли

*д-р техн. наук, доцент Ташкентского химико-технологического института
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: asror-tcti@mail.ru*

RESEARCH OF STRENGTH PROPERTIES OF MULTI-LAYER CELLULAR COMPOSITE MATERIALS FOR PACKING

Anvar DJalilov

*Senior teacher of Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent*

Ulbosin Yeshbaeva

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent*

Farhad Magrupov

*Doctor of Technical Sciences, Professor of Tashkent Institute of Chemical technology,
Uzbekistan, Tashkent*

Asror Bakhtiyor ugli Djuraev

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Tashkent Institute of Chemical Technology,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена исследованию прочностных свойств многослойных целлюлозных композиционных материалов для упаковки. Описан процесс получения лабораторных образцов тары из бумаги и картона. Для производителя это означает правильный выбор компонентов и целенаправленную подготовку композиции массы на предприятии, позволяющую максимально использовать потенциал исходных полуфабрикатов.

ABSTRACT

The article is devoted to the study of the strength properties of multilayer cellulose composite materials for packaging. It is described the process of obtaining laboratory samples of containers from paper and cardboard. For the manufacturer, this means the right choice of components and targeted preparation of the composition of the mass at the enterprise, which allows to maximize the potential of the initial semi-finished products.

Ключевые слова: тара, бумага, картон, упаковка, целлюлоза, композиционных материалы.

Keywords: container, paper, cardboard, packaging, cellulose, composite materials.

Введение. За годы независимости Республики Узбекистан особое внимание уделяется комплексной переработке волокнистого сырья до готового изделия. В Республике выполнены определенные работы по созданию бумажной и картонной продукции с использованием местного сырья. Задачи освоения принципиально новых видов продукции и технологий, обеспечение конкурентоспособности национальных товаров на внутреннем и внешнем рынках указаны в Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах [1]. В этой связи уделяется большее внимание повышению производства бумаги, картона, целлюлозно-композиционных материалов с использованием местных волокнистых отходов и обеспечению конкурентоспособности продукции путем усовершенствования материально-технической базы.

В мировой практике особое значение приобретает совершенствование исследований по созданию бумажной продукции из альтернативного и вторичного сырья. В этом направлении проведение целевых научных исследований по созданию технологии получения новых видов бумаги и картона с удовлетворительными физико-механическими свойствами с использованием волокнистых отходов, образующихся на промышленных предприятиях с целью экономии дорогостоящего целлюлозного сырья, установление теоретических основ и закономерностей взаимодействия различных волокон между собой, с полимерами являются важными задачами [2].

Добавление в бумажную массу отходов текстильной и химической промышленности позволит решить проблему эффективного и рационального использования сырьевых ресурсов, сэкономить дорогостоящую хлопковую целлюлозу, что приводит к снижению себестоимости бумаги, значительно сократить потребность в завозе бумаги извне.

Как известно, в Республике Узбекистан ежегодно выпускается более 14 тыс. тонн синтетического ПАН-волокна «нитрон», которое вырабатывается из тройного сополимера (92,5% акрилонитрила, 6,0% метилакрилата, 1,5% итаконовой кислоты) мокрым роданидным способом в виде штапельного волокна и жгута. При этом 25% выпускаемых волокон используется в народном хозяйстве республики, остальные 75% экспортируются [3].

Нитрон широко используется в производстве текстильных полотен, пряжи, трикотажных изделий, применяющихся для изготовления верхнего трикотажа, ковров, плательных и костюмных тканей. В производстве из-за нарушений в технологическом регламенте, при пуске и наладке оборудования, а также по другим причинам накапливается определенное количество брака – отходов ПАН-волокна. Использование отходов хлопкоочистительной и текстильной промышленности поможет решить также важную экологическую проблему утилизации этих

отходов. Следовательно, одним из направлений экономики сырьевых ресурсов и охраны окружающей среды является повышение уровня использования вторичных ресурсов взамен первичного сырья [4].

Экспериментальное исследование. Данная работа посвящена получению многослойной тары из бумаги и картона на основе хлопковой целлюлозы, отходов синтетического волокна и вторичного сырья и изучению их физико-механических показателей. Исследование формования многослойной тары из бумаги и картона (в том числе и с использованием отходов вторичных полуфабрикатов) является актуальной задачей.

Для обеспечения прочного сцепления волокнистой массы, придания влагопрочности, способности бумаги сохранять прочность как в увлажненном, так и в сухом состояниях в бумажную массу вводится проклеивающее вещество. В настоящее время широкое применение для проклейки бумаги находят вещества на канифольной [5] основе, а также синтетические проклеивающие вещества [6].

Изготовление опытных образцов бумаги и оценку их качества проводили в испытательном центре по целлюлозе, бумаге, картону и изделиям из них бумажной фабрики «Angren PAK» по утвержденному технологическому регламенту. Изготовление образцов с плотностью 120 г/м², производили обычным способом на лабораторном листоотливном аппарате «Werkstoff Prüfmaschinen» (Германия). При проведении исследований в бумажную массу вводился проклеивающее вещество в количестве 1,5% от обычной бумажной массы. Для получения лучшего эффекта проклейки необходимо поддерживать pH бумажной массы на уровне 4,5-5,0, для чего в качестве осаждающего реагента применялся сернокислый глинозем.

Многослойная тара из бумаги и картона содержит по два слоя: первый слой, обладает хорошими свойствами поверхности и прочностью; второй слой предназначен для обеспечения картона объемностью, отличающийся тем, что второй слой содержит 30-70 масс.%. Первый волокнистый слой содержит беленую хлопковую целлюлозу (ХЦ) с добавлением отходов синтетического волокна (ОСВ) нитрона, второй волокнистый слой содержит вторичного сырья макулатуры (ВСМ), являющуюся отходом картонного производства или их смесь.

В данной работе с целью придания бумаге необходимой механической прочности нами вместо канифольного клея в качестве проклеивающего вещества применены акриловая эмульсия и раствор продуктов алькоголиза вторичного полиэтилентерефталата (ВПЭТ) с диэтиленгликолем (ДЭГ).

Были использованы три вида продуктов алькоголиза ВПЭТ, полученные следующим образом: алькоголиз проводили в четырёх горлой колбе, снабженной механической мешалкой, обратным холодильником, термометром, капилляром для барботирования инертного газа. В колбу загружали на 1 элементарное

звено (эл. звено) измельченных ВПЭТ и ДЭГ. При энергичном перемешивании температуру добавили до $220 \pm 5^\circ\text{C}$ и выдерживали 6 часов. После завершения времени алкоголиза все три соотношения условно обозначали: соотношения ВЭПТ и ДЭГ 1:2 эл.звено/моль (образец №1); соотношения ВЭПТ и ДЭГ 1:3 эл.звено/моль (образец №2); соотношения ВЭПТ и ДЭГ 1:4 эл.звено/моль (образец №3); и акриловая эмульсия АЭ (образец №4);

Для определения прочностных характеристик целлюлоза размалывалась до степени помола 40-55 °ШР для верхнего слоя и 48-50 °ШР для нижнего слоя. Из размолотой целлюлозы изготавливались отливки массой 150 г/м^2 (верхний слой 60 г/м^2 , нижний слой 90 г/м^2) (табл.1).

Нами проведены две серии опытов. В первой серии опытов использовали композицию бумажной массы: хлопковая целлюлоза + отходы синтетического волокна + вторичное сырьё макулатуры и добавили в бумажную массу экспериментальные (ВПЭТ) проклеивающие вещества в количестве 1,5%. Во второй серии опытов использовали следующую композицию массы соединяемых слоев: хлопковая целлюлоза + отходы синтетического волокна + вторичное сырьё макулатура (МС-2А) и добавили в бумажную массу экспериментальные (ВПЭТ) проклеивающие вещества в количестве 2%.

Таблица 1.

Варианты композиционного состава двухслойных отливок

№ варианта	Композиционный состав			
	верхнего слоя 40-55 °ШР			нижнего слоя 48-50 °ШР
	ХЦ, %	ОСВ, %	Экспериментальный клей от массы, 1,5 и 2%	МС-2А, %
Образец №1	80	20	ВЭПТ и ДЭГ 1:2 эл.звено/моль	100
Образец №2	80	20	ВЭПТ и ДЭГ 1:3 эл.звено/моль	100
Образец №3	80	20	ВЭПТ и ДЭГ 1:4 эл.звено/моль	100
Образец №4	80	20	АЭ	100

Изучена зависимость физико-механических свойств бумаги от природы и количества компонентов в композиции. Для достижения данной цели была

проведена комплексная оценка взаимосвязи анизотропии структуры с характеристиками прочности тарного картона.

Таблица 2.

Зависимость физико-механических свойств экспериментальных бумаг и картона от состава композиции

№	Варианты Параметры	Номер образцов			
		1	2	3	4
1	Масса 1 м^2 , г	150			
2	Толщина, мкм	219/207	230/208	221/224	230/227
3	Влажность, %	5,30/5,71	6,09/7,97	6,10/6,43	5,60/5,43
4	Гладкость, с	39/40	32/31	33/30	48/55
6	Зольность, %	3,3/3,1	3,5/3,4	3,1/3,1	3,4/3,6
7	Впитываемость, г	80,1/81,2	76,1/75,1	71,6/71,4	91,9/99,1
8	Разрывная длина, м	2842/2913	2440/2351	2512/2441	3241/3254
9	Сопротивление излому, число двойных перегибов, ч.д.п.	32/36	24/26	25/24	33/37
10	Сопротивление продавливанию, кПа	365/372	154/131	125/115	365/362
11	Сопротивление раздиранию, мН	270/274	171/174	168/171	211/201

Примечание: Числитель - бумага на основе ХЦЛ (80%), ОН (20%) и проклеивающие вещества 1,5%
 Знаменатель - бумага на основе ХЦЛ (80%), ОН (20%) и проклеивающие вещества 2%

Сравнение полученных показателей позволяет сделать вывод (табл. 2), что в целом при использовании ВЭПТ и ДЭГ 1:2 эл.звено/моль №1 [4] разрывная длина на ~19%, сопротивление продавливанию на ~64% и показатель излома на ~28% улучшились по сравнению с бумагой, проклеенной ВЭПТ и ДЭГ 1:3 эл.звено/моль.

При использовании ВЭПТ и ДЭГ 1:2 эл.звено/моль №1 разрывная длина на ~16%, сопротивление продавливанию на ~69% и показатель излома на ~33% улучшились по сравнению с бумагой, проклеенной ВЭПТ и ДЭГ 1:4 эл.звено/моль №3.

Наиболее высоким сопротивлением излому отличается бумага, состоящая из прочных, гибких и

прочно связанных между собой волокон. Акриловая эмульсия даёт возможность получить бумагу более прочную по сопротивлению излому, чем ВЭПТ и ДЭГ 1:4 эл.звено/моль №3. Разрывная длина на 25%, сопротивление излому на ~35% улучшаются по сравнению с проклеенными ВЭПТ и ДЭГ 1:4 эл.звено/моль №3 клеем. Видимо этому способствует высокая гибкость макромолекул полиметилакрилата.

Аналогичные исследования физико-механических свойств были проведены для бумаги, содержащей акриловую эмульсию в качестве проклеивающего вещества. Введение акриловую эмульсию для проклейки бумаги положительно влияет на качество упаковочной бумаги. При сравнении показателей (табл. 2) видно, что разрывная длина бумаги, отлитой из смеси ХЦЛ-ОН, взятой в соотношении 80:20, с введением акриловую эмульсию увеличивается на ~25% по сравнению с проклеенными ВЭПТ и ДЭГ 1:3 эл. звено/моль образец №2.

Сравнение показателей двухслойных бумаг и картона показывает, что использование в качестве проклеивающего вещества образец №1 приводит к увеличению наиболее высоких показателей разрывной длины, сопротивление излому, продавливанию и раздиранию. Наблюдаемое можно объяснить, по всей вероятности, с увеличением средней молекулярной массы продукта алкоголиза вторичного полиэтилентерефталата при снижении молярной доли ДЭГ взятого для алкоголиза. Данные таблицы 2 показывают,

что наилучшие прочностные показатели имеют двухслойная бумага и картон, в котором в качестве проклеивающего вещества использована акриловая эмульсия. Следовательно, дальнейшие исследования должны быть направлены на получение продуктов алкоголиза вторичного полиэтилентерефталата, водные эмульсии которых придавали бы бумаге и картону аналогичные прочностные показатели как акриловая эмульсия.

В этой связи полученные результаты прочностных свойств экспериментальных бумаг можно считать положительными. Введение в бумажную композицию акриловую эмульсию улучшает механическую прочность бумаги за счет улучшения формирования бумаги, которая имеет более равномерный просвет, снижается ее разносторонность.

Выводы. Использование отходов текстильной промышленности в составе композиции бумаги позволяет нивелировать целый ряд объективных причин, затрудняющих возможность производства многослойной бумажной продукции, решить проблему упаковочных бумаг для широкого потребления. На наш взгляд другим источником улучшения физико-механических свойств бумаги с введением химических волокон является использование полимерных проклеивающих веществ в составе бумажной композиции.

Список литературы:

1. УП №-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегией действий дальнейшему развитию Республики Узбекистан».
2. Фляте, Д.М. Свойства бумаги. Изд. 3-е. –М.: Лесн. пром-сть, 1986. –680 с.
3. Хамраев Н.Х. Таркибида пахта-нитрон толалари тенг, никобланган тўкималарни гул босишга тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқариш. Дисс. на соис. уч. степ. канд. тех. наук. –Ташкент. ТИТЛП. 2005. –116 с.
4. Жураев А.Б. Ненасыщенные полиэфиры на основе полиэтилентерефталат-содержащих бытовых отходов: Автореф. на соис. уч. степ. канд. тех. наук. – Ташкент. ТХТИ. 2008. – 16 с
5. Ешбаева У.Ж., Рафиков А.С и Джалилов А.А. Бумага с введением синтетических полимеров. Монография. – Ташкент: Изд. Kamalak. 2018. – С.208
6. Ешбаева У.Ж., Рафиков А.С. и др. ПАТЕНТ UZ. IAP 0462227. Бумажная масса. 2012. Бюл. №11.

ТЕХНОЛОГИЯ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК, ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА, ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКИ И ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ ДЕРЕВА

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГАЗОВОЙ ПОДУШКИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА БАРБОТАЖНОГО ЭКСТРАКТОРА

Каримов Икромали Тожиमतович

*канд. техн. наук., доц., Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: karimovikromali@mail.ru*

ANALYSIS THE RESULTS OF RESEARCH ON DETERMINING THE GAS DISTRIBUTION DEVICE'S GAS CUSHION OF THE BARBOTAGE EXTRACTOR

Ikromali Karimov

*candidate of Technical Sciences., docent, Fergana polytechnic institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana*

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследований газовой подушки, которая играет важную роль в равномерном распределении инертного газа в зонах смешивания экстрактора, работающего в гетерогенных средах в системе «жидкость-жидкость-газ» (Ж-Ж-Г). Проведены теоретические исследования и предложена формула для расчета значения газов подушки. В результате экспериментальных исследований были определены размеры газовой подушки. Экспериментальные результаты полностью подтвердили формулу для расчета газовой подушки. На основании теоретических и экспериментальных исследований можно определить расход газа, поступающего в зону смешивания экстрактора, в зависимости от постоянных значений газовой подушки. Это, в свою очередь, важно для выбора компрессора при проектировании аппарата.

ABSTRACT

In the article, investigates a gas cushion, which plays an important role in the uniform distribution of inert gas in the mixing zones of the extractor working in heterogeneous media in the liquid-liquid-gas system. As a result of experimental studies, the dimensions of the gas cushion were determined. The experimental results fully confirmed the formula for calculating the gas cushion. As a result of experimental studies, the dimensions of the gas cushion were determined. The experimental results fully confirmed the formula for calculating the gas cushion.

Based on theoretical and experimental studies, it is possible to determine the flow rate of gas entering the mixing zone of the extractor, depending on the constant values of the gas pad. This is important for choosing a compressor when designing an apparatus.

Ключевые слова: газовая подушка, диаметр отверстия, внешняя зона, внутренняя зона, скорость жидкости, газораспределительная насадка, скорость газа, газосодержания, барботажные трубы.

Keywords: gas cushion, hole diameter, outer zone, inner zone, fluid velocity, gas nozzle, gas velocity, gas content, bubble tubes.

Введение

В барботажном экстракторе [3] роль газораспределительного устройства выполняют нижние концы барботажных труб с отверстиями в их стенках. Расчет этого устройства сводится к определению скорости газа в отверстиях, обеспечивающей при выбранном диаметре и количестве устойчивую высоту газового слоя под нижней трубной решеткой. Этим гарантируется равномерность распределения

газа по всем барботажным трубам установленными перегородками аппарата.

Объект и метод исследования

Уравнение расчета газовой подушки предложено В.Н. Соколовым и др. [5]. Схема расчета показана на рисунке 1. Уравнение (1) расчета газовой подушки предложено по этой схеме. Газовая подушка означает высоту «h» от центральной оси отверстия до уровня жидкости.

Рисунок 1. Схема расчета газовой подушки

$$h = \xi_o \frac{[Kw_o]^2 \rho_z}{2g\Delta\rho} - \xi_{ex} \frac{\rho_c \cdot w_c^2}{2g\Delta\rho} \quad (1)$$

где ξ_o – коэффициент сопротивления отверстий в барботажной трубе; w_o – расходная скорость газа, протекающего через отверстия; м/с; ρ_z – плотность

газа, кг/м³; K – коэффициент пульсации; ρ_z – плотность жидкости, кг/м³; g – ускорение свободного падения, (9,8 м/с²); $\Delta\rho$ – плотность смеси, кг/м³.

Коэффициент пульсаций зависит от количества барботажных труб, установленных на ступенях аппарата (рис. 2).

Рисунок 2. Изменение коэффициента пульсаций

Это уравнение может быть применено в исследуемом аппарате. Для этого надо умножить на уравнение (1) соотношение геометрического давления, которое действует в центре отверстий; и учесть распределение газа в двух зонах аппарата можно, рассчитав значение газовой подушки за счет скорости газа в отверстиях внутренних барботажных труб (рис. 3).

То есть соотношение давлений в зонах смешения аппарата.

$$N = \frac{\rho g (1 - \phi_1) H}{\rho g (1 - \phi_0) H_0} = \frac{(1 - \phi_1) H}{(1 - \phi_0) H_0} \quad (2)$$

Если мы умножим соотношение (2) и распределение газа с двух сторон на уравнение (1), уравнение будет выглядеть следующим образом:

$$h = \left(\xi_o \frac{[kw_o]^2 \rho_z}{2g\Delta\rho} - \xi_{ex} \frac{w_c^2 \cdot \rho_c}{2g\Delta\rho} \right) \frac{(1 - \phi_1) H}{(1 - \phi_0) H_0} \cdot 2 \text{ (м)} \quad (3)$$

где ϕ_1 – количество газосодержания в жидкости, движущейся во внешней зоне смешения; H – высота внешней зоны смешения, м; ϕ_0 – количество газосодержания в жидкости, движущейся внутри зоны смешивания; H_0 – высота зоны внутреннего смешения, м.

Это уравнение может определять только скорость прохождения газа через отверстие в газоразделительных элементах барботажного экстрактора во внутренней зоне смешения.

Кроме того, в аппарате имеется дополнительная зона смешения, в которой невозможно определить скорость газа, проходящего через отверстие в этих зонах.

Имея это в виду, мы проводили теоретические исследования для изучения гидродинамических процессов предлагаемого барботажного экстрактора [3].

Согласно результатам теоретического исследования, получено уравнение для расчета газовой подушки, основанное на определенных закономерностях [1; 2].

На рисунке 3 показана схема расчета «газовой подушки» в предлагаемом экстракторе.

Из рассмотрения распределения давлений в выделенных сечениях I-I и II-II имеем:

$$P_c + h\rho_g g + (h_1 - h)\rho_c g = P_o + h_1\rho_c g + \Delta P_c \quad (4)$$

С другой стороны

$$P_c = P_o + \Delta P_c + P_o' \quad (5)$$

Для сечения III-III

$$P_c' = \rho_c g (1 - \phi_1) H \quad (6)$$

$$P_o' = P_c' - \Delta P_c' \quad (7)$$

Рисунок 3. Схема к расчету газовой подушки

Подставляя значение уравнению (6) и (7), получим:

$$P_o' = \rho_c g (1 - \phi_1) H - \Delta P_c' \quad (8)$$

По подстановке выражения (8) и (5) получаем:

$$P_c = P_o + \Delta P_c + \rho_c g (1 - \phi_1) H - \Delta P_c' \quad (9)$$

Потери давления для преодоления сопротивления отверстий при проходе газа во внутренний патрубок смесителя ΔP_r можно определить, как

$$\Delta P_r = \xi_0 \frac{w_0^2 \cdot \rho_r}{2} \quad (10)$$

А потери давления для преодоления сопротивления отверстий при подаче газа в кольцевой канал между наружным и внутренним патрубками смесителя $\Delta P_c'$ можно определить, как

$$\Delta P_c' = \xi_1 \frac{w_1^2 \cdot \rho_r}{2} \quad (11)$$

где ξ_0 и ξ_1 – коэффициенты сопротивления отверстий для подачи газа в соответствующие зоны смесителя, w_0 и w_1 – скорости газа в указанных отверстиях.

По подстановке выражения (9) в (4) получим:

$$\begin{aligned} m_o + \Delta m_c + \rho_g (1 - \phi_1) H - \Delta P_c' + \\ + (h_1 - h)\rho_c g + \rho_c g h = \\ = P_o + h_1\rho_c g + \Delta P_c \end{aligned} \quad (12)$$

Рисунок 4. Общий вид экспериментальной установки

Потери давления $\Delta P_{\text{ж}}$ для преодоления гидравлического сопротивления отверстий при входе жидкости в газораспределительную насадку можно определить, как

$$\Delta P_c = \xi_{\text{вх}} \frac{w_c^2 \cdot \rho_c}{2} \quad (13)$$

где $\xi_{\text{вх}}$ – коэффициент сопротивления при входе жидкости в газораспределительную насадку.

Выполнив необходимые математические преобразования, получаем следующее уравнение для расчета величины газовой подушки:

$$h = \frac{(\xi_0 w_0^2 \rho_r + 2 \rho_c g (1 - \phi_1) H) - (\xi_1 w_1^2 \rho_r + \xi_{\text{вх}} w_c^2 \cdot \rho_c)}{2g(\rho_c - \rho_r)} \quad (14)$$

где ρ_r – плотность газа, кг/м^3 ; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, кг/м^3 ; g – ускорение силы тяжести, $9,8 \text{ м/с}^2$; H – длина зоны смешения кольцевого канала, м; ϕ_1 – газосодержание в кольцевом канале; ξ_0 – коэффициент сопротивления отверстий газораспределительной насадки; w_0 – скорость газа в отверстии газораспределительной насадки, м/с; w_1 – скорость газа в отверстии газопроводящего патрубка, м/с; $w_{\text{ж}}$ – скорость жидкости в газораспределительной насадке, м/с; $\xi_{\text{вх}}$ – коэффициент сопротивления входу жидкости в газораспределительной насадке; ξ_1 – коэффициент сопротивления отверстия газопроводящего патрубка.

В уравнение (14) входит 2 неизвестных параметра: w_0 и w_1 . Для их нахождения необходимо обеспечивать работу экстрактора с заранее известной величиной газовой подушки «h». Согласно данным [5], для равномерного поступления газа во все смесительные элементы экстрактора величина газовой подушки должна быть равна $h=5d_r$, где d_r – диаметр газораспределительной насадки.

Проведенные нами экспериментальные исследования [1; 2] позволили установить основные параметры, входящие в уравнение (14).

Коэффициенты сопротивления отверстий для подачи газа в смесительные зоны экстрактора можно определить от зависимости [4; 5]:

$$\xi_0, \xi_1 = 0,5 + \left(1 + 0,37 \frac{\sigma}{\sigma_{\text{ж}}}\right)^2 + \tau_0 \left(1 - \frac{\sigma}{\sigma_{\text{ж}}} \cdot 0,37\right) + \lambda_0 \frac{\delta}{d_0} \quad (16)$$

где σ – поверхностное натяжение экстрагируемой жидкости, н/м; $\sigma_{\text{в}}$ – поверхностное натяжение воды, н/м; τ_0 – коэффициент, зависящий от формы отверстия; λ – коэффициент трения; δ – толщина стенки газораспределительного элемента, м; d_0 – диаметр отверстия для прохода газа, м.

Значения τ_0 , ξ_0 , ξ_1 в зависимости от δ/d_0 можно определить по полученным экспериментальным графикам, представленным на рис. 5 и рис. 6.

График влияния отношения площадей отверстий к площади барботажной трубы в зависимости от поверхностного натяжения представлен на рис. 7.

Рисунок 5. Зависимость τ_0 от δ/d_0

Рисунок 6. Зависимость коэффициентов сопротивления на выходе газа из отверстий от соотношения δ/d

Рисунок 7. Влияние поверхностного натяжения на коэффициент сопротивления входу жидкости в барботажный патрубок

Полученные результаты.

Для проверки уравнения 14 газовой подушки «h» в результате теоретических исследований было выполнено исследование экспериментальной установки экстрактора (рис. 4).

Экспериментальные исследования проводились в следующем порядке:

а) Отверстия для подачи газа внешней зоны смешения аппарата закрыты. Газ подавался только к внутренней зоне смешения через отверстия $d = 1,5; 2,3$ мм. Значение расхода газа составляет до $Q_r = 0,15 \div 0,850$ м³/час, передается с шагом 0,1 м³/час, а значение расхода жидкости составляет до $Q_c = 0,07 \div 0,39$ м³/час 0,08 м³/час, передается с шагом 0,08 м³/час. В качестве легкой жидкости была взята вода. Для каждого значения расхода жидкости $Q_{ж} = 0,07; 0,23; 0,31; 0,39$ м³/час, подавался отдельный расход газа со значением $Q_r = 0,15; 0,25; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; 0,85$ м³/ч, были проверены на

изменение газовой подушки. Эксперименты проводились отдельно для каждого отверстия во внутренней зоне перемешивания $d_0 = 1,5$ и $d_1 = 2,3$ мм.

При различных значениях расхода газа $Q_r = 0,15; 0,25; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75$, подаваемого через отверстие $d_0 = 1,5$ мм во внутренней зоне смешения, соответственно изменялось значение газовой подушки $h = 6; 14; 31; 52; 74; 101; 122$ мм.

При этом не удалось определить значение газовой подушки со значением $Q_r = 0,85$ м³/час расхода газа. Причина этого – длина газораспределительной насадки была недостаточной.

Значение газовой подушки в соответствии с вышеупомянутыми значениями расхода газа через отверстие $d_1 = 2,3$ мм составляет, $h = 2; 3; 5; 8; 13; 17; 28; 39$ мм. Проверка показала, что увеличение расхода жидкости на аппарате не повлияло на газовую подушку.

Как видно из приведенных выше экспериментов, при подаче газа через отверстие $d_0 = 2,3$ мм во внутренней зоне смешения аппарата максимальное значение газовой подушки составляло $h = 39$ мм.

Если открыть отверстия для подачи газа в кольцевом канале, значение газовой подушки будет недостаточным.

Поэтому мы не будем использовать это отверстие $d_0 = 2,3$ мм на следующих этапах эксперимента.

Результаты вышеупомянутых экспериментов были обработаны на ЭВМ, и было получено уравнение регрессии для расчета газовой подушки с расходом газа через отверстие $d_0 = 1,5$ мм [2].

Полученное уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$y_0 = -11,576 + 79,32x + 136,5x^2 \quad (18)$$

где x – расход газа, $\text{м}^3/\text{час}$; y_0 – соответствующая расходу газа величина газовой подушки, мм.

Экспериментальные результаты, полученные на основе этого уравнения, были теоретически проверены с использованием уравнения (1), и был построен сравнительный график (рис. 8). Экспериментальные исследования полностью подтвердили это уравнение;

б) Было открыто газопроводящее отверстие во внутреннюю зону перемешивания аппарата

диаметром $d_0 = 1,5$ мм. Соответствующее высоту газопроводящего патрубка во внешней зоны смешения $H_1 = 315; 240; 165$ мм, было открыто по порядку отверстию $d_1 = 0,6; 0,8; 1,0$ мм.

Отдельные эксперименты были проведены для каждого отверстия. Расход жидкости зоны смешивания передан со значениями $Q_{\text{ж}} = 0,07; 0,15; 0,23; 0,31; 0,39$ $\text{м}^3/\text{час}$ (с шагом $0,08$ $\text{м}^3/\text{час}$). Расход газа 4 разных значений для каждого из значений расхода жидкости $Q_{\text{г}} = 0,55; 0,65; 0,75; 0,85$ $\text{м}^3/\text{час}$, определены экспериментальные значения газовой подушки.

Результаты экспериментов были обработаны на основе компьютерной программы, и получено уравнение регрессии. Ниже приведены уравнения регрессии.

Размер отверстия для подачи газа во внутреннюю зону смешивания составляет $d_0 = 1,5$ мм, в то время как отверстие для подачи газа во внешнюю зону смешивания составляет $d_1 = 0,6$ мм;

$$y_1^* = -36,89 + 137,96x + 28,92x^2 \quad (19)$$

При $d_0 = 1,5$ мм и $d_1 = 0,8$ мм;

$$y_2^* = 130,2 - 368,15x + 346,28x^2 \quad (20)$$

При $d_0 = 1,5$ мм и $d_1 = 0,8$ мм;

$$y_3^* = 89,75 - 316,46x + 298,2x^2 \quad (21)$$

Рисунок 8. Зависимость величины газовой подушки от расхода барботирующего газа

Рисунок 9. Зависимость величины газовой подушки от расхода газа ($d_0=1,5$ мм – const)

1; 1' - $d_1=0,6$ мм;	$H_1=315$ мм
2; 2' - $d_1=0,8$ мм;	$H_1=240$ мм
3; 3' - $d_1=1,0$ мм;	$H_1=165$ мм

На основании проведенных экспериментальных исследований был определен расход распределяемого газа к внутренним и внешним зонам смешения аппарата.

Для этого мы вычтем значения газовых подушек на графике с рисунка 8, которые соответствуют расходу газа на графике на рисунке 9, то есть $h_1 = h_0 - h_1^*$ мм; $h_2 = h_0 - h_2^*$ мм; $h_3 = h_0 - h_3^*$ мм. Эта величина представляет собой количество газа, распределенного во внешней зоне смешивания. Расход газа, распределяемого во внешнюю зону смешения, равен

$$Q_r = Q_{\text{общ}} - Q_0, \text{ м}^3/\text{час} \quad (22)$$

Для каждого случая экспериментов, проводимых одним и тем же способом, распределяемое значение расхода газа рассчитано на основе общего значения расхода газа в зонах смешения аппарата.

В зависимости от заданного расхода газа были рассчитаны значения скоростей газа, проходящего через отверстия для подачи газа в зоны смешения. Теоретическое значение газовой подушки находилось по уравнению (14) газовой подушки.

Теоретически найденные значения сравнивались с экспериментальными значениями (рис. 9). Эксперименты полностью подтвердили уравнение (14). Погрешность между теоретическими и экспериментальными значениями высоты газовой подушки не превышает $\pm 10\%$.

Вывод

Теоретические и экспериментальные исследования полностью подтвердили уравнения для расчета газовой подушки (14). В результате оказалось возможным определить величину расхода газа при равномерной и устойчивой подаче инертного газа в зоны смешения барботажного экстрактора при постоянных размерах газовых подушек. Уравнение 14 можно использовать для проектирования промышленного устройства барботажного экстрактора.

Список литературы:

1. Каримов И.Т., Алиматов Б.А., Тожиев Р.Ж. Гидродинамика барботажных экстракторов // Научно-технический журнал Ферганского политехнического института. – 2000. – № 3. – С. 109-112.
2. Каримов И.Т. Исследование гидродинамических процессов в смесительных зонах барботажного экстрактора: Дис. канд. техн. наук. – Ташкент: Ташкентский гос. техн. ун-т, 2001. – 131 с.
3. Многоступенчатый барботажный экстрактор / Б.А. Алиматов, В.Н. Соколов, Х.М. Саъдуллаев, И.Т. Каримов // А.С. № 1607859 (СССР), БИ № 43, 1990.
4. Соколов В.Н., Геллис Ю.К. Гидродинамика барботажного кожухотрубного реактора // Химическая промышленность. – 1962. – № 10. – С. 757-761.
5. Соколов В.Н., Доманский И.В. Газожидкостные реакторы. – Л.: Машиностроение, 1976. – 216 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РОТОРНО-ФИЛЬТРУЮЩЕГО АППАРАТА

Исомидинов Азизжон Саломидинович

*докторант (PhD), Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: isomiddinov1985@mail.ru*

RESEARCH OF HYDRAULIC RESISTANCE OF ROTOR-FILTER APPARATUS

Azizjon Isomidinov

*PhD, Fergana polytechnic institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana*

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты экспериментов по определению гидравлического сопротивления пылеулавливающего роторно-фильтрующего аппарата с мокрым способом.

Предложена формула для определения коэффициента гидравлического сопротивления в зависимости от соотношения активной и пассивной поверхностей фильтрующего материала сетки на роторно-фильтрующем аппарате. На основе опытных данных общее потерянное давление на аппарате определено в зависимости от диаметра фильтрующей сетки.

ABSTRACT

In the article, the results of experiments to determine the hydraulic resistance of a dust-collecting rotor-filter apparatus with a wet method were presented.

A formula is proposed for determining the hydraulic resistance coefficient depending on the ratio of the active and passive surfaces of the filter material of the mesh on the rotor-filter apparatus. Based on the experimental data, the total lost pressure on the apparatus is determined depending on the diameter of the filter section.

Ключевые слова: активная и пассивная поверхность, ротор-фильтр, гидравлическое сопротивление, скорость потока, запыленный воздух, вторичный газ, коэффициент сопротивления, диффузор, конфузор, фильтрующая сетка.

Keywords: active and passive surface, rotor filter, hydraulic resistance, flow rate, dusty air, secondary gas, drag coefficient, diffuser, confuser, filter mesh.

Введение.

Выбор оптимальной нагрузки, созданной на рабочих органах аппарата, влияет на скорость запыленного воздуха, движущегося на пылеулавливающих аппаратах с мокрым способом, считается одной из основных характеристик.

Эта характеристика определяет гидравлическое сопротивление аппарата и допустимое количество рабочей жидкости, выходящей из него [1, 2, 3]. Кроме этого, повышение гидравлического сопротивления на рабочем органе аппарата влияет на улучшение эффективности улавливания, уменьшение производительности аппарата и затекаемости частиц пылей в трубах. В свою очередь, это приводит к увеличению расхода энергии.

Исследования были проведены с целью определения оптимальных значений этих факторов [6, 8, 9 и др.]. Однако полное решение для достижения максимальной эффективности очистки и производительности при минимальных значениях гидравлического сопротивления не было разработано.

Общее исследование проблем устройства с роторным фильтром для очистки газов от пыли и запыленного воздуха мокрым способом [10] проведено для определения влияния на гидравлическое сопротивление устройства, на эффективность и результативность очистки. На рисунке 1 дан обзор экспериментального устройства.

Рисунок 1. Общий вид экспериментального аппарата:

1 – корпус аппарата; 2 – диффузор; 3 – ротор-фильтр; 4 – конфузор; 5 – ванна для рабочей жидкости; 6 – отвод для шлама; 7 – штуцер для выхода жидкости; 8 – зонт; 9 – патрубок Прандтля; 10 – электромотор; 11 – насос; 12 – вентилятор; 13 – управляющий аппарат скорости электромотора; 14 – регулятор рабочей жидкости

Эксперименты проводились на приведенных ниже параметрах в пределах: диаметры отверстия фильтрующего материала покрытия на ротор $d_{\text{ф}} = 2; 3; 4$ мм; частота вращения ротора – 15; 25; 35 об/мин; скорость газа $v_{\text{г}} = 7,67 \div 34,4$ м/с (указанный диапазон скоростей выбран вблизи с диапазоном скоростей, применяемых в промышленности). Эксперименты проводились на жидкой и газовой системах при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Объект и метод исследования.

Потеря давления наблюдается при перемещении запыленного воздуха на всех типах воздухоочистительных аппаратов. Это объясняется конструктивной структурой аппарата и количеством рабочих органов.

Разработанный аппарат состоит из диффузора (2), рабочих поверхностей (А и Б), фильтра (3), конфузора (4). Движущийся запыленный поток воздуха проходит через диффузор (2), поток, расширяясь на рабочих поверхностях (А и Б) фильтра, переходит на линейное движение. Прямолинейное движение потока осуществляется распределительным зонтом (8) и жидкостью, очищающей в ванне (5). Очищенный воздух на поверхности фильтра (3) выходит через конфузор (4). Потеря давления происходит на трех рабочих органах аппарата.

Тогда общее гидравлическое сопротивление аппарата можно записать следующим образом [4]:

$$\Delta P_{\text{об}} = P_{\text{диф}} + P_{\text{рп}} + P_{\text{конф}}, \text{ Па} \quad (1)$$

где $\Delta P_{\text{об}}$ – общее гидравлическое сопротивление аппарата, Па; $P_{\text{диф}}$ – гидравлическое сопротивление в диффузоре аппарата, Па; $P_{\text{конф}}$ – гидравлическое сопротивление в конфузоре аппарата, Па; $P_{\text{рп}}$ – гидравлическое сопротивление в рабочих поверхностях аппарата, Па.

$P_{\text{рп}}$ определяется по следующей формуле:

$$P_{\text{рп}} = P_1 + P_2, \text{ Па} \quad (2)$$

где P_1 – гидравлическое сопротивление в рабочем органе А, Па; P_2 – гидравлическое сопротивление в рабочем органе Б, Па. Эксперименты для определения общего гидравлического сопротивления роторно-фильтрующего аппарата проводились в неоросительном состоянии очистки.

Общее гидравлическое сопротивление не в оросительном состоянии ротор-фильтрующего аппарата определяется по формуле Дарси – Вейсбаха:

$$\Delta P_{\text{сх}} = \xi_{\text{об}} \frac{\rho_{\text{г}} \cdot v_{\text{г}}^2}{2}, \text{ Па} \quad (3)$$

где: $\rho_{\text{газ}}$ – плотность газа, кг/м^3 ; $v_{\text{газ}}$ – потерянная скорость газа в рабочих органах аппарата, $\xi_{\text{сх}}$ – коэффициент общего сопротивления аппарата.

Определение и расчет коэффициентов сопротивления имеет сложную природу и требует различных отклонений, которые могут быть определены только путем экспериментов.

Коэффициент гидравлического сопротивления роторно-фильтрующего аппарата определяется вышеуказанными факторами и вычисляется по следующей формуле [4]:

$$\xi_{об} = \xi_{диф} + \xi_{рп} + \xi_{конф} \quad (3)$$

где $\xi_{диф}$ – коэффициент сопротивления определяется приблизительно по формуле И.Е. Идельчика и Флингера [7].

$$\xi_{диф} = \frac{\lambda_{диф}}{8 \sin \frac{\alpha_{кб}}{2}} \left(1 - \frac{1}{n_{диф}^2} \right) + \sin \frac{\alpha_{кб}}{2} \left(1 - \frac{1}{n_{диф}} \right)^2 \quad (4)$$

где $\lambda_{диф}$ – коэффициент трения в диффузоре; $n_{диф}$ – степень расширения диффузора; $\alpha_{уп}$ – угол

расширения диффузора; $\xi_{конф}$ – коэффициент сопротивления конфузора, и это определяется по следующей формуле:

$$\xi_{конф} = \frac{\lambda_{конф}}{8 \sin \frac{\alpha_{тб}}{2}} \left(1 - \frac{1}{n_{конф}^2} \right) \quad (5)$$

где $\lambda_{конф}$ – коэффициент трения конфузора; $\alpha_{ус}$ – угол сжатия конфузора; $n_{конф}$ – степень сжатия конфузора.

Коэффициенты сопротивления в диффузоре и конфузоре роторно-фильтрующего устройства были определены экспериментально в соответствии с приведенными выше формулами (4) и (5).

Значения коэффициентов гидравлического сопротивления приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Значения коэффициентов гидравлического сопротивления

$v_{газ}, \text{м/с}$	34,4	28	23,8	18,79	7,67	
$\lambda_{диф}$	0,3223	0,3085	0,3127	0,2978	0,3117	
$\lambda_{конф}$	0,2154	0,2081	0,2113	0,2205	0,2178	

Из значений, приведенных в таблице 1, видно, что коэффициенты местного сопротивления в диффузорах и конфузорах в незначительной степени влияют на движущийся воздушный поток. Одной из основных причин этого, можно сказать, является снижение силы трения за счет резкого расширения диффузора и резкого сужения конфузора. Тогда можно считать средним коэффициент локального сопротивления в диффузоре и конфузоре равным 0,5 с достаточной точностью.

$\xi_{рп}$ – коэффициент сопротивления рабочей поверхности, определение зависит от отношения между активными и пассивными поверхностями фильтрующего материала [5].

$$\xi_{рп} = \Delta k \frac{\sum S_{акт}}{\sum S_{пас}}, \quad (5)$$

где $S_{акт}$ – поверхность фильтрующего материала аппарата без отверстий, $S_{пас}$ – поверхность фильтрующего материала аппарата с отверстиями, Δk – поправочный коэффициент, определяется экспериментально.

Δk значения были определены экспериментально в зависимости от отношения активной поверхности к пассивной поверхности (рис. 2).

Как показано на рисунке 2, увеличение активной поверхности приводит к уменьшению поправочного

коэффициента (при значениях $\frac{\sum S_{акт}}{\sum S_{пас}} = 1,65$ показатель равен $\Delta k = 1,1$, при значениях

$$\frac{\sum S_{акт}}{\sum S_{пас}} = 2,38 \quad \text{показатель равен } \Delta k = 0,91, \quad \text{при}$$

$$\text{значениях } \frac{\sum S_{акт}}{\sum S_{пас}} = 4,7 \quad \text{показатель равен } \Delta k = 0,48).$$

Это связано с соотношением общего коэффициента сопротивления к активной поверхности (рис. 2).

Рисунок 2. График зависимости Δk от $\frac{\sum S_{акт}}{\sum S_{пас}}$

В этом случае формула (3) записывается в следующем виде

$$\xi_{об} = 0,5 + \Delta k \frac{\sum S_{акт}}{\sum S_{пас}} \quad (6)$$

Общий коэффициент гидравлического сопротивления для неорошаемого аппарата определяется по формуле (6).

Общий коэффициент сопротивления определялся как соотношение активной поверхности сетки к пассивной поверхности сетки фильтра (рис. 3).

Рисунок 3. График зависимости $\xi_{об}$ от $\frac{\sum S_{акт}}{\sum S_{пас}}$

Как видно из рисунка 3, увеличение активной поверхности приводит к увеличению сопротивления устройства (при $\sum S_{акт} = 0,268 м^2$ $\xi_{об} = 2,1$; при $\sum S_{акт} = 0,229 м^2$ $\xi_{об} = 2,2$; при $\sum S_{акт} = 0,202 м^2$ $\xi_{об} = 2,6$).

Используя полученные экспериментальные данные, гидравлическое сопротивление неорошаемого аппарата можно определить по формуле (3). Небольшая частота вращения ротора не создает эффект вентиляции, однако вследствие этого создается небольшое гидравлическое сопротивление потока воздуха. Следовательно, влияние частоты вращения ротора не учитывается при расчете гидравлического сопротивления. Вместе с тем частота вращения ротора обеспечивает быстрое обновление рабочей поверхности и увеличение поверхности контакта.

Данные, представленные на рисунке 4, показывают, что при небольших значениях скорости воздуха, передаваемой в устройство, расход невелик, а потеря давления в устройстве близка друг к другу. При увеличении скорости воздуха поток уплотняется, и вследствие этого увеличивается гидравлическое сопротивление.

Гидравлическое сопротивление при орошении определялось в диапазоне скоростей газа 7,67-34,4 м/с.

Рисунок 4. График зависимости $\Delta P_{сх}$ от v_2 на сухом аппарате

$$1 - \sum S_{акт} = 0,268 м^2 ; 2 - \sum S_{акт} = 0,229 м^2 ; \\ 3 - \sum S_{акт} = 0,202 м^2 .$$

В роторном фильтрующем устройстве распыливаемая жидкость из отверстия щупера (7) через зонт (8) на активные и пассивные поверхности фильтра образует пленку на поверхности фильтра (3). Расстояние близости ротора-фильтра (3) и зонта (8) позволяет проходящему запыленному воздуху быть перпендикулярно направленным через пленки жидкости на активной и пассивной поверхностях. Пленка жидкости контактирует с запыленным воздухом, вследствие этого улавливаются частицы пыли. Рабочая жидкость, собранная в жидкостной ванне (5) под устройством, будет вымывать частицы пыли, удерживаемые в поверхностном слое роторного фильтра, и очищать фильтр до рабочего состояния.

Толщина слоя пленки зависит от количества подаваемой жидкости. Чем толще слой, тем выше эффективность очистки. Но при этом увеличивается гидравлическое сопротивление. Исследование слоя пленки представляет собой сложный процесс, который зависит от многих факторов. Поскольку исследование толщины пленки не было главной целью работы, то гидравлическое сопротивление устройства определялось количеством потребляемой жидкости (рис. 5, 6, 7). Эксперименты выявили высокие гидравлические нагрузки в аппарате в зависимости от максимальной работоспособности жидкости, подаваемой в аппарат.

Для экспериментов были выбраны щуперы с диаметром отверстия $d_{ш}=1; 2; 3$ мм, которые установлены для распыления жидкости фильтрующего ротора.

Результаты проведенных экспериментальных исследований приведены в следующих графиках:

Рисунок 5. График зависимости $\Delta P_{ори}$ от v_2 с орошением аппарата при диаметре иштцера $d_{иш}=1\text{мм-const}$

Рисунок 7. График зависимости $\Delta P_{ори}$ от v_2 с орошением аппарата при диаметре иштцера $d_{иш}=3\text{мм-const}$

Рисунок 6. График зависимости $\Delta P_{ори}$ от v_2 с орошением аппарата при диаметре иштцера $d_{иш}=2\text{мм-const}$

Среднеквадратическое отклонение полученных экспериментальных данных составляет 1. Отклонение по газу – 12,7%; 2. Отклонение по изменению давления – 10%.

Экспериментальные исследования (рис. 5, 6, 7) показывают, что гидравлическое сопротивление увеличивается с увеличением потока жидкости к роторно-фильтрующему аппарату. Это позволяет повысить эффективность очистки аппарата. По результатам экспериментальных исследований удалось определить основные рабочие параметры роторно-фильтрующего аппарата.

Список литературы:

1. Алиев Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
2. Andersen B.O., Nielsen N.F., Walthe J.H. Численное и экспериментальное исследование импульсно-струйной очистки в тканевых фильтрах: Дисс. канд. филос. наук. – Где издано, 2017. – 203 с.
3. Валдберг А.Ю., Николайкина Н.Е. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.
4. Исомидинов А.С., Мадалиев А.Н. Гидродинамика и аэродинамика ротор- фильтрного аппарата очищающего запыленных газов // Междунар. науч.-практ. конф. «Международный научный обзор проблем и перспектив современной науки и образования» (22-23 ноября 2018 г., Бостон, США). – Бостон, 2018. – 32 с.
5. Исомидинов А.С., Каримов И.Т., Тожиев Р.Ж. Определение активной и пассивной поверхностей ротор-фильтрного аппарата для фильтрации запыленного воздуха // I Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, в химической промышленности и в смежных отраслях» (24-25 мая 2019 г., Фергана). – Фергана, 2019. – Т. 3. – С. 429-431.
6. Кабалдин Г.С. Модернизация распылительных и барабанных сушильных установок / Г.С. Кабалдин. – М.: Металлургия, 1991. – 205 с.
7. Латипов К.Ш. Гидравлики, гидромашины и гидроприводы. – Ташкент: Учитель, 1992. – С. 75-80.
8. Нечаева Е.С. Исследование основных характеристик роторного распылительного пылеуловителя: Дисс канд. техн. наук. – Кемерово, 2014. – 149 с.
9. Сорокопуд А.Ф. Совершенствование мокрого пылеулавливания в технологии сыпучих пищевых продуктов / А.Ф. Сорокопуд, М.И. Даниленко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1997. – № 4. – С. 3-8.
10. Тожиев Р.Ж., Каримов И.Т., Исомидинов А.С. Роторный мокрый пылеуловитель // ФерПИ: научно-технический журнал. – 2018. – Вып. 1. – С. 195-198.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

БЕНТОНИТОВЫЕ АДсорбЕНТЫ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ РАСТВОРОМ КАРБАМИДА

*Ахмедов Азимжон Нормуминович**канд. техн. наук, доцент Каршинского инженерно-экономического института,**Узбекистан, г.Карши**E-mail: a.ahmedov80@mail.ru**Абдурахимов Саидакбар Абдурахмонович**д-р техн.наук, профессор Ташкентского химико-технологического института,**Узбекистан, г.Ташкент**E-mail: saidakbar1953@yandex.ru**Азимов Юсуф Хидирович**ассистент Каршинского инженерно-экономического института,**Узбекистан, г.Карши**E-mail: Yusuf.1989.azimov@mail.ru*

BENTONITE ADSORBENTS MODIFIED BY THE CARBAMIDE SOLUTION

*Azimjon Akhmedov**Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Karshy Engineering-Economic Institute,**Uzbekistan, Karshy**Saidakbar Abdurakhimov**Doctor of Technical Science, Professor of Tashkent Chemical-Technological Institute,**Uzbekistan, Tashkent**Yusuf Azimov**Assistant of Karshy Engineering-Economic Institute,**Uzbekistan, Karshy*

АННОТАЦИЯ

В данной статье приведена информация о сочетании мочевины с госсиполом, различных местных видов бентонита и методах получения новых модифицированных бентонитов и основные показатели модифицированных адсорбентов и результаты использования их при очистке сырого форпрессового хлопкового масла.

ABSTRACT

The article deals with information on the combination of urea with gossypol, various local types of bentonite and methods to produce new modified bentonites and main indicators of modified adsorbents, and results of their use in the purification of crude forepress cottonseed oil.

Ключевые слова: I-II и III-IV сортов семян хлопчатника. хлопковое масло, полученное из низкосортных семян хлопчатника, госсипол, показателей сырых форпрессовых масел, каротиноид, хлорофилл, бентонит.

Keywords: I-II and III-IV varieties of cotton seeds; cottonseed oil, derived from low grade cotton seeds, gossypol, indicators of crude forepress oils, carotenoid, chlorophyll, bentonite.

Введение: Сырые масла, получаемые из низкосортных (III и IV сорта) и нестандартных семян хлопчатника имеют темный (или непросматриваемый) цвет, который обусловлен высоким содержанием госсипола, хлорофилла и их производных [1]. На

цветность хлопковых масел, полученных из семян III-IV сортов существенное влияние оказывает пигмент протоплазмы, локализованный в пластидах - хлорофилл, который при омылении щелочью, дает

продукты реакции, окрашенные в бурый или желтый цвет.

Отличительной особенностью хлопковых масел от других растительных жиров является наличие красящих пигментов: госсипола и его производных форм, которые локализируются в ядре семени в госсиполовых железках, пропитанных пектином, гемицеллюлозой и другими неидентифицированными веществами.

В железках, кроме госсипола содержатся еще менее изученные пигменты, построенные на основе сходного с ним углеводородного скелета. Исследованиями установлено, что в госсиполовых железках в зависимости от степени зрелости семян содержатся: свободный госсипол - 14,5-45,0%, связанный госсипол - 0,57-2,0%, госсипурпурин - 0,15-6,3%, госсивердурины - до 2,0 %.

Кроме перечисленных пигментов в хлопковых маслах содержатся госсифульфин - аминопроизводное госсипола, образующийся в хлопковых семенах

при хранении в условиях повышенной влажности и госсикаэрулин - продукт окисления госсипола, в котором гидроксильная и хинонная группы находятся в смежных положениях.

В процессе хранения хлопковых семян увеличивается их засоренность, возрастает кислотность и содержание связанных форм госсипола, снижается масличность, доля водо- и солерастворимой части белков, моносахаридов, количество липопротеиновых комплексов. С ухудшением сортности семян снижается качество и потребительские свойства (рафинируемость) хлопковых масел из-за значительного содержания в них свободных жирных кислот, связанных и измененных форм госсипола и хлорофилла.

В работах [1, 2] показана возможность рафинации хлопковых масел с высоким содержанием красящих пигментов с использованием карбамида, где госсипол, взаимодействуя с ним, образует соединения указанные в рис. 1.

Рисунок 1. Схема взаимодействия госсипола с карбамидом

При этом, в масляной смеси происходит образование как монокарбамид-госсипола, так и дикарбамид-госсипола [2, 3].

С практической точки зрения ценным является возможность взаимодействия карбамида с некоторыми темноокрашенными измененными формами госсипола, которые весьма трудно выводятся из состава масла (или вовсе не удаляются из него) при обычной щелочной рафинации.

Выход и качество рафинированного хлопкового масла зависит ряда условий: температуры, концентрации, условий ведения реакции, от способа взаимодействия с щелочным реагентом в т.ч. и карбамидом. Карбамид может быть введен в масло в виде сухого порошка или его водного раствора (при оптимальной

концентрации). В обоих случаях трудность заключается в разделении полученных продуктов и неудовлетворительном качестве получаемого соапстока, который трудно поддается разложению и т.д.

С другой стороны, карбамид затрудняет промывку масла и увеличивает его потери с водой.

Учитывая выше отмеченные недостатки нами, для предварительной рафинации масел, получаемых из низкосортных и нестандартных семян хлопчатника предложены бентонитовые адсорбенты, модифицированные карбамидом. При этом в качестве глинистых адсорбентов использованы щелочные и щелочноземельные бентониты Навбахорского месторождения Навоийской области [4]. Химический состав данных бентонитов представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Химический состав бентонитов Навбахорского месторождения

Наименование компонентов	Содержание, % в пересч. на абс. сух. веществ	
	щелочной бентонит	щелочно-земельный бентонит
SiO ₂	53,35	52,39
Al ₂ O ₃	11,78	13,76
Fe ₂ O ₃	9,29	9,74
CaO	0,24	2,76
TiO ₂	1,32	1,51
MgO	1,77	1,82

Na ₂ O	2,23	1,03
K ₂ O	2,53	2,06
MnO	0,06	0,06
P ₂ O	0,15	0,13
п.п.п	14,31	13,21
Сумма	97,03	99,47

Из табл. 1 видно, что щелочно-земельном бентоните содержание CaO составляет 2,76%, а в щелочном-0,24%.

Материалы и методы: Модификацию данных бентонитов карбамидом осуществляли согласно блок-схеме, приведенной в рис. 2:

Рисунок 2. Блок-схема получения бентонитового адсорбента модифицированного раствором карбамида

Результаты и обсуждения: В табл.2 представлены основные физико-химические и технологические показатели модифицированных бентонитовых адсорбентов раствором карбамида. Степень очистки хлопкового масла от госсипола, каротиноидов и их производных, а также от хлорофилла, феофитина и их производных определялась по спектральному методу [5, 6].

Таблица 2.

Основные показатели модифицированных адсорбентов и результаты использования их при очистке сырого форпрессового хлопкового масла

Вид адсорбента, бентонит:	Степень очистки масла		Показатели адсорбента			
	от госсипола, каротиноидов и их производных	от хлорофилла, и его производных	масло-ёмкость, %	фильтруемость масла, мл/5 сек	удельная поверхность, 5x10 ³ м ² /кг	содержание структурной воды, моль/кг
До обработки адсорбента (контроль)						
Щелочной	1,45	1,33	48,5	14,3	51,0	4,18
Щелочно-земельный	1,57	1,41	49,8	12,7	49,0	4,05
После обработки адсорбента 20% ным раствором карбамида (опыт)						
Щелочной	1,98	1,54	46,3	14,0	53,1	5,05
Щелочно-земельный	2,15	1,66	47,5	12,3	51,2	5,13

Из табл.2 видно, что модифицированные карбамидом щелочные и щелочно-земельные бентонитовые адсорбенты показывают более высокую степень очистки масла от госсипола, каротиноидов и их производных (1,98 и 2,15).

Это ещё раз подтверждает эффективность предлагаемого способа карбамидной рафинации масел,

полученных из низкосортных и нестандартных семян хлопчатника. Повышение степени очистки масла наблюдается и по хлорофиллу, феофитинам и их производным (1,54 и 1,66), что также важно для предварительной рафинации сырых хлопковых масел. Другие показатели бентонитовых адсорбентов до и после

их обработки 20% ным раствором карбамида меняются незначительно.

Следовательно, бентонитовые адсорбенты, модифицированные карбамидом, могут быть использованы как эффективные реагенты при рафинации масел, получаемых из низкосортных и нестандартных семян хлопчатника.

Выводы: Технологические свойства карбамида, с точки его применения в масложировой промышленности, изучены авторами [1,2,7,8] и выявлены положительные эффекты при очистки от сопутствующих веществ.

По данным, при рафинации хлопкового масла, карбамид проявляет способность образовывать соединения со свободными жирными кислотами, их

натриевыми или другими солями, вступать во взаимодействие со свободным госсиполом с образованием оснований Шиффа, взаимодействовать с некоторыми темноокрашенными измененными формами госсипола и таким путем удалить их из состава масла.

Таким образом, получение модифицированных карбамидом бентонитовых адсорбентов и их применение при рафинации сырых масел, получаемых из низкосортных и нестандартных семян хлопчатника позволяет значительно повысить технико-экономические показатели рафинационного производства и качества выпускаемых продуктов.

Список литературы:

1. Ильясов А.Т., Ураков Р.М. Решение актуальных проблем рафинации и демаргаринизации хлопкового масла: Ташкент, ТГТУ, 1996-85 с.
2. Ильясов А.Т., Пак В. Двухступенчатая рафинации высококислотного хлопкового масел // Пищевая промышленность, 1991, №3, с. 66-68.
3. Пулатова С.Р. Повышение качества экстракционного хлопкового масла и шрота. Автореф.канд.дисс. Ташкент, 1989 – 16 с.
4. Мирзаев А.У., Черненко Т.В., Глушенкова А.И., Чинникулов Х. Сорбционные свойства бентонитовых глин Навбахарского месторождения //Узб.хим.журнал, 1999, №5-6, с. 34-36.
5. Абдурахимов С.А., Эргашева Д.К., Назиркулов А.Н. Спектральная оценка качества состава рафинированных масел //Изв.вузов, Пищевая технология, 1990, №6, с.77-78.
6. Абдурахимов С.А., Бахтияров С.Б., Салимов З.С., Латипов Б.Х., Тиллаева Г.У. Оценка степени осветления масла и избирательности адсорбента к сопутствующим триацилглицеринам веществ //Узб.хим.журнал, 1998, №1, с.66-69.
7. Ахмедов А.Н. Совершенствование технологии комплексной рафинации масел, полученных из низкосортных семян хлопчатника. Дисс. ... канд. техн. наук. - Карши, 2012. - 110 с.
8. Ахмедов А.Н. Исследование показателей хлопкового масла, полученного методом форпрессования из низкосортных семян хлопчатника //Universum журнал: Технический науки, 2019, Выпуск:№4(61).-М.: -23-26 с.

РАСЧЕТ КОНВЕКТИВНОЙ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ

Холиков Алижон Абдираунович

*ст. препод. Бухарского инженерно-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: alexes76@bk.ru*

Мирзаева Шохиста Усмоновна

*докторант Бухарского инженерно-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: shohista.m@rambler.ru*

Рахматов Умид Ражабович

*ассис. Бухарского инженерно-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: umid.raxmatov@List.ru*

CALCULATION OF CONVECTIVE DRYING UNIT WITH APPLICATION OF HEAT PIPES

Alijon Kholikov

*senior lecturer, Bukhara Engineering and Technology Institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara*

Shokhista Mirzaeva

*PhD student, Bukhara Engineering and Technology Institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara*

Umid Rakhmatov

*assis. Bukhara Engineering and Technology Institute
Republic of Uzbekistan, Bukhara*

АННОТАЦИЯ

В статье изложены пути решения энергетических затрат с применением новых методов энергетического подвода, обеспечивающих экономию энергии в процессе сушки, и разработана математическая модель расчета конвективной сушильной установки с применением тепловых труб.

ABSTRACT

The article describes ways to solve energy costs using new methods of energy supply, which provide energy savings during the drying process and a mathematical model for calculating a convective drying plant using heat pipes is developed.

Ключевые слова: тепловая труба, тепловой насос, сушка, энергия, метод, переработка, масса, влага, температура, энтальпия, удельное.

Keywords: heat pipe, heat pump, drying, energy, method, processing, mass, moisture, temperature, enthalpy, specific.

Задача повышения энергетической эффективности теплообменных установок может быть успешно решена, в частности, путем применения тепловых насосов (ТН), тепловых труб (ТТ), позволяющих создавать рациональные схемы использования энергии, утилизировать вторичные энергоресурсы, применять нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

Плодоовощное сырье представляет собой незаменимый источник важнейших физиологически активных веществ – витаминов, углеводов и минеральных веществ, необходимых для нормальной жизнедеятельности человека. Вместе с тем в условиях жаркого летнего периода массового созревания и уборки многие виды плодов и овощей могут сохраняться недолго. Длительное их хранение возможно только после сушки.

Для этого необходимо разработать высокоэффективный способ обработки, основанный на применении новых методов энергетического подвода, обеспечивающих экономию энергии в процессе сушки и повышение качества продукта. Это могут быть тепло-массообменные установки с применением ТТ одно-целевого и комплексного назначения, особенностью которых является максимальная утилизация вторичных энергоресурсов, использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии, применение ТТ для предварительного нагревания продукта. Для этого нужно разработать математическую модель расчета конвективной сушильной установки с применением ТТ [2; 7; 9; 10].

Сперва нужно рассчитать материальный баланс. Для определения количества влаги, удаляемой из материала в процессе сушки, составляют материальный баланс:

$$G_1 = G_2 + W \quad (1)$$

где G_1 и G_2 – масса влажного и высушенного материала, кг;

W – влага, удаленная из материала в процессе сушки, кг/с.

Материальный баланс по абсолютно сухому веществу, количество которого не меняется в процессе сушки:

$$\frac{G_1(100 - W_n)}{100} = \frac{G_2(100 - W_k)}{100} \quad (2)$$

где W_n и W_k – содержание влаги во влажном и высушенном материалах.

Решая уравнения (1) и (2), определяют количество испаренной влаги W и высушенного материала G_2 :

$$W = G_1 - G_2 \quad (3)$$

$$G_2 = G_1 \left(1 - \frac{W_n}{100} \right) \left(1 - \frac{W_k}{100} \right) \quad (4)$$

$$W = G_1 \frac{W_n - W_k}{100 - W_k} \quad (5)$$

Из уравнения материального баланса влаги можно определить удельный расход воздуха L на испарение 1 кг влаги из материала. При установившемся процессе сушки количество влаги, внесенной в сушилку с материалом и воздухом, должно быть равно количеству влаги, унесенному из сушилки. Уравнение баланса влаги имеет вид:

$$\frac{G_1 W_n}{100} + L d_o = \frac{G_2 W_k}{100} + L d_2 \quad (6)$$

где L – расход сухого воздуха, кг/с; d_o и d_2 – влагосодержание воздуха на входе и выходе из сушилки.

Из уравнения (6) определим расход сухого воздуха:

$$L = \frac{W}{d_2 - d_o} \quad (7)$$

Удельный расход воздуха на 1 кг влаги:

$$L = \frac{l}{W} \text{ или } L = \frac{1}{d_2 - d_o} \quad (8)$$

Влагосодержание воздуха d_o и d_2 определяется по I-d диаграмме Рамзина.

Для расчета сушилки необходимо знать параметры атмосферного воздуха: температуру t_o и влажность ϕ_o ; температуру воздуха на входе в сушилку t_1 и один из параметров воздуха на выходе из сушилки: t_2 или ϕ_2 .

По заданным параметрам t_o и ϕ_o находим на их пересечении точку А и определяем соответствующие ей значения влагосодержания d_o и энтальпии I_o . В калорифере процесс нагревания воздуха проходит при постоянном влагосодержании $d_o = d_1 = \text{const}$. Проведя через точку А вертикальную линию постоянных влагосодержаний до пересечения с линией температуры t_1 , получим точку В и определим соответствующее ей значение I_1 . Линия АВ характеризует процесс нагревания воздуха в калорифере.

В действительной сушилке из-за потерь тепла и изменения энтальпии воздуха в процессе сушки определяется величиной и знаком поправки Δ к расчету действительной сушилки:

Коэффициент поправки определяется следующим формулой.

$$\Delta = l(J_{2g} - J_1) \quad (9)$$

$$\text{или } J_{2g} = J_1 + l\Delta \quad (10)$$

Если $\Delta > 0$ то $J_2 > J_1$

Если $\Delta < 0$ то $J_2 < J_1$

Если $\Delta = 0$ то $J_2 = J_1$

Построение процесса сушки в I-d-диаграмме для действительной сушилки проводится в следующем порядке:

1. На линии берем произвольную точку и через нее проводим линию до пересечения с линией точки.

2. На полученной линии откладываем в миллиметрах отрезок, где $m=1000$ – отношение масштабов осей диаграммы.

3. Точку В соединяем с точкой А, продолжая ее до пересечения с заданной линией температуры или влажности, получаем конечную точку процесса [1; 3; 4-6; 8; 10].

Рисунок 1. I-d-диаграмма

Тепловой баланс конвективной сушилки имеет вид:

Тепло, поступающее в сушилку с воздухом, Вт:

$$Q_1 = L \cdot J_0 \quad (11)$$

где J_0 – энтальпия воздуха на входе в калорифер, определяется по I-d- диаграмме.

Тепло, поступающее в сушилку с материалом, Вт:

$$Q_2 = G_2 \cdot C_2 \cdot t_m \quad (12)$$

где C_2 – удельная теплоемкость продукта, Дж.кг К; $t_m = 15-20^\circ\text{C}$ – начальная температура материала

Тепло, поступающее с испаряемой влагой материала, Вт:

$$Q_3 = W \cdot C_{\text{в}_1} \cdot e_{\text{в}_1} \quad (13)$$

где $C_{\text{в}_1}$ – удельная теплоемкость влаги, Дж.(кг К); $t_{\text{в}_1}$ – температура испарения влаги, $^\circ\text{C}$.

Тепло транспортных устройств, Вт (определяется для конвейерных сушилок):

$$Q_4 = G_{\text{ТР}} \cdot C_{\text{ТР}} \cdot t_{\text{ТР}} \quad (14)$$

где $G_{\text{ТР}}$ – масса транспортных устройств, кг; $C_{\text{ТР}}$ – удельная теплоемкость транспортных устройств, Дж.кг К; $t_{\text{ТР}} = 15-20^\circ\text{C}$ – температура транспортных устройств на входе в сушильную установку.

$Q_{\text{кал}}$ – тепло, сообщенное воздуху в калорифере, Вт;

$Q_{\text{доп}}$ – дополнительно подведенное тепло, Вт.

Значения $Q_{\text{кал}}$ и $Q_{\text{доп}}$ определяются по равенности между приходной и расходной частями теплового баланса.

Тепло, унесенное сушильным агентом, Вт:

$$Q_5 = L \cdot J_2 \quad (15)$$

где J_2 – энтальпия воздуха на выходе из сушилки (определяется по I-d- диаграмме).

Тепло, унесенное из сушилки парами влаги, испарившейся из материала, Вт: $Q_6 = W \cdot J_n$ (16)

где J_n – энтальпия пара, Дж/кг.

Тепло, ушедшее с высушенным материалом, Вт:

$$Q_7 = G_2 \cdot C_2 \cdot t_M \quad (17)$$

где G_2 – производительность сушилки по высушенному материалу, кг/с;

t_M – теплоемкость сухого материала, Дж/кг К, $^\circ\text{C}$

Тепло, унесенное транспортными устройствами, Вт:

$$Q_8 = G_{\text{ТР}} \cdot C_{\text{ТР}} \cdot t_{\text{ТР}} \quad (18)$$

$t_{\text{ТР}} = t_2$ – температура транспортных устройств на выходе из сушилки.

Тепловые потери, Вт:

$$Q_{\text{пот}} = Q_1 \cdot Q_6 \quad (19)$$

Из уравнения теплового баланса определим количество подводимого тепла:

$$Q = L(J_2 - J_0) + W(J_n - C_{\text{в}_1} \cdot t_{\text{в}_1}) + G_2 C_2 \cdot t_M^1 - G_2 C_2 t_M + G_{\text{ТР}} C_{\text{ТР}} (t_{\text{ТР}}^1 - t_{\text{ТР}}) + Q_{\text{пот}} \quad (20)$$

Действительный удельный расход тепла на 1 кг испаренной влаги:

$$q = \frac{Q_{\text{кал}}}{W} = \frac{1000(J_1 - J_0)}{d_2 - d_0} = l(J_1 - J_0) \quad (21)$$

Расход тепла в калорифере, Вт:

$$Q_{\text{кал}} = L(J_1 - J_0) \quad (22)$$

где J_0 и J_1 – энтальпии воздуха на входе в калорифер и на выходе из него (определяются по I-d-диаграмме).

Для определения конструктивных размеров сушилок нужно учитывать и знать некоторые параметры. Габаритные размеры сушильной камеры (длина, диаметр) зависят от заданной производительности сушилки и продолжительности процесса сушки. С целью увеличения производительности сушилки, обеспечения равномерности сушки и экономичности установки нужно максимально заполнить объем камеры материалом. При сушке дисперсных материалов должно быть обеспечено обмывание частиц материала воздухом, что определяет степень загрузки сушильной камеры.

Для сушки кусковых (штучных) пищевых продуктов применяют туннельные и камерные сушилки. Камерные сушилки периодического действия бывают шкафного типа и со стационарными вагонетками.

Более совершенными являются установки туннельного типа (конвейерные, ленточные, вагонеточные), которые работают как циклические или непрерывно действующие аппараты.

Особенностью расчета указанных установок является методика определения габаритных размеров сушильной камеры.

Для расчета туннельной сушилки с вагонетками нужно рассчитать следующие параметры.

Вместимость одного туннеля по высушенному материалу (кг):

$$G_T = \frac{G_2 \cdot r}{N} \quad (23)$$

где G_2 – производительность сушилки по высушенному материалу, кг/ч; r – продолжительность сушки, ч; N – количество туннелей (обычно кратно двум).

Число вагонеток, одновременно находящихся в туннеле:

$$n = \frac{G_r}{L_{\text{ваг}}} = \frac{G_2 \cdot r}{24 \cdot N \cdot L_{\text{ваг}}} \quad (24)$$

$g_{\text{ваг}}$ – масса вагонетки, кг.

Полученную по расчету величину n округляют до целого числа вагонеток. Размеры туннеля определяются габаритами вагонеток и числом вагонеток, находящихся в туннеле.

$$L_T = n \cdot L_{\text{ваг}} + L_o \quad (25)$$

$L_{\text{ваг}}$ – длина вагонетки, м

Величина L_o определяется по конструктивным соображениям в зависимости от вместимости туннеля и способа подачи воздуха.

Ширина туннеля:

$$B = B_{\text{ваг}} + (40 \div 70 \text{ мм})$$

$B_{\text{ваг}}$ – ширина вагонетки, м.

Выводы.

Успешно решена задача расчета повышения энергетической эффективности тепломассообменных установок путем применения ТТ, это доказано в работе путем применения математической модели в процессе конвективной сушки, позволяющей утилизировать вторичные энергоресурсы, применять нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

Математическая модель позволит разработать тепломассообменные установки с применением ТТ одноцелевого и комплексного назначения, особенностью которых является максимальная утилизация вторичных энергоресурсов, использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии, применение ТТ для предварительного нагревания продукта. Кроме того, ТТ создает возможность осуществлять в одной и той же тепломассообменной установке нагревание и охлаждение различных технологических потоков, что особенно важно для современных фермерских хозяйств, которые являются потребителями большого количества тепла при переработке сырья.

Для широкого внедрения этих установок обоснована целесообразность их использования, что позволит провести научную разработку энергосберегающих установок при переработке некоторых пищевых и сельскохозяйственных продуктов, методы расчета и проектирования установок.

Список литературы:

1. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
2. Дан П.Д., Рей Д.А. Тепловые трубы / Пер. с англ. – М.: Энергия, 1979. – 272 с., ил.
3. Кавецкий Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973. – 754 с.
5. Кувшинский М.Н., Соболева А.П. Курсовое проектирование по предмету «Процессы и аппараты химической промышленности». – М.: Высшая школа, 1980. – 223 с.
6. Процессы и аппараты пищевых производств / В.Н. Стабников, В.Д. Попов, Ф.А. Редько и др. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 663 с.
7. Саламатов Ю.П. Идеализация технических систем [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.triz-minsk.org/e/21102100.htm> (дата обращения: 22.05.2013).
8. Хикматов Д.Н. Совершенствование процесса комбинированной сушки абрикоса: Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Ташкент, 2011. – 118 с.
9. Чи С. Тепловые трубы: Теория и практика / Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1981. – 207 с.
10. Энергоресурсосберегающие технологии при переработке плодов и овощей / А.Ф. Сафаров, К.Х. Гафуров, Д.Н. Хикматов, А.А. Холиков. – Бухара: Дурдона, 2013. – 248 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОТБЕЛКИ СОЕВОГО МАСЛА**Хамракулова Муборак Хакимовна***д-р техн. наук (PhD), Ферганский политехнический институт,
Узбекистан, г. Фергана***Абдуллаева Масохат Абдулбориевна***ст. преп., Ферганский политехнический институт,
Узбекистан, г. Фергана***Хошимов Илхомжон Эркин угли***ст. преп., Ферганский политехнический институт,
Узбекистан, г. Фергана***Турдибоев Илхомжон Хаётжон угли***ассистент, Ферганский политехнический институт,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: emmin1991@mail.ru***BLEACHING PROCESS OPTIMIZATION OF SOYBEAN OIL****Muborak Hamrakulova***Doctor of Technical Science, PhD, Ferghana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Ferghana***Masokhat Abdullayeva***Senior Lecturer, Ferghana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Ferghana***Ilkhomjon Hoshimov***Senior Lecturer, Ferghana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Ferghana***Ilkhomjon Turdiboyev***Assistant, Ferghana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Ferghana***АННОТАЦИЯ**

В статье приводятся результаты опытов с применением наиболее эффективного способа определения оптимальных значений технологических параметров процесса отбелки соевого масла на активированной глине «Узбекистан».

ABSTRACT

The article presents the results of experiments of the most effective way to determine the optimal values of the technological parameters of the process of bleaching soybean oil on activated clay "Uzbekistan".

Ключевые слова: глина, адсорбционная очистка, адсорбент, отбелка, нейтрализация, госсипол, критерий оптимизации, осветление, критерий Кохрена, дисперсия.

Keywords: clay, adsorption treatment, adsorbent, bleaching, neutralization, gossypol, optimization criterion, clarification, Cokhren criterion, dispersion.

Исследование глин «Навбахор», «Зарафшон» и «Узбекистан» при отбелке нейтрализованного соевого масла показало, что наиболее эффективным адсорбентом оказалась последняя [4, с. 17-19].

Ранее [10; 14] проведены исследования местных глин в процессе адсорбционной очистки хлопкового масла, содержащего остатки госсипола, лорофилла и их производных.

К сожалению, работ по отбелке соевого масла мало, а вопросы оптимизации данного процесса практически не рассмотрены.

Как показали результаты предварительных исследований местных глин в процессе отбелки соевого масла [4, с. 17-19], для активированной глины «Узбекистан» необходимо определить оптимальные технологические режимы, обеспечивающие максимальное осветление целого продукта.

Планирование эксперимента [14] является наиболее эффективным способом определения оптимальных значений технологических параметров процесса отбелки соевого масла на активированной глине «Узбекистан».

При этом опыты проводятся по полному факторному эксперименту (ПФА) по глине $N = 2^3$ [6].

Из анализа процесса отбелки соевого масла выявлены следующие переменные факторы: x_1 –

температура процесса, °C; x_2 – количество активированной глины «Узбекистан»; x_3 – время отбелки, час.

Из качественных показателей в качестве критерия оптимизации (Y) выбрана цветность соевого масла, измеряемая в мг J_2 .

По методике [14] составлены интервалы варьирования и уровни переменных факторов $x_1 \div x_3$, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Интервалы варьирования и уровни переменных факторов $x_1 \div x_3$

Переменные факторы	Основной уровень	Интервал варьирования	Уровень факторов	
			Верхний (+)	Нижний (-)
Температура процесса, x_1 , °C	65	10	75	55
Количество активированной глины, x_2 , г	1,5	0,5	2,0	1,0
Время отбелки, x_3 , час	0,75	0,25	1,0	0,5

Экспериментальные исследования проводились на лабораторной установке для отбелки растительных масел при интенсивном перемешивании – 60 об/мин. Для отбелки использовали нейтрализованное соевое масло с цветностью 55 мг/г и кислотным числом 0,29 мг кон/г. Перед отбелкой соевое масло под-

вергали сушке под вакуумом. Опыты проводили согласно рандомизированной матрице по двум параллельным пробам [8].

Результаты экспериментов представлены в табл. 2.

По данным табл. 2, проведены расчеты коэффициентов следующего регрессионного уравнения (модели):

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_{1,2}X_1X_2 + B_{2,3}X_2X_3 + B_{1,3}X_1X_3 \dots \quad (1)$$

где Y – функция отклика (критерий оптимизации), например цветность соевого масла, мг J_2 ; B_0 и B_i – свободный член и коэффициенты регрессионного уравнения Y , которые вычисляются по формуле:

$$B_i = \frac{\sum_{j=1}^N x_{ij} \bar{y}}{N} \quad (2)$$

где i, j – номер опыта и фактора; N – число опытов.

Используя уравнение (2), мы рассчитали коэффициенты B_i уравнения регрессии Y .

Результаты компьютерного расчета представлены в табл. 2.

Дисперсию для каждого опыта определяли по следующей формуле [12]:

$$S^2\{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - y_i)^2}{n-1} \quad (3)$$

где $\bar{y}$ – среднее арифметическое значение параметра оптимизации; n – число параллельных опытов (на нашем примере $n=2$).

Результаты расчета значений дисперсий для уравнения Y представлены в табл. 3.

Критерий Кохрена σ , оценивающий воспроизводимость эксперимента, рассчитывали по следующей формуле [3]:

$$\sigma = \frac{s_{\max}^2\{Y\}}{\sum_{i=1}^N s_i^2\{Y\}} \quad (4)$$

Таблица 2.

Порядок реализации эксперимента и результаты наблюдений и расчета Y для глины «Узбекистан»

Номер опыта	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	y^I	y^I	$\bar{y}_{cp}$	$\hat{y}_{выч}$
1	+	+	+	-	+	-	-	22,0	22,0	22,0	17,25
2	+	-	-	-	+	+	+	23,0	25,0	24,0	23,75
3	+	+	-	-	-	-	+	27,0	25,0	26,0	30,75
4	+	-	+	-	-	+	-	19,0	21,0	20,0	20,25
5	+	+	+	+	+	+	+	17,0	19,0	18,0	18,25
6	+	-	-	+	+	-	-	13,0	15,0	14,0	9,75
7	+	+	-	+	-	+	-	22,0	22,0	22,0	21,75
8	+	-	+	+	-	-	+	11,0	13,0	12,0	16,25
B_i	19,75	2,25	-1,75	-3,25	-2,5	1,25	2,5				

Таблица 3.

Расчетные значения дисперсий опыта и критерия Стьюдента для уравнения У

Значения уравнения У	Показатели уравнения У
$S_1^2\{Y\}$	0
$S_2^2\{Y\}$	2,0
$S_3^2\{Y\}$	2,0
$S_4^2\{Y\}$	2,0
$S_5^2\{Y\}$	2,0
$S_6^2\{Y\}$	2,0
$S_7^2\{Y\}$	0
$S_8^2\{Y\}$	2,0
$\sum_{i=1}^N S_i^2\{Y\}$	12,0
σ	1,666
$S_i^2\{Y\}$	0,15
$S^2\{B\}$	0,0188
$S\{B\}$	0,124
B	0,286

где $S_{max}^2\{Y\}$ – максимальное значение дисперсии.

Значение критерия Кохрена σ для уравнения У представлено в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что экспериментальное значение критерия Кохрена в уравнении У оказалось малым по сравнению с табличным [3]. Это говорит о том, что для дисперсии опыта можно использовать среднее значение из дисперсий, которое определяется по формуле [2]:

$$S_{cp}^2\{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2\{Y\}}{N} \quad (5)$$

Результаты расчета $S_{cp}^2\{Y\}$ представлены в табл. 3.

Дисперсию коэффициентов в уравнении У определяли по следующей формуле [13]:

$$S^2\{B\} = \frac{S_{cp}^2\{Y\}}{N} \quad (6)$$

Отсюда:

$$S\{B\} = \sqrt{S^2\{B\}} \quad (7)$$

Значения $S^2\{B\}$ и $S\{B\}$ для уравнения У приведены в табл. 3.

При этом оценка значимости коэффициентов осуществляется по критерию Стьюдента-Фишера при уровне значимости $\varphi = 0,95$ [5]:

$$\Delta b_i = \pm t \cdot S\{B\} \quad (8)$$

где t – значение критерия Стьюдента при выбранной доверительной вероятности или уровне значимости (в нашем $t = 2,31$).

Значение для уравнения У приведено в табл. 3.

Полученное уравнение У имеет следующий вид:

$$Y = 19,75 + 2,25X_1 - 1,75X_2 - 3,25X_3 - 2,5X_1X_2 + 1,25X_1X_3 + 2,5X_2X_3 \quad (9)$$

Анализ значений коэффициентов уравнения У показал, что по количественному вкладу исследованные факторы $X_1 \div X_2$ располагаются в следующем порядке убывания:

$$X_3 > X_2X_3 > X_1X_2 > X_1 > X_2 > X_1X_3$$

Далее нами изучена адекватность уравнения У истинной поверхности отклика. Для этого рассчитываем остаточную дисперсию (S_R), критерий Фишера (F) и сравниваем с их табличными значениями [7; 9].

Остаточную дисперсию рассчитываем по следующей формуле [9]:

$$S_R^2 = \sum_{i=1}^N (\bar{Y}_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (10)$$

Из этого:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N S_R^2}{f_R} \quad (11)$$

Отсюда:

$$f_R = W - K - 1 \quad (12)$$

где: K – число факторов и степеней свободы уравнения У.

Расчетное значение критерия Фишера определяется по следующей формуле [7]:

$$F_{расч} = \frac{S}{S^2(Y_i)} \quad (13)$$

Показатели адекватности уравнения Y истинной поверхности отклика представлены в табл. 4.

Как видно из данных табл. 4, расчетные значения критерия Фишера меньше, чем их табличные [7]. Это говорит о том, что уравнение Y отвечает истинной поверхности отклика.

Из табл. 2 видно, что наибольшая глубина осветления соевого масла на активированной глине «Узбекистан» получена в опыте 8, где цветность масла составляет 12,0 ед. мг J_2 . Поэтому нет необходимости

проводить опыты более высокого порядка, т. е. «крутое восхождение» [7].

Таким образом, следующие оптимальные технологические режимы: $X_1 = 55^\circ\text{C}$; $X_2 = 2.0 \text{ г}$; $X_3 = 1,0 \text{ час}$ – могут быть использованы при отбелке соевых масел на активированной глине «Узбекистан».

Опытно-производственные испытания предлагаемых оптимальных технологических режимов отбелки соевого масла на глине «Узбекистан» подтвердили правильность полученных ранее результатов.

Список литературы:

1. Бахтияров С.Б. Совершенствование технологии получения активированных адсорбентов из местных глин: Автор. дисс. канд. техн. наук. – Ташкент, 1998. – С. 22.
2. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.
3. Иванов А.З., Круг Г.К., Филоретов Г.Ф. Статистические методы в инженерных исследованиях. Регрессионный анализ. – М.: Химия, 1977. – 78 с.
4. Исследование процесса отбелки нейтрализованного соевого масла с применением местных отбельных глин / М.Х. Хамракулова, Ю. Кадиров, Д.Н. Далимов, Р.М. Турсунова // Узбекский химический журнал. – 2002. – № 5. – С. 17-19.
5. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1970. – 418 с.
6. Налимов В.В. Применение математической статистики при анализе веществ. – М.: Физматиз, 1960. – 27 с.
7. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 208 с.
8. Налимов В.В., Чернова И.М. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1965. – 125 с.
9. Панфилов В.А. Научные основы развития технологических линий пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1986. – 245 с.
10. Повышение качества пищевых хлопковых масел методом их адсорбционной очистки на активированных местных глинах / С.А. Абдурахимов, С.Б. Бахтияров, З.С. Салимов и др. // Сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 1200-летию со дня рождения Ахмад Аль-Фаргоний. – Фергана, 1998. – С. 21-22.
11. Подбор адсорбентов для облагораживания растительных масел и жиров / С.Б. Бахтияров, С.А. Абдурахимов, З.С. Салимов, А.Р. Сарыксакходжаев // Тез. докл. Узбекско-Малайзийского симпозиума. – Ташкент, 1997. – С.160-161
12. Рузиков Л.М., Слободгикова Р.И. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1980. – 280 с.
13. Рузиков Л.П. Статистические методы оптимизации химических процессов. – М.: Химия, 1972. – 199 с.
14. Хартман К., Лецкий Э., Шифер В. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. – М.: Мир, 1977. – 552 с.
15. Дадаходжаев А. Т., Маматалиев Н. Н. СПОСОБЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НИКЕЛЯ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ //Universum: технические науки. – 2019. – №. 4 (61).

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Жумаев Ботир Мелибаевич

*соискатель, Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент*

Султанова Шахноза Абдувахитовна

*доцент, PhD, Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: sh.sultanova@yahoo.com*

Сафаров Жасур Эсирганович

*д-р техн. наук, Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: jasursafarov@yahoo.com*

RESEARCH AND DESCRIPTION OF EXPERIMENTAL LABORATORY MACHINES

Botir Jumayev

*Degree-seeking student, Tashkent State Technical University,
Uzbekistan, Tashkent*

Shakhnoza Sultanova

*Associate Professor, PhD, Tashkent State Technical University,
Uzbekistan, Tashkent*

Jasur Safarov

*Doctor of Technical Science, Tashkent State Technical University,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрено исследование, включая описание экспериментальных лабораторных установок. Разработанная нами технология конвективной сушки с предварительной обработкой включает в себя процессы конвективного энергоподвода на стадии постоянной скорости сушки и ИК-энергоподвода на стадии падающей скорости сушки. Интенсификация процесса сушки способствует улучшению качества сушеного продукта и снижению потерь витаминов и других ценных питательных веществ. Однако толщина кусочка может быть уменьшена до определенной величины (2 мм), так как резка на более тонкие кусочки приводит к образованию большого количества крошек.

ABSTRACT

The article deals with research including a description of experimental laboratory machines. Our developed convective drying technology with pre-treatment includes processes of convective energy supply at the stage of constant drying speed and IR energy supply at the stage of decreasing drying speed. Intensification of the drying process improves quality of the dried product and reduces loss of vitamins and other valuable nutrients. However, the piece thickness can be reduced to a certain size (2 mm), since cutting into thinner pieces leads to the formation of a large number of crumbs.

Ключевые слова: сушка, установка, тепловой процесс, качество.

Keywords: drying; machine; heating process; quality.

Сушка – тепловой процесс обезвоживания продуктов путем испарения влаги и отвода образующихся паров. При этом в веществе происходит перенос тепла и диффузионное перемещение влаги. Процесс сушки используется во многих отраслях производства [1-2].

На качество сушеных объектов влияние оказывают подготовительные технологические операции: форма нарезки и время предварительной тепловой обработки.

При подготовке к сушке инжир и яблоки режут на кусочки различных размеров и формы: столбики,

кружки, дольки, стружка, кубики и пластинки. Форма и размеры кусочков оказывают большое влияние на скорость сушки, а, следовательно, на производительность сушильной установки. С уменьшением толщины кусочков продукта сокращается продолжительность обезвоживания и ускоряется время восстановления сушеного продукта при его кулинарной обработке.

Если продукты нарезаны на мелкие кусочки, то поверхностное затвердевание происходит в меньшей степени.

Интенсификация процесса сушки способствует улучшению качества сушеного продукта и снижению потерь витаминов и других ценных питательных веществ. Однако толщина кусочка может быть уменьшена до определенной величины (2 мм), так как резка на более тонкие кусочки приводит к образованию большого количества крошек.

Предпочтение отдают сушеным фруктам, нарезанным в виде кубиков, пластинок и стружки, поскольку такой продукт имеет большую насыпную массу, равномерно смешивается в смесях, хорошо дозируется в мягкую упаковку на автоматах и имеет более привлекательный вид.

Содержание мелочи в нарезанном сырье не должно превышать 5-8%. Повышенное содержание крошки ухудшает условия сушки и приводит к излишним потерям, так как при этом уменьшается выход стандартного сушеного продукта и увеличивается расход сырья.

Неравномерная резка по ширине и толщине, наличие слипшихся или не полностью разрезанных частиц также недопустимы, так как нарушается правильный режим сушки, продукт неравномерно обезвоживается, в результате чего требуются затраты дополнительного труда на сортировку и досушку крупных кусочков, выходящих из сушилки с повышенной влажностью. Поверхность среза должна быть ровной, гладкой, при этом клетки сырья разрушаются меньше и потери витамина С тоже небольшие.

В настоящее время среди ученых и специалистов в области сушки сельхозпродуктов существуют противоречивые мнения о целесообразности применения перед сушкой сырья предварительной тепловой обработки.

С одной стороны, считается, что бланширование паром или горячей водой является необходимым условием сохранения цвета, вкуса, запаха, витаминной активности, ускорения восстановления, главным образом, разрушения окислительных ферментов – оксидаз и предотвращения гидролиза или окисления липидов в целях предупреждения потери уровня качества продуктов в процессе обезвоживания и особенно последующего хранения. С другой стороны, многочисленные исследования показывают, что в бланшировании нет особой необходимости.

Отрицательным фактором тепловой обработки фруктов перед сушкой является частичное выщелачивание из них растворимых веществ (сахаров, минеральных веществ, кислот и др.) и потери водорастворимых витаминов.

При бланшировании сахара клейстеризованный крахмал и железирующие пектиновые вещества проникают в межклеточное пространство и закупоривают поры, тем самым затрудняется удаление влаги при последующей сушке. Также в процессе предварительной тепловой обработки наблюдаются ощутимые потери красящих веществ, что отрицательно сказывается на товарных свойствах готовых продуктов.

Тепловая обработка позволяет снизить активность разрушающих витаминов, ферменты и сохранить вкус, но при этом потери витаминов могут достигнуть 30%.

Как показывают исследования, если применять предварительную обработку с ИК-нагревами, то в бланшировании нет особой необходимости. Объемный и глубокий ИК-нагревы на первом этапе сушки создают достаточно высокую температуру (70-80°C) внутри частиц продукта. Такая температура уже дает бланширующий эффект. По мере снижения скорости сушки снижается, и температура внутри продукта и он досушивается до характерной корочки подсыхания.

Авторами использована усовершенствованная установка для предварительной обработки сельхозпродуктов.

На рис. 1 представлена установка для предварительной обработки фруктов в электромагнитном поле ИК-диапазона. Рабочая камера 1 выполнена в виде изолированного корпуса 2 с перемещающимся с помощью винта 3 в вертикальной плоскости экраном. На экране в рабочей камере закреплён набор трубчатых источников ИК-излучения 4 марки КГ-220-1000. Установка подключается к сети посредством щита 5, камера экранирована алюминиевой фольгой 6 для отражения ИК-лучей, установка снабжена электронным потенциометром 7 для измерения температуры на образце продукта 13, в камеру введена хромель-копелевая (ХК) термопара 8 потенциометра, образец размещается на поддоне (чашке) 11 весов 9, убыль влаги в материале регистрируется прибором 10. Расположение по высоте поддона устанавливается регулятором 12.

При экспериментировании варьирования установка ламп от поверхности продукта осуществлялась в диапазоне 100-200 мм за счёт перемещения экрана с лампами с помощью винта 3.

Температура тела нагрева излучателей регулируется изменением напряжения. Температура, создаваемая ИК-излучением в продукте, измеряется с помощью хромель-копелевых термоэлектрических преобразователей 7 и регистрируется самопишущим электронным потенциометром типа КСП-4 (класс точности 0,25).

Исследована кинетика сушки фруктов путём реализации радиационно-вакуумного способа сушки в установке собственной разработки и изготовления, параметры которых приведены в табл.1.

Рисунок 1. Схема экспериментальной установки для предварительной обработки
 1-поддон; 2-обрабатываемый материал;
 1-рабочая камера; 3-отражатель из алюминиевой фольги; 4-корпус; 5- ИК-лампа; 6-щит для подключения установки; 7-термодатчик ; 8-весы;
 9-регулятор расположения поддона;

Обоснование выбора предварительной тепловой обработки базируется на исследованиях, проводимых в консервной и сушильной промышленности. Исследования и разработка терморadiационных способов обезвоживания фруктов актуальны как с точки зрения повышения качества сушеных продуктов, так и энергосбережения при их производстве.

Разработанная авторами технология конвективной сушки с предварительной обработкой включает в себя процессы конвективного энергоподвода на стадии постоянной скорости сушки и ИК-энергоподвода на стадии падающей скорости сушки.

Исследования проводили на специально для этого созданной установке, содержащей ИК-лампы мощностью в 500 Вт (2 шт), термометр, барометр и вакуум-компрессор. Исследовательский комплекс позволяет включать отдельно предварительную обработку с ИК большой мощности в течение 90 с, варьировать параметры и режимы сушки.

Определение количества сахаров осуществлялось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии по ГОСТу 53883-2010, определение аскорбиновой кислоты по ГОСТу 53693-2009, влажность материала и активность воды по ГОСТ 28561-90 в лаборатории Госстандарта Республики Узбекистан.

Таблица 1.

Параметры предварительных обработок

Параметры процесса	Виды предварительных обработок		
	ИК	СВЧ	ИК+СВЧ
Мощность источников	1 кВт	1 кВт	1 -1 кВт
Плотность теплового потока	25-30 кВт/м ²	25-30 кВт/м ²	25-30 кВт/м ²
Продолжительность обработки	90 с (45х60х45)	90 с (45х60х45)	45 с / 45 с (45х60х45)

Плотность поверхностного теплового потока измерена при помощи измерительного блока ИПП-2 по ГОСТ 25380-92.

Список литературы:

1. Норкулова К.Т., Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А., Ахмедов Ш.И., Жумаев Б.М. Перераспределения биоактивных веществ в процессах сушки. // Международный сельскохозяйственный журнал. –Москва, 2016. №5. С.51-52.
2. Сафаров Ж.Э., Парпиев З.Т., Жумаев Б.М. Сушка моркови с сохранением биологически активных веществ. // Научная конференция молодых ученых «Актуальные проблемы химии природных соединений». -Ташкент, 2015. С.194.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научный журнал

**UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 10(67)
Октябрь 2019

Часть 1

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 25.10.19. Формат бумаги 60х84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 4,75. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, улица Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: mail@7universum.com
www.7universum.com

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3
16+